

Перевод глав книги, 2-ое издание, Charles Pfeil, Mentor Graphics

BGA отводы и разводка

Глава 1. Введение

Эта книга предназначена для разработчиков печатных плат с BGA (Ball Grid Array, «массив шариков») корпусами. Здесь рассматривается влияние применения BGA с большим количеством выводов на процесс разработки печатных плат, определяются пути решения проблем, возникающих по этой причине. Несмотря на то, что возможно вы и не столкнулись ещё с трудностями разводки BGA и его воздействием на стоимость производства и качество сигнала – в этой книге раскрываются эти потенциальные ловушки, а также методы смягчения этих трудностей. Существуют значительные объёмы информации о BGA корпусах, рассматривающих приборы со всех аспектов (сторон), включая материалы, тепловые характеристики, методы сборки, надёжность, электрические характеристики; но немного руководств доступно с информацией об эффективных методах разработки печатных плат (с BGA). BGA корпуса – это наиболее популярный выбор сегодня для приборов с большим количеством выводов.

Используемый для многих схемных технологий, включая FPGA, SoC, SiP и ASIC , BGA обеспечивает эффективный по стоимости и надёжности метод монтажа прибора на печатную плату. Много преимуществ даёт использование этого типа корпуса, но наиболее ценное – возможность обеспечения экстремально плотного набора тысяч выводов. Это преимущество является одновременно и громадной проблемой для разработки печатных плат. Плотность и количество BGA выводов постоянно растёт; возможность (методы) же эффективной разработки с этими приборами отстает от этого. К счастью, существенное развитие технологии производства печатных плат сделало возможным дальнейшую миниатюризацию. Эти достижения совместно с новыми

программными методами и методами разработки, специально для BGA – обеспечили возможность успешной разработки (с использованием BGA).

Цель этой книги – обеспечить разработчиков печатных плат знаниями и проверенными методами, техникой, способными преодолеть сложности в использовании настоящих и будущих BGA приборов. Эти приёмы были разработаны за последние 18 месяцев и получены, исходя из всестороннего анализа различных BGA корпусов и практических, реальных разработок печатных плат.

Рисунки. В этой книге более чем сто рисунков, показывающих детали BGA breakouts (отводов). Я советую вам изучать их с намерением найти технику и приёмы, которые помогут в разводке этих сложных приборов. Со всеми переменными, участвующими в разводке больших BGA, мои специфические примеры могут не ложиться прямо на ваш опыт; однако вы должны быть готовыми открыть принципы, которые могут, как минимум, дать вам какие-то новые идеи. Что в свою очередь позволит сделать разводку более плотной, уменьшит количество слоёв и поможет подготовить ваш продукт для рынка быстрее.

Определения.

Определения, данные здесь, находятся в контексте с содержанием книги.

Отвод (*Breakout*) – сочетание ответвляющих («отводных») отверстий (*fanouts*) (здесь отверстий для разводки, соединения нескольких слоёв (платы), понятно, что контактная площадка такого отверстия соединена с выводом BGA) и «отводных» трасс (*escape traces*). Эти элементы позволяют сделать разводку BGA выводов к периметру прибора перед общей разводкой печатной платы. См. рис. 1-1 и 1-2.

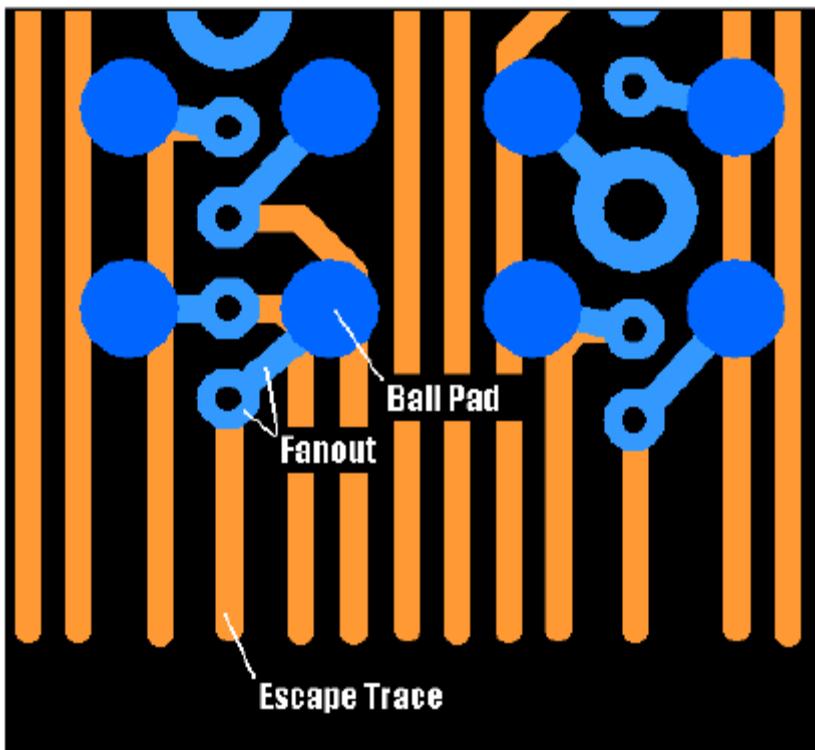


Рис. 1-1: Определение отвода (отводной разводки-“Breakout”)

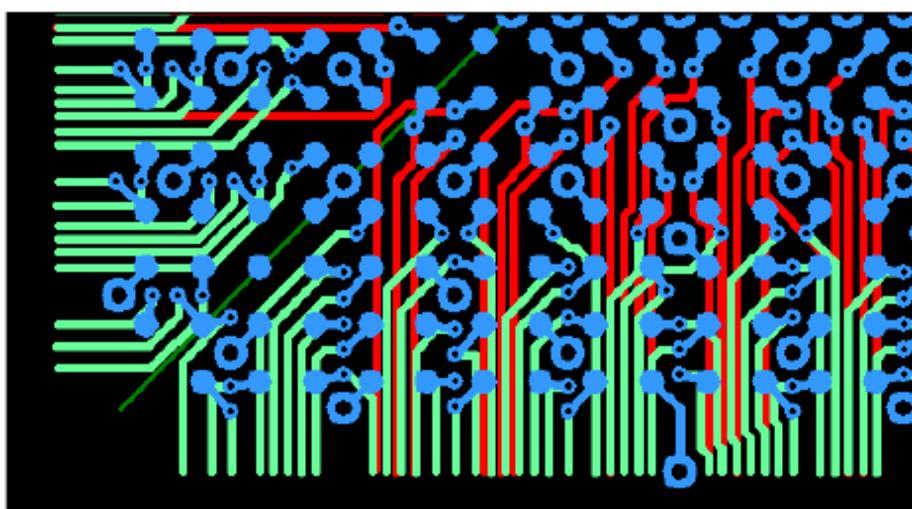


Рис. 1-2: Пример отвода (Breakout)

Шаблон отводящих отверстий (*Fanout Pattern*) – при добавлении отводящих отверстий к BGA (тем самым делая возможным разводку внутренних слоёв печатной платы) вид (их) шаблона может значительно меняться в зависимости от набора слоёв, модели (типа) отверстий, и плотности выходов BGA. Шаблон может варьироваться, начиная от простого квадранта-матрицы до набора комплексных меняющихся компоновок. Использование подходящего шаблона имеет исключительное значение для успешной BGA разводки.

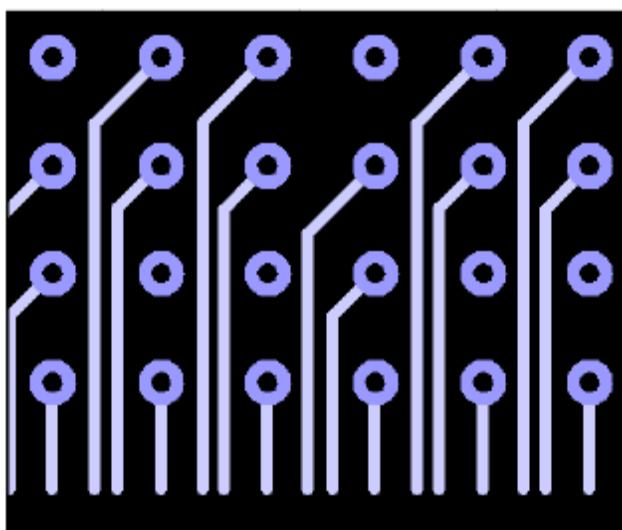


Рис. 1-3: Простой матричный шаблон

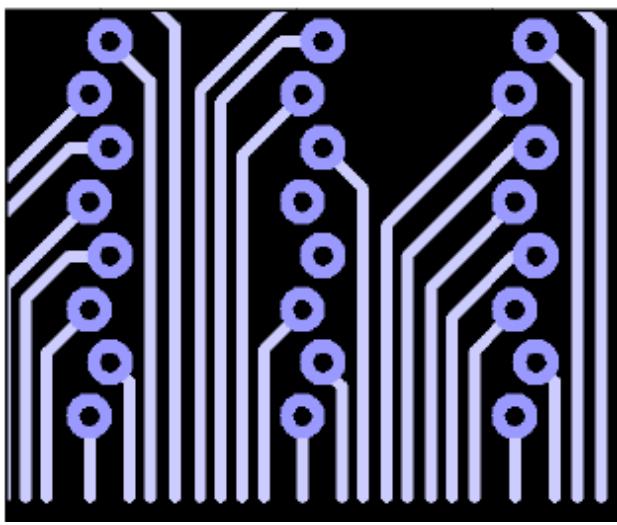


Рис. 1-4: Смешённые отводные отверстия с большим пространством для отводных трасс

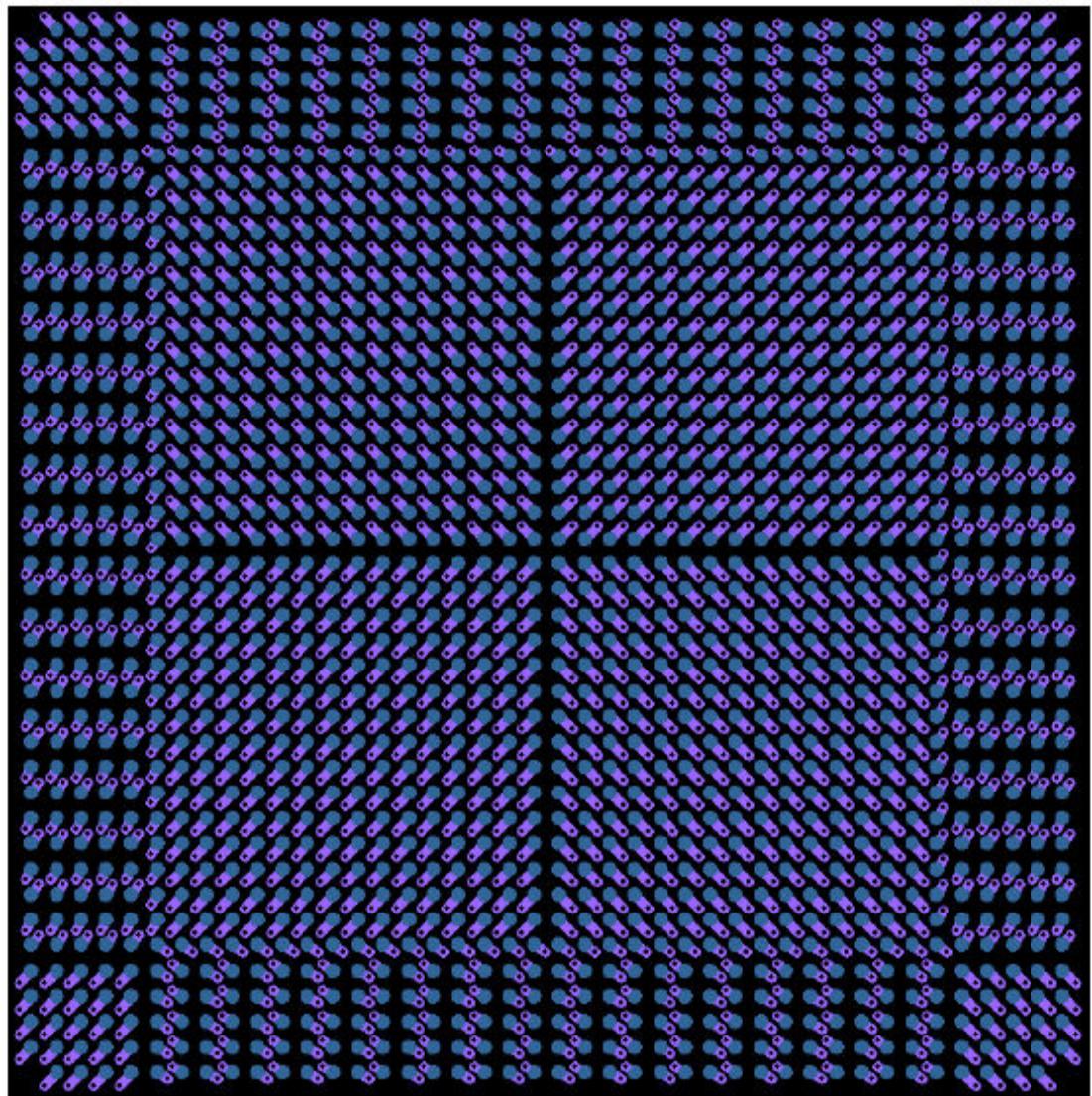


Рис. 1-5: Множество шаблонов. Используются разные типы отверстий

Типы (переходных) отверстий (*Via Types*)

Сквозное отверстие (*Through via*) – отверстия, которые располагаются от верха до низа печатной платы. Сквозные отверстия обычно просверливаются механически и требуют величины отношения длины к диаметру отверстия, как 10/1. Часто достижение величины этого отношения в 8/1 является целью. Эти отверстия обычно больше, чем другие типы отверстий. И поэтому ограничивают пространство для разводки, по сравнению с меньшими отверстиями.

«Слепое» отверстие (*Blind via*) – (переходное) отверстие, которое начинается на внешнем слое и заканчивается на внутреннем. Обычно оно занимает 2-3 уровня, но здесь нет ограничений по количеству слоёв, исключая те отверстия, для которых надо выдерживать соотношение длины к диаметру ниже 1/1. Этот термин используется для определения отверстий, продолжающихся от внешнего слоя к внутреннему слою в последовательно ламинированном (стеке) наборе (где называется просто - «слепое» отверстие) и в HDI (High Density Interconnector – соединения высокой плотности) (надстроенным) наборе (где называется микро - «слепое» отверстие).

Закрытое (переходное) отверстие (*Buried via*) – этот тип отверстия начинается и заканчивается во внутреннем слое. Закрытое отверстие используется в комбинации со «слепым» отверстием в последовательно ламинированном наборе (стеке), и вместе с микроотверстием в HDI монтированном наборе (стеке).

Микроотверстие (*Micro-via*) – этот тип отверстия имеет диаметр меньше чем, или равный 0.15 мм. Как правило, такие отверстия делаются лазером. Микроотверстия могут быть «слепыми» или закрытыми и используются в HDI (надстроенным) наборе.

Отверстие слоя (*Any Layer-Via*) - это короткие микротверстия, которые имеют протяжённость только в два слоя; составляются вместе, чтобы получить (переходное) отверстие (связь) между любыми двумя слоями.

Типы наборов (стеков) слоёв.

Существует много различных наборов, в которых используются отверстия разной протяжённости, типов, а также разное количество слоёв и разные материалы.

Наибольшее количество производимых наборов попадают в одну из трёх групп: ламинированный (стек) со сквозными отверстиями, ламинированный со «слепыми» и закрытыми отверстиями, и HDI стек с микроотверстиями. Наиболее часто применяемые наборы, относительно плотности разводки, стоимости, качества сигналов и питания, рассматриваются в Главе 3.

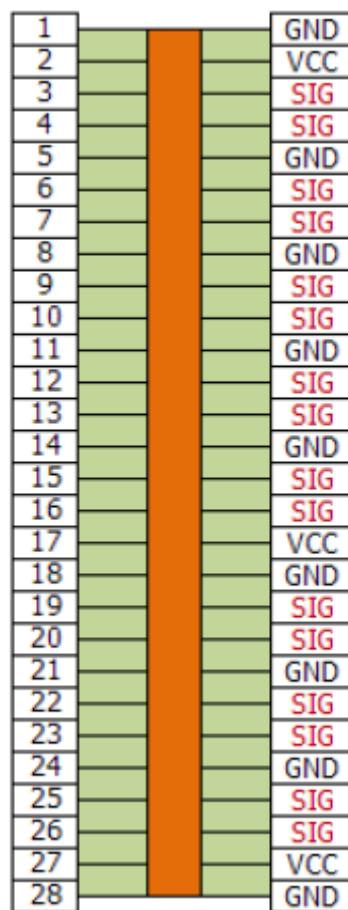


Рис.1-6: Ламинированный набор со сквозными отверстиями

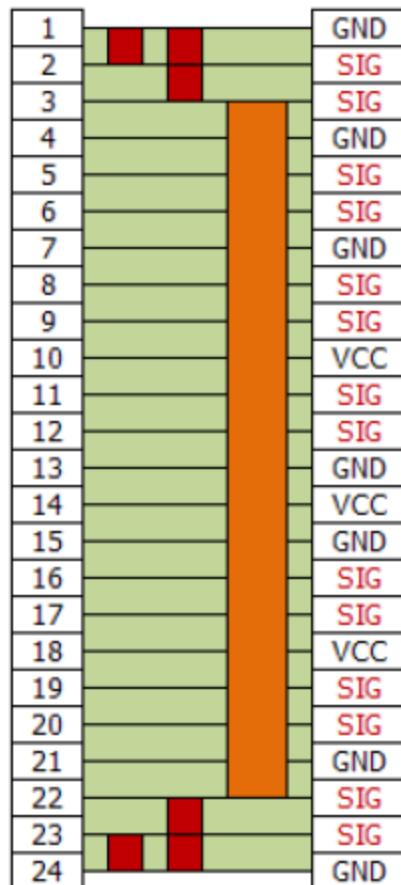


Рис.1-7: Ламинированный набор со слепыми и закрытыми отверстиями; красный цвет – слепое отверстие, оранжевый цвет – закрытое отверстие

Существует много разнообразных HDI наборов. На следующем рисунке представлены лишь некоторые.

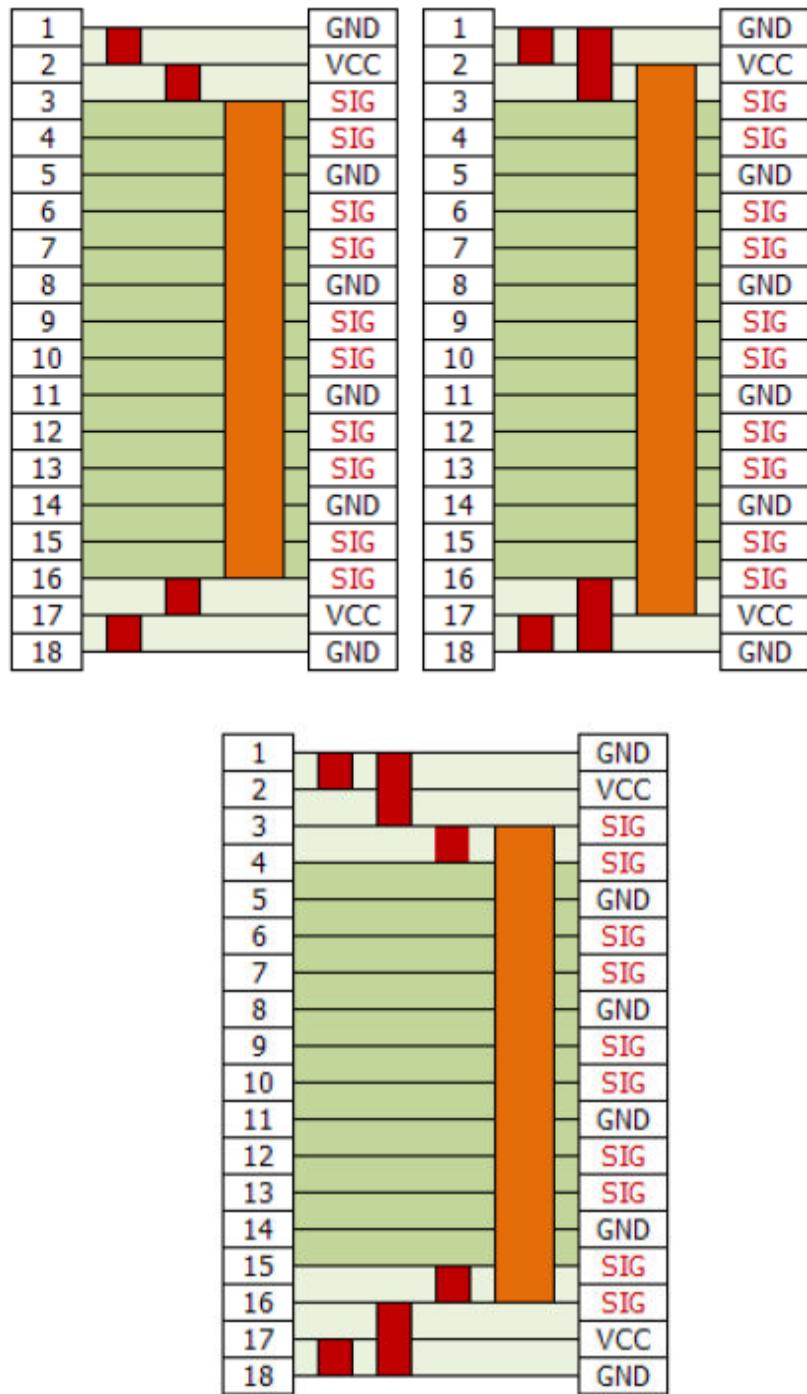


Рис.1-8: Варианты HDI наборов. Красный цвет – микроотверстие, оранжевый цвет – закрытое отверстие

NSEW Breakout – северная, южная, восточная и западная разводки BGA отводов. Это означает, что трассировка BGA отводов в слое производится во всех четырёх направлениях.

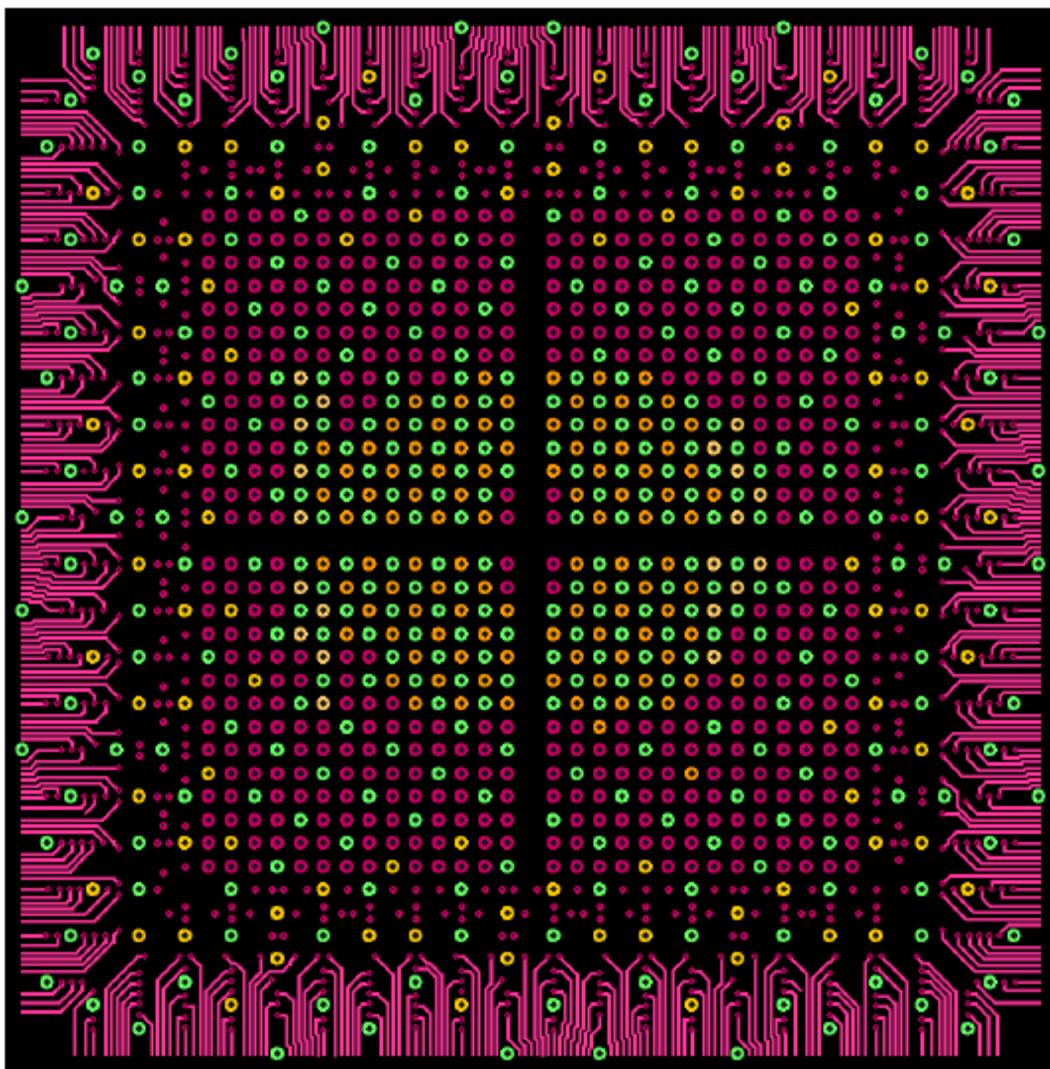


Рис. 1-9: NSEW отводные трассы

Layer Biased Breakout – трассировка BGA отводов производится по направлениям, принятым в данном слое.

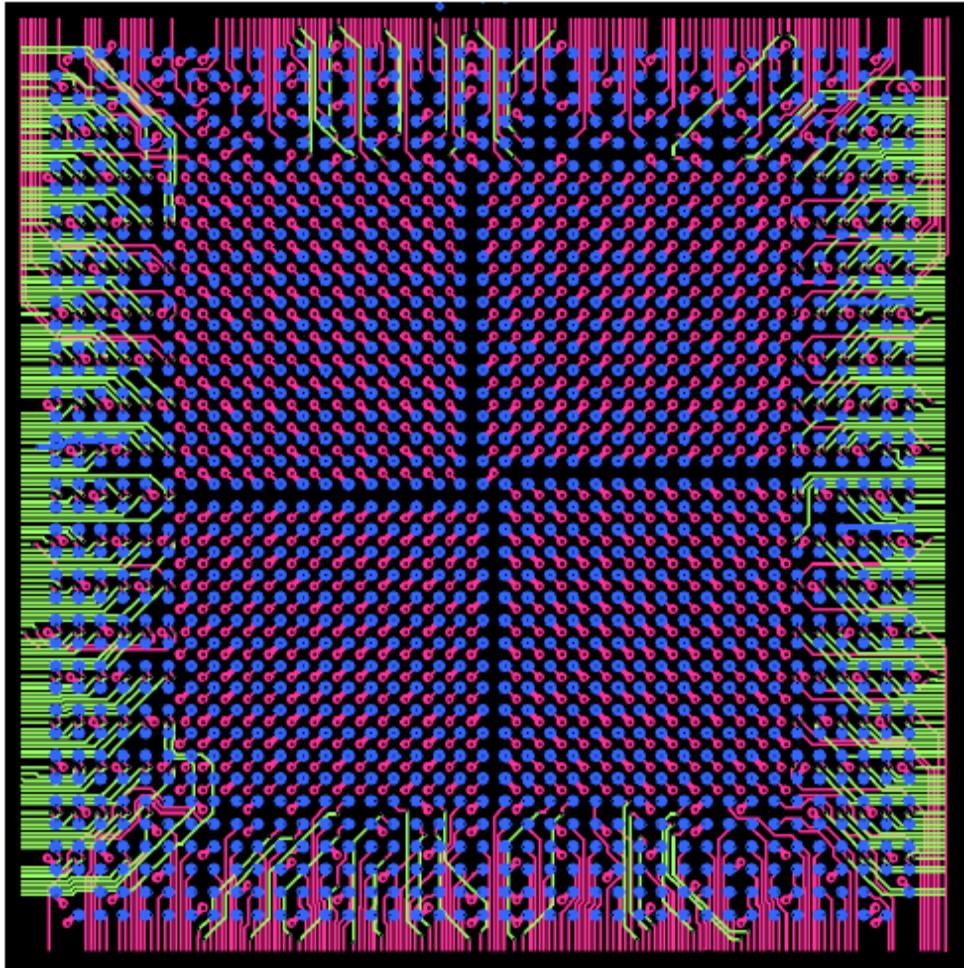


Рис.1-10: Трассировка BGA отводов по направлениям, принятым в слое

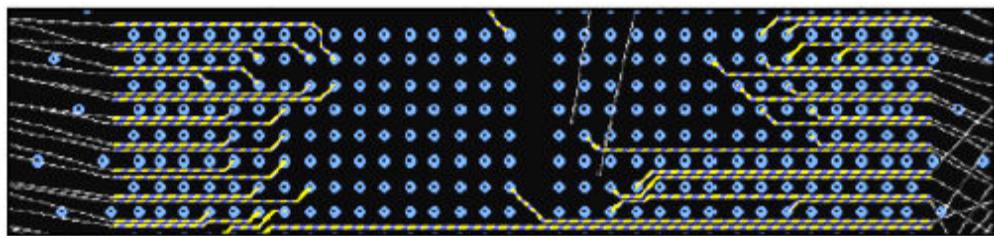


Рис.1-11: BGA отводы с отводными трассами, согласно направлениям трассировки слоя

Проблема.

Увеличение количества BGA выводов и уменьшение интервала между ними увеличивает сложность задач разработки. Поддержание качества сигнала на высоком уровне и уменьшение стоимости производства вероятно два наиболее важных требования. К сожалению, эти два требования конфликтуют друг с другом. Уменьшение перекрёстных помех, как правило, сопровождается увеличением пространства между проводниками, что может увеличить число слоёв, плюс трассировка плотных BGA корпусов требует миниатюризации и больше слоёв. Меньшие (размеры) элементов и увеличение слоёв добавляют существенно к стоимости платы. Здесь нет ничего нового; дальнейшая миниатюризация BGA корпусов делает ещё более трудным достижение оптимальных характеристик стоимости и производительности. Много разработчиков, кто работает со сверхбольшими (имеющими более 1500 выводов) BGA корпусами утверждают, что трассировка BGA добавляет значительное количество слоёв при разработке платы. Поэтому, эффективная BGA трассировка (BGA breakout) служит основой для уменьшения слоёв. Я использую фразу “BGA breakout”, чтобы определить (выделить) разводку именно BGA корпусов; эта трассировка производится раньше основной трассировки печатной платы. Зачем производить отдельную BGA трассировку (BGA breakout)? Ответ прост. BGA приборы имеют слишком много расположенных очень плотно выводов; единственный путь минимизировать количество слоёв – это использовать всё доступное внутреннее пространство компонента с шаблонами отводящих отверстий и трассировками. Разводка таких приборов без эффективных шаблонов приводит к

непроизводительной растрате площади и увеличению количества слоёв.

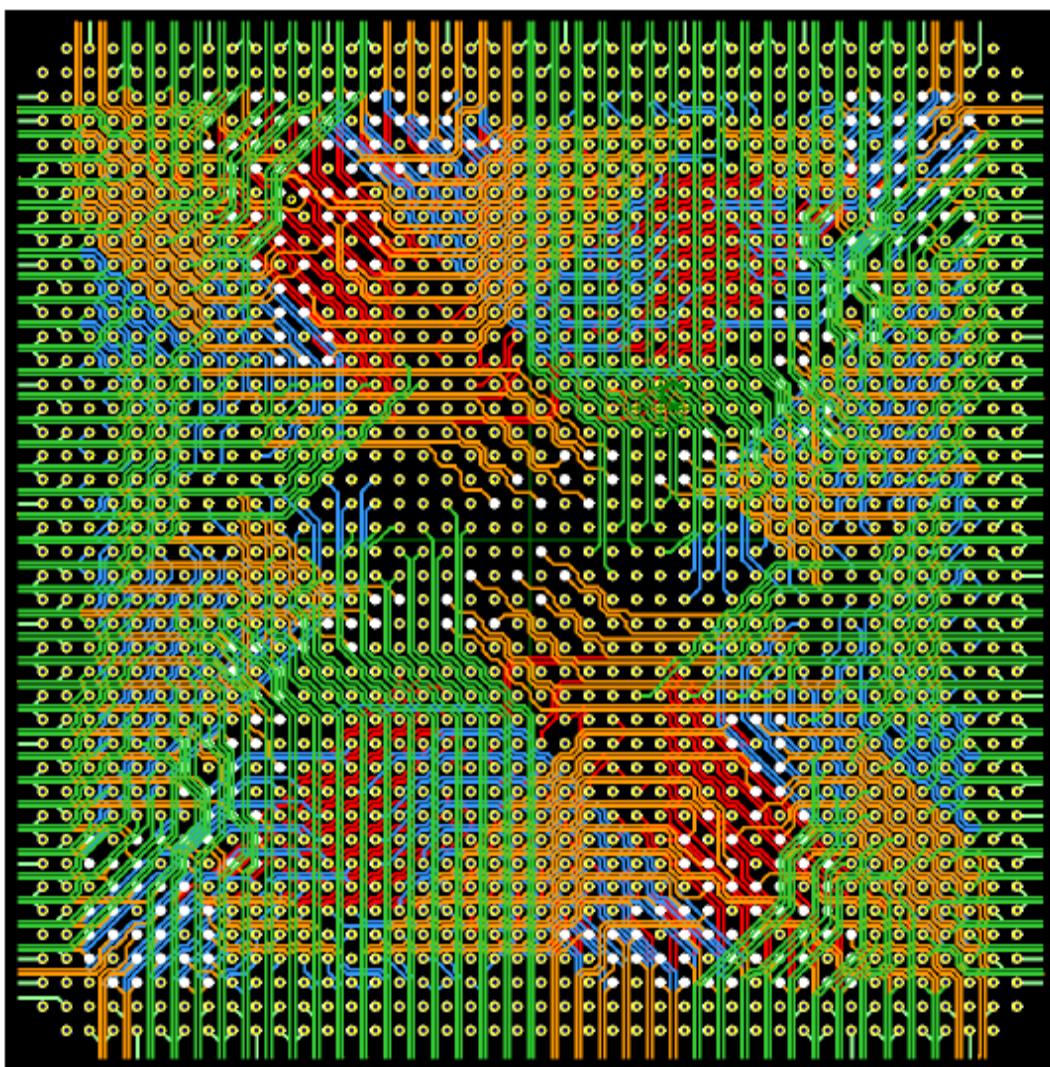


Рис. 1-12: Трассировка BGA – 1760 выводов, с шагом в 1 мм; отводные отверстия и линии трассировки - на нескольких слоях

Однако не все BGA вызывают сложности при трассировке. Корпуса с небольшим (относительно) количеством выводов

(менее 800), даже с плотным размещением выводов (шаг менее 0.8мм) не вносят существенных проблем при разводке. В этом случае, как правило, используется обычная общая разводка без предварительной трассировки BGA. Это означает, что все выводы прибора могут быть разведены с использованием разумного количества слоёв.

Сверхбольшие BGA (более 1500 выводов) с шагом (выводов) равным или менее 1 мм, требуют стратегии для отвода выводов прибора. Без отдельной разводки BGA приборов, количество слоёв было бы чрезмерным, что влияло бы на стоимость и надёжность печатной платы.

Дополнительные факторы усложняют процесс трассировки прибора. Для достижения требуемых характеристик производительности и стоимости, эти факторы должны правильно определяться и контролироваться в соответствии друг с другом.

- Стек (набор) слоёв
- Тип (модель) отверстий
- Правила (нормы) проектирования
- Качество сигналов
- Качество питания

Стек (набор) слоёв – Как правило, определяется на ранних стадиях проектирования. В случае, если плата имеет сверхбольшие BGA, возможно потребуется HDI стек с ламинированными основными слоями. В наборах (стеках) используются разнообразные материалы и процессы. Стоимость и надёжность, обычно основные факторы в определении набора (стека) слоёв. Вы должны найти компромисс между количеством слоёв и производственными процессами, чтобы добиться достижения своих целей.

Тип (модель) отверстий – В соответствии с выбранным набором (стеком), вы имеете широкий выбор типов (моделей) отверстий для использования. Решение, какой тип отверстий применять (сквозное, слепое, закрытое или HDI микро-отверстие) в большинстве случаев будет определяться плотностью (элементов) печатной платы и плотностью BGA. В дополнение к этому, изготовители плат имеют тенденцию фокусироваться на ограниченном наборе (производственных) процессов, тем самым ограничивая ваш выбор продавцов, в зависимости от технологии, которую вы хотите применить. С точки зрения разработки, выбор соответствующих моделей отверстий прямо влияет на качество (возможность) разводки платы.

Правила (нормы) проектирования – Изготовители печатных плат продолжают искать методы (технологии), позволяющие добиваться дальнейшей миниатюризации и повышающие надёжность. Правила проектирования должны находить компромисс между стоимостью, качеством сигнала и возможностью (качеством) разводки платы.

Качество сигнала – Изготовители печатных плат продолжают улучшать (технологические) процессы и производят надёжные платы с меньшими (по размерам) деталями (элементами) и габаритами – что и требуют заказчики плат; однако для поддержания качества сигнала на высоком уровне, необходимо определённое пространства между критичными цепями, особенно для снижения уровня перекрёстных помех при высоких частотах. Это противоречие усиливается при использовании сверхбольших BGA высокой плотности.

Правильный, соответствующий выбор стека слоёв и типов отверстий не только улучшает качество разводки, но также и качество сигналов.

Качество питания – Эффективное решение задачи распределения питания BGA зависит в значительной степени от стека слоёв. Существуют методы, позволяющие уменьшить количество требуемых развязывающих ёмкостей, и

следовательно увеличить пространство, доступное для разводки сигналов.

Решения

При разработке любой печатной платы используется большое количество переменных (факторов), поэтому невозможно иметь одно решение разводки BGA для всех ситуаций. Но возможно, однако, разработать решения для некоторого ограниченного набора переменных. Эта книга предлагает принципы для разводки BGA, которые могут быть применены в соответствии с ограничениями в вашем дизайне. Я надеюсь, что вы найдёте методы и идеи, представленные здесь полезными; кроме того, я надеюсь, что ваше воображение будет потревожено, чтобы найти свои уникальные решения.

Глава 2

BGA корпуса

Хорошая новость – то, что BGA технология делает возможным ASIC, FPGA и другие технологии ИС с большим количеством выводов, быть «упакованными» в массив выводов высокой плотности. Плохая новость – то, что меньший шаг выводов и увеличенное их количество делает ещё более сложной задачу трассировки. Требования к миниатюризации при одновременном увеличении функциональности устройств – самый существенный тренд, который меняет нашу промышленность.

В настоящее время BGA с шагом выводов меньше 1 мм, как правило, не имеют ещё сверхбольшого количества выводов и могут быть разведены довольно просто. Большое количество выводов может быть у BGA с 1 мм шагом и у BGA с шагом 0.8 мм в ближайшее время (несколько лет). На рис. 2-1 показано BGA со сверхбольшим количеством выводов. В таблице 2-1

показаны BGA корпуса (со сверхбольшим количеством выводов) ASIC и FPGA различных компаний. Из рис.2-1 можно сразу же увидеть, что BGA с более чем 2000 выводами, представляют пугающую задачу для трассировки. Конечно, значительный процент выводов здесь – “power” и “ground”; но даже задача определения подходящего шаблона отводных отверстий для этих выводов (так, чтобы они не блокировали разводку) – является непростой. Даже если 40% выводов здесь - для питания, всё равно остаётся ещё 1400 сигнальных выводов.

Company	Package	Pins
.5mm Pitch		
Amkor	fcCSP	180
Actel	CS281	281
.8mm Pitch		
Quicklogic	PT-280	280
Altera	DS-484UBGA05	484
1mm Pitch		
Actel	FBGA 1152	1152
Cypress Semi	51-85179	1152
eASIC	1152-FCBGA	1152
Intel	MCH	1300
AMI Semi	1704 FFBGA	1704
Lattice Semi	1704 fcBGA	1704
Xilinx	FF1760	1760
Altera	DS-1760FBGA	1760
NEC	FCBGA 1849	1849
Fujitsu	FC_BGA	2116
Toshiba	PBGA[FC]	2304
TI	GTM (N2377)	2377

Таблица 2-1 , Где: Company – название компаний; Package – тип корпуса; Pins - выводы; Pitch – шаг.

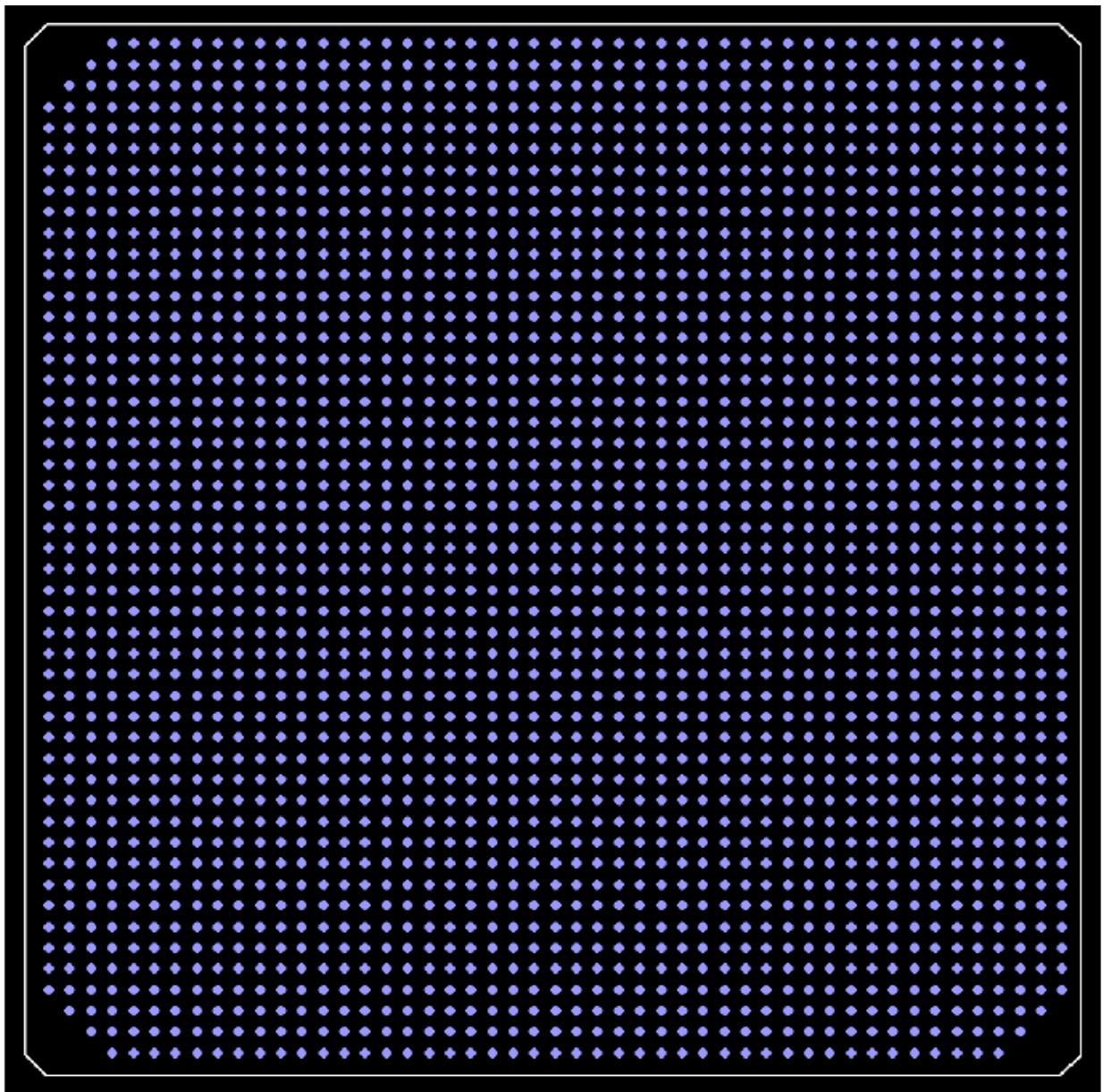


Рис. 2-1: TI GTM (N2377) BGA с 2377 выводами и 1мм шагом

Влияние на разводку, производительность и стоимость.

Так как, в настоящее время, количество BGA выводов с шагом 0.8 мм небольшое – задача трассировки не слишком сложна. Однако здесь есть некоторые соображения:

- Дифференциальные пары должны быть разъединены, за исключением тех случаев, когда «правила» разработки (design rules), применяемые для данного участка очень малы или используются инновационные отверстия (будет описано далее). Так как размеры корпусов довольно малы, то эта дистанция не должна отразиться на качестве сигнала.

Для BGA с шагом 1 мм, я рассматриваю количество выводов более 1500 –как порог сложности разводки. В случае FR-4 ламинированной платы со сквозными отверстиями, следующие моменты являются причинами потенциальных проблем:

- Количество слоёв – большое количество выводов может потребовать дополнительных слоёв только для разводки BGA. Если имеется несколько BGA с числом выводов более 1500, то плотность трассировки определённо заставит иметь больше слоёв для трассировки. При количестве слоёв более 28, слои диэлектрика FR-4 будут более тонкими, что приводит к расслоению, которое может произойти при (определеных) температурах процесса без свинцовой сборки (по крайней мере, при температуре 270° С);
- Отношение размеров отверстий – технологические требования производства и требования к надёжности платы определяют отношение длины отверстия (межслойного перехода) к его диаметру меньшее, чем 10:1; предпочтительно 8:1. Платы с количеством слоёв большим, чем 28 делают сложным поддерживать небольшой размер отверстий необходимый для эффективной трассировки. Также при увеличении размеров площадок отверстий (межслойных переходов) дифференциальные пары (при разводке) с большой вероятностью будут разъединены;
- Взаимозависимости – большое количество выводов диктует дополнительные слои для разводки, дополнительные слои требуют увеличения размеров отверстий и площадок, что в свою очередь уменьшает пространство для трассировки и, следовательно, приводит к увеличению количества слоёв. Чтобы прервать этот круг необходимо оставить использование

сквозных отверстий (межслойных соединений) и начать применять слепые и закрытые отверстия.

Более 2000 выводов при 1 мм шаге – поворотный пункт, особенно если имеется несколько BGA на одной плате.

Проблемы с количеством слоёв и с отношением размеров отверстий в ламинированных FR-4 платах становятся существенными при таком количестве выводов.

Использование слепых, закрытых типов отверстий или HDI микроотверстий, и соответственно эффективных шаблонов отводных отверстий (fanouts) может повысить плотность трассировки от 24% до 36% и снизить количество слоёв. На рис. 2-2 показана трассировка повышенной плотности первого внутреннего слоя; при разработке с использованием слепых отверстий и эффективного шаблона.

Расположенные вне матрицы контактные площадки.

Intel MCH BGA корпус (может иметь до 1300 выводов) достоин специального упоминания. На рис.2-3 видно, что выводы, расположенные вне стандартной матрицы, делают разводку сложной и зависимой от ваших правил. Здесь может потребоваться трассировка с разными углами. Этот новейший корпус от Intel даёт представление о ближайшей перспективе. Задача BGA разводки не будет проще. К счастью, программные средства дизайна печатных плат не отстают от эволюции BGA.

На следующем рис. 2-4 представлен не реальный прибор, а только показано, что может получиться при 0.8 мм шаге на корпусе таких же размеров, как для Virtex -5 с шагом 1мм. Корпус с таким шагом (0.8мм) содержит 3025 выводов.

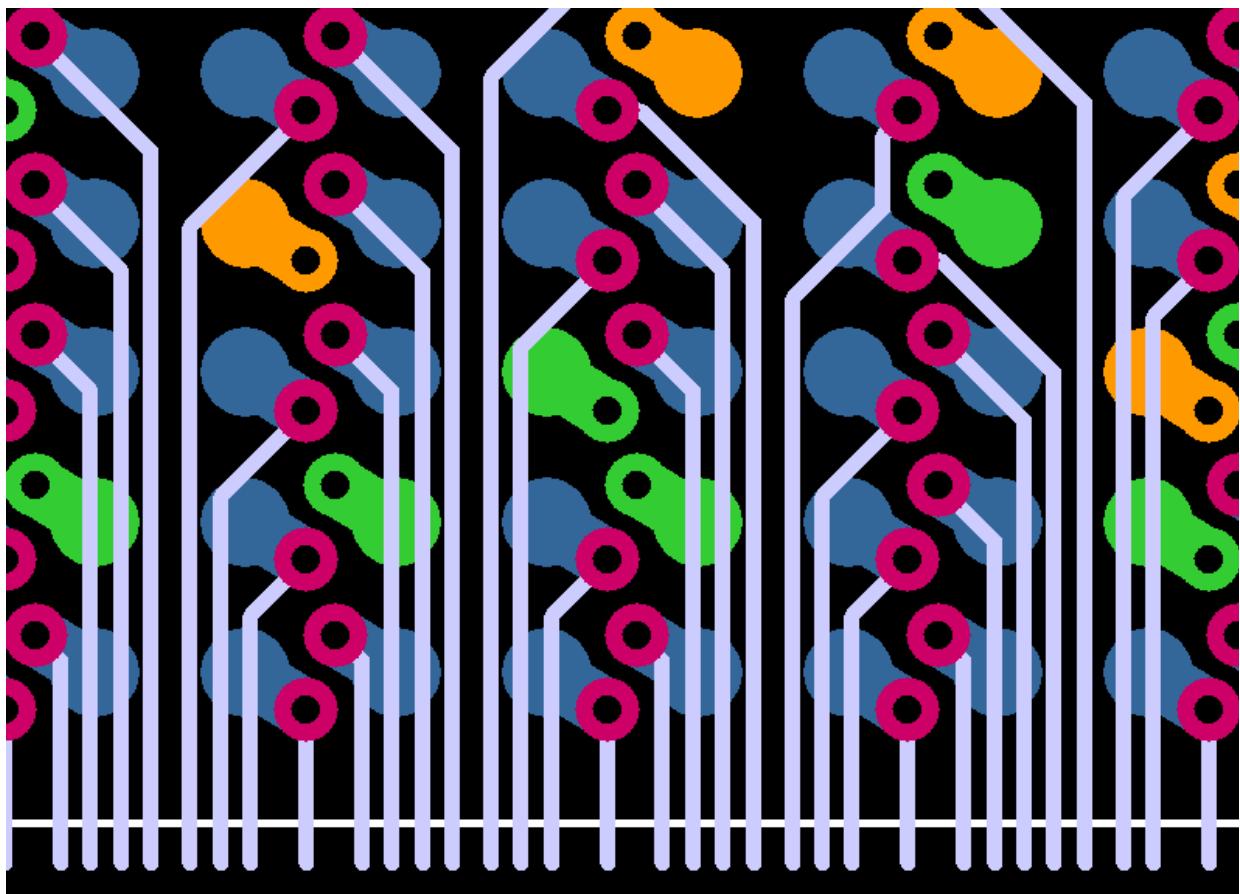


Рис. 2-2: Эффективный шаблон отводных отверстий

Если же вы возьмёте TI GTM (N2377) корпус и расположите выводы с шагом в 0.8 мм вместо 1 мм, то получите корпус уже с 3721 выводами.

Ближайшее будущее.

В порядке увеличения функциональности и продолжения миниатюризации, количество выводов (BGA) будет расти с одновременным уменьшением размеров корпусов. Я могу предсказать, что в ближайшие 3 года мы увидим ASIC или FPGA корпус с шагом 0.8мм и с более, чем 2000 выводами. Появление прибора с такими характеристиками нельзя назвать просто границей, это переломный момент, потому, что здесь становится необходимым использовать печатные платы с HDI. Сохранять качество сигнала, поддерживать производственные (технологические) требования и низкую стоимость будет просто невозможно со стандартными ламинированными платами со сквозными отверстиями. В

ближайшие 5 лет использование таких приборов станет обычным делом.

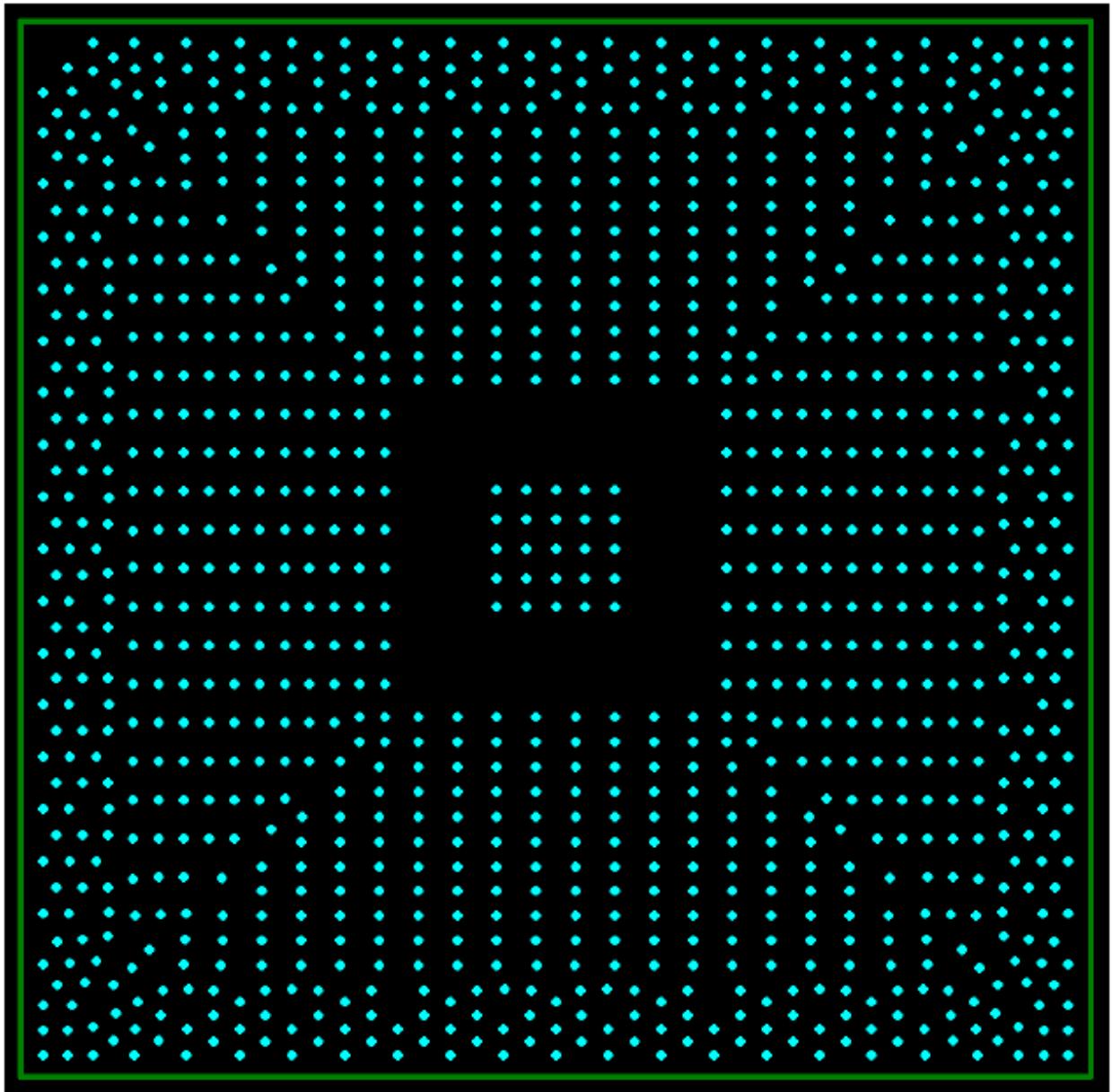


Рис.2-3: Intel MCH корпус

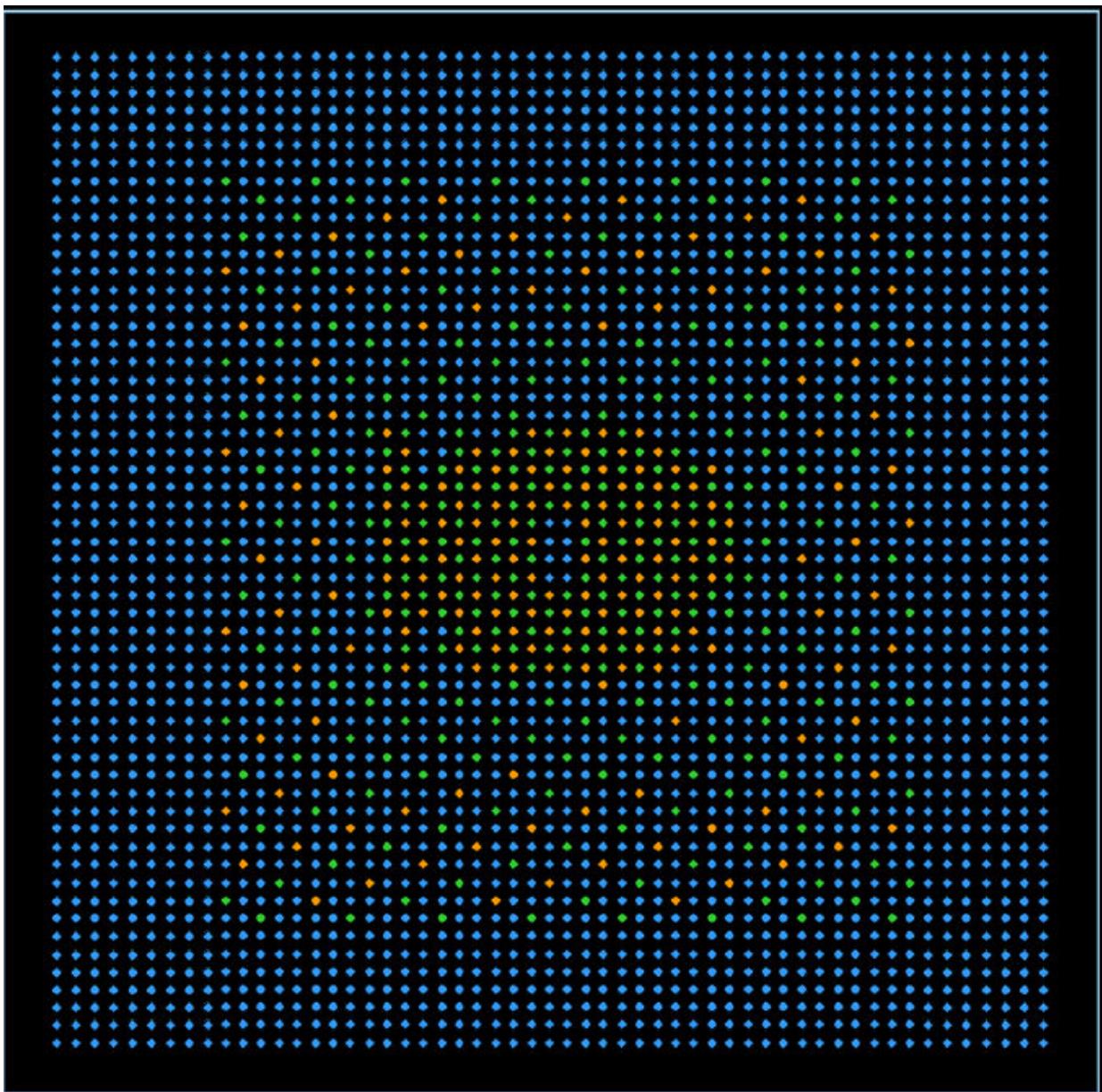


Рис.2-4: 3025 выводов при шаге 0.8 мм

Глава 3. Стеки HDI

Эта глава – для разработчиков, работающих с печатными платами высокой плотности с BGA корпусами (с большим количеством выводов) и понимающих, что стандартный ламинированный стек не соответствует современным требованиям по цене и производительности. Возможно, ваша ламинированная плата имеет слишком много слоёв, или размеры элементов не позволяют сделать разводку BGA. В этом случае, HDI стек – это жизнеспособная альтернатива, и может обеспечить

низкую стоимость при высокой производительности, если всё разработано правильно.

С информацией из этой книги, вы сможете определять, какой тип стека лучше всего подходит для вашей разработки и почему альтернативные варианты не годны. Если же вы хотите только знать, какие варианты стеков рекомендуется использовать, то пропустите этот материал и перейдите к концу данной главы, где приведены рекомендованные типы HDI стеков. Однако, для лучшего понимания причин, почему именно данные варианты стеков рекомендованы, а также и влияния конкретного выбора, важно прочитать всю главу.

Выбор соответствующего стека должен рассматриваться как наиболее важный аспект начального этапа разработки. Хотя существует много факторов, которые надо учитывать при выборе варианта стека, в этой главе рассматриваются стеки, благодаря которым возможен эффективный дизайн плат со сверх большими BGA. В это количество (плат) входят платы для таких областей как, например, компьютерная и коммуникационная техника.

Стек должен разрабатываться в связи с изготовителем плат, чтобы минимизировать стоимость и соответствовать требуемому качеству сигналов. Производство выпускает плату, которая обладает заявленными характеристиками, такими как, цена, надёжность, толщина, импеданс. Могут быть и дополнительные требования, такие как, например, использование специфических материалов. Как общее правило, изготовитель настраивает параметры стека для того чтобы соответствовать вашим задачам.

Наиболее продуктивный метод здесь - сотрудничать с изготовителем относительно характеристик стека до начала разработки платы. Таким образом, производитель будет иметь возможность сделать минимальные настройки (при производстве), чтобы продукт соответствовал вашим требованиям.

Хороший пример таких настроек можно видеть при контроле импеданса. Независимо от того, как тщательно выбран стек и определены ширина трасс, материал, толщины диэлектрика и меди – процесс изготовления в любом случае не точен. Каждое производство имеет своё оборудование и свои приёмы. Процесс ламинации уменьшает (ухудшает) диэлектрик, также и материал может быть заменён, если его нет в наличии на производстве или на складе. Допуски по всем параметрам суммируются. В конце концов, даже ответственный производитель должен будет сделать необходимые настройки в технологическом процессе, чтобы получить величину импеданса (измеренную на опытном образце) в соответствии со спецификацией. Ширина трасс и толщина материала может меняться немного, но если измеренная величина импеданса внутри границ спецификации – не важно, какие изменения были сделаны (конечно, при условии, что другие требования не сильно нарушены). Если же стек не определён правильно, то небольшие допустимые настройки, сделанные изготовителем, не будут достаточны для получения ваших требуемых характеристик. Опытный и разумный изготовитель никогда не возьмёт на себя риск от внесения значительных изменений в данные дизайна.

Зависимости

К сожалению много зависимых величин (некоторые из них взаимно зависимы) при определении типа стека. Процесс определения типа стека может быть ошеломляющим по своей сложности. Извините за следующий (несколько сбивчивый) параграф, но это хороший пример непростого процесса выбора – какие величины должны иметь первоочередное, а какие второстепенное значение для достижения ваших целей.

Необходимо уменьшить количество слоёв, чтобы держать стоимость низкой. Также требуется иметь соответствующее количество слоёв для разводки платы. В некоторых больших печатных платах необходимо развести значительно больше 10 тысяч цепей. Чтобы контролировать взаимные помехи, увеличивают пространство между трассами, что требует

большего количества слоёв. Также рассматривается проводка дифференциальных пар вместе через массив отверстий под BGA, что означает – отверстие должно быть достаточно маленьким для того, чтобы дифференциальные пары могли пройти вместе. Эти трассы также должны быть соответствующей ширины во взаимосвязи с толщиной диэлектриков и их характеристиками – для достижения требуемого импеданса. Но если вы имеете слишком много слоёв, то и отверстия должны быть больше, иначе отношение длины отверстия к его диаметру (aspect ratio) будет больше, чем требуется для качества сверления. Если вы сделаете отверстия меньше, то это может привести к более плотной разводке, но возможно, что вы при этом пожертвуете качеством изготовления. И наоборот, если вы сделаете отверстия больше, то возможно вам придётся разделить дифференциальные пары при проводке через массив отверстий под BGA, и это отразится на качестве сигнала и потребует больше слоёв для разводки BGA. Если вы имеете больше слоёв, то вам потребуется и увеличение размера отверстий. Эти факторы могут потребовать от вас разработать специальный шаблон (отводных отверстий) в контексте стека для поддержания (обеспечения) результата, качества сигнала и разводки. Этот параграф только прикоснулся к немногим зависимостям, даже при этом, здесь описаны пугающие задачи.

Какое-то количество примеров стеков будет представлено далее с их преимуществами и недостатками, вместе с базовыми описаниями - какие типы отверстий и правил работают лучше. Некоторые вопросы качества сигналов и питания будут также затронуты.

Обзор типов стеков

В контексте с платами, имеющими сверхбольшие BGA, можно назвать три типа стеков, представляющих интерес.

1. Стандартный ламинированный стек со сквозными отверстиями

Преимущества:

- Низкая стоимость (до тех пор, пока количество слоёв не станет чрезмерно большим);
- Простой тип отверстий;
- Простой диэлектрик FR-4;
- Сложившийся известный процесс («каждый может делать это»);
- Высокая надёжность (до тех пор, пока количество слоёв не слишком большое).

Недостатки:

- Если количество слоёв становится слишком большим, то: Меньше производителей могут обеспечить хорошее качество, стоимость значительно вырастает.
Возможно расслоение при высоких температурах ROHS (без свинцовой) пайки;
- Отверстия должны быть большими (относительно) уменьшая возможность разводки и увеличивая количество слоёв;
- Трудно применить для BGA с шагом менее 1 мм;
- Сквозные отверстия создают ёмкость с каждым слоем, и ослабление сигнала увеличивается с толщиной;
- Большие размеры площадок отверстий часто требуют разделения дифференциальных пар под BGA.

Примечания:

- Существует несколько критичных факторов, при которых стандартный ламинированный стек со сквозными отверстиями нежизнеспособен (не работоспособен);
- Если плата имеет более 28 слоёв, то её качественное производство становится трудным и стоимость недоступной;
- Если плата имеет более 28 слоёв, то диэлектрики становятся такими тонкими, что возможно их расслоение при высоких температурах, требуемых при без свинцовой пайке;

- В общем случае, когда у вас есть несколько BGA с меньшим, чем 1500 количеством выводов (каждый корпус) и 1мм шагом то разводка таких корпусов допустима с использованием сквозных отверстий;
- Однако, если вы имеете большое количество таких корпусов в одном дизайне, то плотность разводки может потребовать увеличения количества слоёв до уровня, ограничивающего эффективность такого стека;
- Если вы имеете значительное количество BGA с более чем 1500 выводами (каждый корпус) и шагом 0.8 мм или меньше, то большая вероятность, что сквозные отверстия сделают очень трудной разводку этих приборов;
- Когда (увеличивается) толщина платы из-за (увеличения) количества слоёв, то размеры отверстий становятся настолько большими, что это препятствует разводке;
- Отношение длины отверстия к диаметру отверстия должно быть меньше 10, в противном случае надёжность существенно уменьшится;
- Диаметр площадки отверстия должен быть равен диаметру отверстия плюс 0.01 дюйма;
- Если диаметр площадок отверстий настолько велик, что препятствует разводке дифференциальных пар и (или) односторонних сигналов между массивом отверстий BGA, то большее количество слоёв будет необходимо для завершения разводки;
- Отверстия могут быть выдвинуты из-под BGA. Однако, при использовании сквозных отверстий возможный выигрыш здесь незначителен.

2. Последовательно ламинированный стек со слепыми и скрытыми отверстиями

Преимущества:

- Как правило, короче корпус отверстия;
- Довольно простой тип отверстий;
- В общем случае отверстие меньше (диаметр), чем требуется

для сквозных отверстий.

Минимальный размер механически просверлённых отверстий такой же, как и для предыдущего типа стека; однако, слепые и закрытые отверстия с большей вероятностью будут иметь меньшее отношение длины к диаметру (aspect ratio), давая возможность больше иметь отверстий минимального размера;

- Простой диэлектрик – в основном FR-4;
- Эффективное использование слепых и закрытых отверстий даёт возможность использовать трассировочные каналы, уменьшающие (потенциально) количество слоёв.

Недостатки:

- Нешироко распространённый процесс, больше и больше производств вместо этого стека делают HDI стек;
- Минимальный размер просверлённого отверстия -8th ;
- Стоимость больше, чем у стандартного ламинированного стека (со сквозными отверстиями), а минимальная ширина трасс остаётся такой же;
- На практике, требования надёжности ограничивают число последовательных ламинаций до 2 или 3;

Примечания:

- Последовательно ламинированные платы имеют такие же критичные точки, как и стандартные ламинированные; однако так как "aspect ratio" и размер площадок отверстий здесь меньше, то улучшаются и возможности разводки; становится менее вероятным тот факт, что количество слоёв платы превысит 28;
- Так как размеры элементов здесь в основном остаются такими же, как и при использовании стандартных ламинированных стеков, то разработка плат с несколькими большими BGA (шаг меньше 1мм) очень сложна;

3. Надстройки (надстроенные слои) с микроотверстиями (HDI стеки)

Преимущества:

- Меньшие размеры отверстий и трассировки делают возможными большую плотность и меньшее количество слоёв;
- Эффективное использование микроотверстий даёт возможность использовать трассировочные каналы, уменьшающие (потенциально) количество слоёв;
- Только (один) практический путь для дизайна с несколькими большими BGA корпусами (шаг менее 0.8мм);
- Наименьшая стоимость для плат высокой плотности;
- Улучшенное качество сигнала и питания в соответствии сенным выбором стека;
- Здесь, материалы «ведут себя хорошо» при технологических процессах согласно ROHS;
- Доступны новейшие материалы с улучшенными характеристиками и низкой стоимости; эти материалы не подходят для использования в случае двух предыдущих типов стеков.

Недостатки:

- Много вариантов комплексных типов (переходных) отверстий; количество вариантов (отверстий) и их сложность продолжают увеличиваться;
- Сложное определение (выбор) стека;
- Эффективные методы при разработке плат высокой плотности не широко понятны и документация редка;
- Предварительная оценка стоимости не доступна, как и начальное руководство по разработке;
- Производство HDI плат широко известно в Китае и в PAC Rim, однако в Северной Америке ещё незначительно распространено.

Примечания:

- HDI наилучшая альтернатива дорогим многослойным стандартным ламинированным и последовательно ламинированным платам;
- Тренд для BGA – увеличение количества выводов и уменьшение шага. Критичная точка – более 1500 выводов при шаге 0.8 мм;
- Единственный путь эффективной разводки нескольких таких приборов на одной плате – использование HDI (с меньшими размерами элементов);
- В настоящее время HDI технология доминирует в портативных устройствах и в бытовой электронике. Применение HDI при разработке больших плат продолжает расти.

Детали HDI стека

Информация относительно HDI стеков, представленная в этом параграфе, базируется на стандарте института печатных плат (IPC, Institute of Printed Circuit). Здесь описываются Типы I, II, и III. Тип III – рекомендованная конфигурация для плат большой плотности с большими BGA корпусами.
IPC информация, которая может быть полезна для вас:

<http://www.ipc.org>

IPC/JPCA-2315

Руководство по разработке “HDI and Micro-vias”

IPC/JPCA-4104

Спецификация для материалов HDI и микроотверстий

HDI Тип I

Эта конструкция использует два типа отверстий, сквозное и микроотверстие, в структуре, состоящей из ламинированного

центра (ядра) и одного слоя микроотверстий, по крайней мере, на одной стороне.

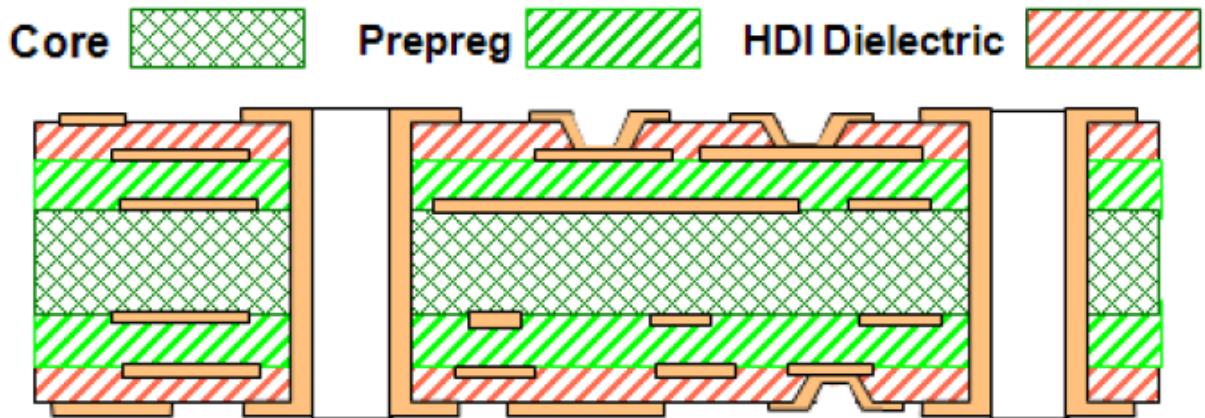


Рис.3-1: IPC HDI Тип I, Где:

Core- ядро (сердцевина) конструкции; Prepreg- препрег; HDI Dielectric-HDI Диэлектрик

Примечания:

- Количество слоёв в ламинированном ядре может варьироваться, и ограничено двумя факторами:
Сквозные отверстия должны иметь “aspect ratio” (отношение длины к диаметру) меньше 10-ти для обеспечения достаточной надёжности;
Если FR-4 диэлектрики становятся слишком тонкими, то может произойти расслоение под воздействием высоких температур (при процессе без свинцовой пайки).

Рекомендации:

- В контексте плат высокой плотности с BGA (с большим количеством выводов), этот стек не будет существенно лучше, чем (обычные) ламинированные стеки.
Площадки сквозных отверстий должны быть большими.
Использование только одного слоя с микроотверстиями будет ограничивать преимущества от использования отверстий и трасс меньших размеров.

HDI Тип II

Эта конструкция использует микроотверстия, закрытые отверстия, а также может иметь и сквозные отверстия.

- Один слой микроотверстий, по крайней мере, на одной стороне;
- Отверстия просверливаются на ламинированной сердцевине и становятся закрытыми после добавления диэлектрика для микроотверстий;
- Микроотверстия расположены зигзагом относительно друг друга и могут располагаться относительно закрытых отверстий зигзагом или над ними.

Дополнительные замечания:

- См. примечания для Типа I выше об ограничениях количества слоёв в ламинированном ядре; это замечание относится и ко всем вариантам Типа II со сквозными и закрытыми отверстиями.

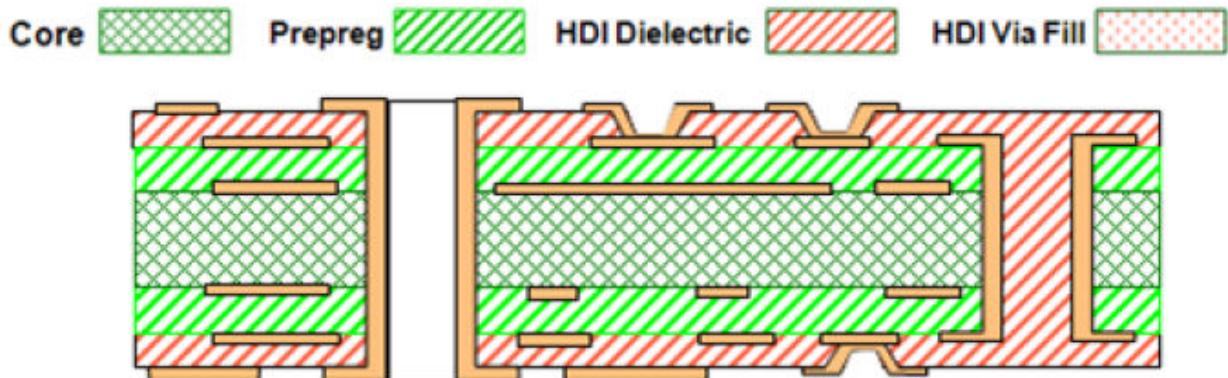


Рис. 3-2: IPC Тип II, Где: HDI Via Fill – наполнитель HDI отверстий; Core- ядро (сердцевина) конструкции; Prepreg- препрег; HDI Dielectric-HDI диэлектрик

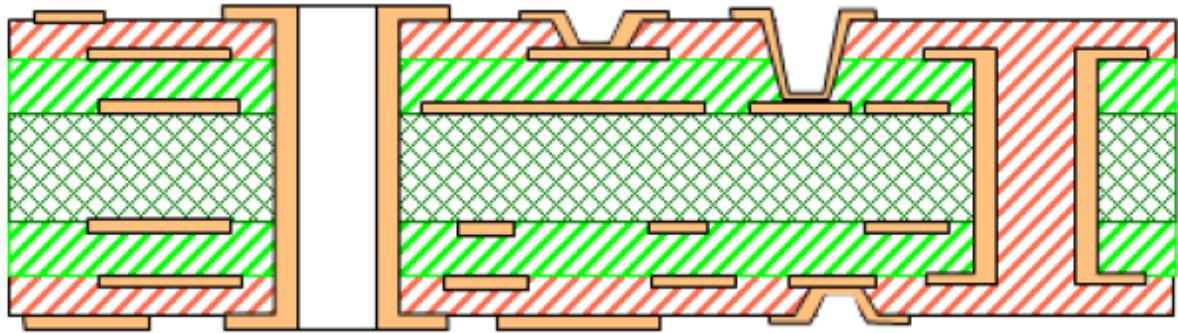


Рис. 3-3: IPC Тип II с микроотверстиями переменной длины (глубины) (variable-depth micro-vias)

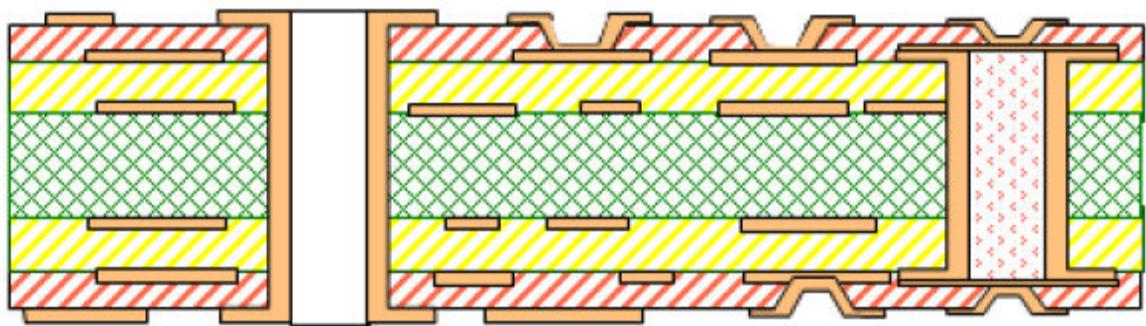


Рис. 3-4: IPC Тип II, микроотверстия располагаются над (stacked) закрытым отверстием

Рекомендации:

- В контексте плат высокой плотности с BGA (с большим количеством выводов), этот набор лучше, чем Тип I; однако и он не подходит для сложных разработок.

Использование закрытых отверстий вместо использования сквозных даёт значительное преимущество. Применение только одного слоя микроотверстий ограничивает возможные преимущества от меньших размеров отверстий и трасс. Также, только один слой микроотверстий ограничивает возможность использования внешних слоёв для цепей "GND". Иметь только один надстроенный слой для трассировки существенно не эффективно по сравнению с использованием двух надстроенных слоёв.

HDI Тип III

Эта конструкция использует микроотверстия, закрытые отверстия и может иметь сквозные отверстия.

- Здесь, не менее двух слоёв микроотверстий, по крайней мере, на одной стороне платы;
- Отверстия, просверленные в ламинированном ядре, становятся закрытыми после добавления диэлектрика HDI микроотверстий;
- Микроотверстия могут быть расположены зигзагом или штабелем (одно над другим, "stacked") относительно друг друга и закрытых отверстий.

Дополнительные замечания:

- См. примечания для Типа I выше об ограничениях количества слоёв в ламинированном ядре; это замечание относится и ко всем вариантам Типа III со сквозными и закрытыми отверстиями.

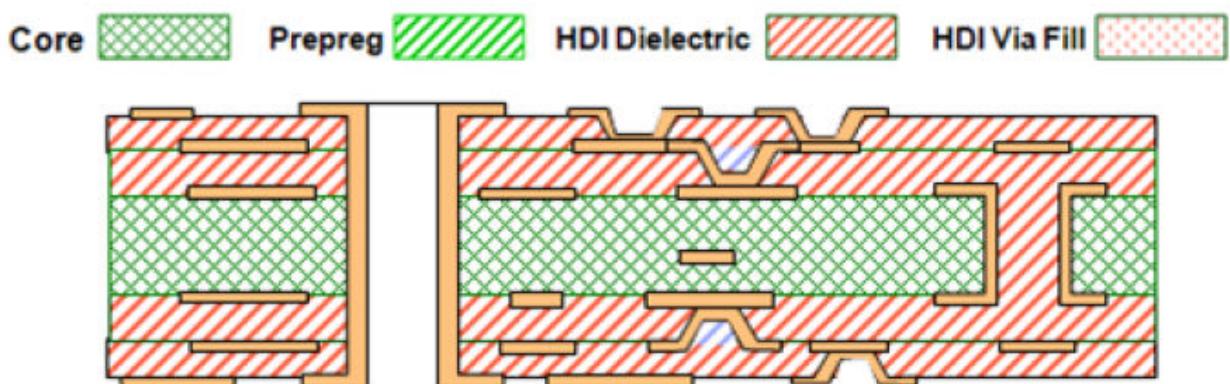


Рис. 3-5: IPC Тип III, Где: HDI Via Fill – наполнитель HDI отверстий; Core-ядро (сердцевина) конструкции; Prepreg- препрег; HDI Dielectric-HDI диэлектрик

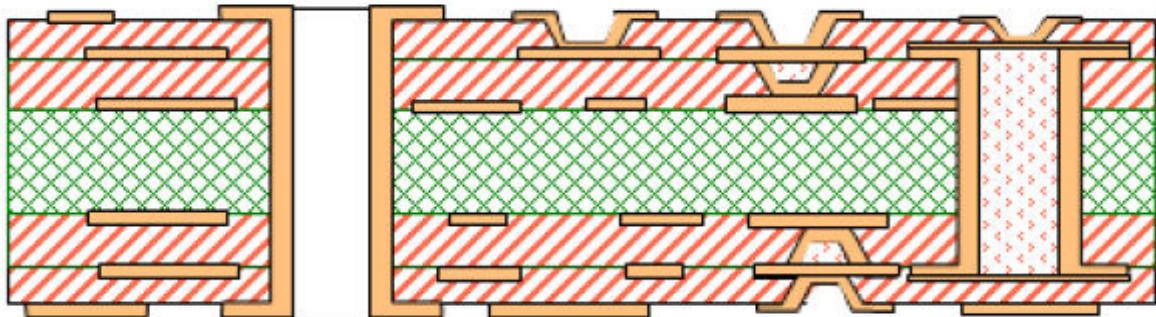


Рис.3-6: IPC Тип III, с отверстиями, расположенными один над другим (stacked)

Рекомендации:

- HDI Тип III - наилучшая конфигурация стека для плат высокой плотности с BGA (с большим количеством выводов):

С двумя слоями микроотверстий, меньшими размерами трасс и отверстий становится доступным большее пространство для трассировки. Использование наружных слоёв стека для цепей "GND" становится реальным, так как остаётся достаточно места в слоях микроотверстий и для сигнальной разводки.

Использование отверстий, расположенных друг над другом, делает возможным большую плотность трассировки; однако здесь и стоимость будет выше.

HDI Тип IV, V, VI

Эти дополнительные типы HDI стеков описаны в спецификации IPC-2315; здесь они не разбираются просто потому, что их производство более дорого и применение этих стеков не улучшает существенно разводку плат высокой плотности с BGA.

Модели отверстий.

В HDI Тип III используется много различных типов отверстий. Можно считать, что наиболее подходящая для вашей разработки модель отверстий будет определяться нахождением компромисса между стоимостью этого метода и тем, как данная модель обеспечивает достаточную плотность разводки и качество сигнала. На следующем рисунке представлены некоторые модели отверстий, применение которых возможно в HDI тип III.

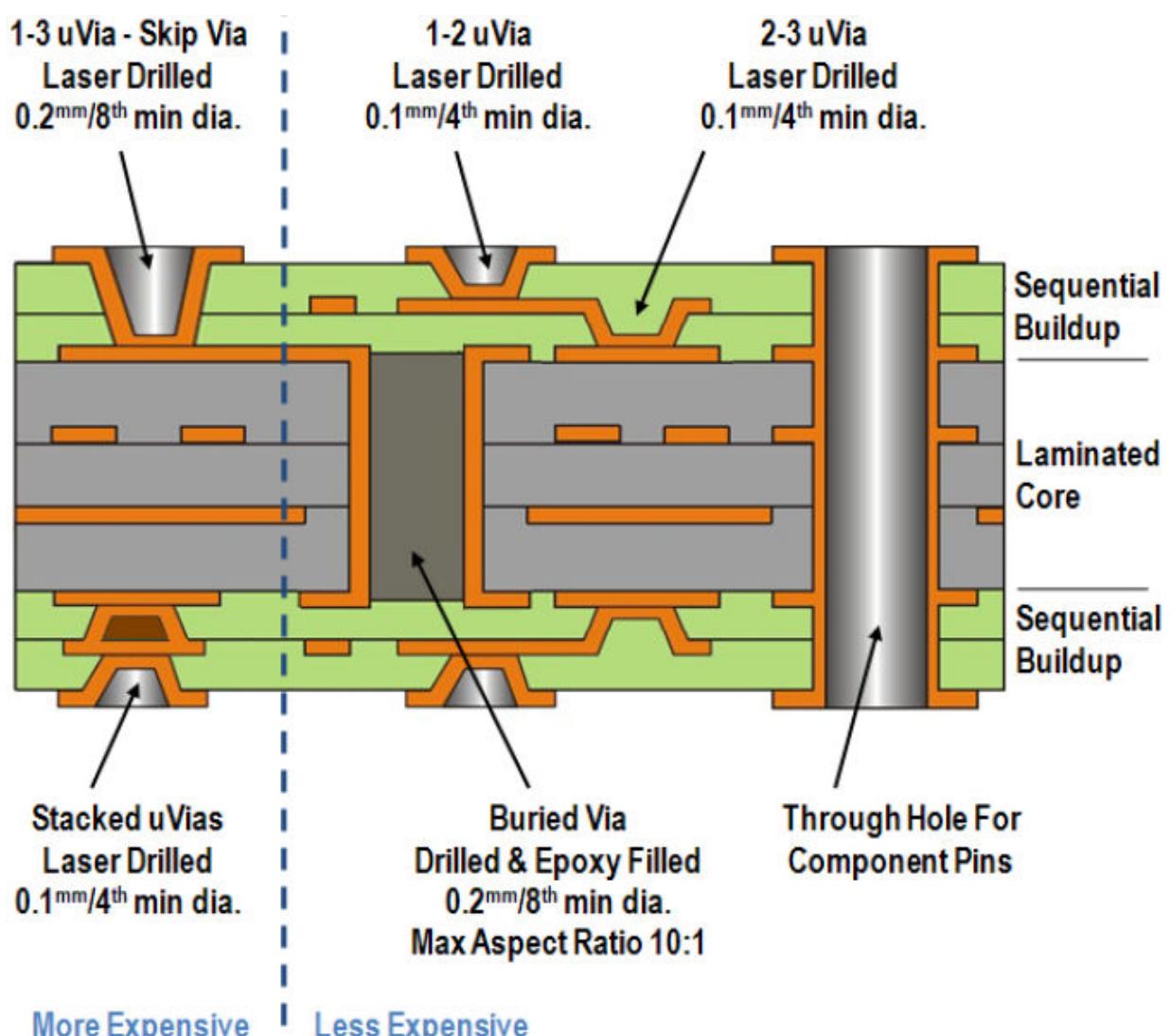


Рис. 3-7: Примеры отверстий для HDI Тип III, Где:

Through Hole For Component Pins – сквозное отверстие для выводов компонентов; 1-3 μ Via-Skip Via Laser Drilled 0.2 mm/8th min.dia. – просверлённое лазером микроотверстие, типа «скип» отверстие, между слоями 1 и 3 с минимальным диаметром 0.2 мм или 8th ; 1-2 μ Via Laser Drilled 0.1 mm/4th min.dia.- просверлённое лазером микроотверстие между слоями 1 и 2 с

минимальным диаметром 0.1 мм или 4th; 2-3 μVia Laser Drilled 0.1 mm/ 4th min.dia.- просверлённое лазером микроотверстие между слоями 2 и 3 и с минимальным диаметром 0.1 мм или 4th ; Sequential Buildup – последовательная надстройка; Laminated Core – ламинированное ядро (сердцевина); Stacked μVias Laser Drilled 0.1 mm/4th min.dia. – расположенные друг над другом микроотверстия с минимальным диаметром 0.1 мм или 4th; Buried Via Drilled & Epoxy Filled 0.2/8th min.dia. Max Aspect Ratio 10:1 – закрытое просверлённое отверстие, заполненное эпоксидным составом с минимальным диаметром 0.2 мм или 8th максимальное отношение длины к диаметру 10:1; Less Expensive – менее дорого; More Expensive – более дорого.

- «Скип» (“Skip”) отверстие – этот тип отверстия эффективен для переходных слоёв (так как он эмулирует отверстия расположенные друг над другом); однако «скип» отверстия не так эффективны для (увеличения доступного) пространства трассировки, как отверстия расположенные друг над другом (“stacked”), потому что минимальный диаметр такого типа отверстия («скип»)– 8th (th-тысячная доля дюйма).
- Скрытые отверстия – как общее правило, неиспользуемые площадки таких отверстий, должны быть удалены. Это значительно уменьшает перекрёстные помехи.
- Размеры площадок микроотверстий – несмотря на то, что размер площадки варьируется в зависимости от производителя, приемлемо использование площадки, которая на 0.15 мм(6th) больше отверстия.
- Отношение длины отверстия к диаметру (“Via Aspect Ratio”) – для микроотверстий 5:1, для закрытых отверстий 10:1.
- Продлённое закрытое отверстие

Как представлено на следующем рисунке, можно продлить (удлинить) закрытое отверстие до первого слоя HDI микроотверстий. Этот метод может позволить не делать один установочный шаг при сверлении.

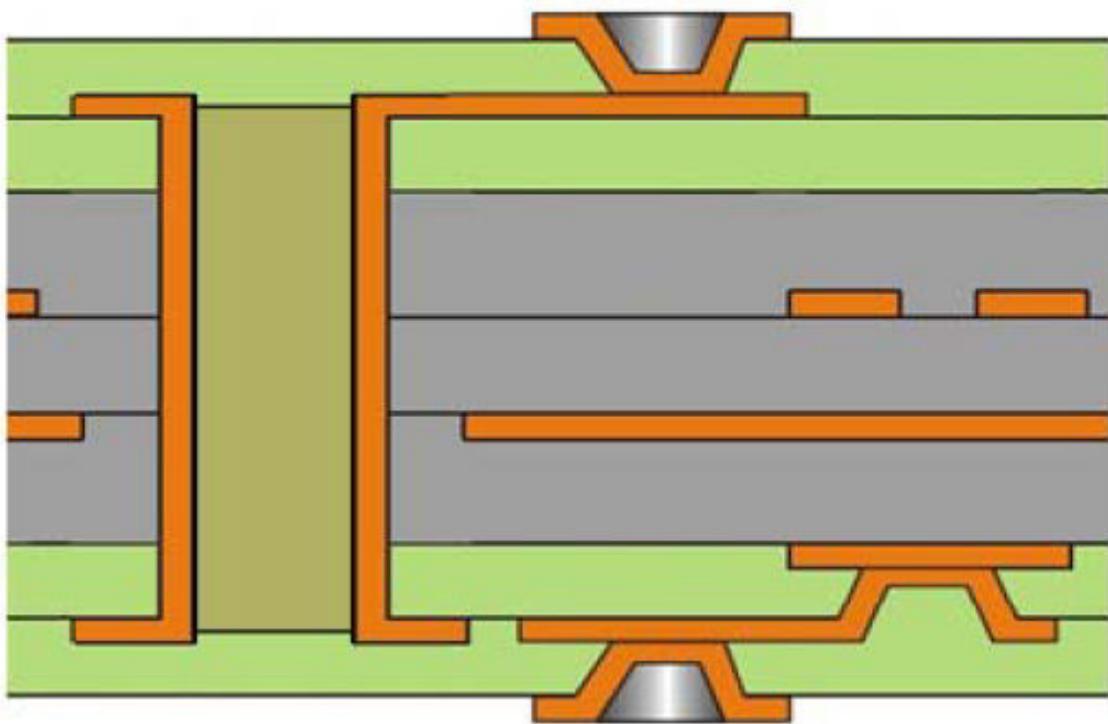


Рис.3-8: Продлённое закрытое отверстие

Преимущества:

В случае цепей “power” и “ground”, которые должны быть распространены по всей плате – использование продлённых закрытых отверстий требует меньше пространства.

Недостатки:

Однополярные цепи, которые используют продлённые закрытые отверстия, могут пострадать от эффекта (“via stub” эффект) дополнительной длины закрытого отверстия; однако этот эффект может быть незначительным в зависимости от частоты. В зависимости от производителя, стоимость удлинённого закрытого отверстия может быть немного больше, чем стоимость просто закрытого отверстия в ламинированной основе платы.

- Расположенные одно над другим, или «штабелем» микроотверстия и закрытые отверстия

Как показано на рисунке внизу, микроотверстия могут быть расположены одно над другим или над закрытыми отверстиями.

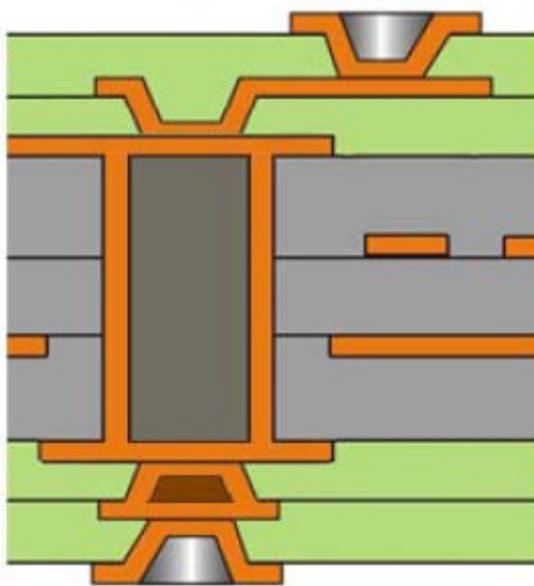


Рис.3-9: Отверстия, расположенные одно над другим (stacked vias)

Преимущества:

В случае цепей “power” и “ground”, которые должны быть распространены по всей плате – использование продлённых закрытых отверстий требует меньше пространства. Расположение отверстий одно над другим - наиболее эффективная и гибкая конфигурация для трассировки.

Недостатки:

Как правило, такой способ расположения отверстий, стоит больше из-за дополнительного шага, нужного для обеспечения надёжного соединения между отверстиями.

Расположение слоёв

В контексте HDI Тип III, положение слоёв будет влиять на распределение цепей питания и на качество питания и сигналов.

Должное (правильное) положение уровней (слоёв) значительно более глубокий и сложный предмет, чтобы быть адресованным в этой книге. Однако определённые методологии известны как эффективные и будут описаны здесь, в общем (без деталей).

На стеках, показанных далее, количество слоёв основы, конечно может быть переменным. А выбор именно шестнадцати слоёв – лишь удобен для графического представления расположения слоёв.

- Внешний слой(plane) “GND”

Стек на рис. 3-10 типичный в случае, когда внешний слой предназначен для “GND”

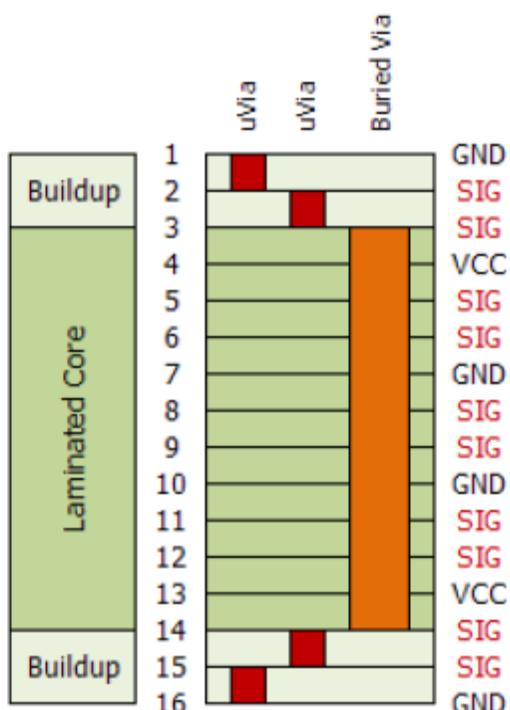


Рис.3-10: Внешний слой (plane) “GND”

Преимущества:

“GND” во внешних уровнях (plane) обеспечивают превосходное EMI экранирование. Если развязывающие конденсаторы для BGA расположены на том же слое, что и BGA, то можно минимизировать количество отверстий, используемых для “GND” внизу под BGA. Это откроет (добавит) каналы трассировки, которые могут быть критичными для плат высокой плотности. Всё же может быть необходимость в каком-то количестве отверстий для “GND” выводов для улучшения электрических параметров цепей (для “return path”).

Недостатки:

Если электрические параметры цепей (здесь идёт речь о “return path”) контролируются (обеспечиваются) минимальным количеством “GND” отверстий, то данный метод не имеет недостатков.

Обычно считается, что использование внешнего уровня(plane) для “GND” ограничивает число надстроенных HDI слоёв для трассировки сигналов. Хотя это и так, также важно учитывать и то, что в противном случае, контролировать качество сигналов этих цепей будет более трудно; результатом «зарывания» первого “GND” уровня (plane) в ламинированную структуру является то, что трассировка на слоях микроотверстий не будет иметь хорошего опорного (reference) уровня (plane).

- Внешние слои “GND” и “VCC”

Стек, представленный здесь, типичен для случая, когда внешние слои - “GND” и “VCC”.

Преимущества:

Этот стек имеет такие же преимущества, как и стек, рассмотренный перед ним. Кроме этого дополнительно -

Ёмкостная связь между слоями “GND” и “VCC” будет превосходной, уменьшая (количество) развязывающих конденсаторов, необходимых для BGA (предполагается, что используется относительно тонкий диэлектрик, тоньше, чем 0.5 мм или 2th)

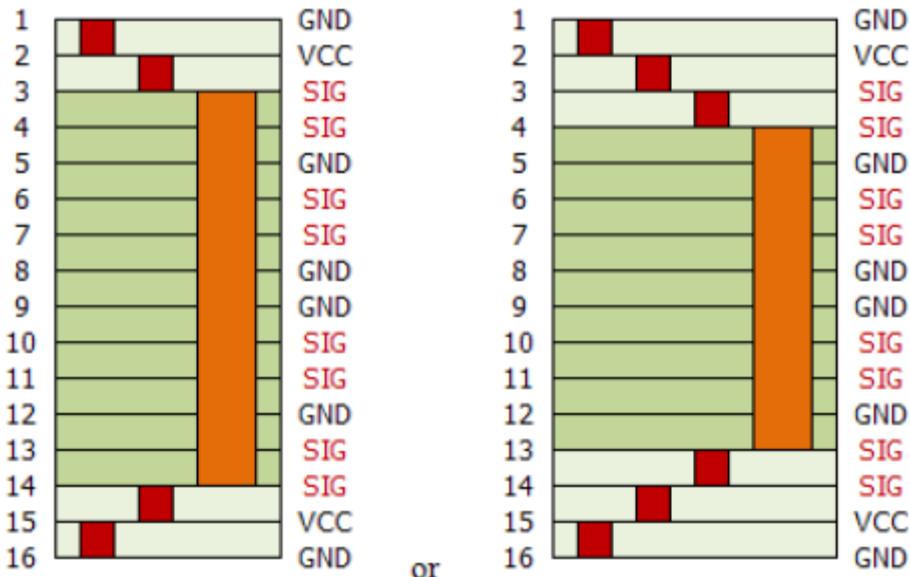


Рис. 3-11 “GND” и “VCC” на внешних слоях

Здесь также есть возможность использовать встроенные ёмкости и “pull-up” сопротивления эффективно; как результат предоставление (появление дополнительно) значительного пространства для трассировки на сигнальных слоях.

Недостатки:

Если (получается так, что) электрические параметры цепей (return path) контролируются (обеспечиваются) минимальным количеством “GND” отверстий, то данный метод не имеет недостатков.

Рекомендации:

- Приветствуется применение в этом стеке «скип» отверстий и отверстий, расположенных друг над другом.
- Часто для питания больших BGA требуется несколько номиналов напряжения. Можно использовать разделённые слои (planes) или предназначенные для конкретного напряжения слои для распределения питания. Если такой способ используется, то лучше всего поместить эти слои в центр платы и окружить их “GND” слоями (planes) для предотвращения наводок (помех) от различных напряжений на сигнальные уровни.

Количество слоёв.

Количество надстроенных слоёв и слоёв ядра (основы), необходимых для разводки платы и обеспечения, требуемых производительности и качества сигнала, может меняться в зависимости от плотности трассировки и выбора расположения слоёв в стеке. Обсуждение вопросов плотности трассировки выходит за рамки данной книги; однако, можно сказать, как общее правило, количество слоёв для плат высокой плотности, начинается с 8-10. Затем по мере надобности при процессе трассировки, это число увеличивается.

Так как толщина ламинированной основы ограничена величиной "aspect ratio" (отношение длины отверстия к его диаметру) закрытого отверстия (10:1), необходимо работать вместе с производителем плат, чтобы определить эффективные толщины основы и препрег материала. При этом, надо одновременно и стараться минимизировать размеры площадок отверстий. Это сделает возможным определить наибольшее число слоёв, доступное для ламинированной основы (платы).

Правила разработки (design rules).

Через всю книгу идут описания минимальных величин диаметров отверстий, площадок отверстий, также как и величины отношения длины отверстия к его диаметру ("aspect ratio"). Эти минимальные значения используются как руководство, чтобы сделать возможным высокую отдачу (высокие показатели) (при трассировке). Минимальная ширина трасс и интервалов между ними основываются на возможностях изготовителя; однако, более вероятна их установка в зависимости от требований обеспечения характеристик, влияющих на качества сигнала, таких как, контроль импеданса или уменьшение взаимных помех.

Шаблоны отводных отверстий.

Методы, используемые для определения положений отводных отверстий (конечно связанных электрически с контактными площадками BGA) рассматриваются в отдельной главе.

Правильный выбор положений (шаблонов) отводных отверстий может значительно упростить задачу успешной трассировки BGA.

Далее представлены некоторые факторы, которые учитываются при выборе шаблона:

- Положение отводного отверстия относительно контактной площадки BGA
- Когда используется комбинация микроотверстий и закрытых отверстий, отверстия определённого интервала ("via span") могут иметь свой собственный шаблон, и это может повлиять на трассировку BGA.

Качество сигнала.

Этот параметр имеет много зависимостей, переменных и тысячи пунктов. Здесь просто указаны несколько приёмов (относящихся к HDI стекам плат высокой плотности), которые могут позитивно повлиять на качество сигнала:

- Удалить неиспользуемые площадки закрытых отверстий для уменьшения перекрёстных помех;
- Развести высоко скоростные однополярные ("single-ended") цепи в надстроенных слоях ближе всего к компоненту. Возможность возникновения "via stub" эффекта (тогда) исчезает, так как здесь закрытые отверстия не используются;
- Развести дифференциальные пары на слоях ламинированной основы. "Via stub" эффект влияет на дифференциальные пары

меньше, чем на однополярные сигналы; и перекрёстные помехи между дифференциальными парами (проходящими через разные отверстия) вероятнее всего будут незначительными (если неиспользованные площадки удалены);

- Использовать «ленточную» конфигурацию, когда пары сигнальных слоёв располагаются между “plane” слоями (здесь по-видимому “GND plane”). Такая конфигурация не только обеспечивает наилучшую электрическую характеристику “return path”, но и уменьшает перекрёстные помехи. Здесь подтверждается утверждение, что использование “ground” слоя (plane) на внешних слоях – хорошая практика.

Рекомендованные HDI стеки.

Какие HDI стеки наилучшие для BGA отводов и трассировки? Это зависит от ваших приоритетов. Приведённые далее стеки проанализированы относительно стоимости, плотности трассировки, качества сигналов и питания. Три первых стека оценены как наилучшие относительно таких приоритетов как плотность трассировки с хорошим качеством питания и сигналов.

Стек А комментарии:

- Общая оценка=13;
- Это «золотая середина» для всех переменных и хороший «стартовый» стек для начинающих дизайн с HDI;
- Модели отверстий просты, и найти производство для них не составит труда;
- “ground plane” на внешних слоях обеспечивает хорошее качество сигналов и питания.

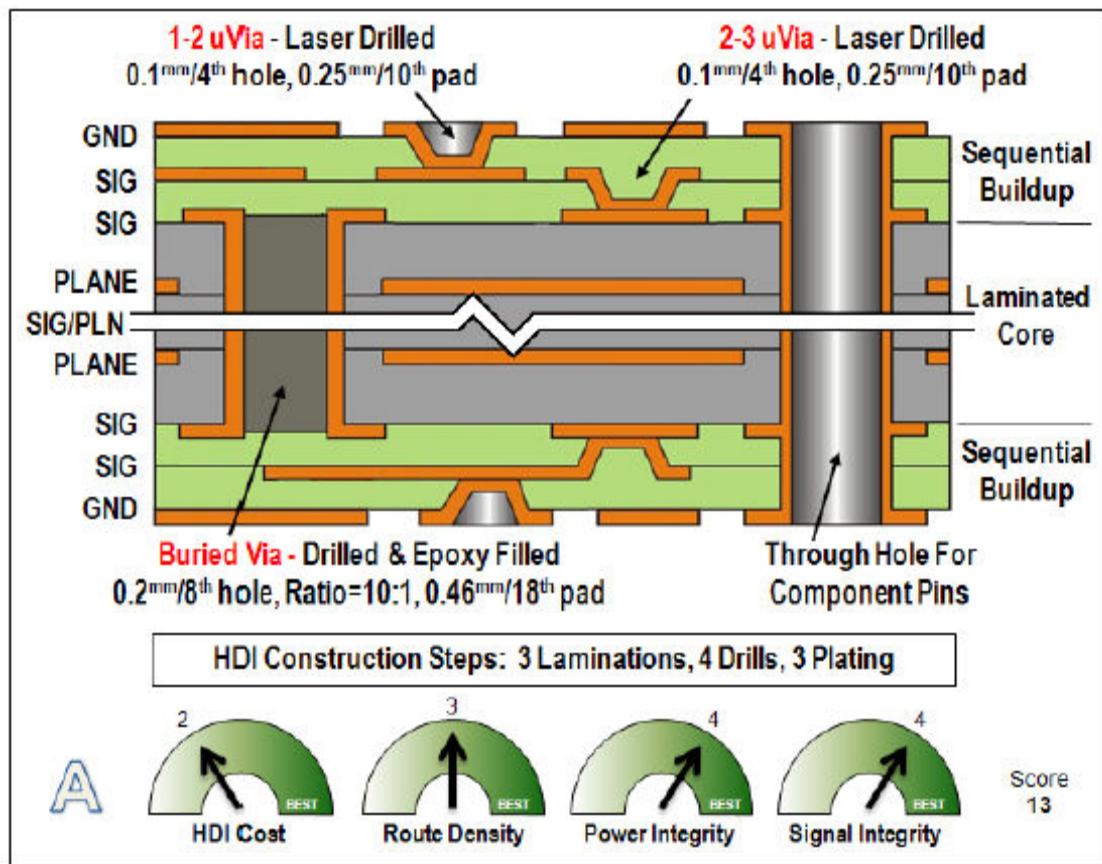


Рис.3-12: Стек А, Где: HDI Cost – стоимость HDI; Route Density- плотность трассировки; Power Integrity – качество питания; Signal Integrity – качество сигнала; HDI Construction Steps: 3 Laminations, 4 Drills, 3 Plating – шаги HDI конструкции: 3 ламинации, 4 сверления, 3 металлизации; Score – оценка; Through Hole For Component Pins – сквозное отверстие для выводов компонентов; 1-2 μ Via- Laser Drilled 0.1 mm/4th hole, 0.25 mm / 10th pad – просверлённое лазером микроотверстие между слоями 1 и 2 с отверстием 0.1 мм или 4th и площадкой 0.25 мм или 10th; 2-3 μ Via Laser Drilled 0.1 mm/ 4th hole, 0.25 mm/ 10th pad - просверлённое лазером микроотверстие между слоями 2 и 3 с отверстием 0.1 мм или 4th и с площадкой 0.25 мм или 10th; Sequential Buildup – последовательная надстройка; Laminated Core – ламинированное ядро (сердцевина); Buried Via Drilled & Epoxy Filled 0.2 mm/8th hole, Ratio 10:1, 0.46 mm/18th pad – закрытое просверлённое отверстие, заполненное эпоксидным составом с отверстием 0.2 мм или 8th, отношение (длины к диаметру) 10:1, с площадкой 0.46 мм или 18th.

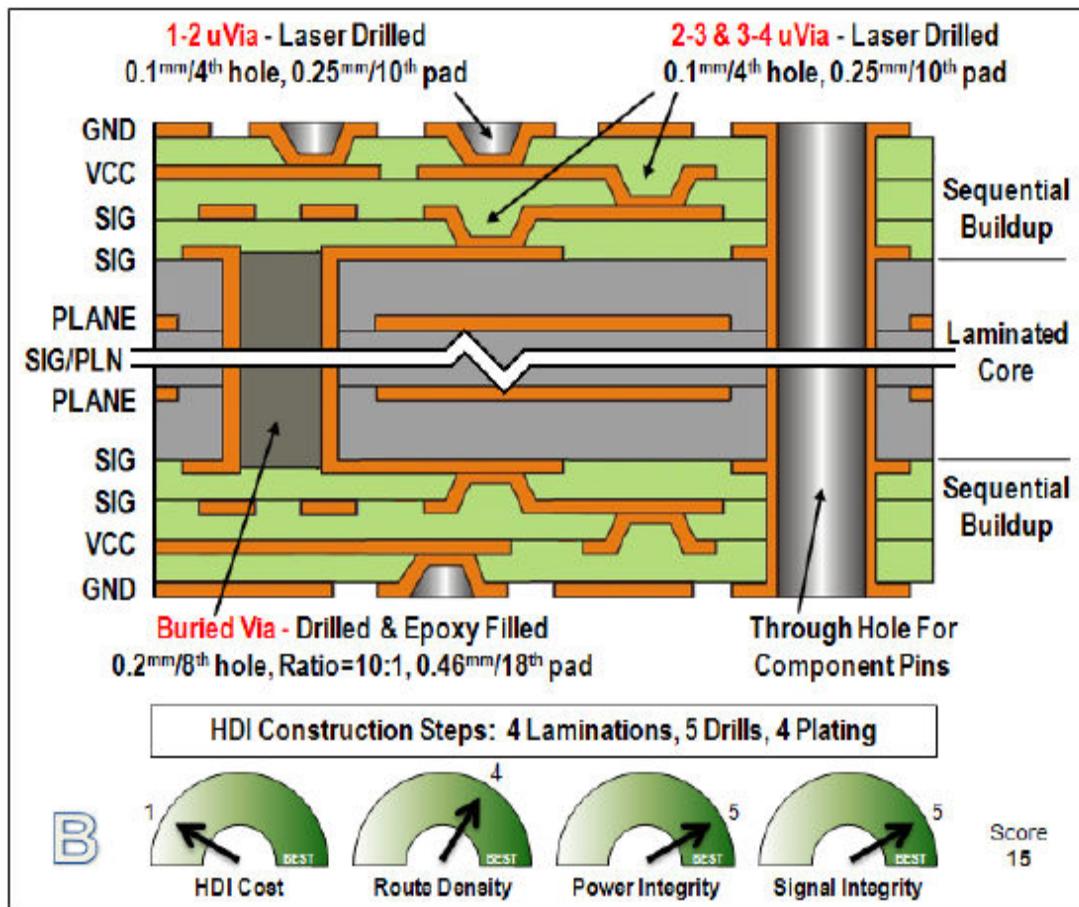


Рис. 3-13: Стек В, Где: HDI Cost – стоимость HDI; Route Density- плотность трассировки; Power Integrity –качество питания;Signal Integrity – качество сигнала; HDI Construction Steps: 4 Laminations, 5 Drills, 4 Plating – шаги HDI конструкции: 4 ламинации, 5 сверлений, 4 металлизации; Score – оценка; Through Hole For Component Pins – сквозное отверстие для выводов компонентов; 1-2 μ Via- Laser Drilled 0.1 mm/4th hole, 0.25 mm / 10th pad – просверлённое лазером микроотверстие между слоями 1 и 2 с отверстием 0.1 мм или 4th и площадкой 0.25 мм или 10th ; 2-3 & 3-4 μ Via Laser Drilled 0.1 mm/ 4th hole, 0.25 mm/ 10th pad - просверлённое лазером микроотверстия между слоями 2 и 3, 3 и 4 с отверстиями 0.1 мм или 4th и с площадкой 0.25 мм или 10th ; Sequential Buildup – последовательная надстройка; Laminated Core – ламинированное ядро (сердцевина); Buried Via Drilled & Epoxy Filled 0.2 mm/8th hole, Ratio 10:1, 0.46 mm/18th pad – закрытое просверлённое отверстие, заполненное эпоксидным составом с отверстием 0.2 мм или 8th ,отношение (длины к диаметру) 10:1, с площадкой 0.46 мм или 18th.

Стек В комментарии:

- Общая оценка = 15;
- “GND” и “VCC” на внешних слоях обеспечивают наилучшее качество сигналов и питания;

- Дополнительный слой HDI надстройки увеличивает стоимость (больше ламинирований, сверлений и металлических покрытий), но также улучшает плотность трассировки;
- Модели отверстий просты, и найти производство для них не составит труда.

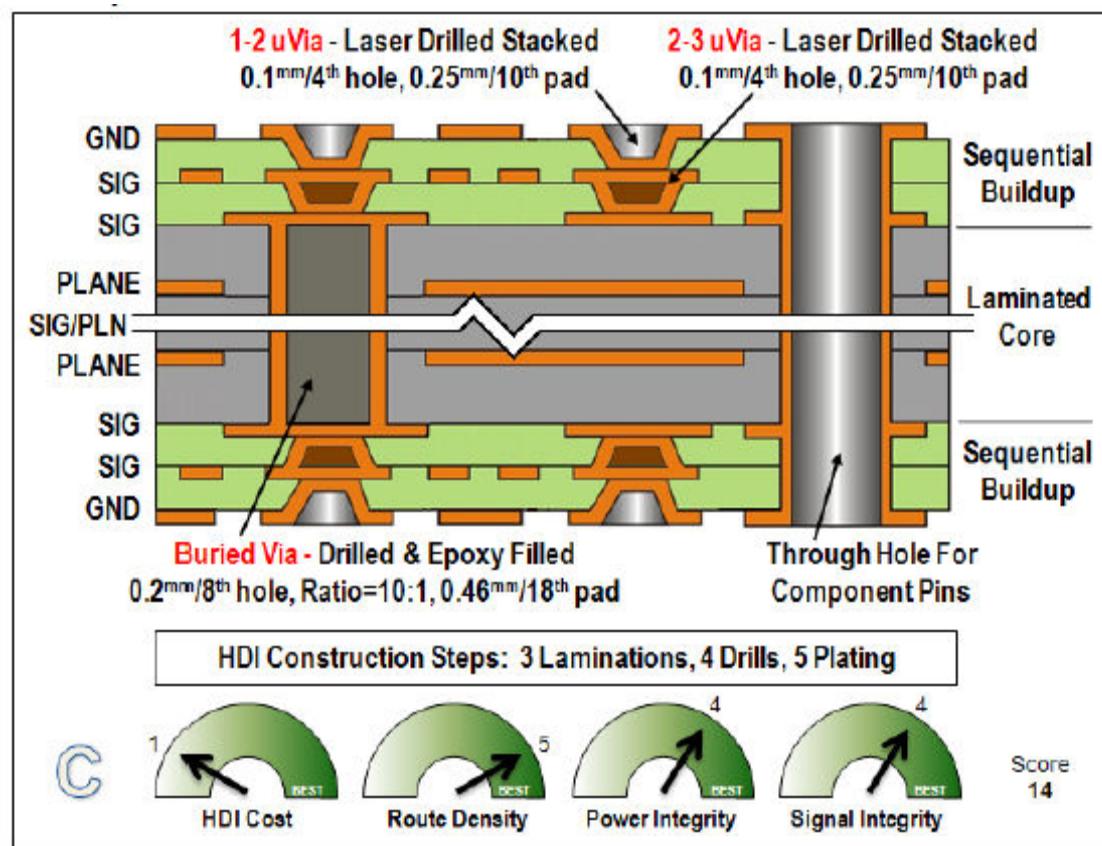


Рис. 3-14: Стек C, Где: HDI Cost – стоимость HDI; Route Density- плотность трассировки; Power Integrity –качество питания;Signal Integrity – качество сигнала; HDI Construction Steps: 3 Laminations, 4 Drills, 5 Plating – шаги HDI конструкции: 3 ламирования, 4 сверления, 5 металлизации; Score – оценка; Through Hole For Component Pins – сквозное отверстие для выводов компонентов; 1-2 μ Via- Laser Drilled Stacked 0.1 mm/4th hole, 0.25 mm / 10th pad – просверлённое лазером микроотверстие (расположенное) между слоями 1 и 2 и над другим микроотверстием (stacked), с отверстием 0.1 мм или 4th и площадкой 0.25 мм или 10th ; 2-3 μ Via Laser Drilled Stacked 0.1 mm/ 4th hole, 0.25 mm/ 10th pad - просверлённое лазером микроотверстие(расположенное) между слоями 2 и 3 и под другим микроотверстием (stacked) с отверстием 0.1 мм или 4th и с площадкой 0.25 мм или 10th ; Sequential Buildup – последовательная надстройка; Laminated Core – ламированное ядро (сердцевина); Buried Via Drilled & Epoxy Filled 0.2 mm/8th hole, Ratio 10:1, 0.46 mm/18th pad – закрытое просверлённое отверстие, заполненное эпоксидным составом с отверстием 0.2 мм или 8th , отношение (длины к диаметру) 10:1, с площадкой 0.46 мм или 18th.

Стек С комментарии:

- Общая оценка = 14;
- Расположение отверстий друг над другом делает возможной высокую плотность трассировки, но также увеличивает стоимость и ограничивает число возможных производителей;
- “ground plane” на внешних слоях обеспечивает высокий уровень качества сигнала и питания.

Последующие типы HDI стеков

Эти стеки используются исходя из конкретных ваших приоритетов, конкретных задач. Но, в любом случае, они не так хороши, как предыдущие три.

Стек D комментарии:

- Общая оценка = 12;
- “ground plane” на внешних слоях обеспечивает высокий уровень качества сигнала и питания;
- “skip” (скип) отверстия уменьшают количество ламинаций и металлизаций, что уменьшает и стоимость; однако и содействуют относительно низкой плотности трассировки.

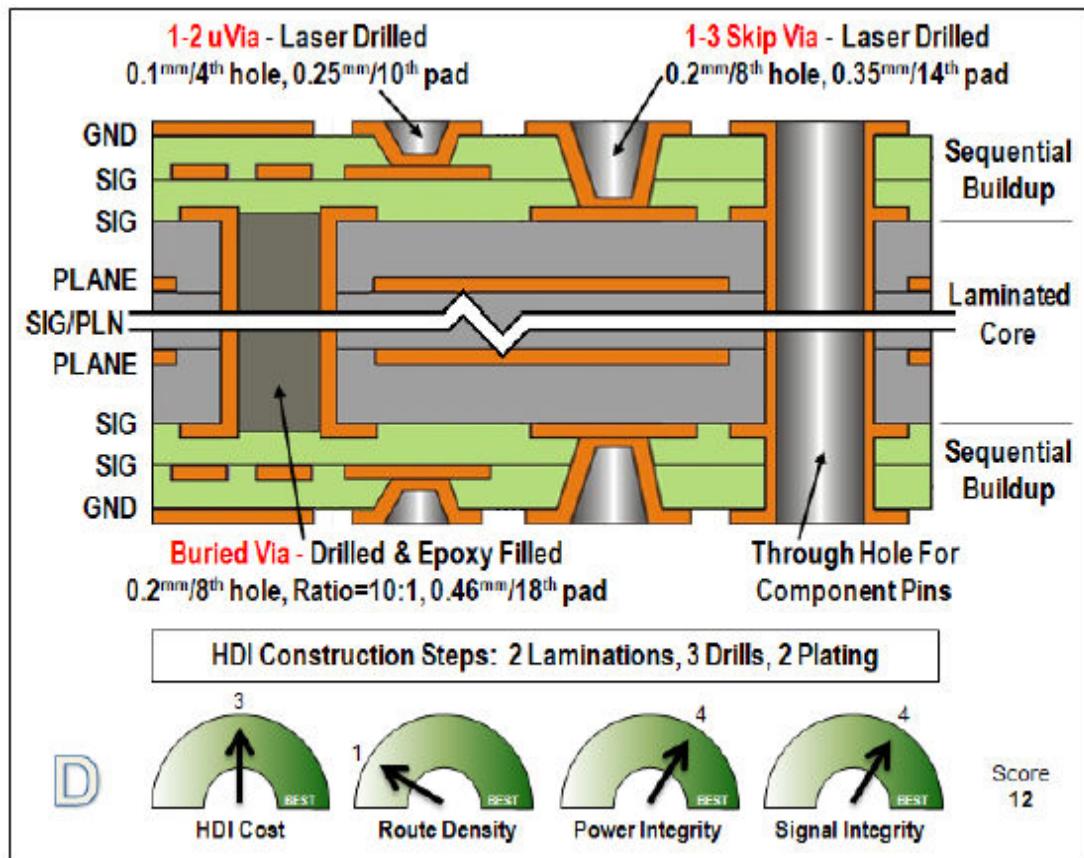


Рис.3-15: Стек D, Где: HDI Cost – стоимость HDI; Route Density- плотность трассировки; Power Integrity –качество питания;Signal Integrity – качество сигнала; HDI Construction Steps: 2 Laminations, 3 Drills, 2 Plating – шаги HDI конструкции: 2 ламирования, 3 сверления, 2 металлизации; Score – оценка; Through Hole For Component Pins – сквозное отверстие для выводов компонентов; 1-2 μ Via- Laser Drilled 0.1 mm/4th hole, 0.25 mm / 10th pad – просверлённое лазером микроотверстие между слоями 1 и 2, с отверстием 0.1 мм или 4th и площадкой 0.25 мм или 10th ; 1-3 Skip Via Laser Drilled 0.2 mm/ 8th hole, 0.35 mm/ 14th pad - просверлённое лазером «скип» отверстие между слоями 1 и 3 с отверстием 0.2 мм или 8th и с площадкой 0.35 мм или 14th ; Sequential Buildup – последовательная надстройка; Laminated Core – ламированное ядро (сердцевина); Buried Via Drilled & Epoxy Filled 0.2 mm/8th hole, Ratio 10:1, 0.46 mm/18th pad – закрытое просверлённое отверстие, заполненное эпоксидным составом с отверстием 0.2 мм или 8th , отношение (длины к диаметру) 10:1, с площадкой 0.46 мм или 18th.

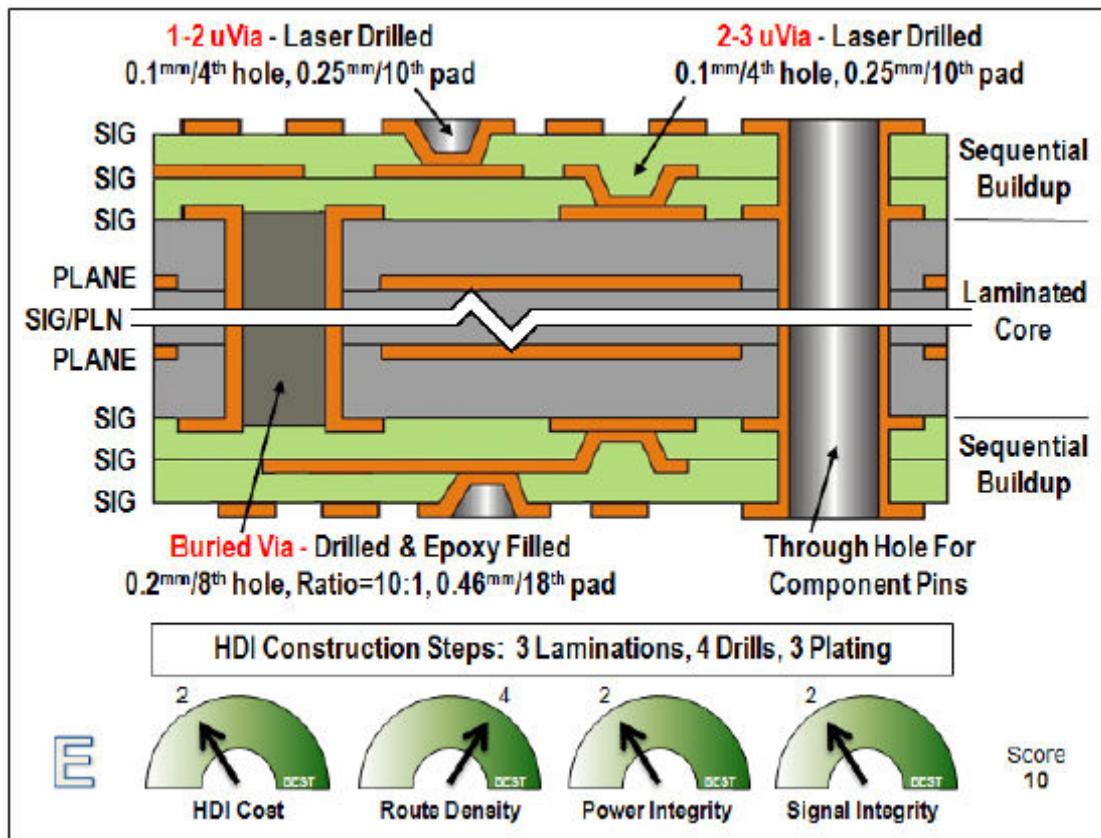


Рис. 3-16: Стек Е, Где: HDI Cost – стоимость HDI; Route Density- плотность трассировки; Power Integrity –качество питания; Signal Integrity – качество сигнала; HDI Construction Steps: 3 Laminations, 4 Drills, 3 Plating – шаги HDI конструкции: 3 ламирования, 4 сверления, 3 металлизации; Score – оценка; Through Hole For Component Pins – сквозное отверстие для выводов компонентов; 1-2 μ Via- Laser Drilled 0.1 mm/4th hole, 0.25 mm / 10th pad – просверлённое лазером микроотверстие между слоями 1 и 2 , с отверстием 0.1 мм или 4th и площадкой 0.25 мм или 10th ; 2-3 μ Via Laser Drilled 0.1 mm/ 4th hole, 0.25 mm/ 10th pad - просверлённое лазером микроотверстие между слоями 2 и 3 с отверстием 0.1 мм или 4th и с площадкой 0.25 мм или 10th ; Sequential Buildup – последовательная надстройка; Laminated Core – ламинированное ядро (сердцевина); Buried Via Drilled & Epoxy Filled 0.2 mm/8th hole, Ratio 10:1, 0.46 mm/18th pad – закрытое просверлённое отверстие, заполненное эпоксидным составом с отверстием 0.2 мм или 8th , отношение (длины к диаметру) 10:1, с площадкой 0.46 мм или 18th.

Стека Е комментарии:

- Общая оценка = 10;
- Отсутствие “ground plane” на внешних слоях может оказаться на качестве сигнала и питания; однако это увеличивает плотность трассировки, так как трассировка (сигналов) может быть доступна в этом случае и на внешних слоях;

- Модели используемых отверстий просты, и найти производство для них не составит труда.

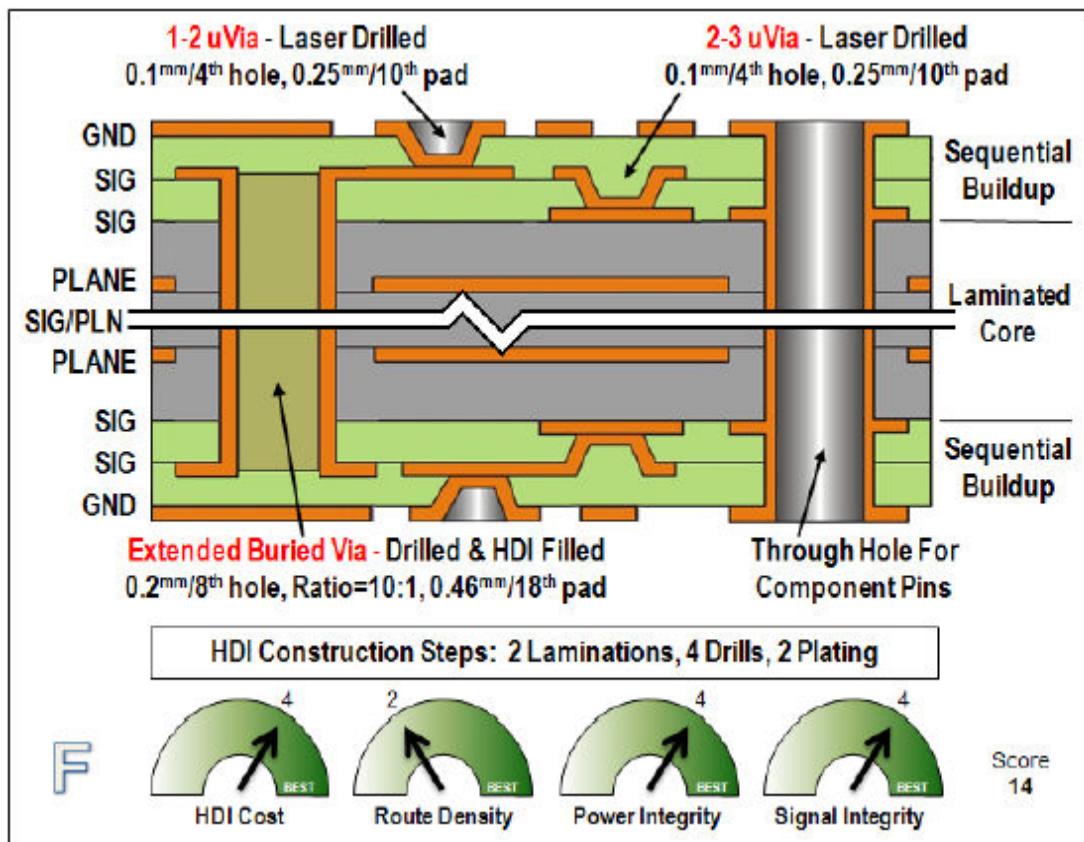


Рис. 3-17: Стек F, Где: HDI Cost – стоимость HDI; Route Density- плотность трассировки; Power Integrity –качество питания;Signal Integrity – качество сигнала; HDI Construction Steps: 2 Laminations, 4 Drills, 2 Plating – шаги HDI конструкции: 2 ламирования, 4 сверления, 2 металлизации; Score – оценка; Through Hole For Component Pins – сквозное отверстие для выводов компонентов; 1-2 μ Via- Laser Drilled 0.1 mm/4th hole, 0.25 mm / 10th pad – просверлённое лазером микроотверстие между слоями 1 и 2 , с отверстием 0.1 мм или 4th и площадкой 0.25 мм или 10th ; 2-3 μ Via Laser Drilled 0.1 mm/ 4th hole, 0.25 mm/ 10th pad - просверлённое лазером микроотверстие между слоями 2 и 3 с отверстием 0.1 мм или 4th и с площадкой 0.25 мм или 10th ; Sequential Buildup – последовательная надстройка; Laminated Core – ламированное ядро (сердцевина);Extended Buried Via Drilled & Epoxy Filled 0.2 mm/8th hole, Ratio 10:1, 0.46 mm/18th pad – продлённое закрытое просверлённое отверстие, заполненное эпоксидным составом с отверстием 0.2 мм или 8th , отношение (длины к диаметру) 10:1, с площадкой 0.46 мм или 18th.

Стек F комментарии:

- Общая оценка = 14;
- “ground plane” на внешних слоях обеспечивает высокий уровень качества сигнала и питания;
- «Продлённые» закрытые отверстия уменьшают количество ламинаций и металлизаций, что уменьшает стоимость; однако уменьшается и плотность трассировки.

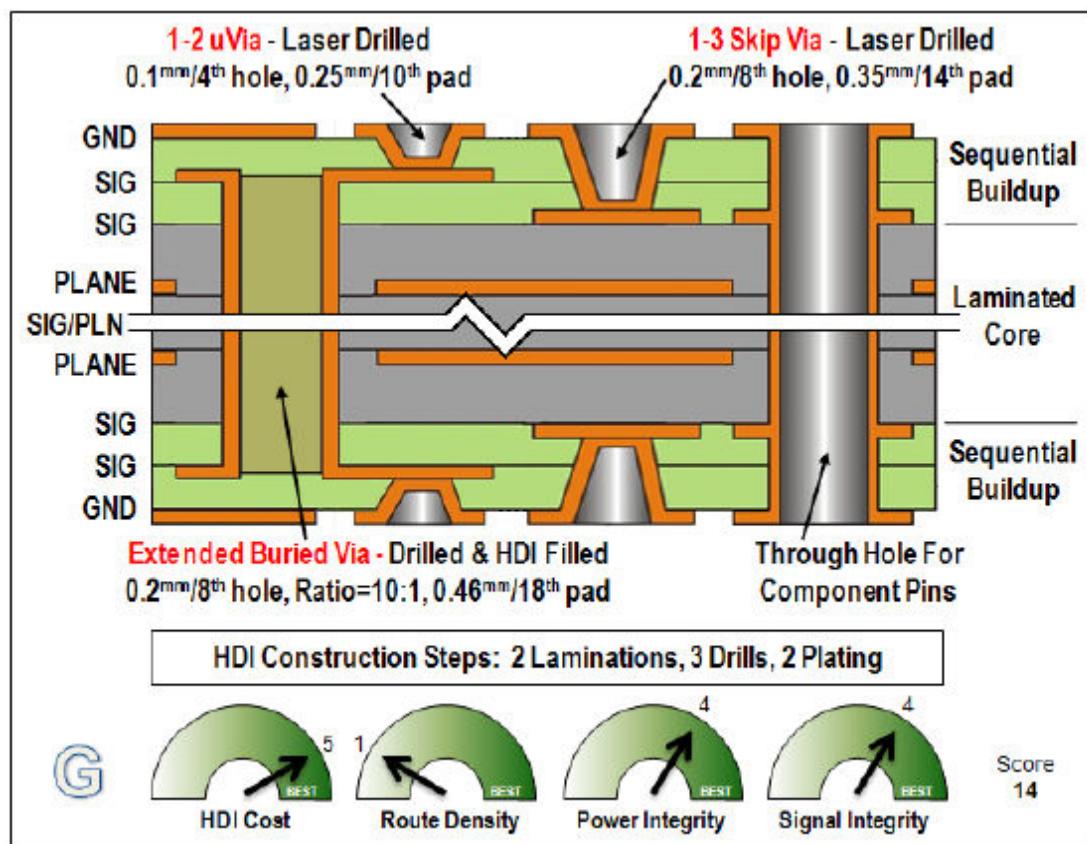


Рис. 3-18: Стек G, Где: HDI Cost – стоимость HDI; Route Density- плотность трассировки; Power Integrity – качество питания; Signal Integrity – качество сигнала; HDI Construction Steps: 2 Laminations, 3 Drills, 2 Plating – шаги HDI конструкции: 2 ламинации, 3 сверления, 2 металлизации; Score – оценка; Through Hole For Component Pins – сквозное отверстие для выводов компонентов; 1-2 μ Via- Laser Drilled 0.1 mm/4th hole, 0.25 mm / 10th pad – просверлённое лазером микроотверстие между слоями 1 и 2 , с отверстием 0.1 мм или 4th и площадкой 0.25 мм или 10th ; 1-3 Skip Via Laser Drilled 0.2 mm/ 8th hole, 0.35 mm/ 14th pad - просверлённое лазером «скип» отверстие между слоями 1 и 3 с отверстием 0.2 мм

или 8th и с площадкой 0.35 мм или 14th; Sequential Buildup – последовательная надстройка; Laminated Core – ламинированное ядро (сердцевина); Extended Buried Via Drilled & Epoxy Filled 0.2 mm/8th hole, Ratio 10:1, 0.46 mm/18th pad – продлённое закрытое просверлённое отверстие, заполненное эпоксидным составом с отверстием 0.2 мм или 8th, отношение (длины к диаметру) 10:1, с площадкой 0.46 мм или 18th.

Стек G комментарии:

- Общая оценка = 14;
- “ground plane” на внешних слоях обеспечивает высокое качество сигнала и питания;
- «Продлённое» закрытое отверстие и «скип»(“skip”)отверстие уменьшают количество ламинаций и металлизаций, что уменьшает стоимость; однако плотность трассировки также уменьшается.

“Any – layer - via” стеки.

Использование отверстий (соединений) типа “any layer via” (один из вариантов отверстий для HDI) в настоящее время дорого (со временем их использование будет доступно по стоимости); с моей точки зрения они предоставляют такой тип HDI стека и тип модели отверстий, которые будут требоваться для успешной трассировки сверхбольших BGA с малым шагом. Как можно видеть на рис. 3-19 отверстия могут иметь интервалом (“via span”) любой набор слоёв.

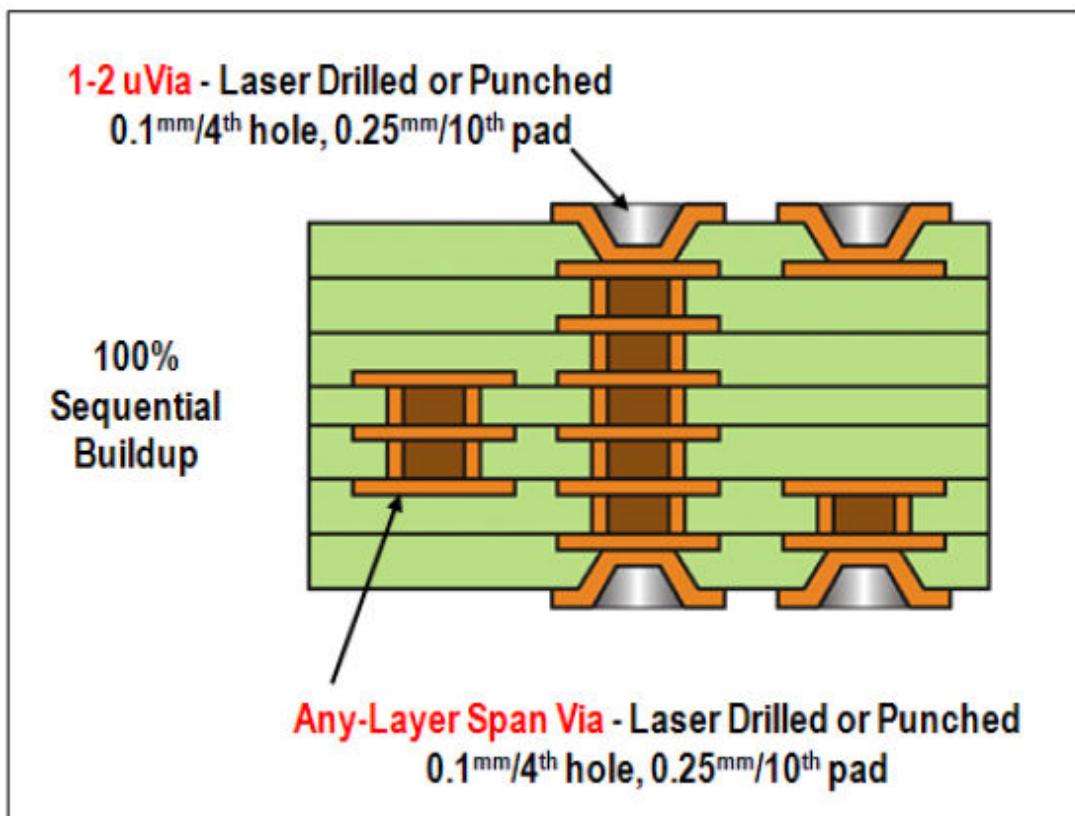


Рис.3-19 :“Any layer via” стек, Где: 1-2 μ Via – Laser Drilled or Punched 0.1 mm/4th hole, 0.25 mm/10th pad – просверлённое лазером или штампованное микроотверстие между слоями 1 и 2, 0.1 мм или 4th отверстие, 0.25 или 10th площадка; Any-Layer Span Via – Laser Drilled or Punched 0.1 mm/4th hole, 0.25 mm/10th pad – просверлённое лазером или штампованное “Any-Layer” интервала отверстие, 0.1 мм или 4th отверстие, 0.25 мм или 10th площадка ; 100% Sequential Buildup – 100% последовательная надстройка;

Микроотверстия просверливаются лазером или штампуются, и затем заполняются проводящим материалом после каждой стадии надстройки в процессе металлизации. Хотя Matsushita Corp. основала ALIVH (Any Layer Interstitial Via Holes), некоторое количество других компаний разрабатывает новые процессы, которые дают возможность микроотверстиям иметь интервал (“span”) в любое количество слоёв. В Главе 6 разбирается “any layer via” метод и демонстрируются значительные преимущества такой модели.

Суммирую вышеприведённый материал, можно отметить, что сегодня существует много различных вариантов HDI стеков. Тот вариант, который вы выберете, в любом случае, должен сочетать

стоимость, плотность трассировки, качество сигнала и питания. Новые (производственные) технологии продолжают развиваться, и в ближайшие несколько лет вы будете иметь ещё больше возможностей для выбора.

Happy Holden (perhaps this is nickname?)- PCB технолог в Mentor Graphics, написал множество статей и презентаций об HDI. Его работы можно найти на www.mentor.com/pcb и на www.westwoodpsb.com . Его опыт и знания (в этом вопросе) используются с невероятной глубиной и обеспечат вам понимание HDI материалов, лучших практик, их влияние на качества сигнала и питания.

Глава 4. Шаблоны отводных отверстий.

Эффективность шаблонов отводных отверстий (больших) BGA оказывает значительное влияние на качество трассировки BGA, что в свою очередь определяет в большей мере количество слоёв печатной платы и, следовательно, её стоимость. Следует отметить, что определение отводных отверстий – это только часть возможного решения задачи разводки BGA, сюда ещё входят и так называемая, отводная трассировка BGA (escape traces) и общая разводка печатной платы.

При определении вида шаблона отводных отверстий учитывается много факторов, таких как, вид стека, вид модели отверстий, правила разработки (design rules), длины отверстий; следует отметить, что в этой главе рассматриваются шаблоны отводных отверстий BGA в контексте печатных плат высокой плотности, когда особенно важно количество слоёв.

Цель усилий при определении шаблона отводных отверстий BGA – исключить разводку BGA, как одну из причин увеличения числа слоёв и при этом поддерживать требования к качеству сигнала и требования производства. Эта глава предлагает некоторые идеи и методы, которые могут быть (или не быть) полезными в контексте требований вашей разработки. Будем (всё же) надеяться, что вы найдёте некоторые из них нeliшними для уменьшения числа слоёв, увеличения плотности трассировки и для достижения нужной производительности.

Метод, применяемый для шаблона отверстий, может быть критичным для успеха вашей разработки. Ниже приведены некоторые соображения:

- Положение отверстия относительно (контактной) площадки BGA:
 - Смежное (Adjacent , " dog-bone", «собачья кость»);

- Частичное (положение) на контактной площадке (BGA) (Partial via-in-pad);
 - Смешённое (относительно центра контактной площадки BGA) положение (Offset via-in-pad);
 - На контактной площадке (Via-in-pad).
- Когда используется комбинация микроотверстий и скрытых отверстий, то отверстия одной протяжённости (span) могут иметь свой собственный шаблон внутри площадки BGA; таким образом можно влиять на трассировку BGA.
- Метод, когда переходные отверстия располагаются на контактных площадках BGA, обеспечивает хорошую возможность увеличения плотности трассировки;
 - Сдвиг и выравнивание отверстий – наилучший путь повысить качество разводки;
 - Использование дополнительных шаблонов для микроотверстий и закрытых отверстий может повысить возможность разводки;
 - Целью здесь должно быть – уменьшение в несколько раз «эффективного» количества выводов (для разводки) в ламинированной основе, и, следовательно, уменьшение числа слоёв, требуемых для разводки BGA.

Теоретические методы разводки BGA.

Значительное количество различных статей было написано о разводке BGA, и почти во всех из них рассматривается теоретический подход. Под «теоретическим» я имею в виду то, что анализ BGA производится вне контекста реальной разработки, часто с нереальными предположениями о расположении “ground” и “power” выводов и безотносительно требований качества сигнала. Такой тип решения задачи больше похож на математическое упражнение в уменьшении количества слоёв и противоположен методам, где подробно, тщательно

рассматриваются реально существующие ограничения. К сожалению, в реальности, требуется намного больше, чем просто математическое решение. Задача разводки BGA с числом выводов больше чем 1500 особенно наглядно показывает это.

В этой секции обсуждаются вопросы расположения BGA выводов, отводной трассировки, и также вопросы качества сигналов и питания. Дело в том, что все эти факторы влияют на выбор типа шаблона отводных (переходных) отверстий.

Определение шаблона отверстий при теоретическом подходе, как правило, довольно простое дело. Нахождение же эффективного шаблона отверстий, когда надо рассматривать и учитывать все сложности, связанные с корпусами BGA и дизайном плат (с BGA) значительно более сложная проблема.

Распределение "Power" и "Ground" выводов.

Идеально, было бы иметь "power"и "ground" выводы только в центре BGA; однако требования (обеспечения) качества питания указывают на необходимость размещения таких выводов и среди сигнальных (выводов). "Ground" и "power" выводы редко организованы в столбцы и ряды; такое распределение при определённых условиях (HDI, слепые и закрытые (переходные) отверстия, а также стеки с "power" и "ground" на внешних слоях) может существенно увеличить доступное пространство для разводки. На рис. 4-1 показано идеальное распределение " ground" выводов (выделено зелёным). Если BGA мог бы иметь " ground" выводы, расположенные таким образом, и монтажный слой это " ground" слой (plane), то добавляется значительное пространство для разводки на внутренних слоях печатной платы. Редко когда "ground" и "power" выводы распределены таким образом. В реальности большинство FPGA производителей «разбрызгивают» "ground" и "power" выводы или используют шаблоны иные, чем распределение по рядам и столбцам. Целью здесь является улучшение качества сигналов и питания. Компания "Xilinx" часто использует шаблон "Sparse Chevron", см.

рис. 4-2. “Ground” выводы здесь показаны зелёным, а “power” - коричневым цветом.

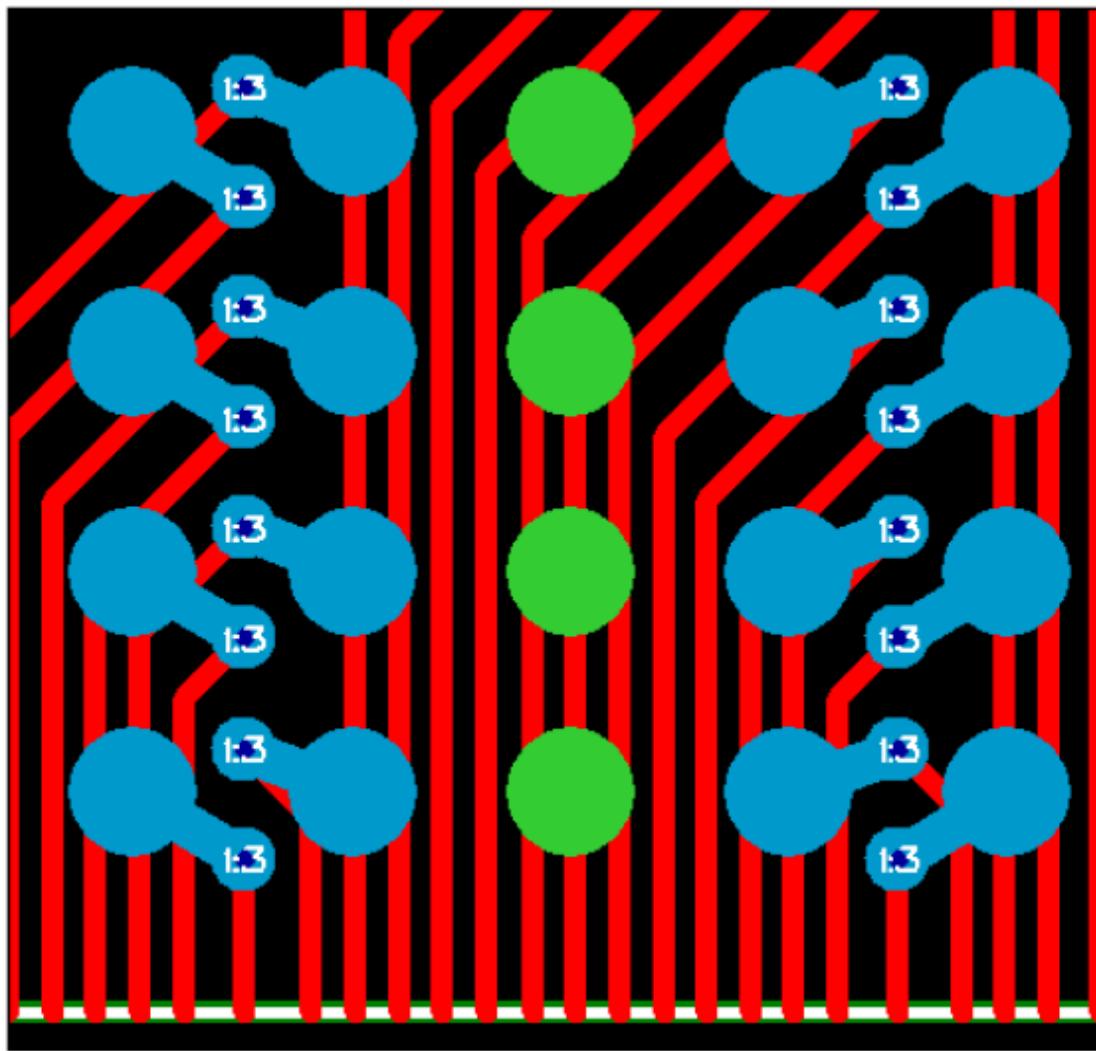


Рис. 4-1: Расположение “ ground” выводов.

Есть некоторые ASIC, которые имеют “power” и “ground” выводы, расположенные рядами и столбцами; что конечно может увеличить каналы для разводки во внутренних слоях платы и уменьшить количество слоёв. Однако такое идеальное размещение выводов не распространено и поэтому необходимо найти эффективные решения в плане шаблонов отводных (переходных) отверстий и разводки (BGA) для уменьшения количества слоёв.

Последовательные и параллельные цепи.

Многие большие BGA имеют комбинацию последовательных и параллельных цепей, которая должна быть разведена как дифференциальные пары и однополярные цепи, соответственно.

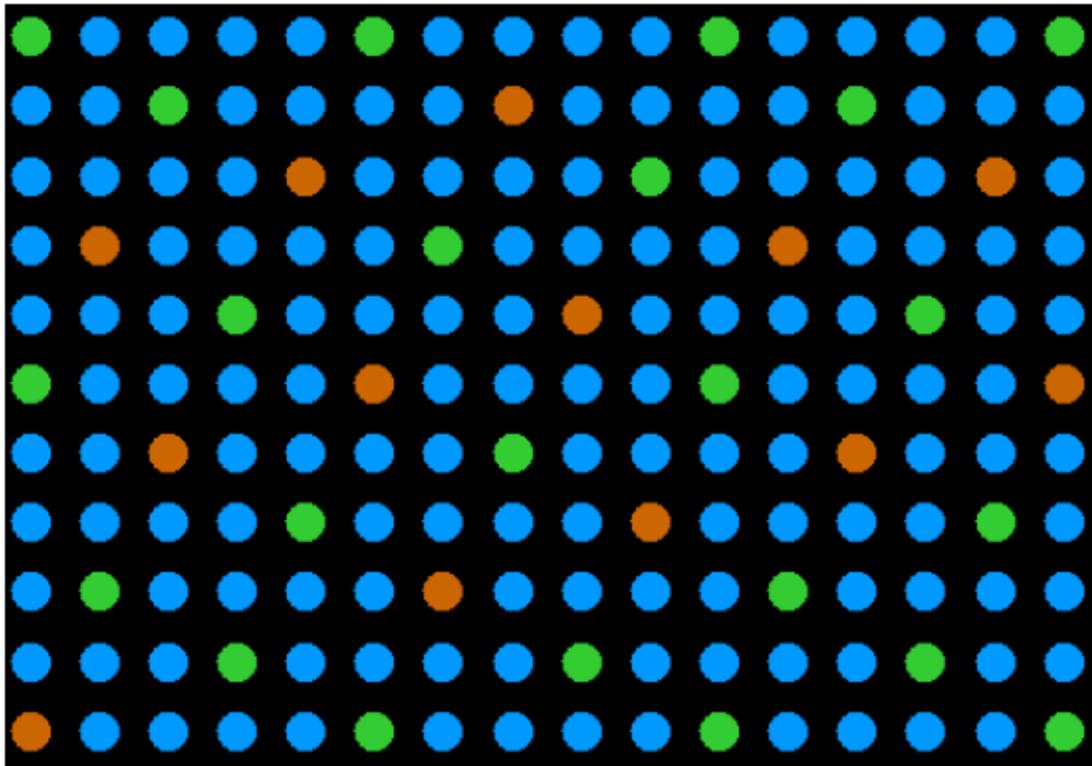


Рис. 4-2: Шаблон “Sparse Chevron” компании Xilinx для “power” и “ground” выводов.

Некоторые FPGA дают возможность программировать цепи как последовательные или параллельные. Такие приборы поддерживают различные стандарты ввода вывода.

Дифференциальные пары имеют иные размерные характеристики (требуемые для поддержания нужной величины импеданса), нежели однополярные(single-ended) цепи; и, несмотря на то, что возможно применять одни правила дизайна (design rules) внутри пространства корпуса BGA – неоднородность импеданса может стать существенной в высокоскоростных цепях.

Обычно имеем импеданс 50 Ом для однополярных цепей и 100 Ом для дифференциальных пар. Конечно толщины стека, и также материалы будут влиять на импеданс; обычно интервал для дифференциальных пар – 0.15 мм (6th), а для однополярных

цепей -0.1 мм (4^{th}). Фактически величины ширины трасс и клиренса зависят от технических требований к скорости (частоте) работы электроники и требований производства. Случай, когда используемый шаблон отводных (переходных) отверстий требует разделения дифференциальных пар для поддержания требуемых величин ширины трасс и клиренса – могут быть существенной проблемой для качества сигнала. Такая ситуация показана на рис. 4-3.

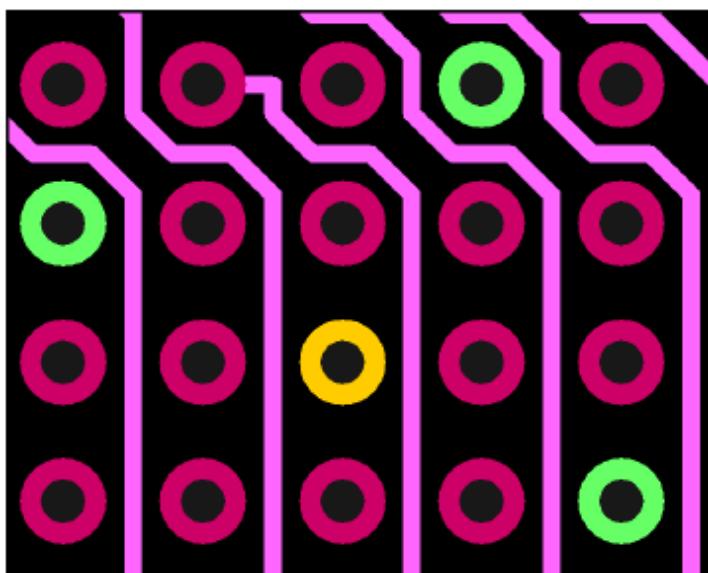


Рис. 4-3: Разделение дифференциальных пар в массиве BGA отводных (переходных) отверстий.

Точка зрения (здесь): теоретические подходы к решениям задачи разводки BGA, при которых не рассматриваются возможности от потенциальных изменений в ширине трасс и величинах клиренсов не очень полезны. Проблема становится более сложной, если каждый вывод или набор выводов может быть запрограммирован для разводки как дифференциальная пара или однополярная цепь. Эффективное решение для отводных (переходных) отверстий, делающее возможным результативную «отводную» трассировку, должно быть достаточно гибким, чтобы поддерживать требования к ширине трасс и величинам клиренсов для набора из параллельных и последовательных цепей.

Соображения относительно качества сигнала.

Взаимные помехи (переходных) отверстий.

BGA переходные отводные отверстия могут иметь значительные взаимные помехи в случае, если расстояние между ними недостаточно.

Условия, при которых взаимные помехи должны быть несущественными:

Дифференциальные пары

- Отводные переходные отверстия, расположенные попарно с проводниками (одной) дифференциальной пары, взаимодействуют (относительно помех) с другими парами незначительно. Потому что, при дифференциальном типе сигнала электромагнитное поле локализовано внутри дифференциальной пары.
- Неиспользуемые контактные площадки сквозных (переходных) отверстий и скрытых переходных отверстий рекомендуется удалять, так как они являются источниками помех.

Переходные микроотверстия

- При использовании переходных микроотверстий, протяжённостью в 2 или 3 слоя, взаимные помехи значительно меньше, чем в случае сквозных (переходных) или закрытых отверстий.

Условия, которые могут способствовать значительным взаимным помехам:

Высокочастотные однополярные цепи

- При использовании переходных сквозных или закрытых отверстий в этом случае, (переходные) отверстия,

расположенные близко друг к другу будут иметь сильные взаимные помехи.

- Это может быть смягчено посредством удаления неиспользуемых контактных площадок и использования технологического приёма, так называемого заднего сверления (back -drilling).

Примечание: "back-drilling" – это процесс удаления "stub" части сквозного переходного отверстия. Это процесс, при котором диаметр просверленного сзади (back-drilling") отверстия больше, чем диаметр исходного сквозного переходного отверстия.

- Разводка высокочастотных однополярных цепей в надстроенных слоях HDI с использованием переходных микроотверстий также существенно уменьшит взаимные помехи.

Использование заземлённых (*stitch vias*) переходных отверстий – «стежков».

Некоторые разработчики рекомендуют использовать заземлённые (переходные) отверстия - «стежки» рядом с каждым отводным (переходным) отверстием для обеспечения «чистого» обратного «пути»("return path") и уменьшения взаимных помех.

Хотя данный метод и неоспоримо улучшает качество сигнала, он не является практическим решением в случае больших BGA. Добавление (переходных) отверстий – «стежков» забирает слишком много места и также увеличивает стоимость производства печатной платы из-за дополнительных слоёв, необходимых для разводки прибора. Если речь идёт всего о нескольких цепях, то (переходные) отверстия-«стежки» могут быть решением; добавление же отверстий – «стежков», например, для 900 выводов не эффективное решение. Существуют другие менее дорогие методы для уменьшения взаимных помех.

При выборе эффективного шаблона отводных (переходных) отверстий, проблема появления взаимных помех должна быть рассмотрена и решена. Такое простое решение как разнесение (переходных) отверстий на достаточные расстояния друг от друга

может исключить возникновение взаимных помех. Здесь, однако, факт появления большего количества слоёв может быть ещё более негативным (по сравнению с помехами). Взаимные помехи только лишь одна из многих проблем разработки, которая должна быть решена должным образом.

В противоположность задаче совершенно, полностью удалить взаимные помехи, решение задачи поддержания уровня взаимных помех только ниже определённого (приемлемого) уровня – даёт возможность достижения и других целей (таких как, например, уменьшение стоимости и увеличение надёжности).

Переменные (параметры) разработки.

При разработке печатной платы рассматриваются (и выбираются) многие переменные параметры, такие как: тип стека печатной платы, модели переходных отверстий, правила (разработки) ("design rules"), совместно с требованиями качества питания и сигналов; в каждом случае существует значительное количество возможных вариантов шаблонов отводных (переходных) отверстий и часто трудно понять их влияние на всю разработку в целом. Существуют, однако, определённые принципы, которые могут помочь в выборе соответствующего, эффективного шаблона отводных (переходных) отверстий для конкретной разработки.

Количество BGA выводов.

<800

Если количество выводов BGA меньше 800, то разводка BGA не влияет на количество слоёв платы и проблемы с разводкой могут встретиться только в других местах разработки.

800-1500

В случае количества контактов BGA в интервале от 800 до 1500, существует вероятность того, что разводка BGA (особенно если

на плате надо развести несколько корпусов BGA) будет представлять проблему и поэтому шаблон отводных (переходных) отверстий должен быть выбран тщательно.

>1500

Когда в дизайне один или больше BGA с количеством контактов большим чем 1500 (каждый), то разводка таких BGA становится основным источником увеличения количества слоёв и, следовательно, влияет и на стоимость печатной платы. Выбор эффективного шаблона отводных (переходных) отверстий в этом случае сделает возможным уменьшение количества слоёв платы и её стоимости.

В этой главе представлены несколько шаблонов отводных (переходных) отверстий, которые могут быть эффективными для вашей разработки с BGA (количество контактов более 1500) корпусами.

Правила дизайна ("design rules").

Правила дизайна, применяемые для шаблонов отводных отверстий, представлены в таблицах 4-1 и 4-2.

	mm	mils	Lead Free (mm)
1 mm Pitch BGA	Micro-Via Pad / Hole	0.25/0.10	10/4
	Blind-Via Pad / Hole	0.45/0.20	18/8
	Buried-Via Pad / Hole	0.45/0.20	18/8
	Through-Via Pad / Hole	0.50/0.25	20/10
	Ball Pad	0.62	25
	Trace Width	0.10	4
	Diff Pair Clearance	0.15	6
	Trace-Trace Clearance	0.10	4
	Via-Trace Clearance	0.10	4
	Via-Pad Clearance	0.10	4

Табл. 4-1: Правила дизайна (для BGA) с шагом контактов 1 мм

	mm	mils	Lead Free (mm)
0.8 mm Pitch BGA	Micro-Via Pad	0.20	8
	Blind-Via Pad	0.30	12
	Buried-Via Pad	0.40	16
	Through-Via Pad	0.45	18
	Ball Pad	0.50	20
	Trace Width	0.08	3
	Diff Pair Clearance	0.12	5
	Trace-Trace Clearance	0.08	3
	Via-Trace Clearance	0.08	3
	Via-Pad Clearance	0.08	3

Табл. 4-2: Правила дизайна (для BGA) с шагом контактов 0.8 мм

Где: 1 mm pitch BGA – BGA с 1 мм шагом контактов; 0.8 mm pitch BGA –BGA с 0.8 мм шагом контактов; Micro-Via Pad/Hole –Микро-(переходное) отверстие, площадка(контактная)/отверстие; Micro-Via Pad – Микроотверстие, площадка (контактная); Blind-Via Pad/Hole –Слепое отверстие, площадка(контактная)/отверстие; Buried-Via Pad/Hole – закрытое отверстие, площадка/отверстие; Through-Via Pad/Hole – сквозное отверстие, площадка/отверстие; Ball Pad- контактная площадка BGA вывода; Trace Width – ширина трассы (разводки); Diff Pair Clearance – клиренс дифференциальной пары; Trace-Trace Clearance – клиренс между трассами; Via-Trace Clearance – клиренс между (переходным) отверстием и трассой; Via-Pad Clearance – клиренс между (переходным) отверстием и (контактной) площадкой; Lead Free – без свинца.

Контактные площадки BGA выводов.

Размер контактной площадки BGA может меняться в зависимости от процесса пайки, и от того используется ли без свинцовая пайка. В случае использования припоя без свинца, припой не так «размазывается» по поверхности; размер же контактной площадки, чем меньше, тем эффективнее.

В контексте шаблонов отводных (переходных) отверстий размер контактной площадки BGA не имеет большого значения, так как в основном пространство для разводки находится на внутренних слоях. Меньший размер контактной площадки BGA делает возможным большую площадь для “ground” поверхности; тогда как больший размер контактной площадки BGA способствует большей гибкости в плане положения (переходного) отверстия

на контактной площадке (при использовании метода “via-in-pad”).

Размер (диаметра) переходного отверстия.

Размер (диаметра) переходного слепого или закрытого отверстия должен соответствовать требованиям к “aspect ratio”, которое должно быть меньше, чем 10:1(отношение толщины платы к размеру отверстия). В случае большей величины этого отношения могут возникнуть трудности при производстве и увеличиться стоимость платы.

Тип переходного отверстия и вид стека.

Будут рассмотрены шаблоны отводных переходных отверстий, которые используют следующие модели переходных отверстий:

- Сквозные (переходные) отверстия в ламинированном дизайне
- Слепые и закрытые (переходные) отверстия в ламинированном дизайне
- Переходные микроотверстия и закрытые отверстия в различных HDI стеках (ламинированное ядро с надстроенными слоями).

Цели и способы применения шаблонов отводных (переходных) отверстий.

В контексте больших BGA эффективные шаблоны отводных (переходных) отверстий могут уменьшить количество слоёв, улучшить качество сигналов и питания, улучшить характеристики надёжности платы. Если BGA не большой (меньше 1500 контактов), то разводка прибора, как правило, не требует большего количества слоёв, чем при общей разводке платы.

При определении (выборе) конкретных шаблонов отводных отверстий, доступные диапазоны переходных отверстий (via spans) – наиболее значимый параметр и мы с этого и начнём.

«Слеза» ("teardrop") и "etch trap".

Примечание: "etch trap"- «карманы» в местах, где трасса соединяется с контактной площадкой – здесь может собираться кислота от процесса гравировки печатной платы. Для того чтобы избежать этого, место присоединения трассы к контактной площадке придают форму «слезы» ("teardrop") (или каплевидную форму).

В приведённых примерах, пожалуйста, игнорируйте тот факт, что некоторые трассы образуют "etch trap" с контактными площадками отверстий. Обычно "etch trap" убирается с помощью ("teardrops") «слёз». Однако на представленных рисунках «слёз» нет. Это сделано здесь для более ясного представления отводных (переходных) отверстий.

Сквозные (переходные) отверстия.

При использовании сквозных переходных отверстий не так много опций, из-за большого 0.5 мм размера контактной площадки отверстия относительно 1 мм шага выводов. Оба метода "Quadrant Dog- Bone" («Квадрантная собачья кость») и " Via-in-Pad"(«Переходное отверстие на площадке») здесь приемлемы.

"Power" "Ground" и неиспользуемые контакты.

В одном методе (разводки) предлагается для увеличения числа каналов для разводки на внутренних слоях – не использовать, по возможности, переходные отводные отверстия для "power", "ground" и неиспользуемых контактов. В случае же использования сквозных переходных отверстий очень небольшой выигрыш можно получить, не добавляя отводные переходные отверстия для порядка 30%-50% BGA контактов, которые по всей вероятности будут использоваться для "power" "ground" и неиспользуемых выводов.

Как указывалось раньше, "ground"и "power" контакты распределены в центре прибора и посреди других выводов; наименее вероятно, что они будут «выстроены» правильными столбцами и рядами. Неиспользуемые контакты также не будут распределены правильными рядами и столбцами. При использовании сквозных переходных отверстий для шаблонов отводных отверстий лучше не пытаться получить несколько

дополнительных каналов разводки, не используя связи “ground” и “power” контактов BGA (с “ground planes” и “power planes” через отводные переходные отверстия); лучше же, наоборот, добавить отводные переходные отверстия для “power” и “ground” выводов BGA, и тем самым улучшить качество сигналов и питания.

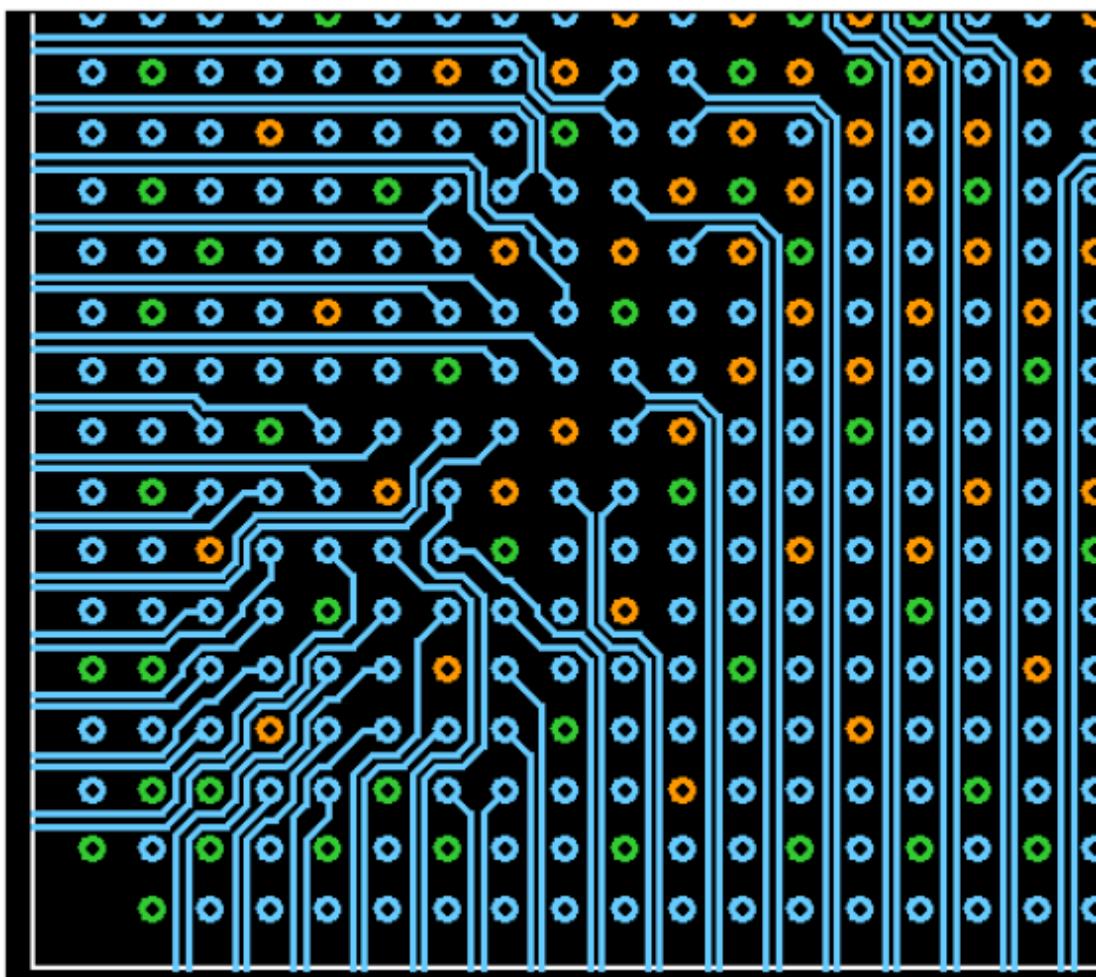


Рис. 4-4: “Virtex-4” компании “Xilinx”, переходные отверстия оранжевого цвета - “power”, переходные отверстия зелёного цвета - “ground”.

Ясно (видно на рис.4-4): “power” и “ground” переходные отверстия разбросаны так, что если все они будут здесь удалены - выигрыш будет незначителен. Внешний периметр сквозных переходных отверстий диктует, какое пространство доступно для разводки; и по крайней мере в случае “Virtex-4”, немногие из этих отверстий используются как “power” или “ground”.

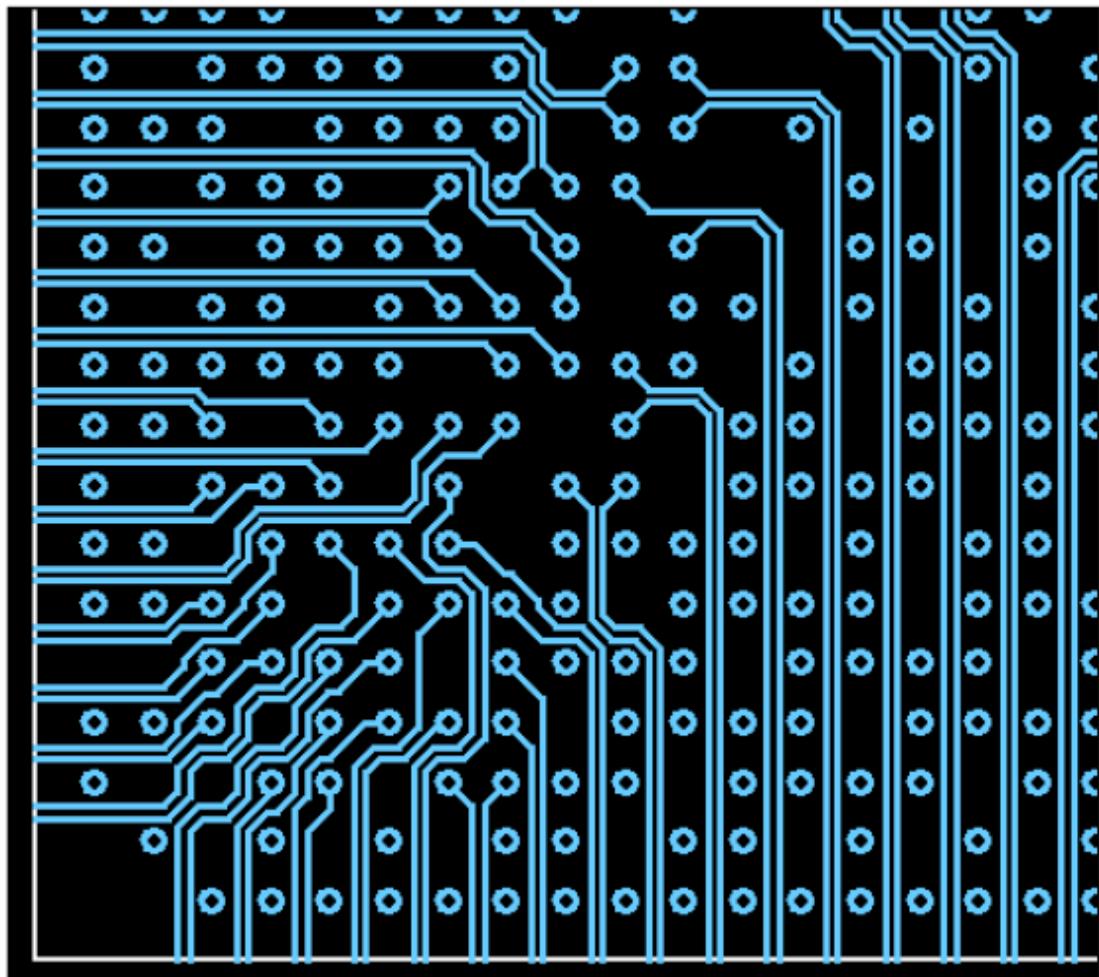


Рис. 4-5: "Virtex-4" компании "Xilinx" с удалёнными "power" и "ground" переходными отверстиями.

На рис. 4-5 видно - немного дополнительных каналов для разводки открывается после удаления сквозных переходных отверстий для "ground" (и "power").

Случай, когда BGA корпус (используемый для «упаковки» ASIC) обеспечивает соответствующий уровень качества питания и имеет контакты "power" и "ground", расположенные таким образом, чтобы открыть (значительное) количество каналов для разводки (посредством неиспользования отводных переходных отверстий для "power" и "ground") – идеален. Однако такая ситуация крайне редка.

«Квадрант(ая) собачья кость» ("quadrant dog - bone").

Этот шаблон имеет отводные переходные отверстия, расположенные в центре между контактными площадками (выводов BGA) под углом к одному из четырех направлений. См. рис. 4-6 и рис. 4-7.

Преимущества (относительно шаблона "via-in-pad"):

- Открывается дополнительные каналы для разводки в центральном ряду и центральном столбце. Однако, здесь есть место (только) для 2-х или 3-х разводных маршрутов, что очень маловероятно приведёт к уменьшению количества слоёв. См. рис. 4-8.
- На противоположной от BGA стороне платы, канал по ряду и канал по столбцу - удобное место для установки ёмкостей и "pull-up" сопротивлений.
- Меньше стоимость и меньше риск возникновения проблем при пайке, по сравнению с "via-in-pad".

Недостатки (относительно шаблона "via-in-pad"):

- Если вы имеете "ground" или "power" уровень на слое, где установлено BGA – то отводные отверстия препятствуют непрерывному заполнению под корпусом BGA.

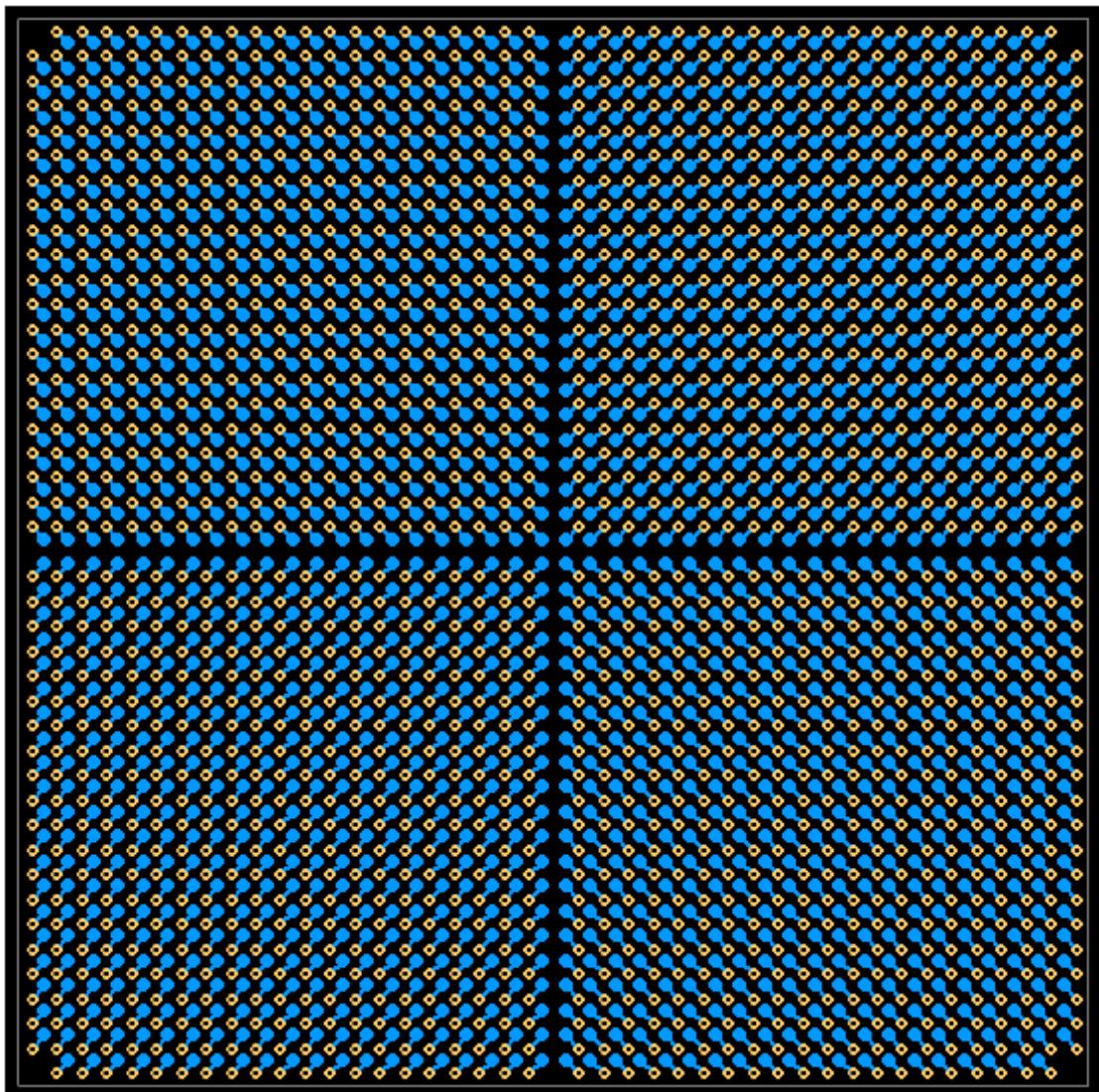


Рис. 4-6: Шаблон «Квадрант(ная) собачья кость»(“Quadrant dog-bone”).

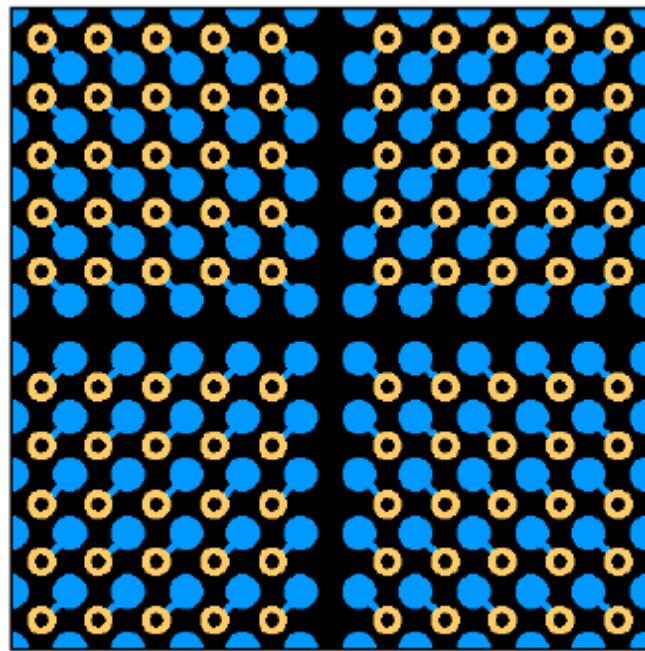


Рис.4-7: Детально шаблон «Квадрант(ная) собачья кость»(“Quadrant dog-bone”)

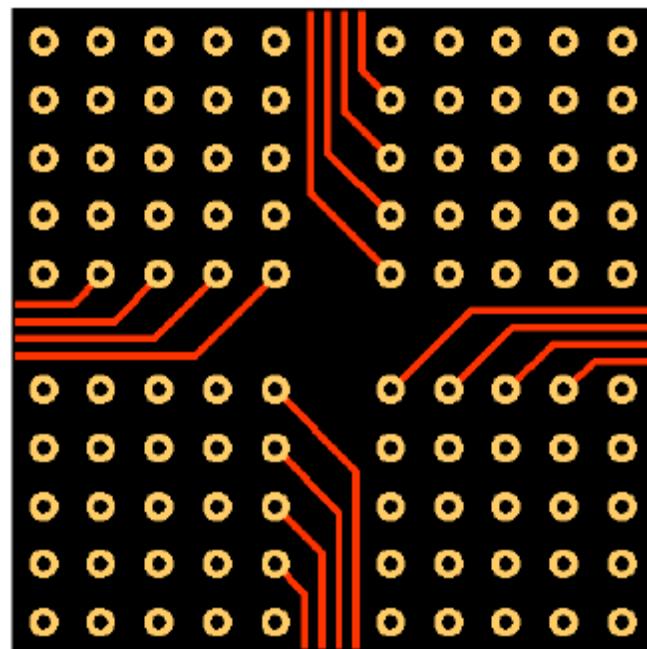


Рис.4-8: Шаблон «Квадрант(ная) собачья кость»
("Quadrant dog-bone") с дополнительными каналами
(маршрутами) разводки

Передвинутые сквозные переходные отверстия.

Если поместить отводное переходное отверстие в любом месте, но не в центре **между** контактными площадками BGA выводов, то выигрыш для разводки будет незначителен, потому что пространство для манёвра (здесь) очень мало (См. рис.4-9).

Выигрыш для разводки (здесь) зависит от правил дизайна ("design rules"). Вы могли бы сдвинуть переходные отверстия немного от центра (посередине между контактными площадками) для формирования столбцов и рядов. Но (в этом случае) для каждого открытого (нового) канала разводки на одной стороне, будет закрытый канал (разводки) на противоположной ;общим результатом будет такое же количество каналов разводки (или даже меньшее) для всего BGA.

Однако, если правила дизайна ("design rules") такие, что дифференциальные пары не могут быть разведены вместе между сквозными переходными отверстиями, и немного больше места нужно, чтобы сделать это возможным (разводку дифференциальных пар вместе), то тогда даже небольшой сдвиг сквозных отверстий может иметь значение.

На рис.4-9 и 4-10 обратите внимание, что в результате сдвига переходных отверстий влево в одном столбце и вправо на следующем столбце, вы можете получить дополнительно 0.17 мм в одной стороне и потерять 0.17 мм в другой. Эти величины могут быть больше или меньше в зависимости от размера контактной площадки BGA вывода и от правил дизайна для клиренса. Этот метод может быть полезным в случае, когда имеются некоторые критичные сигналы, для которых нужно больше места внутри площади корпуса BGA. Например, при разводке дифференциальных пар на внутренних слоях, клиренс между дополнительными сигналами (дифференциальной пары) может быть увеличен от 0.44 мм до 0.61 мм при соблюдении 0.1 мм клиренса к контактным площадкам переходных отверстий.

Другая причина для сдвига сквозных переходных отверстий при использовании шаблона «Квадрант (ная) собачья кость» - максимизировать величину заполнения “ground” или “power” слоя на монтажном уровне. Опять (здесь) возможный выигрыш зависит от правил дизайна (“design rules”).

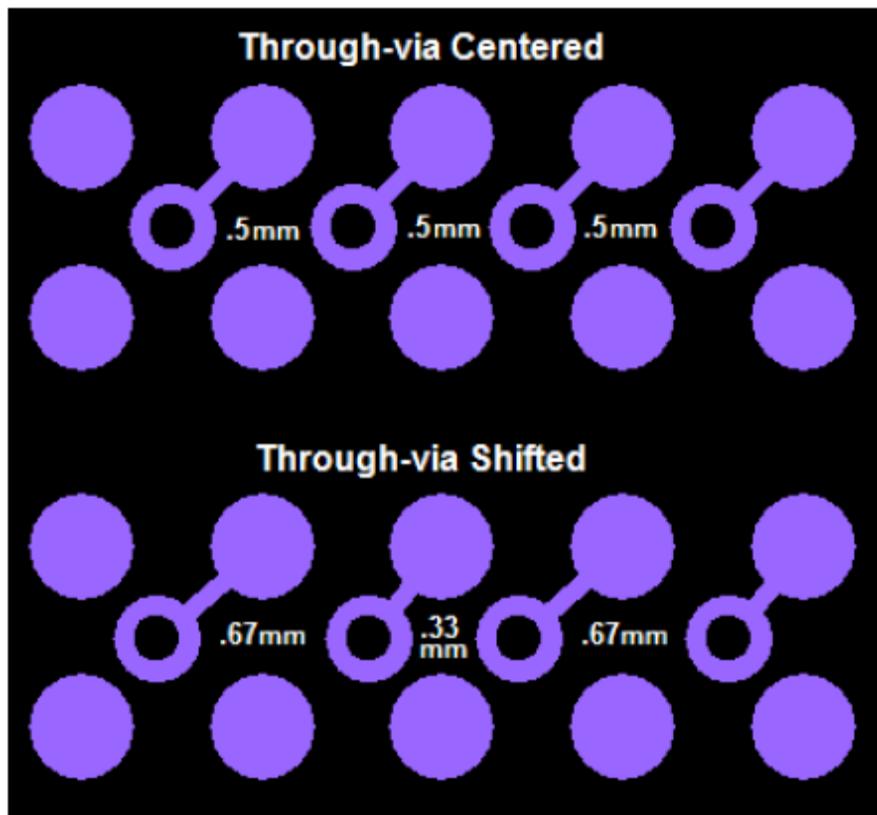


Рис. 4-9: Сдвинутые сквозные переходные отверстия. Где:
Through-via Centered – сквозные отверстия, расположенные в центрах между контактными площадками BGA, Through-via Shifted- сквозные отверстия, сдвинутые относительно центров

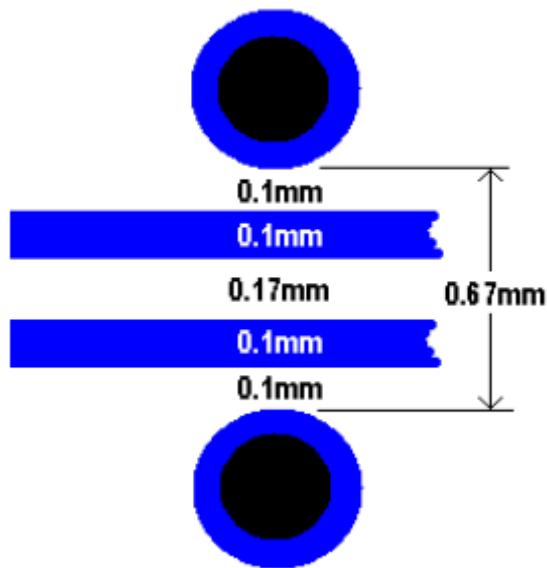


Рис.4-10: Сдвинутые переходные отверстия с дополнительным пространством для разводки.

Вынос переходных отводных отверстий за периметр (прибора).

Другой метод, который применим ко всем BGA, использующим сквозные переходные отверстия – это вынести отводные переходные отверстия за, и в сторону от периметра контактных площадок выводов BGA. Такая техника позволяет развести дополнительно два ряда выводов BGA на первом сигнальном слое. В большинстве случаев это даёт возможность уменьшения на один сигнальный слой в процессе разводки BGA. Один сигнальный слой – это не слишком много, но в зависимости от конкретной ситуации, это может в действительности означать уменьшение стека на два сигнальных слоя только потому, что для симметрии в стеке требуется, чтобы два сигнальных слоя были добавлены вместе. На рис. 4-11 – 4-13 иллюстрируется техника выноса переходных отводных отверстий в сторону от периметра контактных площадок BGA. Идея – поместить переходные отверстия на достаточном расстоянии от периметра (так чтобы можно было поместить три трассы между ними на диагонали). В центре BGA я использовал простой матричный

“dog-bone” шаблон, который открывает каналы для разводки в центральных рядах и столбцах.

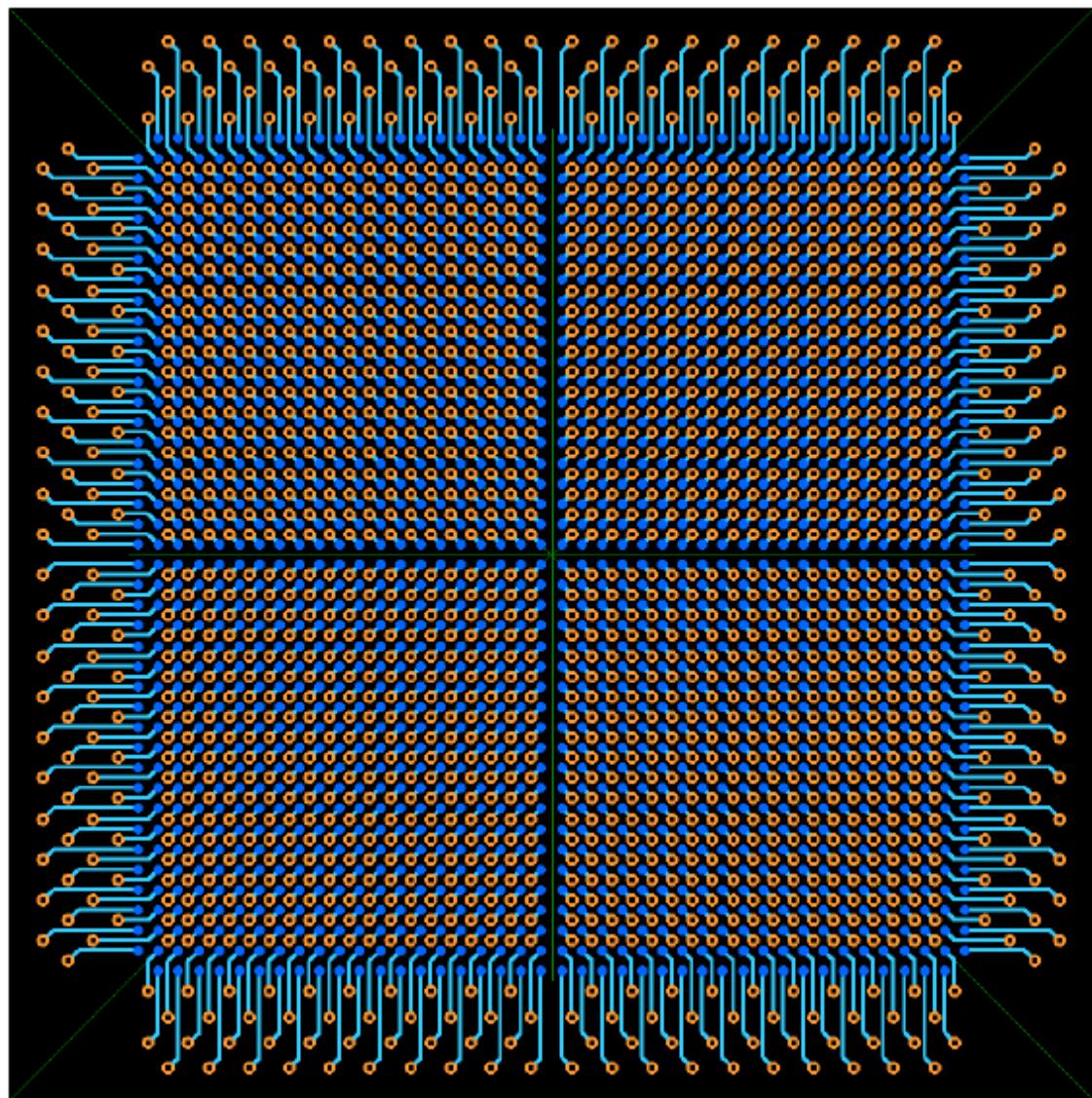


Рис.4-11: Вынос переходных отводных отверстий за периметр.

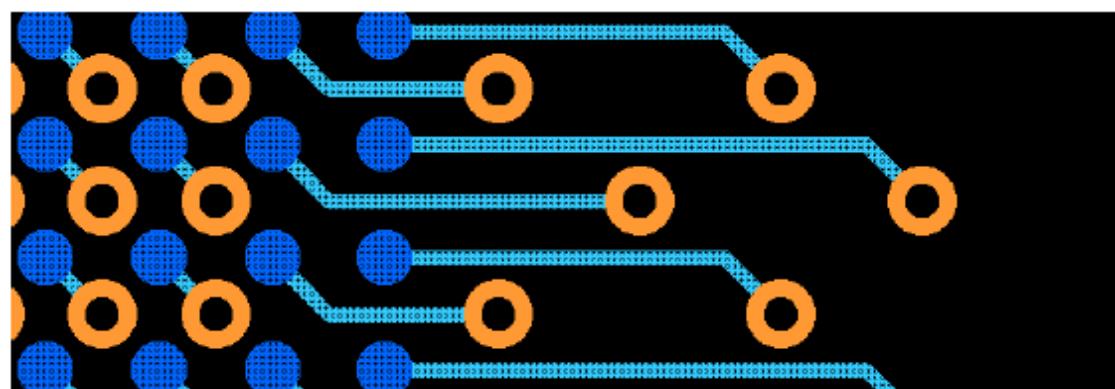


Рис.4-12: Детально - верхний слой.



Рис. 4-13:Детально- слой 2.

Переходное отверстие на площадке ("via-in-pad").

Этот шаблон довольно простой. Сквозные переходные отверстия располагаются в центрах контактных площадок BGA выводов. См. рис. 4-14 и 4-15.

Преимущества (над “Quadrant Dog-Bone” шаблоном):

- Если имеется “ground” или “power” слой на монтажном BGA уровне - это позволяет сделать непрерывное заполнение под корпусом BGA. См. рис. 4-16;
- Если монтажный слой не используется как “ground” или “power”, то вы имеете дополнительный слой для разводки BGA – хотя это и поверхностный слой, который не рекомендуется использовать для высокочастотных цепей.

Недостатки (по сравнению с “Quadrant Dog-Bone” шаблоном):

- Нет дополнительных каналов разводки в центральном ряду и столбце;
- Меньше места для ёмкостей и сопротивлений на противоположной стороне (платы) под BGA, так как массив отводных переходных отверстий заполнен. Если BGA имеет неиспользуемые выводы и для них не добавляются отводные

переходные отверстия; то в этом случае будет некоторое пространство для компонентов в этих зонах;

- Здесь стоимость, в плане заполнения переходных отверстий и обеспечения ровной поверхности для пайки контактных площадок BGA, будет немного выше;
- Существует некоторый риск возникновения проблем при BGA пайке (расслоение или «попкорн» -“pop-corn ing”) с переходными отверстиями на площадках (“via-in-pad”) при использовании припоя без свинца. Опытная производственная компания должна уметь предотвратить появление таких проблем.



Рис. 4-14: Шаблон “via-in-pad”.

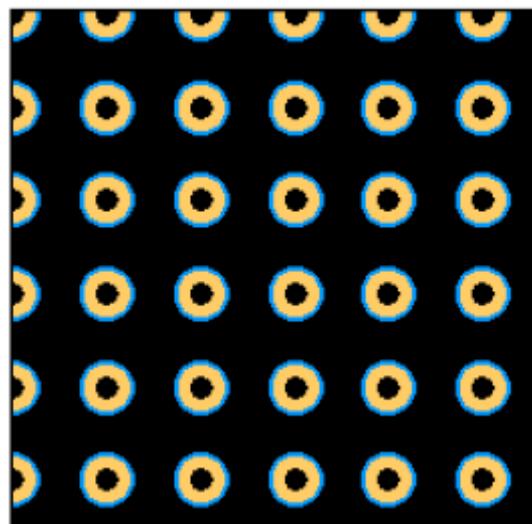


Рис. 4-15: Детально - шаблон “via-in-pad”.

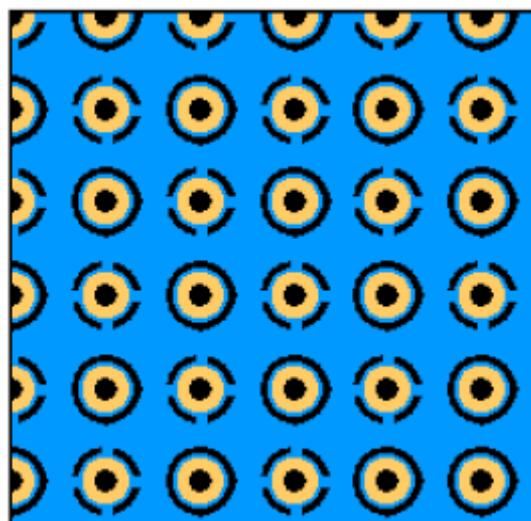


Рис.4-16:Шаблон “via-in-pad” с “ground” слоем на монтажном уровне.

Просверленные слепые и закрытые отверстия.

Использование сверлённых слепых и закрытых переходных отверстий в последовательно ламинированной плате может быть жизнеспособной альтернативой, и находится (по преимуществам использования) между сквозными переходными отверстиями в ламинированных платах и переходными микроотверстиями в HDI платах. В контексте BGA с большим числом выводов, уменьшение числа слоёв и большая плотность разводки может быть достигнута из-за меньшего размера переходных отверстий в сравнении со сквозными отверстиями; однако этот выигрыш не настолько значителен насколько может быть достигнут при использовании методов HDI переходных микроотверстий.

Выигрыш зависит от размера слепого переходного отверстия. Так как минимальный размер (диаметра) слепого переходного отверстия (здесь) 0.2 мм(8th), то размер контактной площадки (слепого отверстия) должен быть 0.44мм(17th). Эти величины размеров используются при анализе шаблонов переходных отверстий.

	mm	mils
Blind-Via Pad	0.44	17
Buried-Via Pad	0.50	20
Through-Via Pad	0.50	20
Ball Pad	0.60	24

Табл. 4-3: Диаметры контактных площадок закрытых и слепых переходных отверстий. Где: Blind-Via Pad - контактная площадка слепого переходного отверстия, Buried-Via Pad – контактная площадка закрытого переходного отверстия, Through-Via Pad – контактная площадка сквозного переходного отверстия, Ball Pad – контактная площадка BGA вывода.

Этот анализ предполагает (использовать) слепое переходное (между слоями 1 и 2) отверстие с целью развести как можно больше на слое 2. На примере (см. рис. 4-17) показаны первые 5 рядов внутри от периметра, использующих слепые переходные отверстия в шаблоне сдвинутых переходных отверстий.

Если бы существовали сдвинутые слепые переходные отверстия (на слоях 1:3), то с большой вероятностью можно было бы отвести дополнительно 5 или 6 рядов внутри периметра, в зависимости от количества “power”, “ground” и неиспользуемых контактов. Это важная идея в контексте уменьшения числа слоёв.

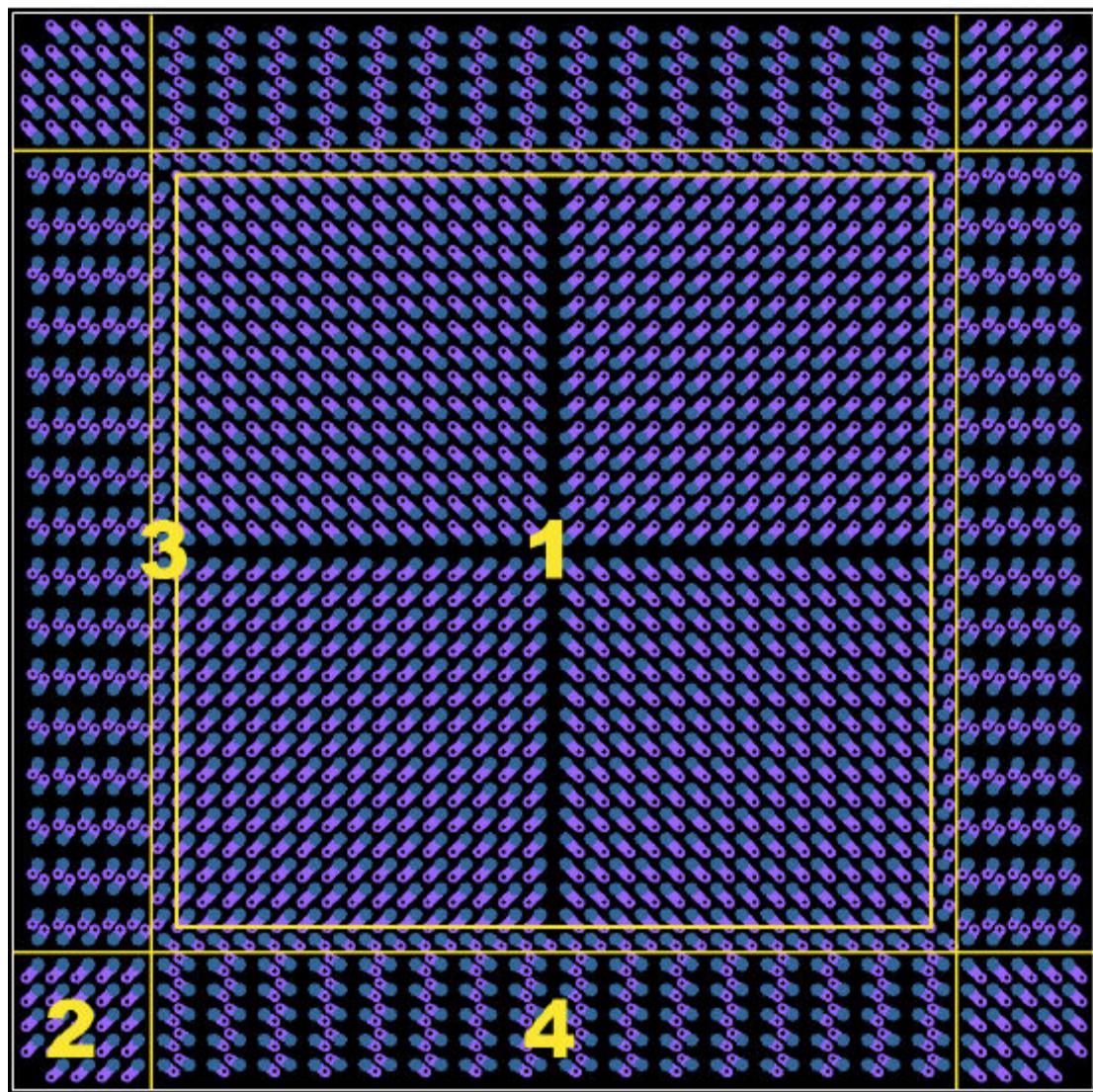


Рис. 4-17: Контактные площадки BGA с сдвинутыми слепыми переходными отверстиями рядом с периметром (прибора).

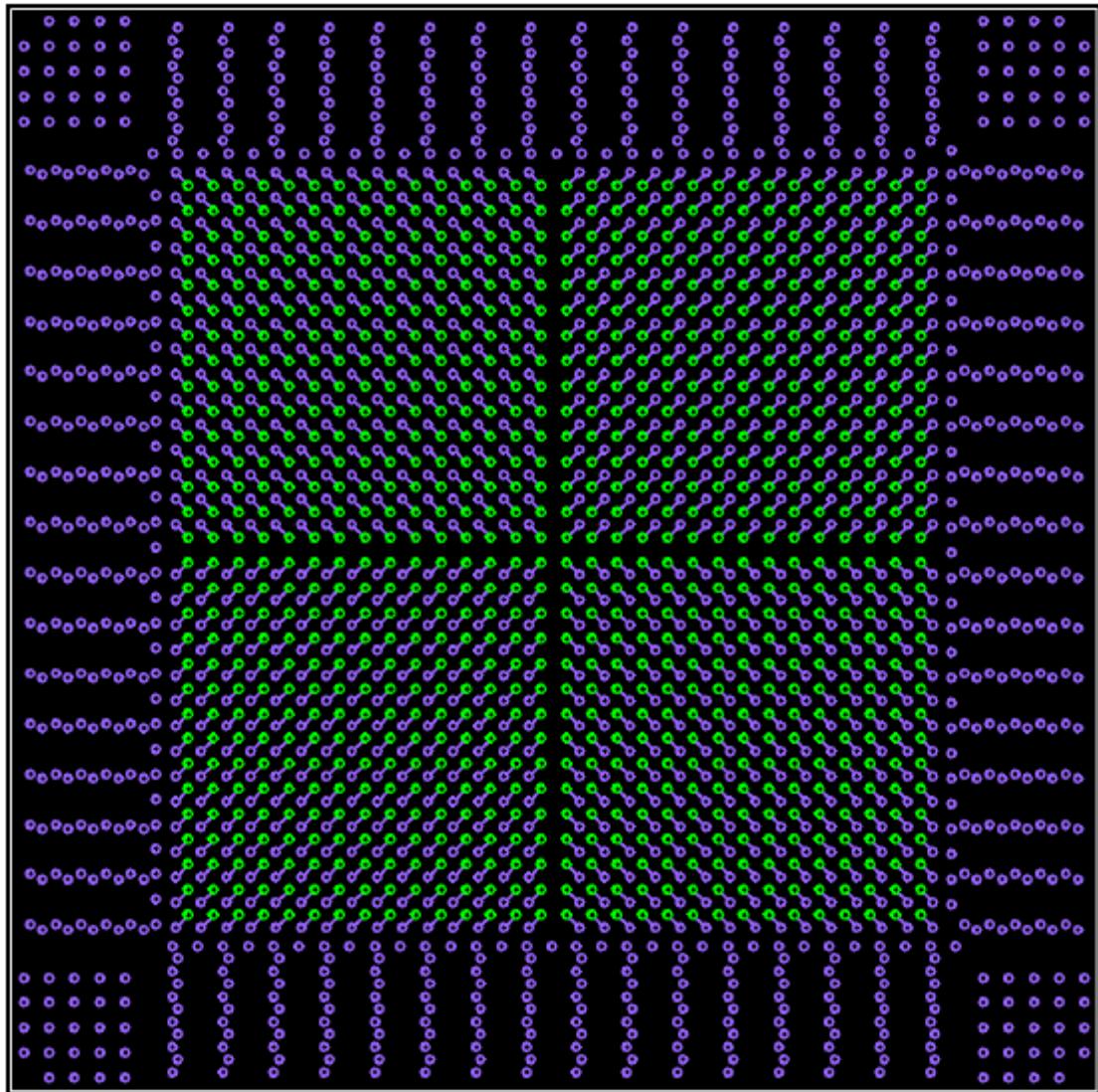


Рис. 4-18: Слой 2, слепые отверстия (фиолетовый цвет) со скрытыми отверстиями (зелёный цвет).

Применение нескольких шаблонов отводных отверстий.

На рис.4-17 выше, можно видеть четыре различных шаблона.

1. “Quadrant dog-bone” шаблон в центре.

Слепые переходные (слои 1:2) отверстия используются в “quadrant dog-bone” шаблоне, затем слепые отверстия «переходят» в закрытые. “Power” и “ground” контакты, которые должны быть проведены вниз платы для соединения с ёмкостями

и любые сигналы, которые имеют соединения с “pull-up” сопротивлениями, будут иметь другие слепые переходные отверстия между слоями n и $n-1$.

- Одна альтернатива применению (последовательности) слепые / закрытые / слепые переходные отверстия в центре – использовать сквозные переходные отверстия в конфигурациях “quadrant dog-bone” или “via-in-pad”. Это упростит отвод и так как большинство контактов в центре – “power” и “ground”, не сильно отразится на плотности разводки.

2. “Quadrant dog-bone” шаблон по углам.

Отвод в углах BGA всегда проще, чем на других участках. Угловая зона делится по диагонали на два участка, и поэтому (на каждом участке) получается в два раза меньше контактов для разводки к границам. Использование (здесь) простого “quadrant dog-bone” шаблона в действительности обеспечивает большую плотность разводки, чем комбинация шаблонов отводных отверстий, расположенных по диагонали угла. См. рис. 4-19. Большинство других шаблонов даст, как результат, примерно такое же число отводных трасс. Поэтому вы можете применять здесь простой шаблон (“quadrant dog-bone”).

3. “Short dog-bone” («Короткая собачья кость») шаблон на переходных участках.

Контактам, расположенным между контактами использующими “dog-bone” шаблон (в центре прибора) и контактами использующими шаблон со сдвинутыми переходными отверстиями (по краям прибора), недостаёт пространства для отвода. Я рекомендую использовать ряд у границы зон (для таких контактов), как показано на рис. 4-19.

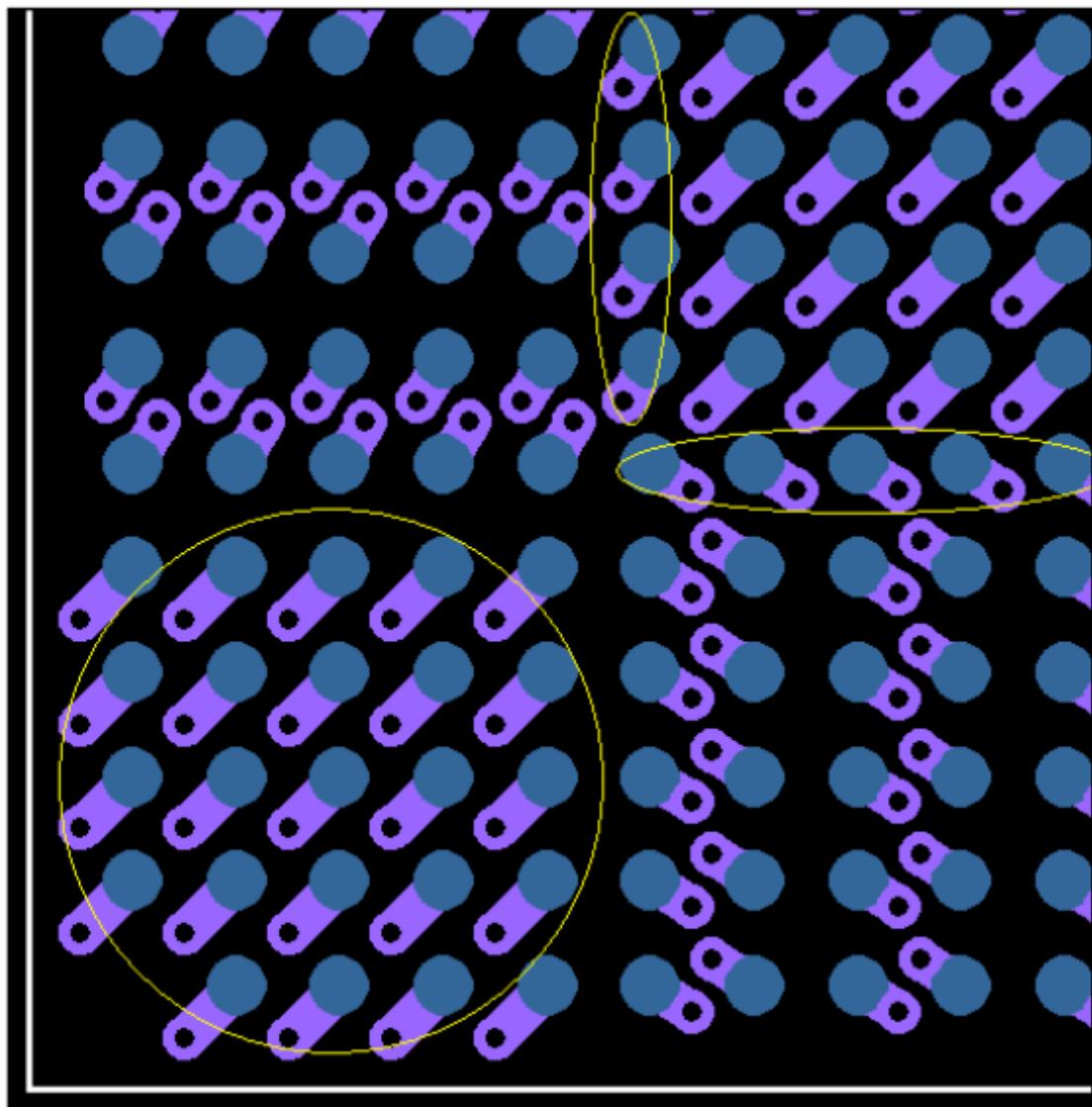


Рис.4-19: Шаблон переходных отверстий в углу и шаблон переходных отверстий на переходных участках.

4. Сдвинутые (переходные отверстия) по столбцам и рядам.

Использование шаблона слепых (переходных) отверстий рядом с периметром BGA, где переходные отверстия сдвинуты по рядам и столбцам, имеет, как результат 24% увеличение плотности разводки на один слой.

Сдвинутые (переходные) отверстия по столбцам и рядам.

На рис. 4-20 слепые переходные отверстия сдвинуты по столбцам с целью открытия дополнительного места для разводки. На рис. 4-21 можно видеть, что появилась дополнительно значительная площадь, по сравнению с рис. 4-22. По сравнению с матрицей переходных несдвинутых отверстий, можно получить на 24% больше отводных трасс к границам BGA, и при этом используется минимальная площадь.

Если размер контактной площадки BGA вывода будет меньше (и 0.6 мм как в этом примере), то всё равно вы не сможете сдвинуть переходные отверстия в более «тесный» столбец; так как слепые отверстия уже расположены на минимальном расстоянии друг от друга 0.1 мм (4^{th}).

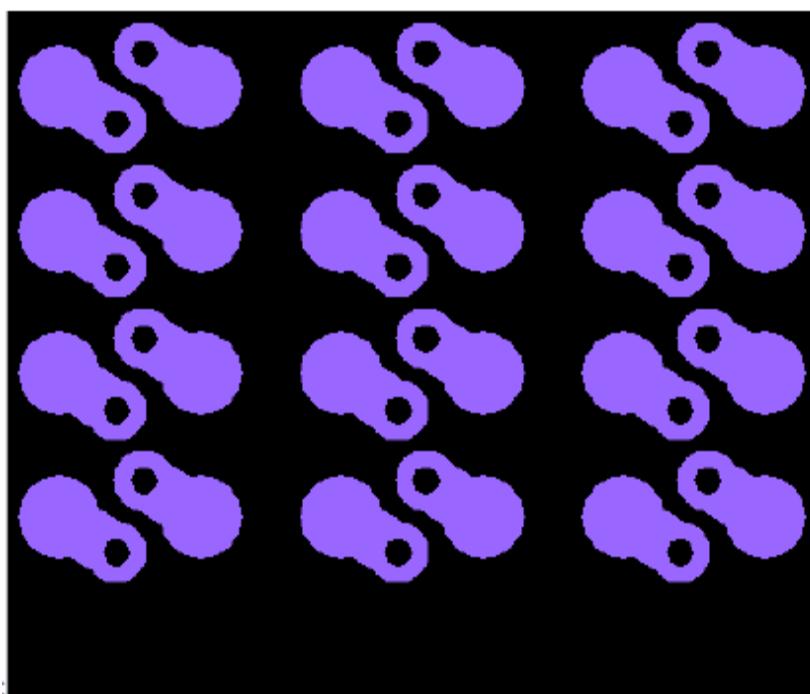


Рис. 4-20: Монтажный слой со слепыми переходными отверстиями, сдвинутыми в столбцы.

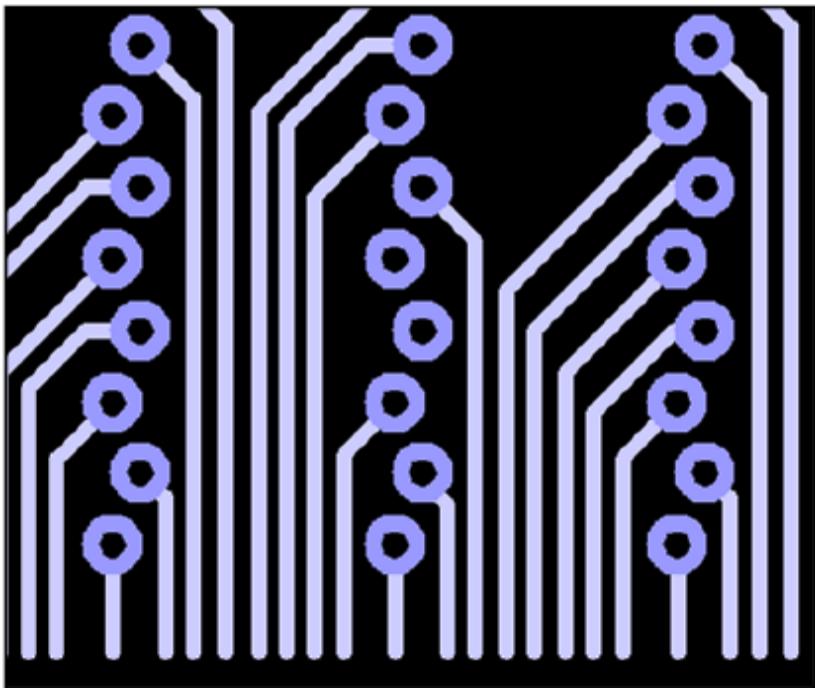


Рис. 4-21: Слой 2 с просверленными слепыми переходными отверстиями, сдвинутыми в столбцы.

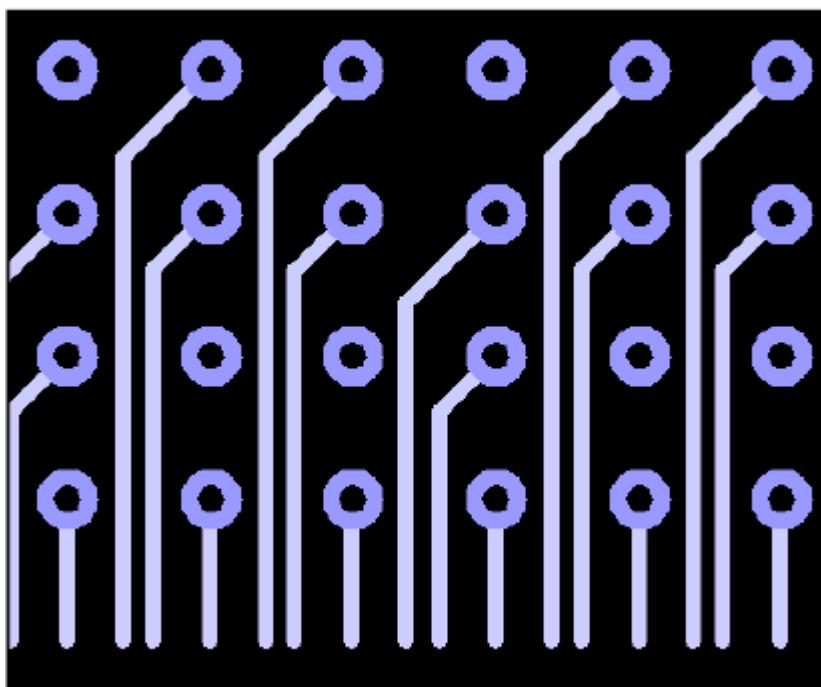


Рис. 4-22: Слой 2 со слепыми переходными отверстиями в простой 1 мм матрице.

Преимущества:

- 24% (в расчёте на один слой) увеличение плотности разводки, по сравнению с использованием сквозных переходных отверстий и слепых отверстий без сдвига;
- Больше места для “ground” слоя на монтажном уровне. Не настолько много, сколько можно получить при использовании “via-in-pad”; но гарантированно больше, чем при переходных отверстиях, расположенных простой 1 мм матрицей;
- Если вы разводите высокочастотные однополярные цепи на слоях, и используете слепые переходные отверстия при этом – то, в этом случае не будет остаточных частей (via stub) переходных отверстий и, следовательно, взаимные помехи переходных отверстий минимизируются;
- Любому сигналу, разведённому на слоях со слепыми переходными отверстиями, не нужно иметь закрытое переходное отверстие и, следовательно, открывается больше места для разводки на слоях с закрытыми переходными отверстиями.

Недостатки:

- Стек со слепыми и закрытыми переходными отверстиями более дорогой, нежели стек со сквозными отверстиями.

Сдвинутые переходные отверстия – общие принципы.

Как уже было показано ранее со слепыми отверстиями, ясно, что сдвиг переходных отверстий может увеличить плотность разводки. При использовании HDI переходных микроотверстий, сдвиг положений отверстий может улучшить плотность разводки ещё больше. Увеличение же плотности разводки означает потенциально уменьшение числа слоёв и меньшую стоимость. Вот некоторые общие принципы, относящиеся к сдвинутым отверстиям и которые (принципы) могут помочь сделать усилия удачными.

Дифференциальные пары и перестановка контактов.

При применении шаблона сдвинутых переходных отверстий для увеличения плотности разводки, один из эффектов, который должен быть решён – тот факт, что при переходе через слои с различными шаблонами переходных отверстий – проводники в дифференциальной паре могут быть разнесены в стороны друг от друга.

Рис. 4-23 и рис. 4-24 иллюстрируют эту проблему. Контактные площадки для проводников дифференциальной пары находятся достаточно близко друг к другу; однако, далее, при использовании отводных переходных отверстий проводники расходятся.

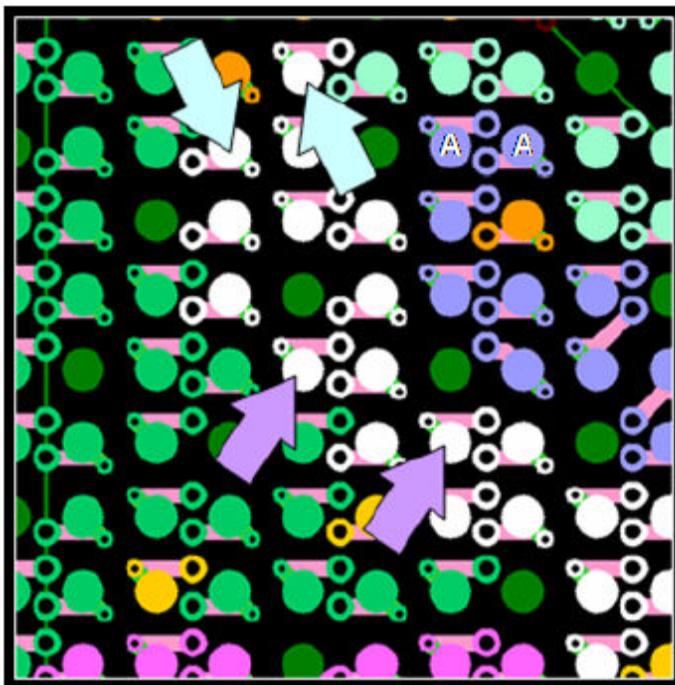


Рис.4-23: Связка (проводников) дифференциальной пары, нарушенная сдвинутыми переходными отверстиями.

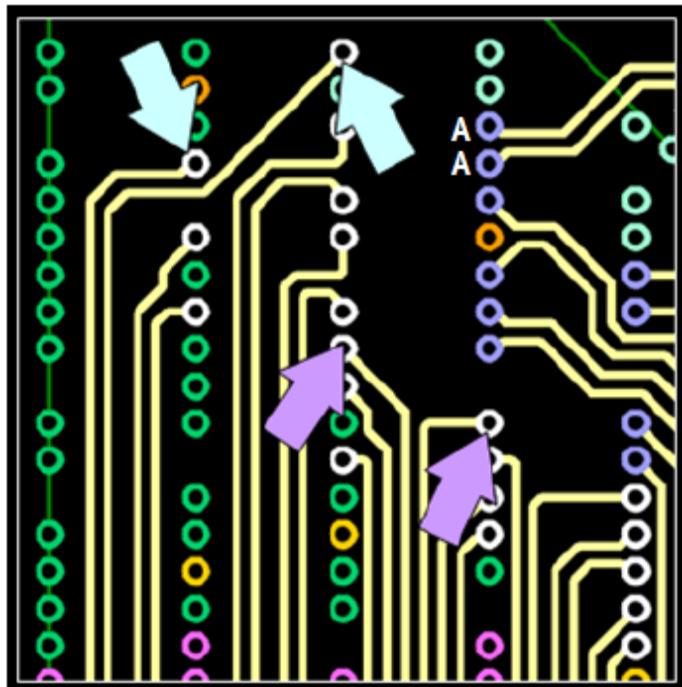


Рис. 4-24: Связка (проводников) дифференциальной пары, нарушенная сдвинутыми переходными отверстиями.

Хорошее решение, особенно для FPGA - сделать замену таким образом, что расположение контактных площадок (дифференциальной пары) BGA будет таким, что их отводные переходные отверстия останутся расположенными близко друг к другу. На рисунках, приведённых выше, перестановка проводников дифференциальной пары в точки "A" и "A" оптимизирует связку между проводниками пары.

- Возможность перестановки контактов ограничивается положением банков контактов (ввода/вывода) и распределением "power" и "ground" выводов;
- Поиск наиболее эффективных шаблонов перестановки (расположенных вертикально или горизонтально или по диагонали) зависит от шаблона переходных отводных отверстий, используемого на этом участке.

Уменьшение эффективных размеров BGA.

Представленный на рис. 4:17 BGA, имеет 1760 выводов. Если 5 столбцов/рядов BGA контактных площадок рядом с периметром (прибора) смогут быть разведены с помощью слепых отверстий (слой 2), то эффективный размер BGA, который необходимо развести на слоях с помощью закрытых переходных отверстий (рис.4-25), становится 1024. При таком количестве выводов, отвод и разводка BGA не является больше основной причиной увеличения числа слоёв, особенно когда внутренние (расположенные в центре) контакты у (большинства) BGA – “ground” и “power”.

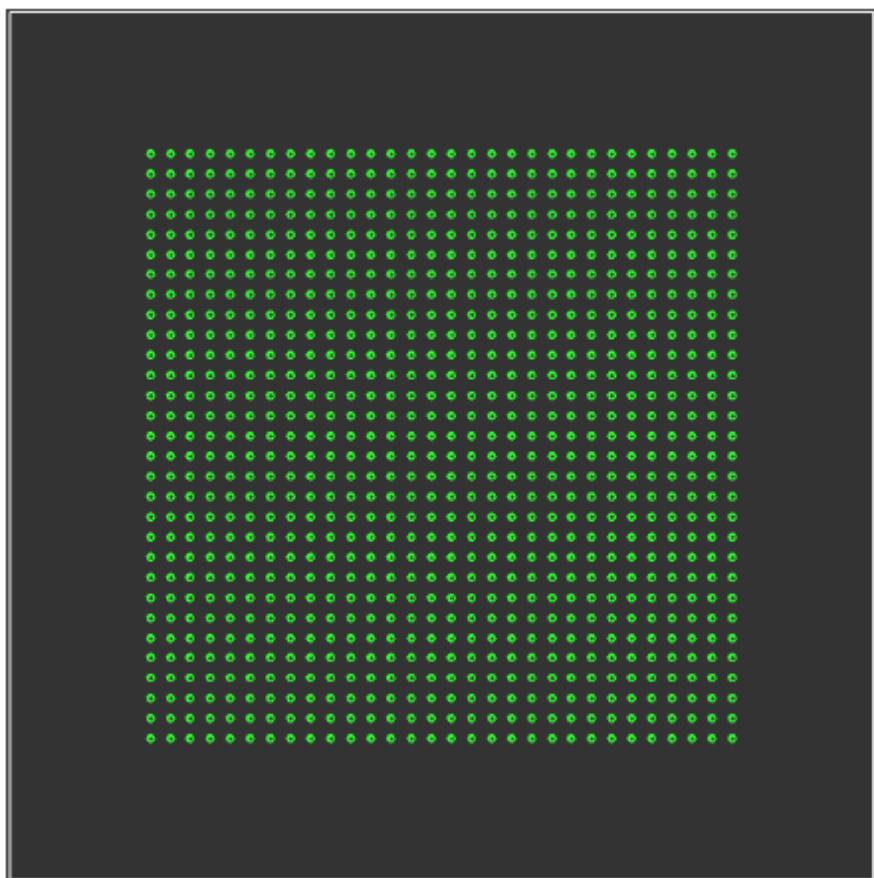


Рис. 4-25:Слой 3, закрытые переходные отверстия.

HDI переходные микроотверстия.

Принципы применения отводов в случае использования переходных просверленных лазером микроотверстий в стеках те же, что и для механически просверлённых слепых и закрытых переходных отверстий. Разнообразие типов стеков и меньший размер переходных отверстий обеспечивают более плотное заполнение в шаблонах при сдвигах по столбцам и рядам; также улучшается плотность разводки и гибкость при определении маршрутов разводки в надстроенных слоях – в противоположность ламинированному ядру.

При использовании HDI, слепые переходные микроотверстия улучшают плотность разводки, и поэтому меньшее количество слоёв требуется для разводки. Конечно количество слоёв, доступное посредством переходных микроотверстий, существенно влияет на общую плотность разводки. Шаблоны отводных отверстий рассматриваются в этом контексте и для следующих типов HDI конструкций:

- $1+N+1$ = Тип II (слой 1:2 переходные микроотверстия с закрытыми переходными микроотверстиями в ламинированном ядре);
- $2+N+2$ = Тип III (слой 1:2, 2:3 переходные микроотверстия с закрытыми переходными микроотверстиями в ламинированном ядре).

Слой 1:2 переходные микроотверстия ($1+N+1$).

Если слой 1 используется как “ground”, а не для разводки – тогда отводные переходные отверстия должны иметь шаблон для (достижения) максимальной плотности разводки на уровне 2. Шаблоны для переходных слепых отверстий (рассмотренные ранее) могут быть использованы и для переходных микроотверстий;

однако, так как микроотверстия меньше, то можно скомпоновать их больше и получить дополнительное пространство для разводки.

На рис. 4-26 микроотверстия расположены в столбцах и рядах, чтобы максимизировать плотность разводки (12% улучшение по сравнению со сдвинутыми переходными слепыми отверстиями, 36% улучшение по сравнению с шаблоном “quadrant dog-bone” сквозных переходных отверстий).

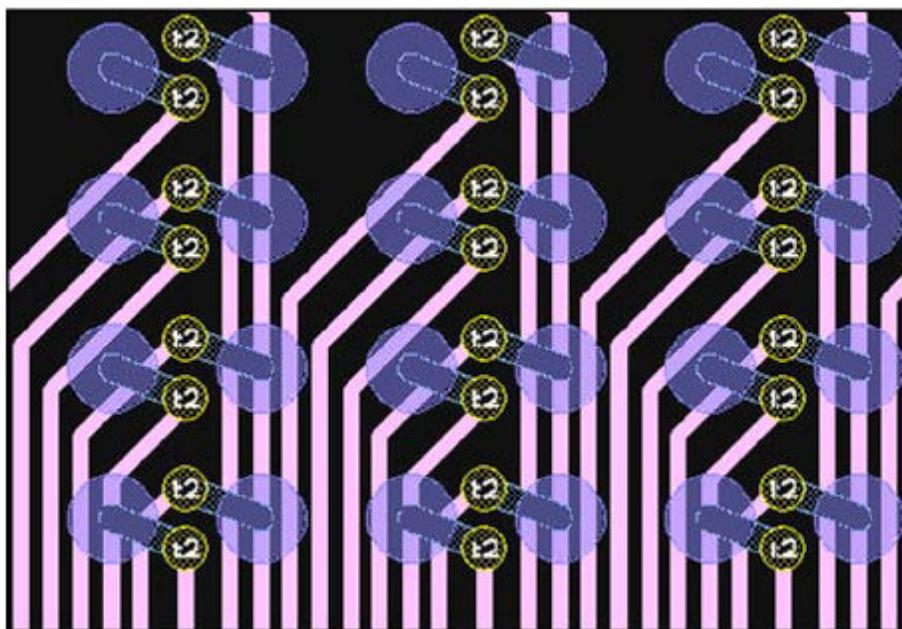


Рис. 4-26: Расположение микроотверстий.

На рис. 4-27 показано как плотность разводки может быть увеличена при использовании “via-in-pad” метода. Если же переходные отверстия сдвинуть внутри контактных площадок, то можно открыть дополнительное место для отводных трасс.

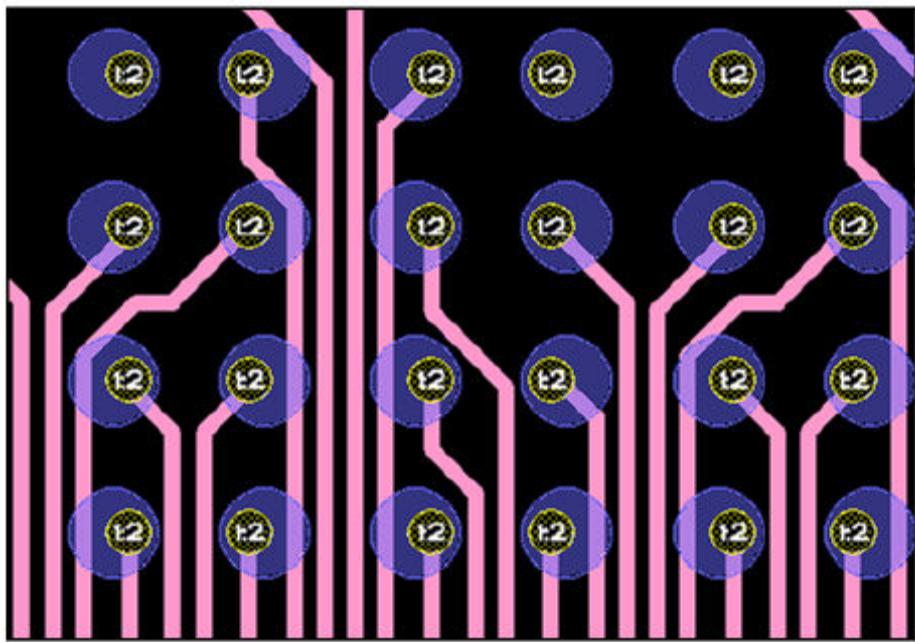


Рис.4-27: Шаблон микроотверстий, использующий “via-in-pad” метод.

Если только один уровень доступен для отводных трасс (как в случае $1+N+1$ стека, где поверхностный слой используется для “ground plane”), то важно применять шаблон сдвинутых переходных отверстий, который даст возможность поместить микроотверстия рядом с периметром и иметь место для проводки “power” и “ground” сквозь плату с дополнительными переходными закрытыми и слепыми отверстиями.

Слой 1:2, 2:3 переходные микроотверстия (2+N+2).

Опять, предположим, что слой 1 не используется для разводки, поэтому для отводных переходных отверстий должны использоваться шаблоны, увеличивающие плотность разводки слоёв 2 и 3. Со слоями 2 и 3, доступными для разводки с переходными микроотверстиями, может быть использованы отводные методы типа “quadrant” или “layer biased”. Это показывает, насколько эффективно общие принципы расположения переходных отверстий работают и для получения дополнительного пространства разводки на внутренних слоях.

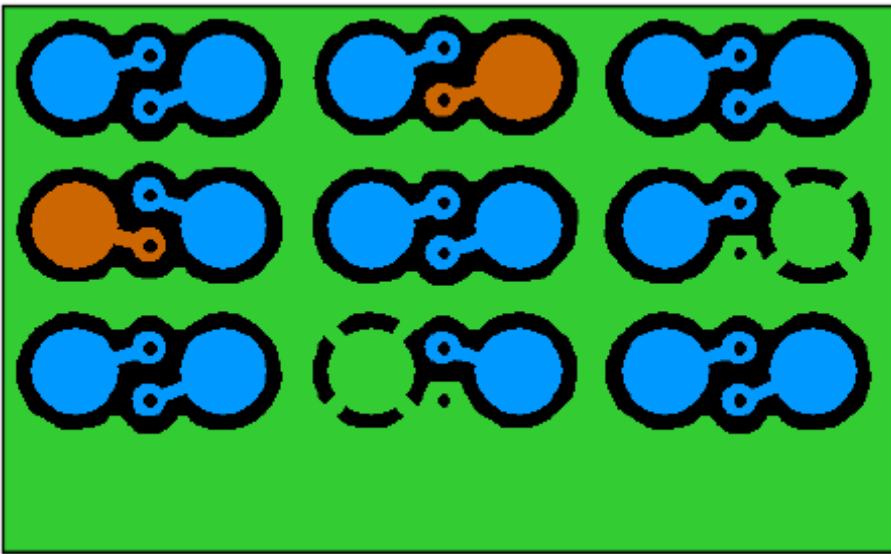


Рис. 4-28: Слой 1 с переходными 1:2 микроотверстиями для всех контактных площадок.

На рисунке выше видно много места на монтажном слое для заполнения “ground plane” с небольшими прерываниями. Сдвиг переходных отверстий не только обеспечивает дополнительную плотность разводки, но также и открывает место для “ground” заполнения. Можно заметить, как превосходно (идеально) в “Mentor Graphics Expedition PCB” подгоняются “ground” переходные отверстия, медные участки и клиренс рядом - для обеспечения качественного производства.

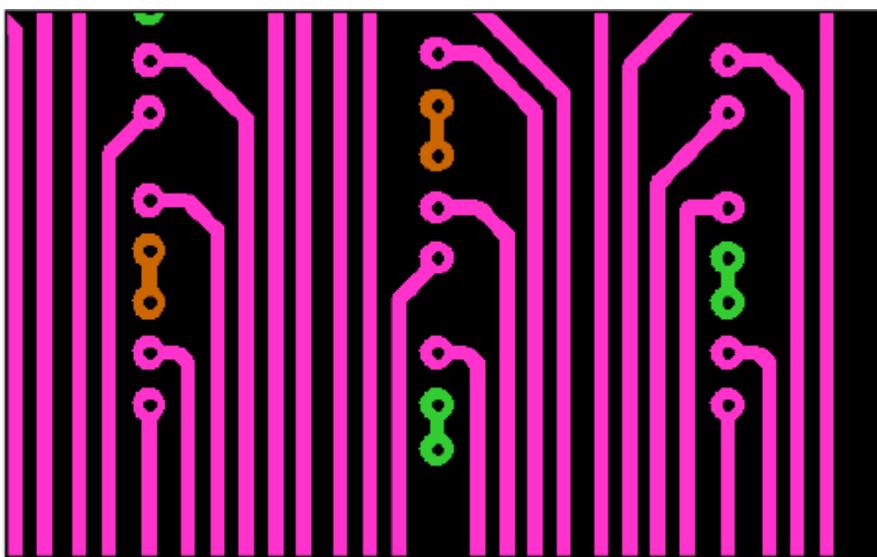


Рис. 4-29: Слой 2, отводные трассы и переходные микроотверстия.

На рис. 4-29 обратите внимание на значительное пространство для разводки после сдвига переходных отверстий. Здесь трассы разведены как однополярные цепи; однако, если бы цепи были дифференциальным парами, то было бы место для разводки трёх пар дифференциальных сигналов между выровненными переходными отверстиями. Конечно, действительное число может меняться в зависимости от принятых правил дизайна ("design rules").

"Ground"(зелёный цвет) и "power"(оранжевый цвет) переходные отверстия расположены парами, потому что вы видите не только 1:2 переходные отверстия, но также и 2:3 переходные отверстия.

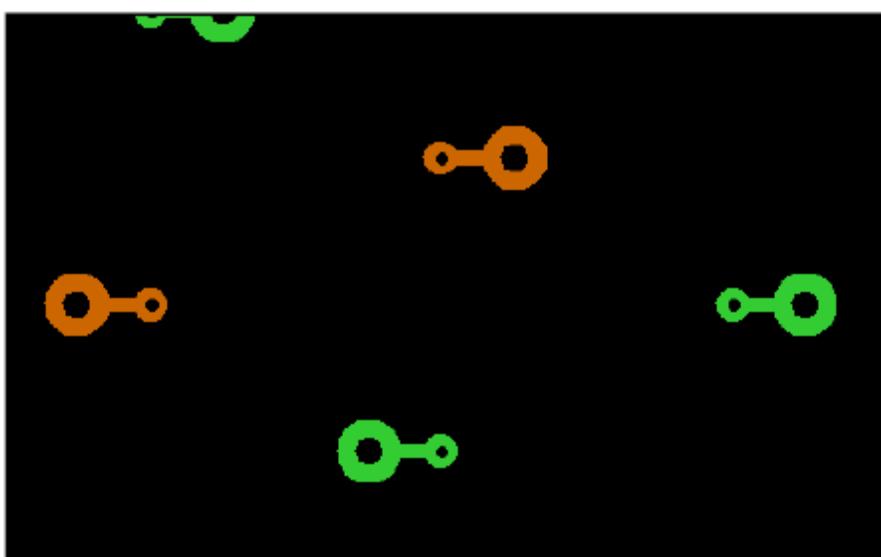


Рис. 4-30: Слой 3 с 2:3 переходными микроотверстиями и закрытыми переходными отверстиями.

Большое отверстие (на рис. 4-30) - это закрытое переходное отверстие, которое проходит через ламинированное ядро.

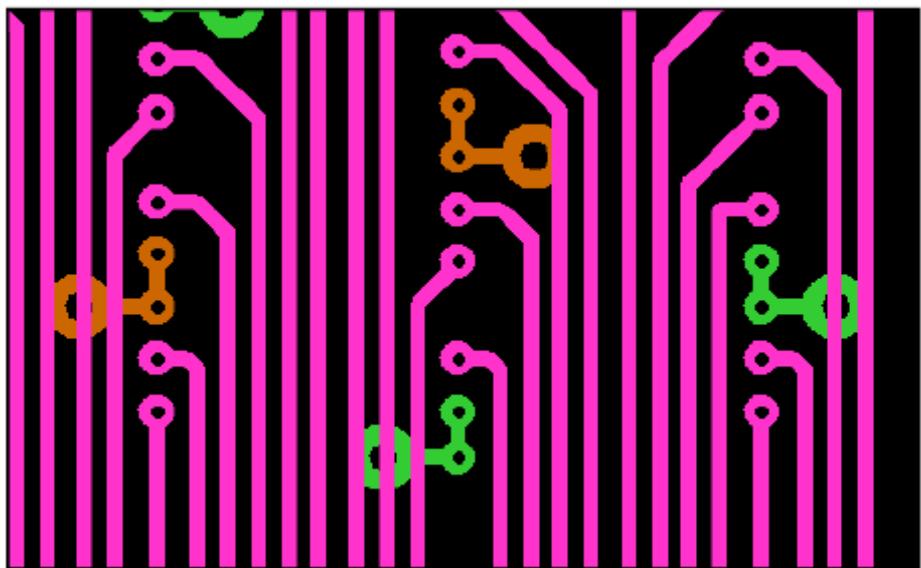


Рис. 4-31: Слои 2 и 3 показаны вместе.

На рис. 4-31 можно видеть комбинацию слоёв 2 и 3, с отводными трассами на слое 2 и с широким доступным пространством на слое 3.

Краткое резюме.

Эффективный шаблон отводных переходных отверстий может существенно увеличить плотность разводки. Разработки со сквозными переходными отверстиями имеют ограниченные опции под BGA. При использовании ламинированных слепых переходных отверстий, плотность разводки может быть увеличена на 24%. HDI переходные микроотверстия делают возможным увеличение плотности разводки до 36%. Мои рассуждения в этой главе чётко показывают, что использование переходных слепых микроотверстий или переходных микроотверстий и (правильное) расположение их - это очень эффективный метод для потенциального уменьшения числа слоёв через увеличение плотности разводки.

Глава 5. Послойная отводная разводка BGA.

В этой главе рассказывается о моих находках во время изучения реальной разработки с 19-ю большими BGA. Основной целью было уменьшить количество слоёв, сохранить (при этом) качество сигнала и получить высокий процент завершения автоматической разводки.

Описание платы.

- 18"×14" (в дюймах)
- 34 слоя, 24 сигнальных слоя
- HDI с двумя слоями надстройки наверху и внизу (платы), ламинированное ядро с 30 слоями
- 52513 контактов
- 11529 цепей
- 7729 частей
- 18 BGA, каждый с 1513 контактами/1 мм шаг (Xilinx Virtex-4 XC4VLX100 FPGA)
- 1 BGA с 1520 контактами/ 1 мм шаг (Xilinx Virtex -4 XC4VLX200 FPGA)

Общая оценка исходной платы.

Должно быть, возможно, разработать эту плату с 16-18 слоями, 10 из которых – сигнальные слои. Какие значительные трудности могут быть на пути к этому?

- Взаимные помехи – основная проблема и поэтому целью является разнести трассы друг от друга на возможно большее расстояние, чтобы выполнялись “accumulative parallelism rules” .

- Существенное число (электрических) цепей делает невозможным выполнение интерактивной разводки платы.
- Значительное число дифференциальных пар.
- В среднем, на один FPGA приходится 240 развязывающих конденсаторов, расположенных на стороне (платы), противоположной FPGA. Это большое число конденсаторов требует для всех "power" и "ground" контактов наличия переходных отводных отверстий, которые должны проходить через всю плату. Это, в свою очередь, требует существенного пространства и препятствует использованию некоторых методов отводной разводки, которые смогли бы помочь в разводке сигналов.

Рекомендации и решения.

Стек

Уменьшить количество слоёв до 16-18 с 10 сигнальными слоями.

Шаблоны отводных переходных отверстий

Необходимо разработать шаблоны отводных отверстий, чтобы облегчить разводку при наличии такого большого количества развязывающих конденсаторов. Также надо рассмотреть возможность применения стека, в котором обеспечивается превосходная прямая связь между "ground" и "power" посредством использования надстроенных слоёв и очень тонкого диэлектрика, и, следовательно, уменьшается потребность в таком большом количестве развязывающих ёмкостей.

Правила по зонам (Rule areas)

Применяйте такие «правила по зонам» рядом с BGA, чтобы сделать возможным плотную разводку под BGA и обеспечить широкое расстояние между трассами вне площади BGA.

Примечание: Подробно о "Rules by area" или "Rule area" смотрите документацию компании "Mentor Graphic" на "Expedition PCB"

Стек

Стек, рассматриваемый при данном изучении это стек с 16 слоями и использованием переходных микроотверстий и закрытых отверстий в обычной HDI структуре. См. рис. 5-1.

- Красный цвет = просверлённые лазером микроотверстия, 10th – (диаметр) контактная площадка, 4th – (диаметр) отверстие.
- Оранжевый цвет = механически просверлённые закрытые переходные отверстия, 18th – (диаметр) контактная площадка, 8th – (диаметр) отверстие.

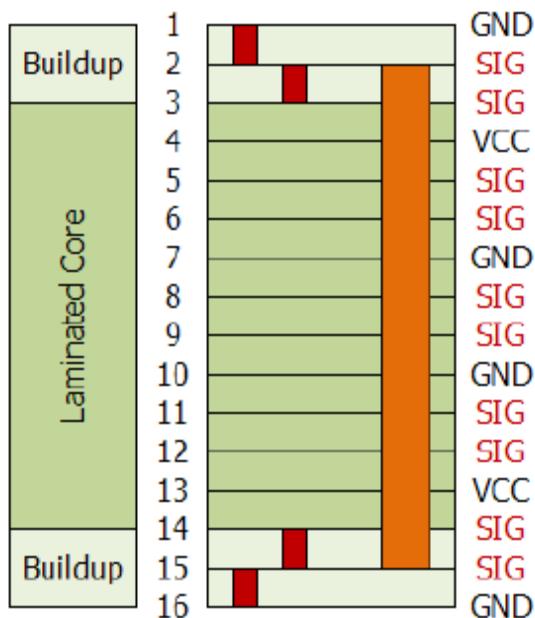


Рис.5-1: 2+N+2 стек.

Использование отводной разводки согласно направлениям принятым на слое (Layer Biased Breakouts).

Что такое отводная разводка согласно направлениям, принятым в слое? ("Layer Biased Breakouts") Традиционные шаблоны отводных трасс имеют направления на север, юг, запад и восток на том же слое. Это довольно хорошо для целей (достижения) плотности,

особенно на дизайне, который имеет 4 или меньше сигнальных слоёв. Когда же дизайн имеет 8 или больше сигнальных слоёв, лучше иметь отводные трассы по направлениям, принятым на слое. Отводная разводка согласно направлениям слоя делает возможным более высокий уровень завершения авто разводки, так как автотрассировщик, по сути, использует при разводке только определённые направления.

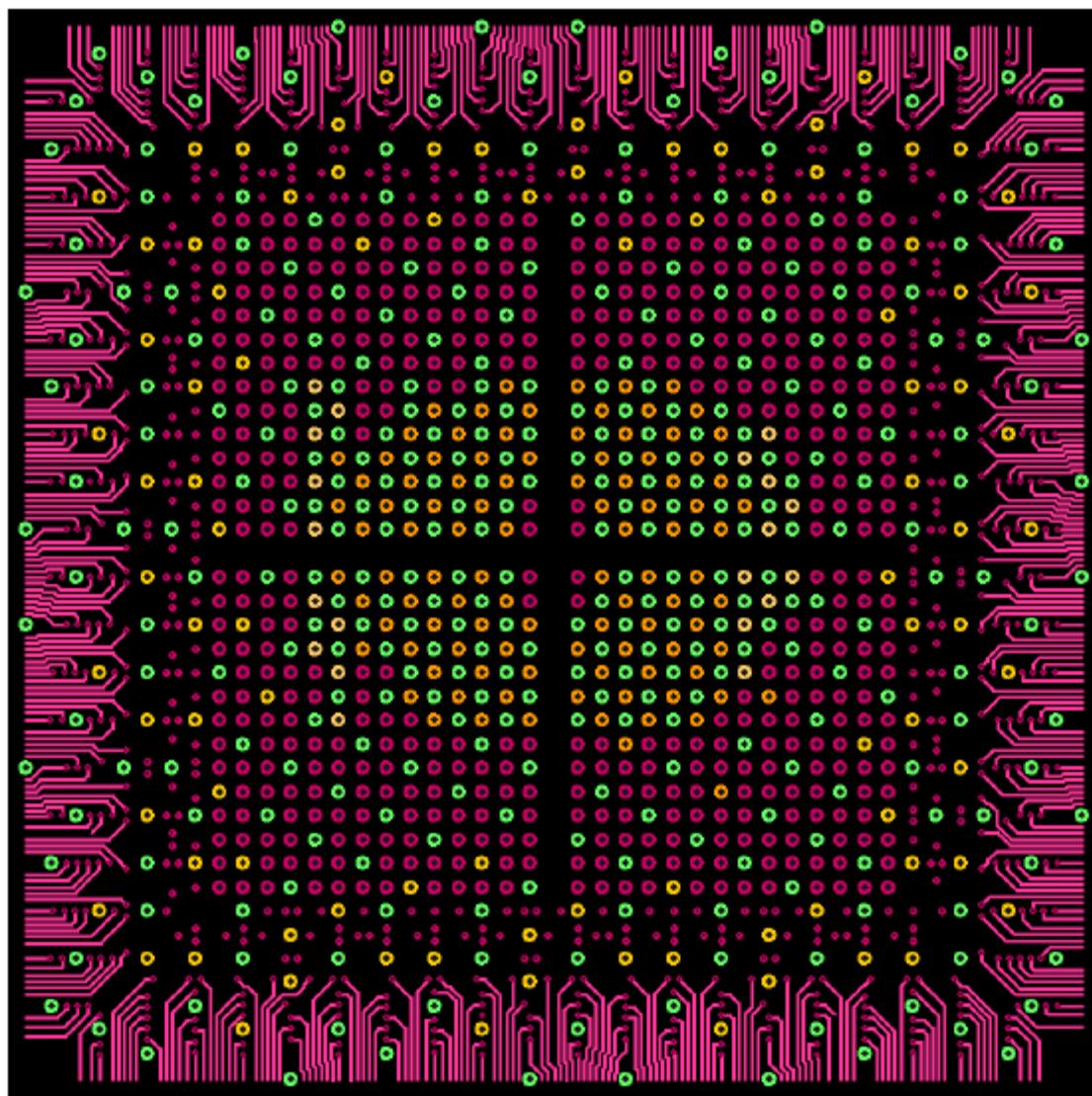


Рис. 5-2: «Север, юг, восток, запад» метод отводной разводки (NSEW –Nord, South, East, West).

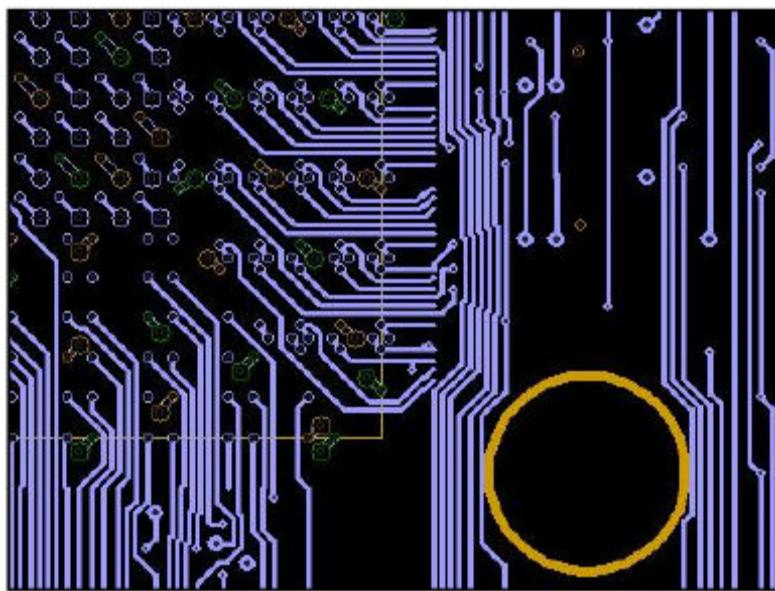


Рис.5-3:Разводка с NSEW отводными трассами.

На рис.5-3 видно, что NSEW отводные трассы блокируются авто трассировщиком. Это показывает проблему с NSEW отводной трассировкой при попытке разводки с помощью авто трассировщика. Отводные трассы, которые перпендикулярны направлениям разводки на данном слое не будут разведены.

На рис. 5-4, зелёные трассы – на слое с горизонтальной разводкой, красные трассы – на слое с вертикальной разводкой. Такой способ разводки наиболее естественен для автотрассировщика.

Замечания

- Необходимо иметь несколько шаблонов отводных отверстий для поддержки разводки по направлениям слоёв и для эффективного использования микроотверстий слоёв надстройки.
- Применяйте такие «правила по зонам» (Rule areas) около BGA, чтобы сделать возможным плотную разводку под BGA и обеспечить широкое расстояние между трассами вне площади BGA.

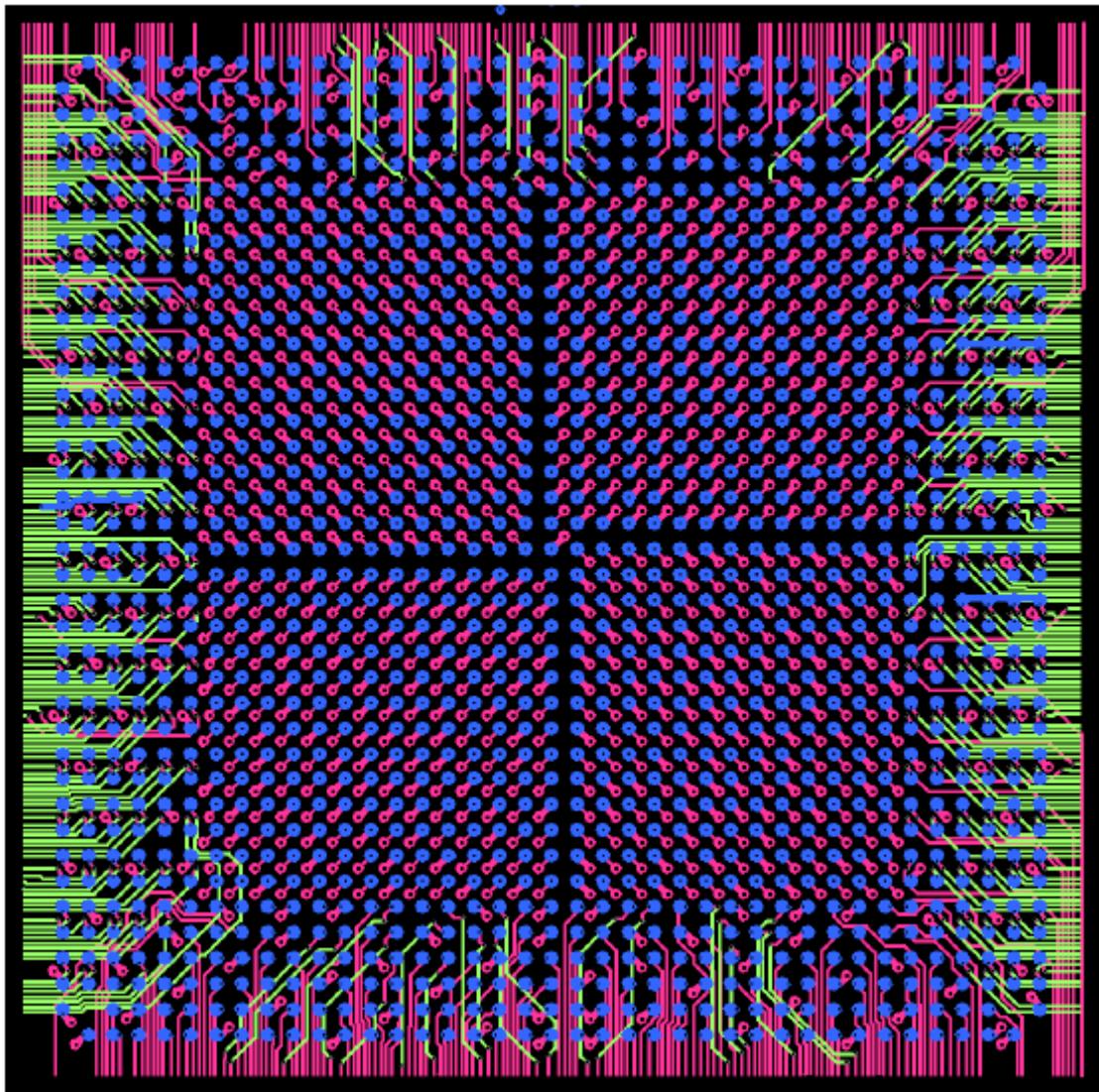


Рис.5-4: Отводная трассировка согласно направлениям, принятым в слое.

Отводные отверстия для слоёв с микроотверстиями.

Слой 15 с трассировкой по вертикальным направлениям: "Via-in-Pad".

Слои 16:15 микроотверстия помещены на края контактных площадок. Это правило, которое может быть установлено для отдельных контактных площадок. Цель – сделать возможными пять трассировочных маршрутов там, где расстояние между переходными отверстиями увеличено и один маршрут там, где расстояние между переходными отверстиями уменьшено. См. рис. 5-5.

- Я также изменил размер (круглой, шаровой) контактной площадки (BGA) на ROUND_25 (вместо ROUND_0.1811) так что переходное отверстие может быть сдвинуто от центра на значительное расстояние и всё ещё находиться внутри контактной площадки.
- Если нужен меньший размер площади пайки, то можно, либо сделать контактную площадку меньше и иметь переходное отверстие рядом с площадкой ("near via-in-pad"), либо использовать меньшее открытие (opening) в трафарете для нанесения покрытия (solder mask), контролируя таким образом эффективную площадь пайки для контакта BGA.

Если же переходное отверстие находится в центре контактной площадки, то общее количество трассировочных маршрутов между (видимо это- ошибка - должно быть по смыслу слово – рядом, а не между) четырьмя контактными площадками (BGA) будет равно шести, по сравнению с семью, если переходные отверстия распределены как на рисунке ниже. Вы должно быть думаете: « Одна трасса? Что это за (достижение) выигрыш? ». Рис. 5-6 показывает отводные переходные отверстия и отводные трассы, когда добавлены закрытые переходные отверстия для "power" и "ground". Здесь меньше

места для трассировки. Однако, сравнивая с тем случаем, когда переходные микроотверстия расположены в центрах

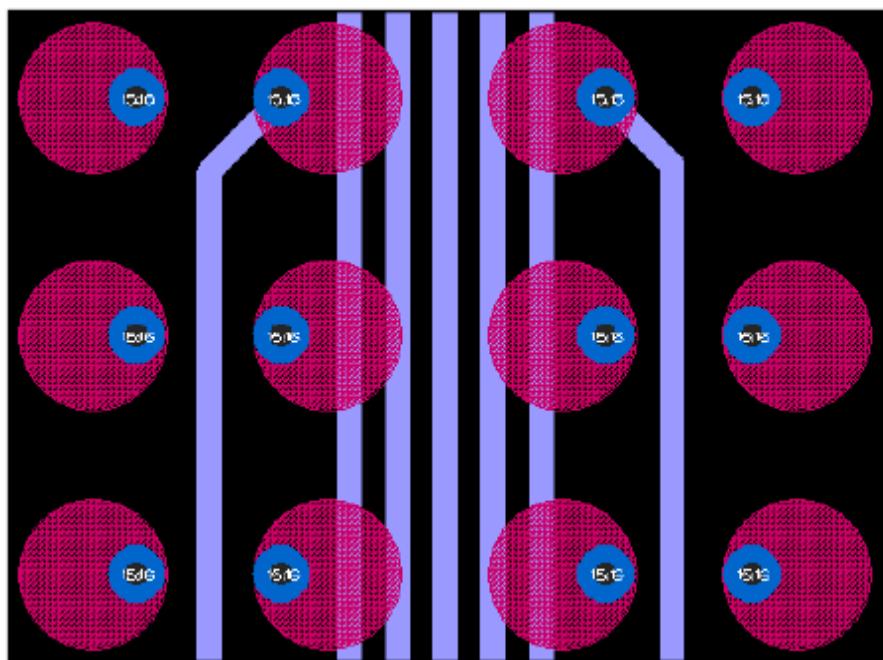


Рис.5-5: Отводные отверстия, слой 16-15.

контактных площадок и закрытые отверстия смешены относительно этих точек, получается в сумме больше места для трасс. При этом методе (когда микроотверстия помещаются по краям контактных площадок), добавление закрытых переходных отверстий убирает максимально одну трассу.

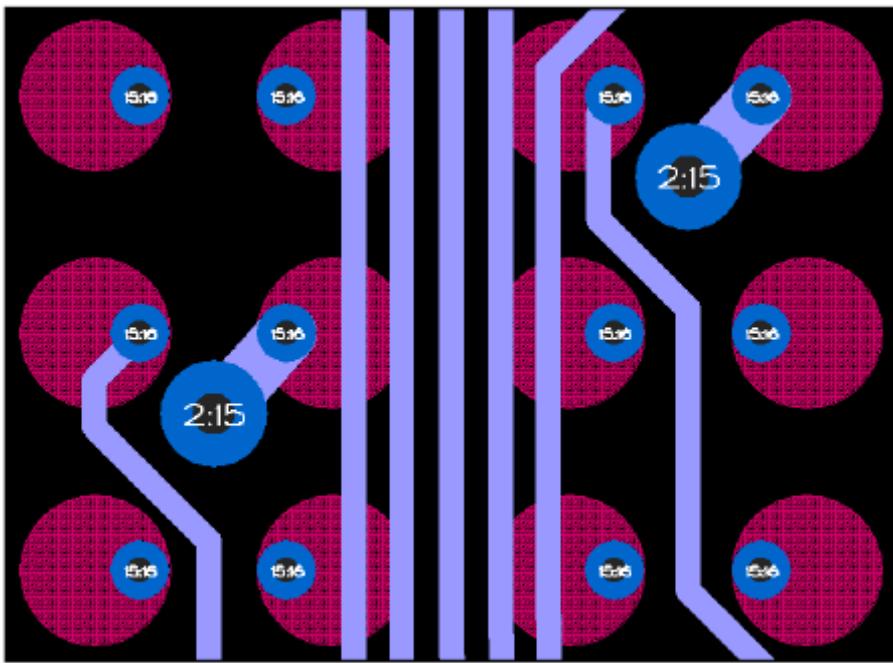


Рис. 5-6: Слой 16-15 отводные отверстия с переходными закрытыми отверстиями для “power”и “ground”.

Слой 14 с трассировкой по горизонтальным направлениям.

Переходные микроотверстия смешены другим образом, потому чтобы попасть на слой 14, необходимо иметь 16:15 микроотверстия и также 15:14 микроотверстия. Я рассматриваю возможность использования 16:14 переходного отверстия и, действительно, это может быть лучший метод, но я не пробовал применять его на этой плате.

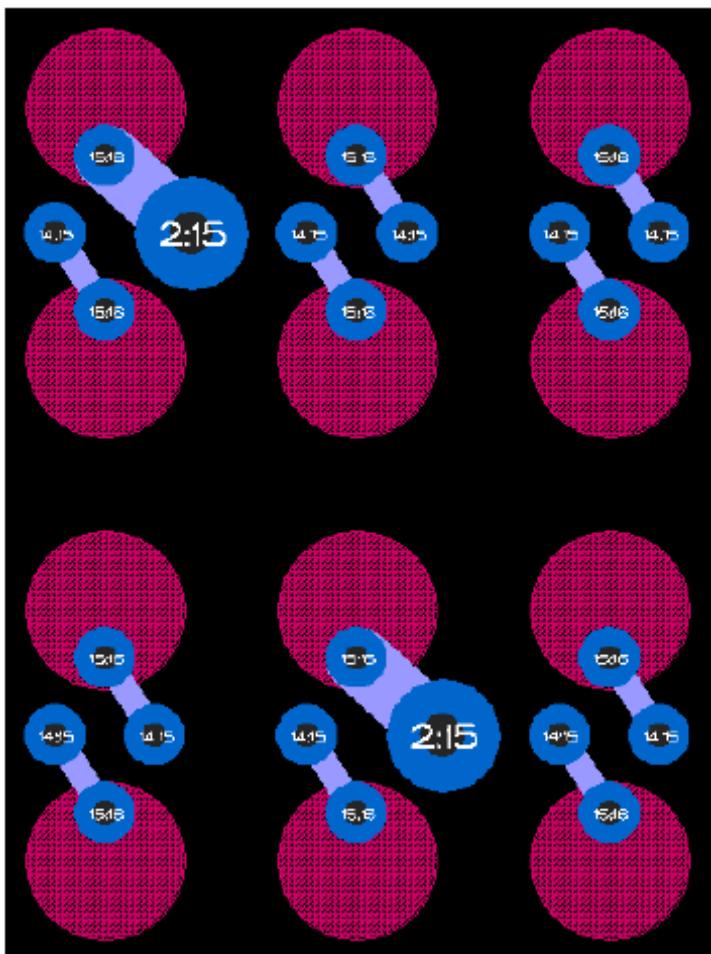


Рис.5-7:Отводные переходные отверстия слоёв 16, 15 и 14 без отводных трасс.

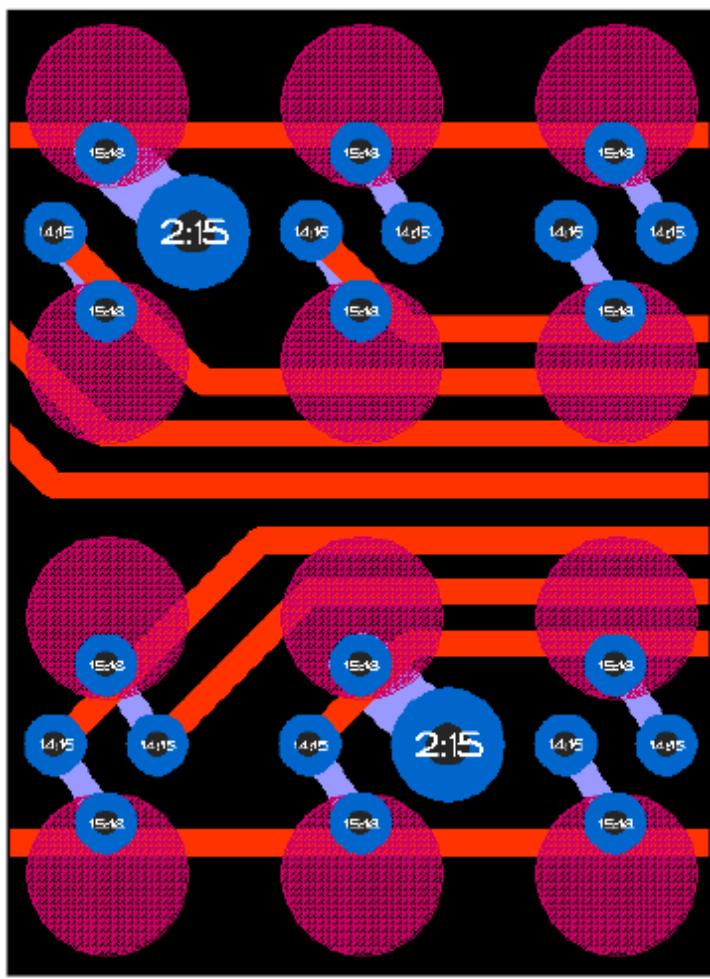


Рис. 5-8: Все слои с отводными отверстиями и отводными трассами.

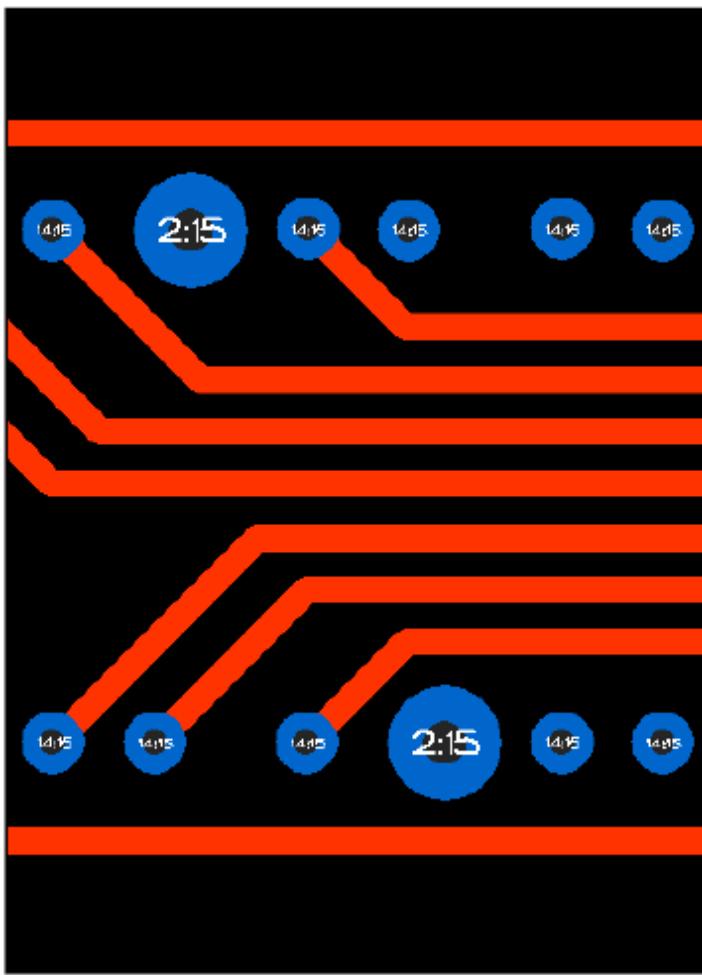


Рис.5-9: Слой 14, отводные переходные отверстия с отводными трассами.

Переходные микроотверстия, глубина рядов.

Один вопрос, который должен быть решён до завершения выбора переходных отводных отверстий – Как много рядов будет использовать шаблон переходных микроотверстий? Вопрос должен быть задан каждый раз когда решается задача отводной разводки, потому что ответ на этот вопрос влияет на возможность разводки.

- Исходно была попытка использовать четыре ряда, при этом остаётся в сумме 961 контакт в центре для разводки с помощью закрытых переходных отверстий. Задача отводной разводки (здесь) довольно проста и прямолинейна.

- Затем была попытка использовать шесть рядов (729 контактов остаётся в центре), что сделало более сложной задачу отводной разводки, так как получается больше контактов, которые должны быть разведены на слоях 14 и 15.
- В конце, автотрассировка показала выше уровень полного завершения с шестью рядами контактов. Высокий уровень «полного» завершения автотрассировки – цель эффективной отводной разводки, особенно для дизайна с большим числом, чем 10000 цепей.

Раз шаблоны отводных отверстий установлены, могут исследоваться и различные шаблоны отводной разводки. Как указывалось раньше, результатом попытки NSEW отводной разводки была неэффективная авторазводка, из-за того, что направления отводных трасс были в конфликте с направлениями разводки, используемыми на слое.

Значит ли это, что NSEW отводная трассировка бесполезна? Нет, когда плата - с четырьмя или меньше числом сигнальных слоёв; часто разводка (здесь) делается ручным образом.

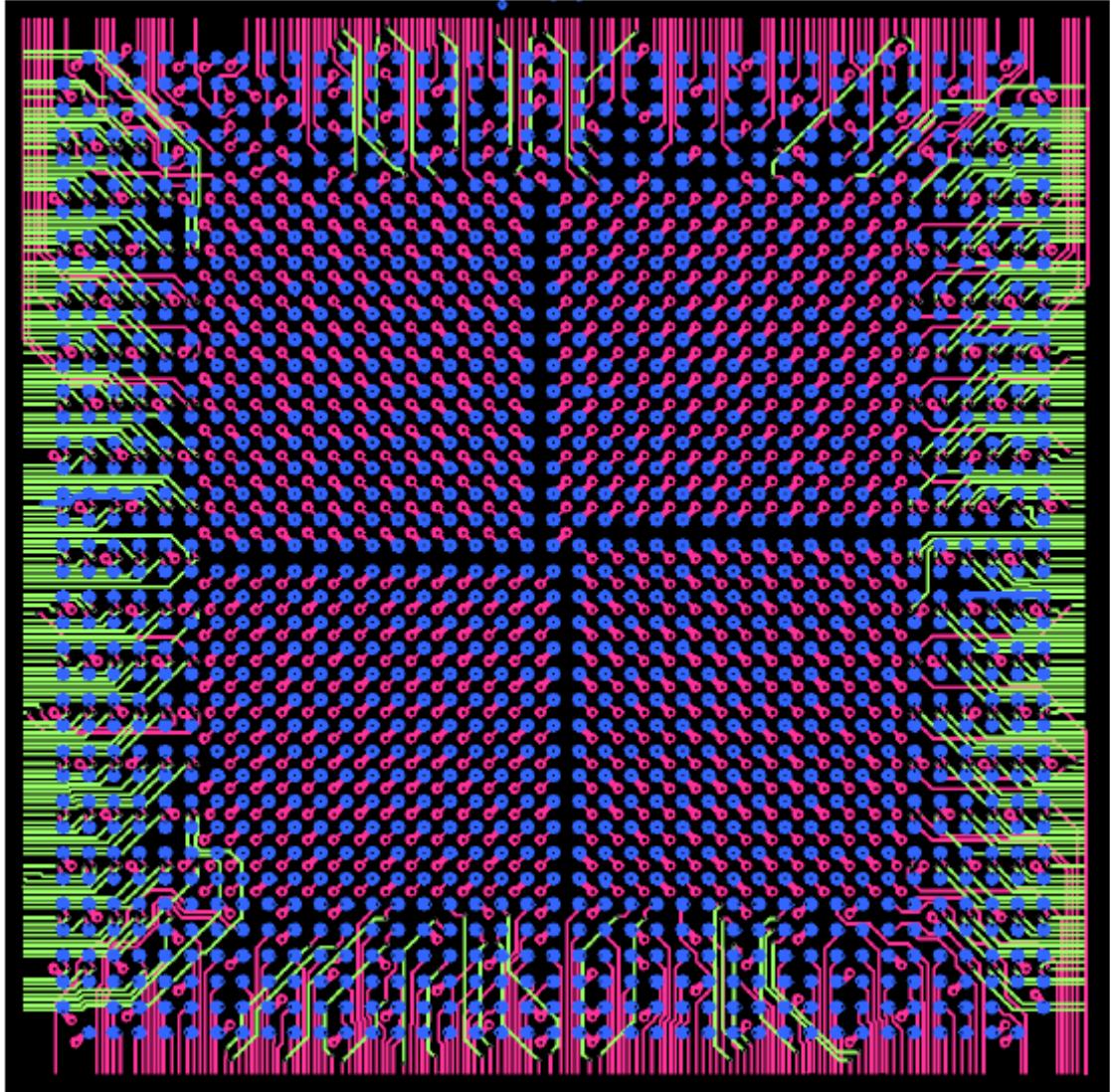


Рис.5-10: Отводная разводка на слоях 15 и 14 согласно направлениям, принятым в слоях.

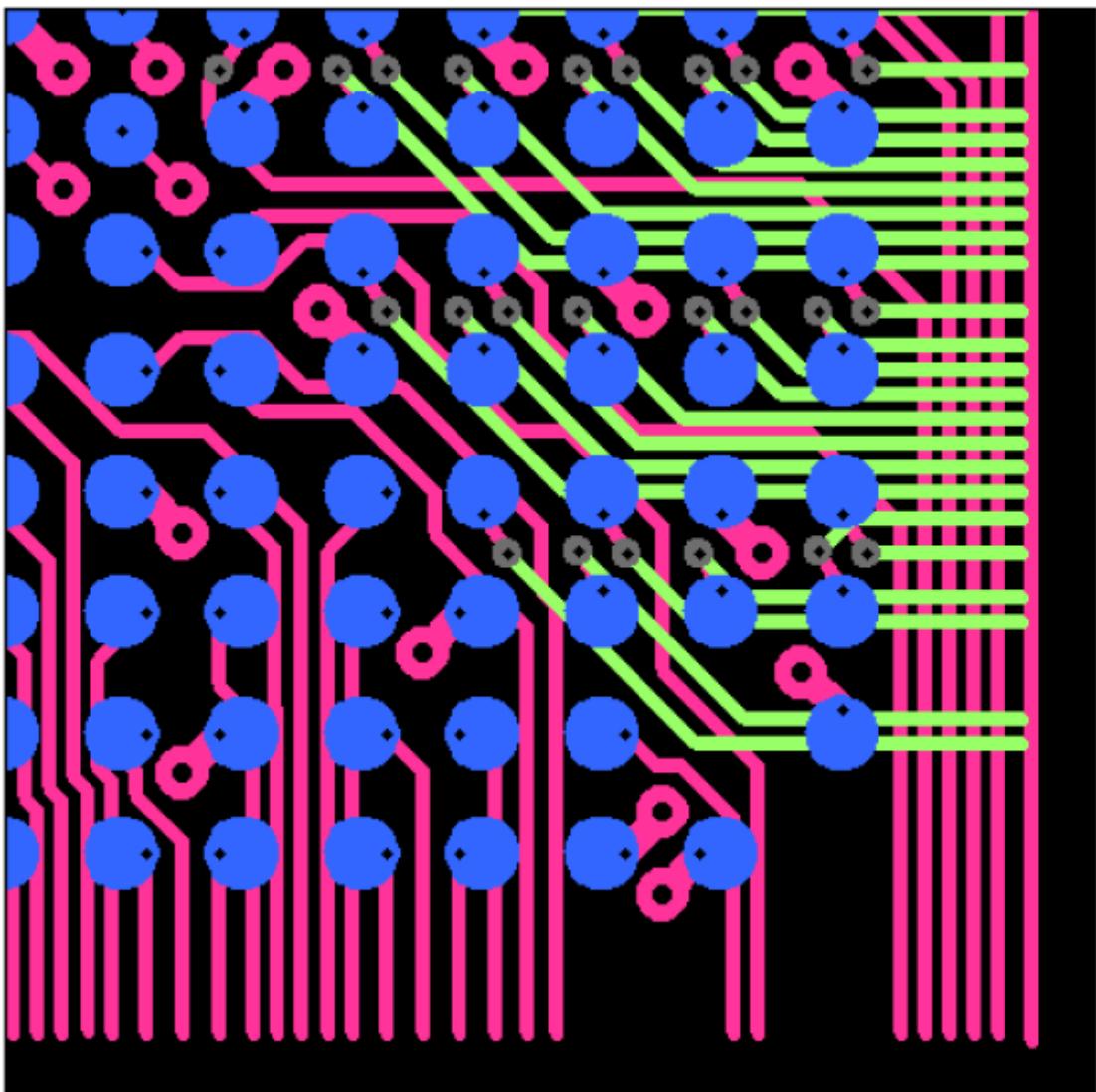


Рис.5-11: Детали правого нижнего угла на слоях 15 и 14.

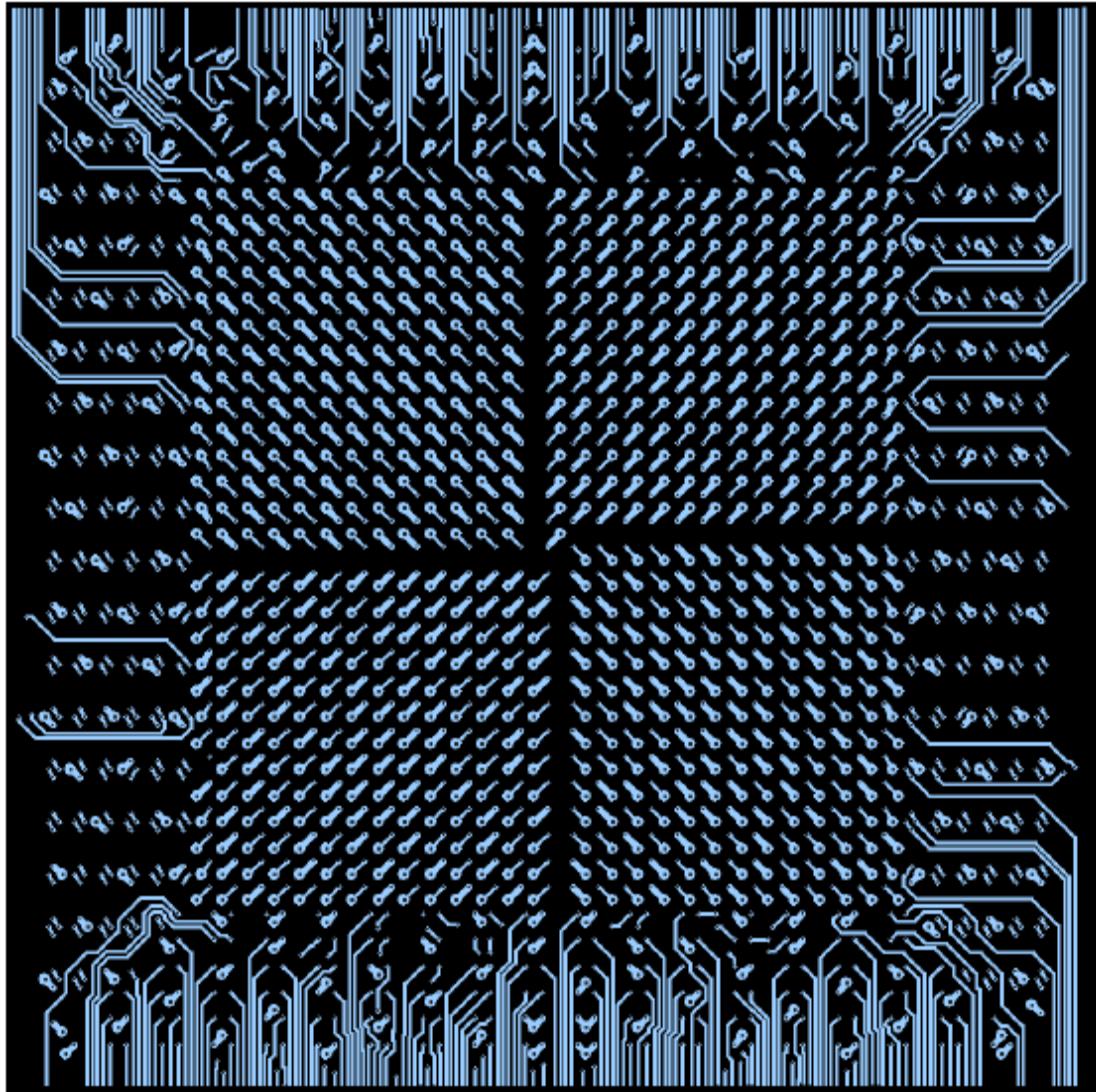


Рис.5-12: Первый сигнальный слой.

Этот слой имеет вертикальные направления трассировки (bias), и электрические цепи расположены большей частью по вертикальным направлениям; разведены на этом слое при помощи переходных микроотверстий. Есть несколько горизонтальных маршрутов разводки, но обратите внимание, что они имеют дополнительные отверстия для перехода на ближайший уровень с горизонтальными направлениями разводки (bias). Конечно, если вы не хотите иметь дополнительные переходные отверстия, попытайтесь найти «горизонтальный» слой, который имеет место для разводки к исходному отводному отверстию.

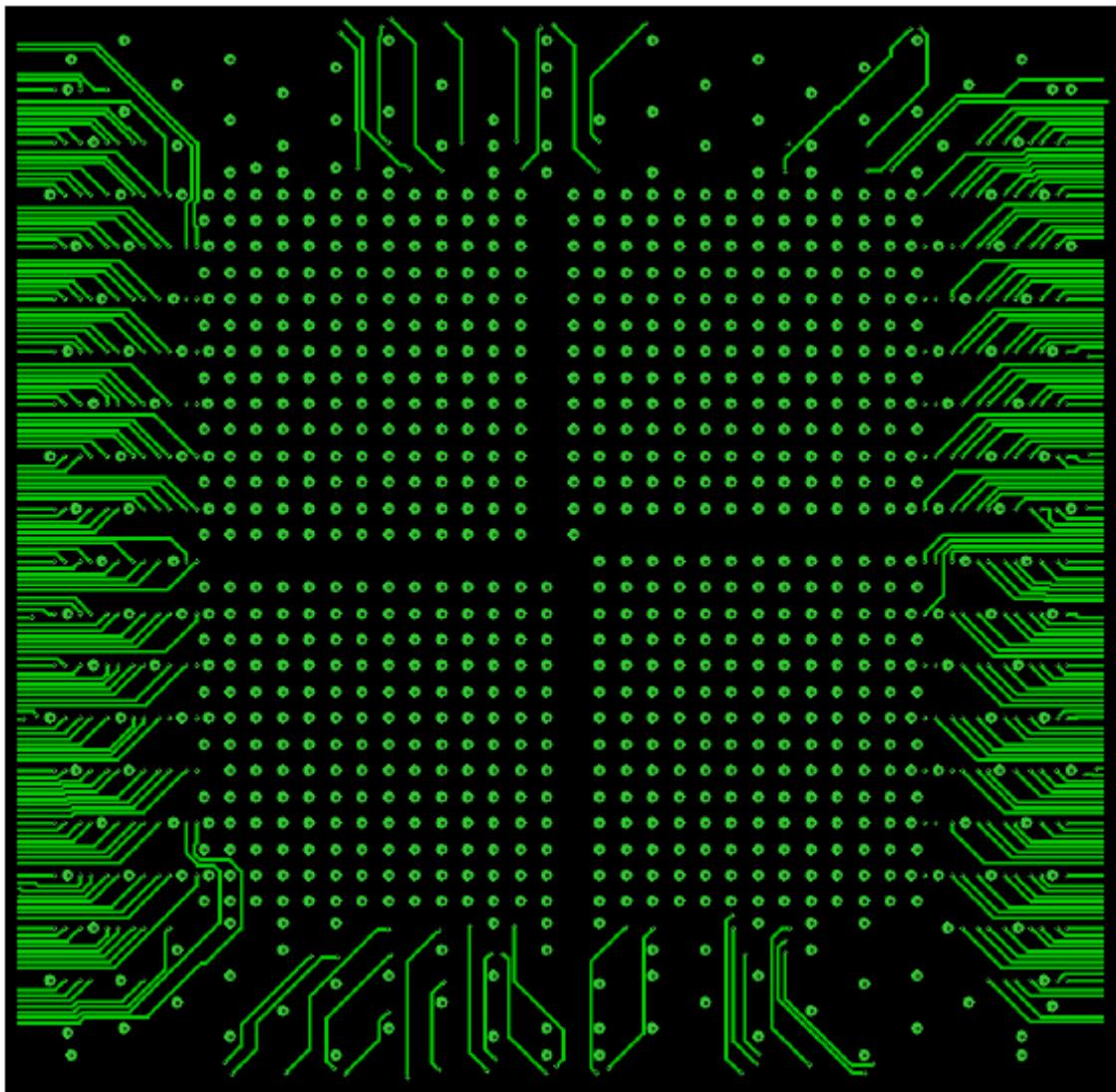


Рис.5-13: Второй сигнальный слой.

Так же как и на первом слое используются микроотверстия, за исключением того, что здесь приняты горизонтальные направления разводки.

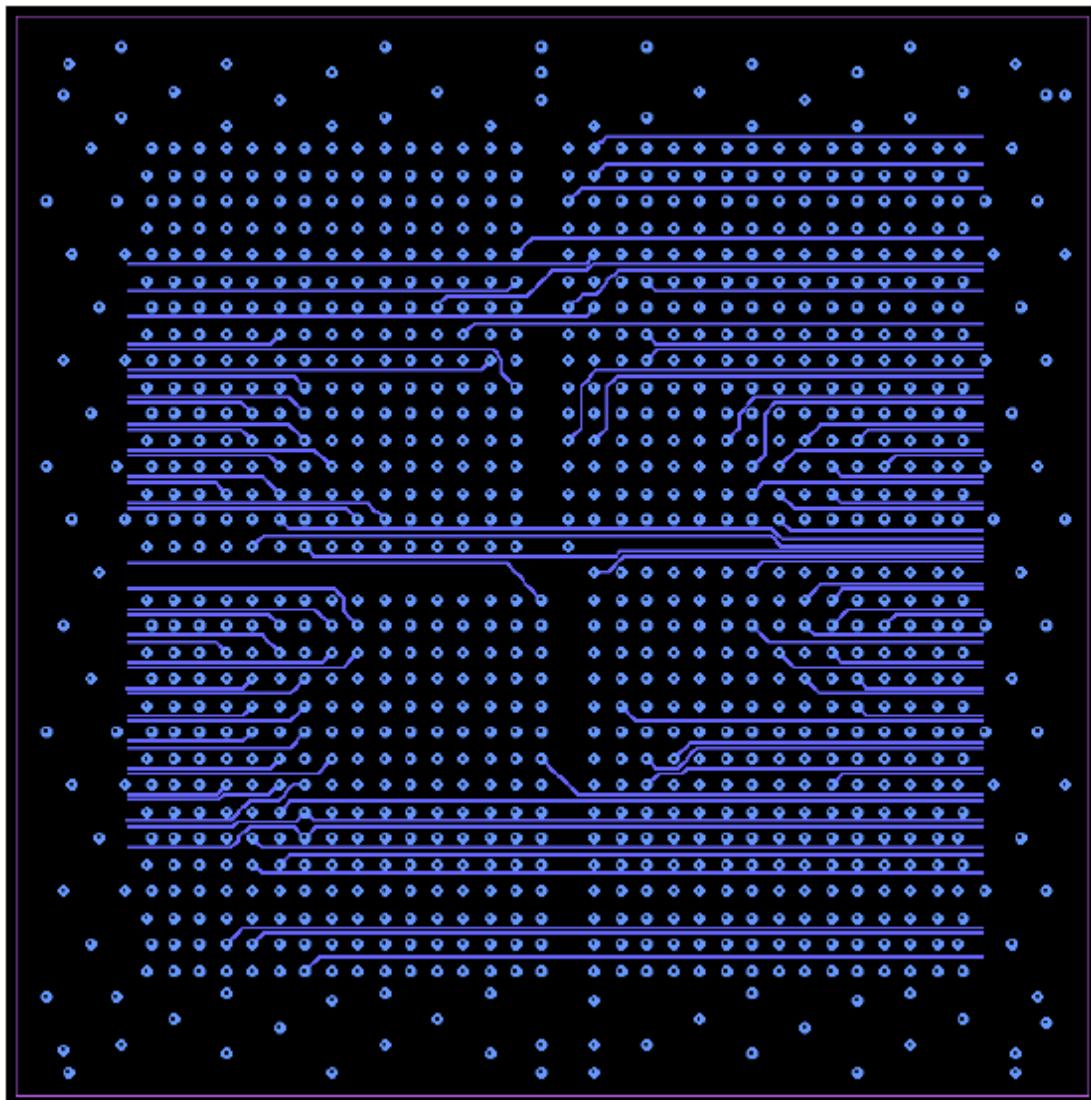


Рис.5-14: Слой с закрытыми переходными отверстиями, с отводной разводкой согласно направлениям слоя.

Эти отводные трассы для электрических цепей, идущих в горизонтальном направлении. Вы можете чётко видеть это на рис. 5-15. Не все электрические цепи идут строго в горизонтальном направлении, скорее можно сказать- большей частью идут в горизонтальном направлении, и по крайней мере подходят для слоя с горизонтальными направлениями разводки.

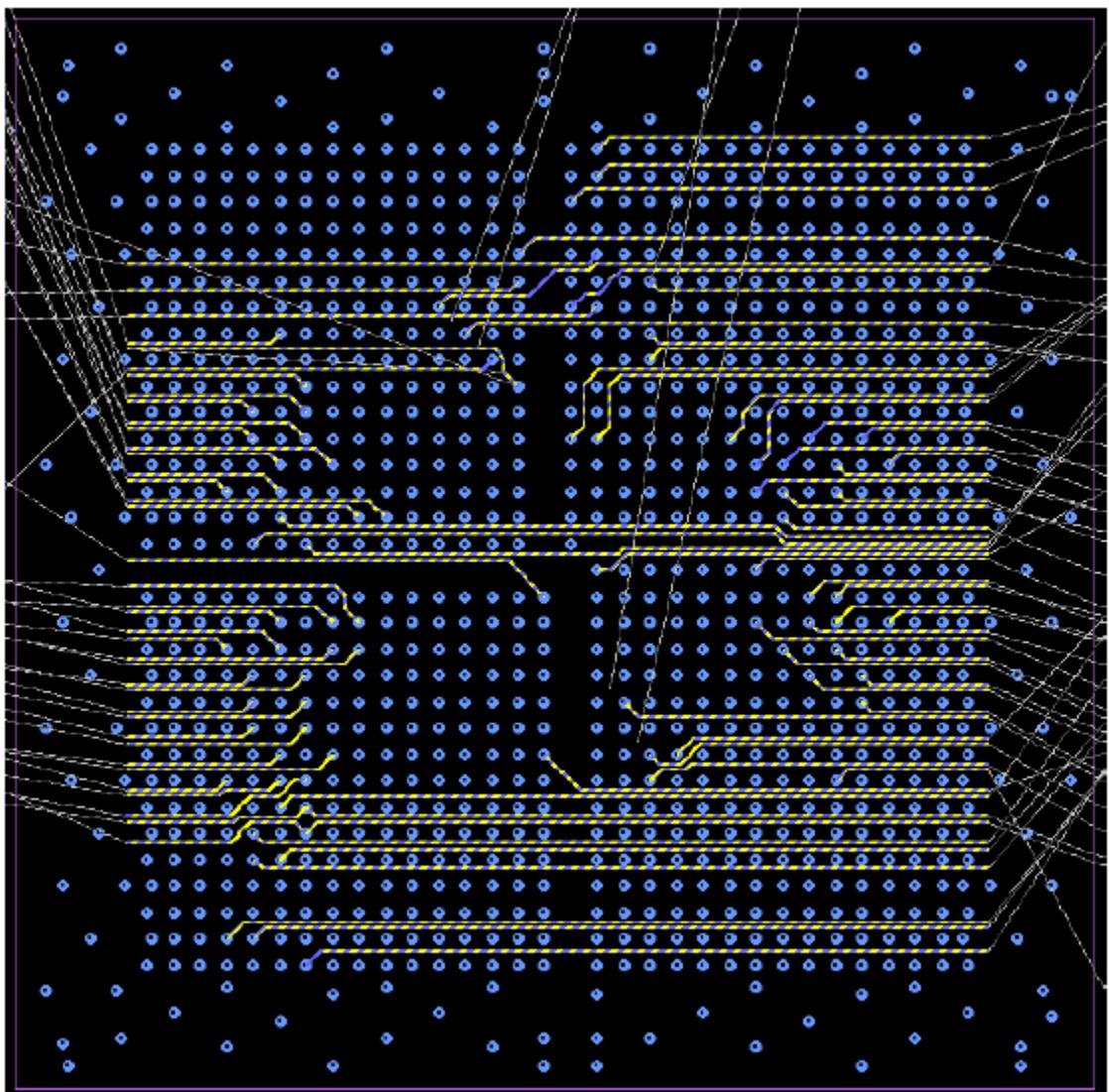


Рис.5-15: Цепи выделены для показа их направлений.

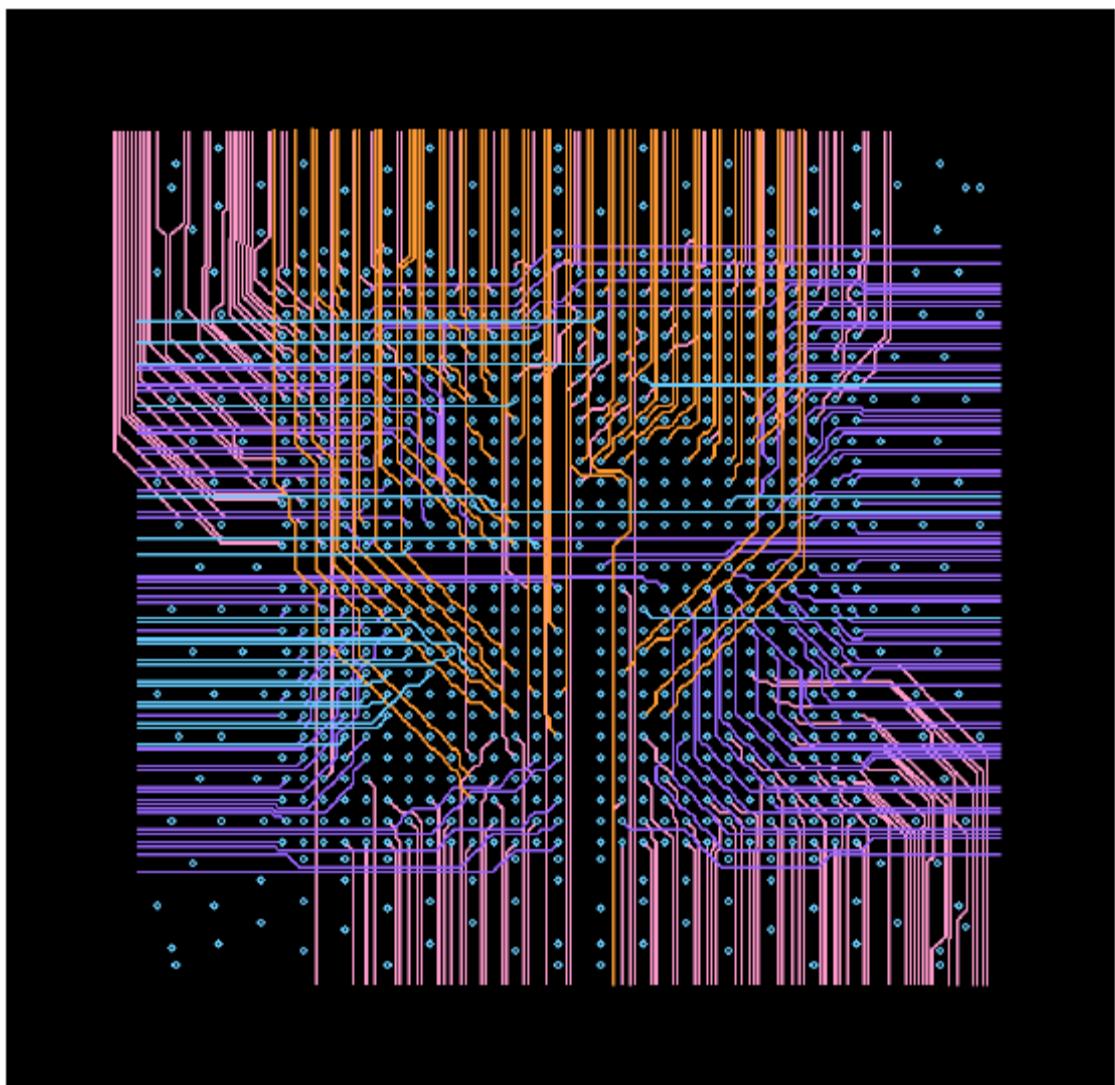


Рис. 5-16: Отводные трассы на всех слоях с использованием закрытых отводных отверстий.

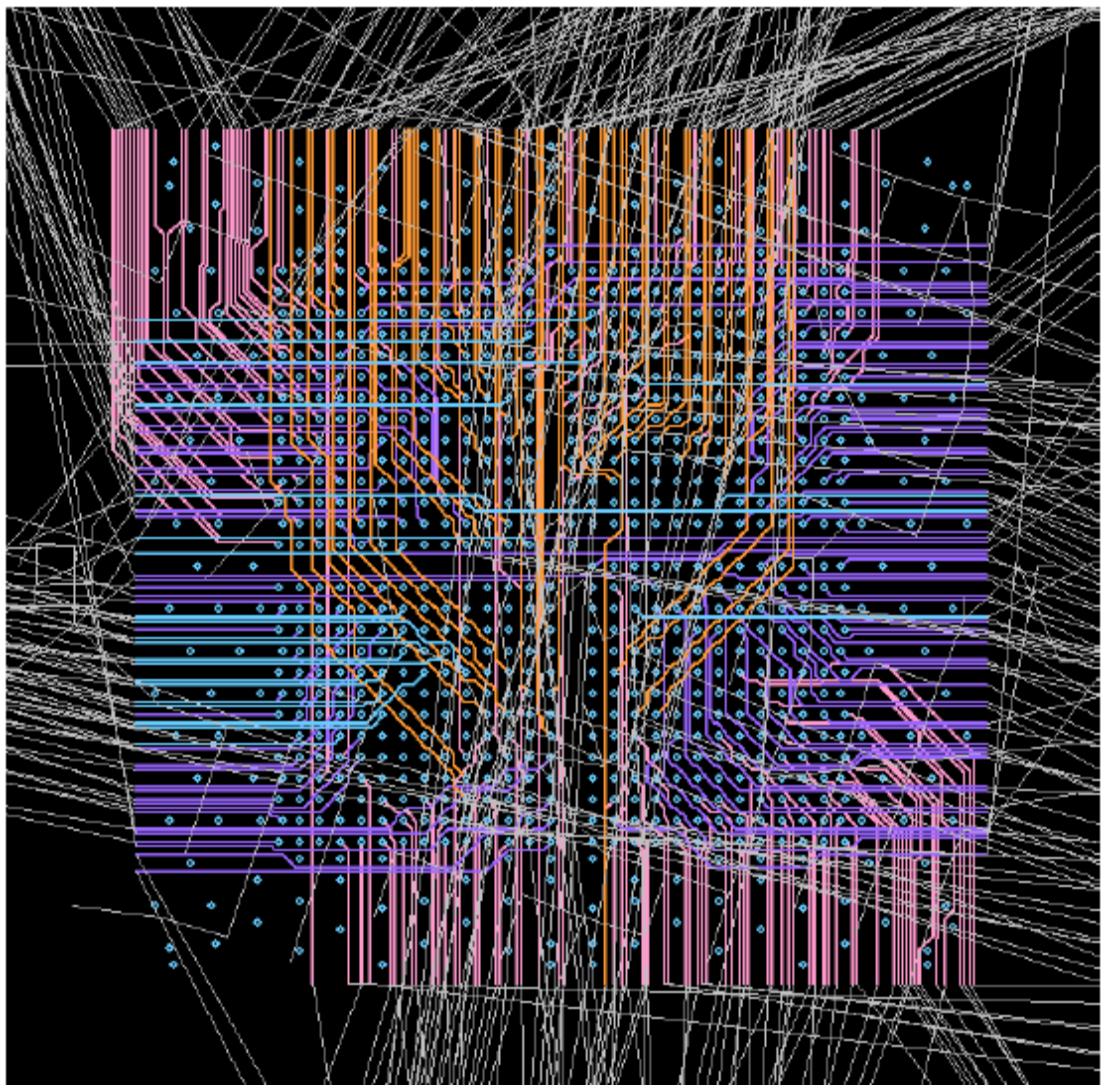


Рис. 5-17: Цепи для отводных трасс на слоях с закрытыми переходными отверстиями.

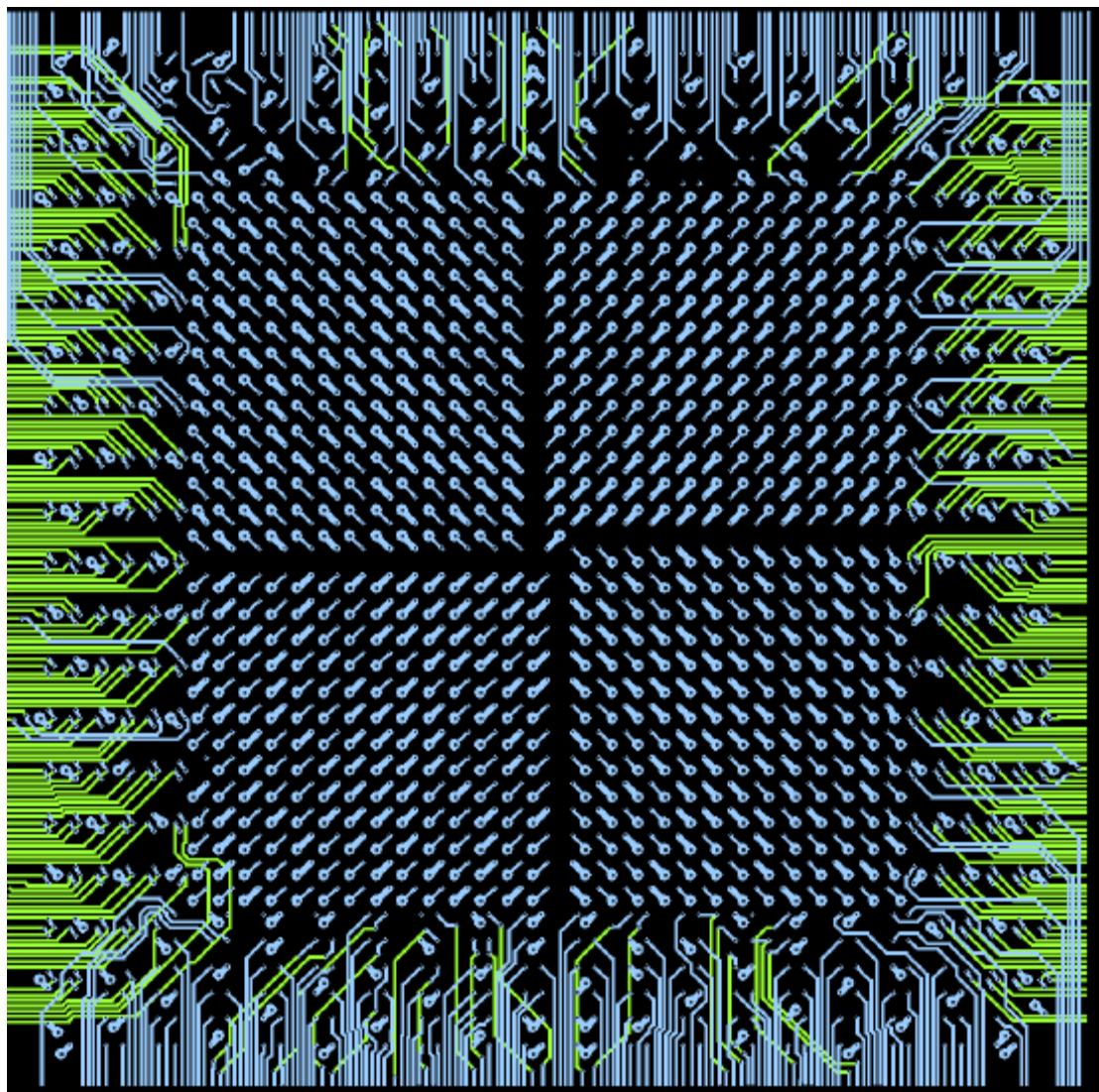


Рис. 5-18: Сигнальные слои 1 и 2.

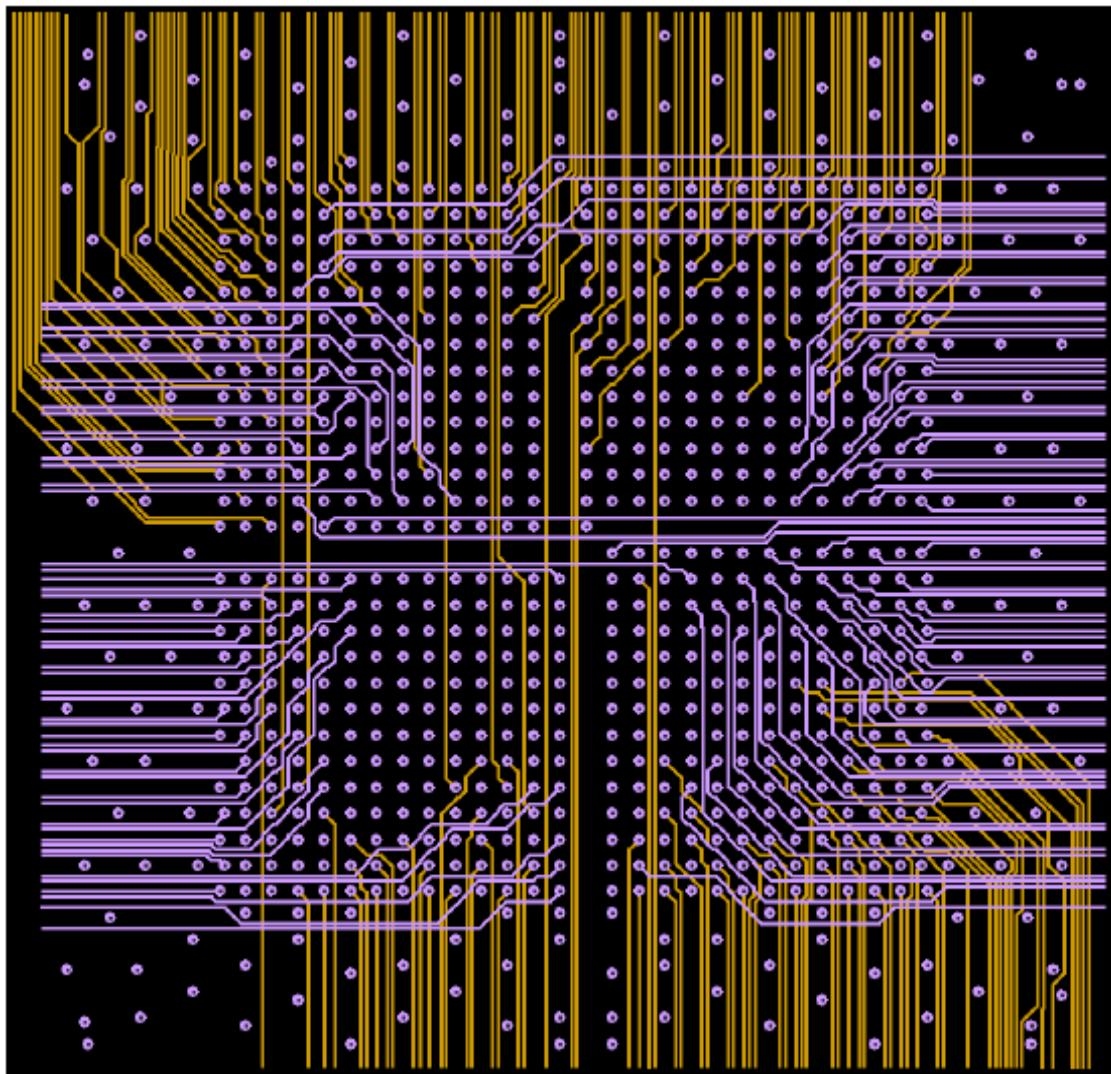


Рис. 5-19: Сигнальные слои 3 и 4.

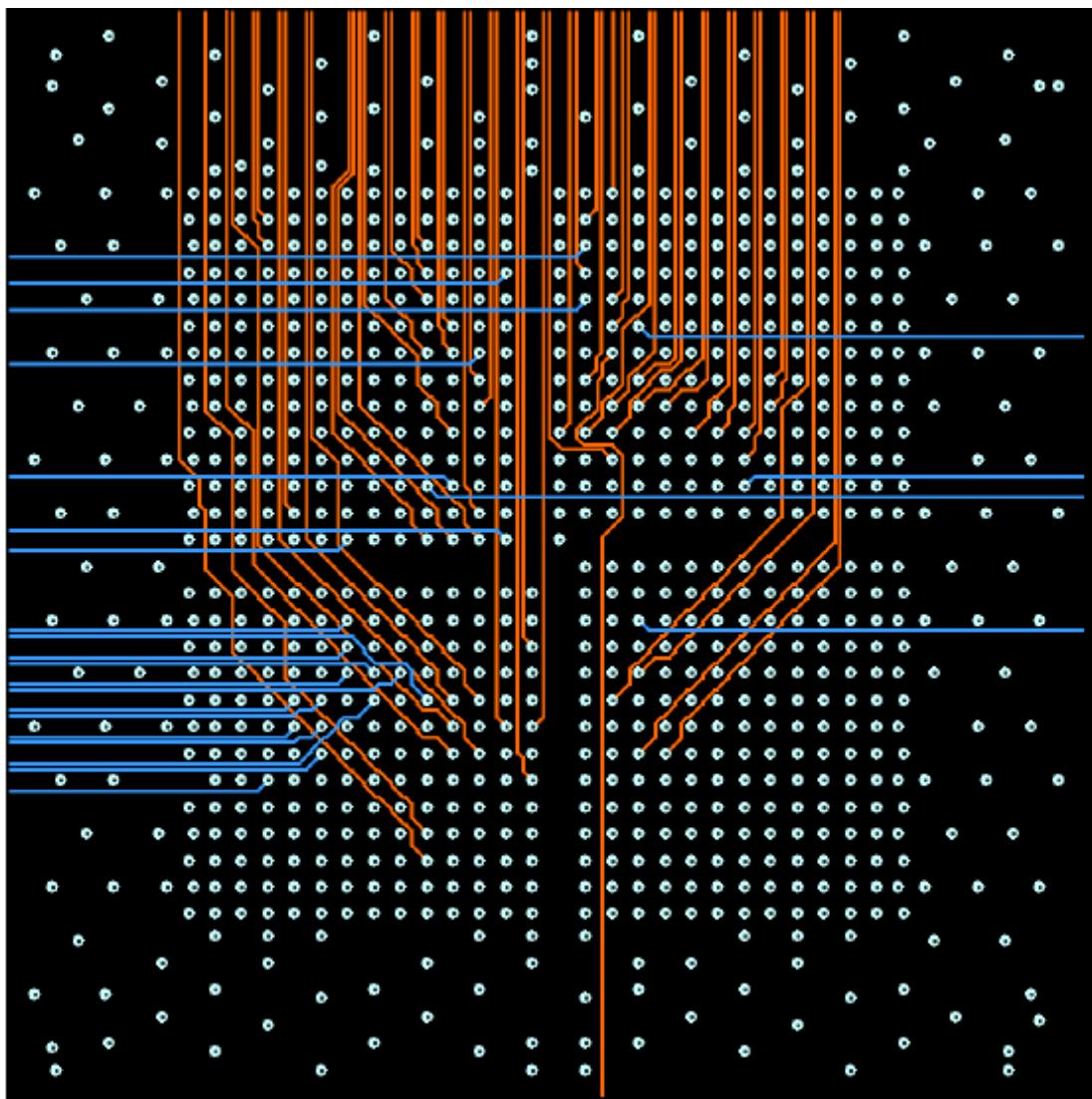


Рис. 5-20: Сигнальные слои 5 и 6.

Результаты разводки.

Attempt #	Layers	Breakouts	*Rule Areas	**Via Obstructs	Tried	Opens	% Routed	Time Min.
1	14-15	None	None	None	678	145	79%	12
2	14-15	Layer Biased, fixed	None	None	678	209	69%	4
3	14-15	Layer Biased, unfixed	None	None	678	91	87%	15
4	2-15	None	None	Yes	1140	277	76%	48
5	2-15	NSEW, unfixed	None	Yes	1140	170	85%	44
6	2-15	NSEW, unfixed	None	No	1140	125	89%	24
7	2-15	Layer Biased, unfixed	None	Yes	1140	74	94%	27
8	2-15	Layer Biased, unfixed	None	Yes	1140	55	95%	28
9	2-15	Layer Biased, unfixed	None	No	1140	39	97%	16
10	2-15	Layer Biased, unfixed	Yes	No	1140	36	97%	24

Табл.5-1: Результаты разводки “biased” слоёв.

*Rule areas (правила по зонам): В финальном (номер 10) тесте добавлена опция «правила по зонам» рядом снаружи всех BGA, так что ширина/интервал внутри - 4th/4th и снаружи - 4th/7th для однополярных цепей.

**Via Obstructs (запрещение на размещение переходных отверстий): Первоначально опция “Via Obstructs” (с помощью этой опции задаются области, где запрещено размещать переходные отверстия) была добавлена рядом с BGA (чтобы препятствовать тому, чтобы дополнительные переходные отверстия были добавлены внутрь, то есть предотвратить возможность модификации существующего шаблона отверстий). Однако, результат разводки лучше, когда опция “Via Obstructs” не используется.

Анализ результатов “Layer biased” разводки.

Тесты 1-3

Первые три теста адресованы только разводке отводных переходных отверстий с использованием микроотверстий. Здесь сравнивается разводка цепей, соединённых с BGA, когда нет отводной разводки, и когда есть “layer biased” отводная разводка (“fixed” и “unfixed”).

- Высший уровень завершения разводки обеспечивается при “Layer biased, unfixed”.
- Когда отводные трассы “unfixed”, то трассировщик может относительно свободно обращаться с их (трасс) положением («толкать и расталкивать»), чтобы обеспечить большее место для разводки.
- С “layer biased” отводной разводкой, трассировщик смог получить (разведёнными) на 8% или на 54 соединения больше. Это существенно, если принять во внимание, что такой же результат может быть достигнут для всех 19 BGA на плате.

Тесты 4-10.

В этих тестах сравниваются результаты разводки слоёв 2-15(с переходными микроотверстиями и закрытыми отверстиями). Здесь надо развести 1140 соединений при помощи автотрассировщика. Ключевые тесты следующие:

- 4 (нет отводной разводки, “no breakouts”), 76% завершения
- 6 (NSEW отводная разводка, breakouts), 89% завершения
- 10 (Layer Biased breakouts, разводка согласно направлениям слоя), 97%.

Использование отводной разводки согласно направлениям слоя (layer biased breakouts) улучшает результат на 21% относительно теста без отводной разводки и на 8% относительно теста с NSEW.

- Опция «Правила по зонам» (“Rule area”) для увеличения пространства между трассами вне BGA помогла улучшить результат (разводки) на три соединения. Это не значительное число, но сам факт интересен.
- Когда пространство увеличивается, то появляется больше места для переходных отверстий в критических зонах.
- Также интересно, что при использовании (Layer Biased breakouts) разводки согласно направлениям слоя, трассировка занимает время в два раза меньшее (24 минуты), чем при teste без отводной разводки (48 минут).
- Это индикатор того, что без отводной разводки, трассировщик берёт больше времени, делая попытки (найти маршрут) и повторы (этого) вместо того, чтобы найти маршрут только «толкая и расталкивая» трассы.

Краткое резюме.

Ясно, что на больших платах с несколькими BGA (с большим числом выводов) отводная разводка согласно направлениям слоя (Layer Biased breakouts) может сделать существенной разницу в процентах завершения автоматической разводки и разницу во времени разводки.

Глава 6. Тесты BGA с шагом контактов 0.8 мм.

Несмотря на то, что мне сейчас неизвестны BGA с шагом контактов 0.8 мм и числом выводов более 1500, наступит время, когда такие приборы будут нормой в противоположность большим приборам с 1 мм шагом. FPGA компании, в которых (разработки) приближаются к (приборам) с 2000 контактами и 1 мм шагом, правильно рассматривают вопрос о переходе к шагу в 0.8 мм. Превышение 2000 контактов с 1 мм шагом имеет результатом очень большие BGA, которые не только более дорого производить, но также и более трудно установить на плату, из-за потенциальной деформации прибора или платы. FPGA пользователи, требующие увеличенной функциональности (FPGA) (как результат получается больше выводов), ещё не имеют опыта в разводке таких приборов.

Используя принципы, описанные ранее для 1 мм BGA, в этой главе будут исследоваться решения для отводных переходных отверстий и для отводной разводки в случае больших 0.8 мм приборов. Решения включают в себя применение нескольких шаблонов отводных переходных отверстий, и даже приложение "Any-Layer-Via" технологии.

Я советую вам рассмотреть результаты тестов. Были использованы несколько различных шаблонов отводных переходных отверстий совместно с интересной технологией для повышения плотности разводки.

Сценарий теста.

Я взял площадку для Virtex -5 с 1760 контактами с шагом 1 мм и преобразовал её для шага в 0.8 мм. На следующих двух рисунках, заметьте, что при уменьшении шага контактов всего на 20%, необходим уже набор элементов значительно меньших размеров.

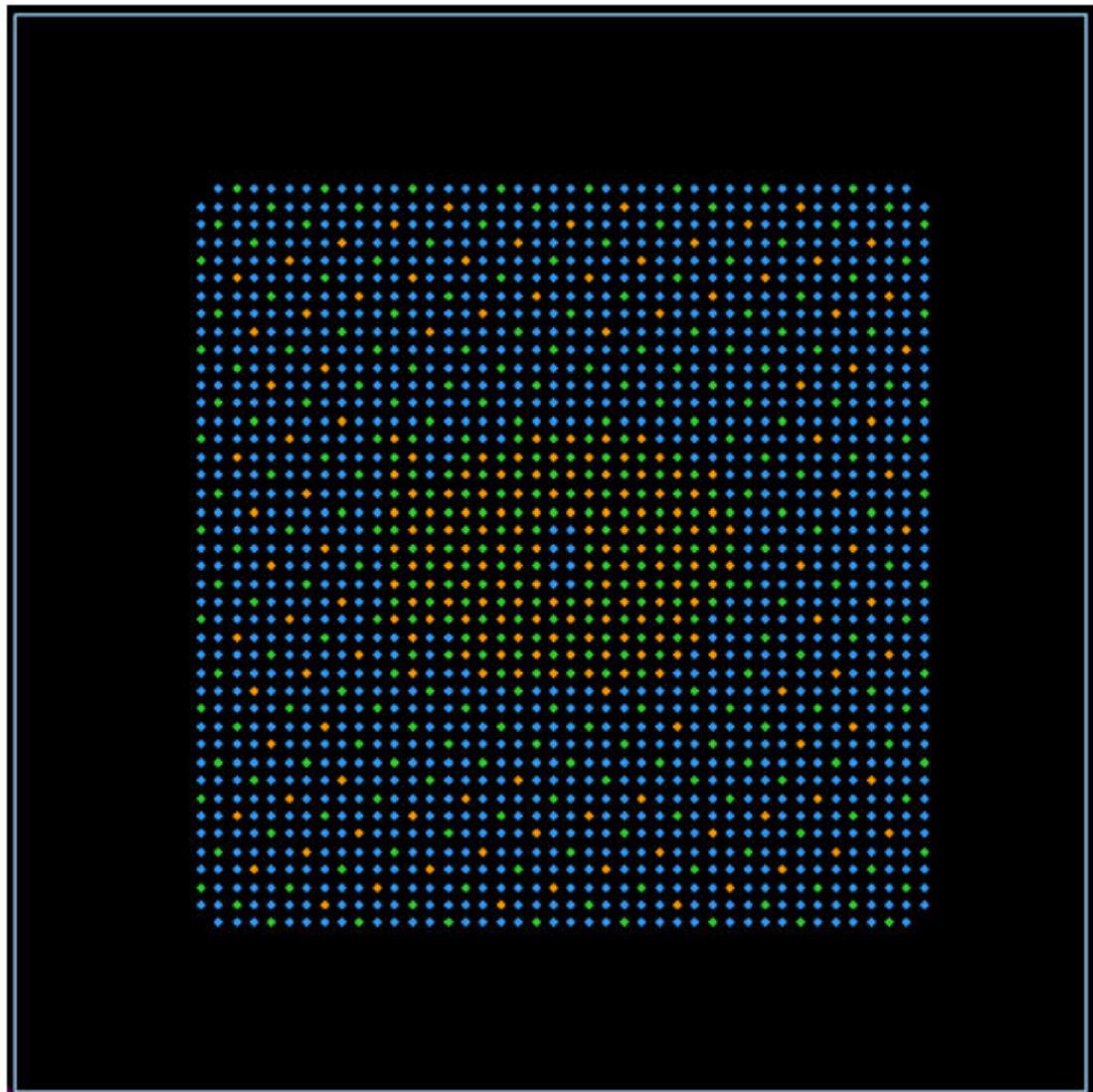


Рис. 6-1: 1760 контактов с шагом 0.8 мм.

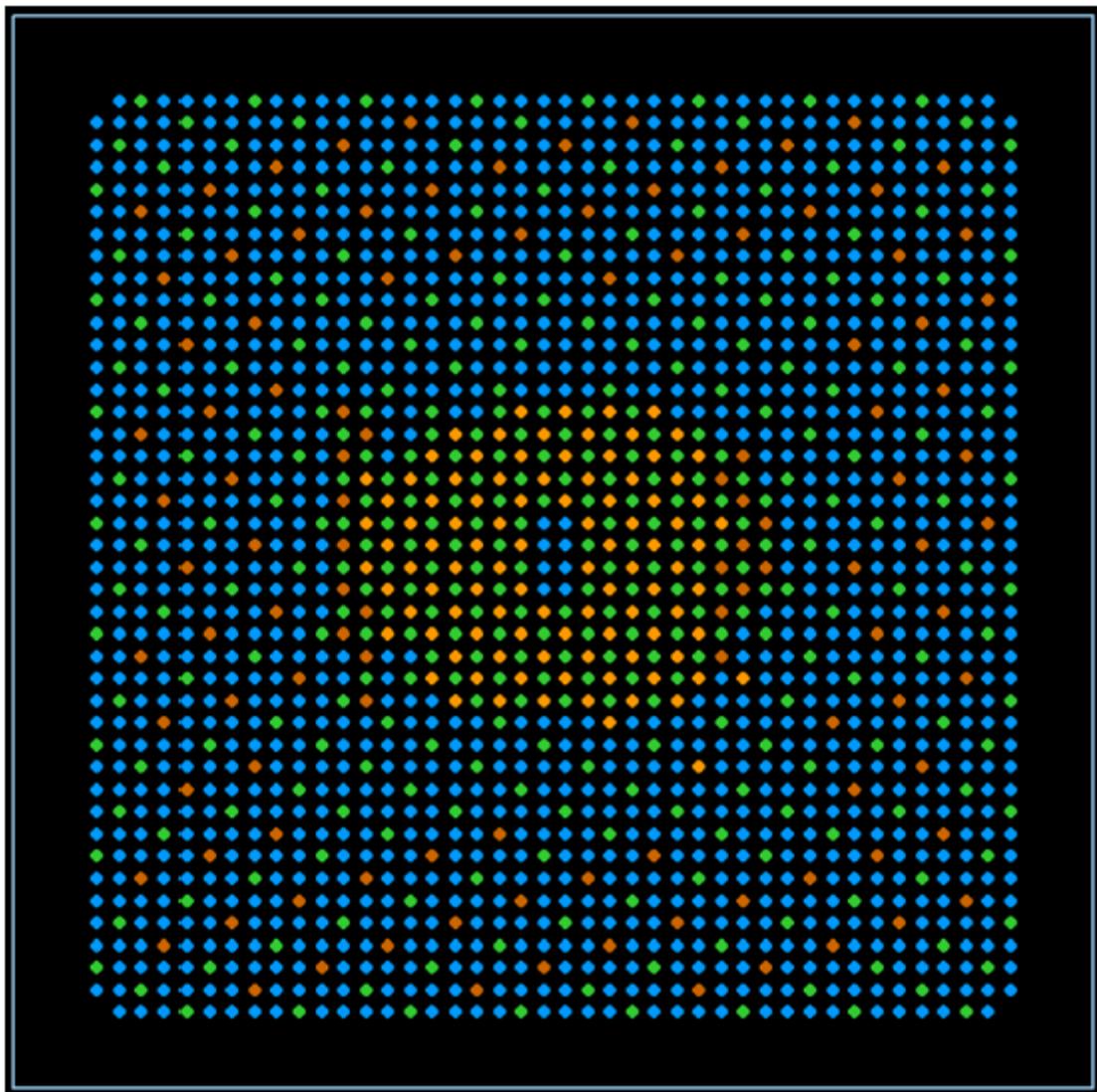


Рис.6-2: Virtex-5, 1760 контактов с 1 мм шагом.

Я использовал шаблоны отводных отверстий и NSEW шаблон отводной разводки для трёх различных конфигураций переходных отверстий:

- Тест 1: Сквозные переходные отверстия.
Общее количество сигнальных слоёв для отводной разводки: 7.
- Тест 2: Сквозные переходные отверстия, переходные 1:2 микроотверстия, переходные 1:3 микроотверстия.
Общее количество сигнальных слоёв для отводной разводки: 5.

- Тест 3: “Any-Layer” переходные отверстия.
Общее количество сигнальных слоёв для отводной разводки: 3.

Тест 1: Сквозные переходные отверстия.

Первый тест использует только сквозные переходные отверстия, чтобы показать количество слоёв, требуемых для такого метода относительно других более эффективных решений.

Правила дизайна (“design rules”).

Правила (т. е. размеры) для первого теста такие же, как и для тестов приборов с 1 мм шагом контактов (из предыдущих глав), кроме размеров контактных площадок BGA, которые немного меньше из-за меньшего шага контактов.

		mm	mils
0.8 mm Pitch	Through-Via Pad	0.50	20
	Ball Pad	0.40	16
	Trace Width	0.10	4
	Diff Pair Clearance	0.10	4
	Trace-Trace Space	0.10	4
	Via-Trace Space	0.10	4
	Via-Pad Space	0.10	4

Табл. 6-1: Размеры при дизайне (Тест 1).

Где: Through-Via Pad – контактная площадка сквозного переходного отверстия, Ball Pad – контактная площадка BGA, Trace Width – ширина трассы, Diff Pair Clearance – клиренс дифференциальной пары, Trace-Trace Space – интервал между трассами, Via-Trace Space – интервал между переходным отверстием и трассой, Via-Pad Space – интервал между переходным отверстием и контактной площадкой.

Шаблоны отводных отверстий.

Кроме внешнего ряда контактных площадок BGA, в этом тесте для отводных отверстий используется стандартная “Quad Dog Bone” матрица.

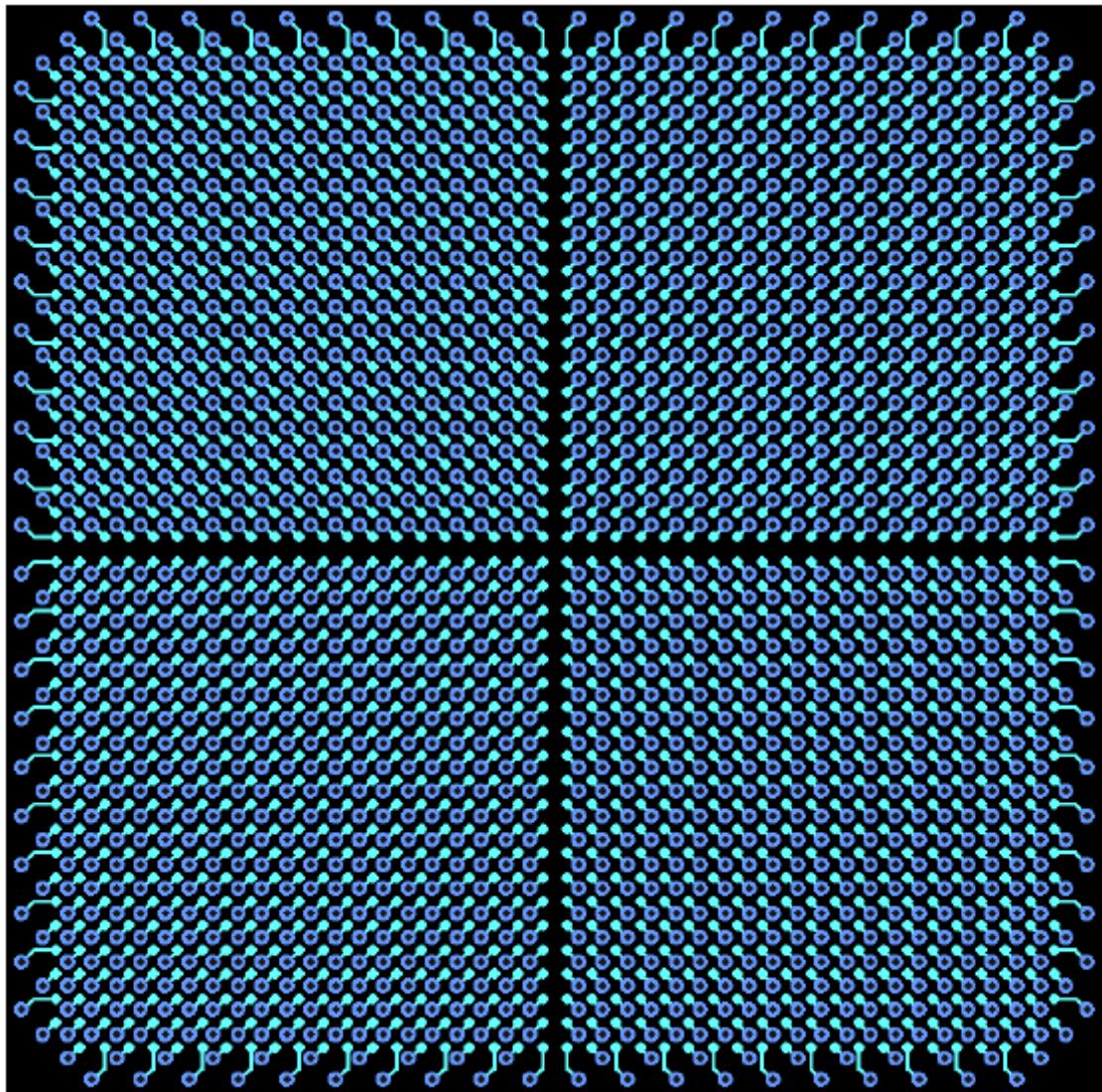


Рис. 6-3: Шаблон отводных отверстий (Тест 1).

На рис. 6-4 можно видеть, почему переходные отверстия сдвинуты на внешнем ряду. Трассы розового цвета (находятся) на втором слое; посредством сдвига переходных отверстий внешнего ряда можно получить две трассы между переходными отверстиями в противоположность одной. Это даёт большую разницу в разводке отводных трасс, относящихся к внешним рядам контактных площадок BGA.

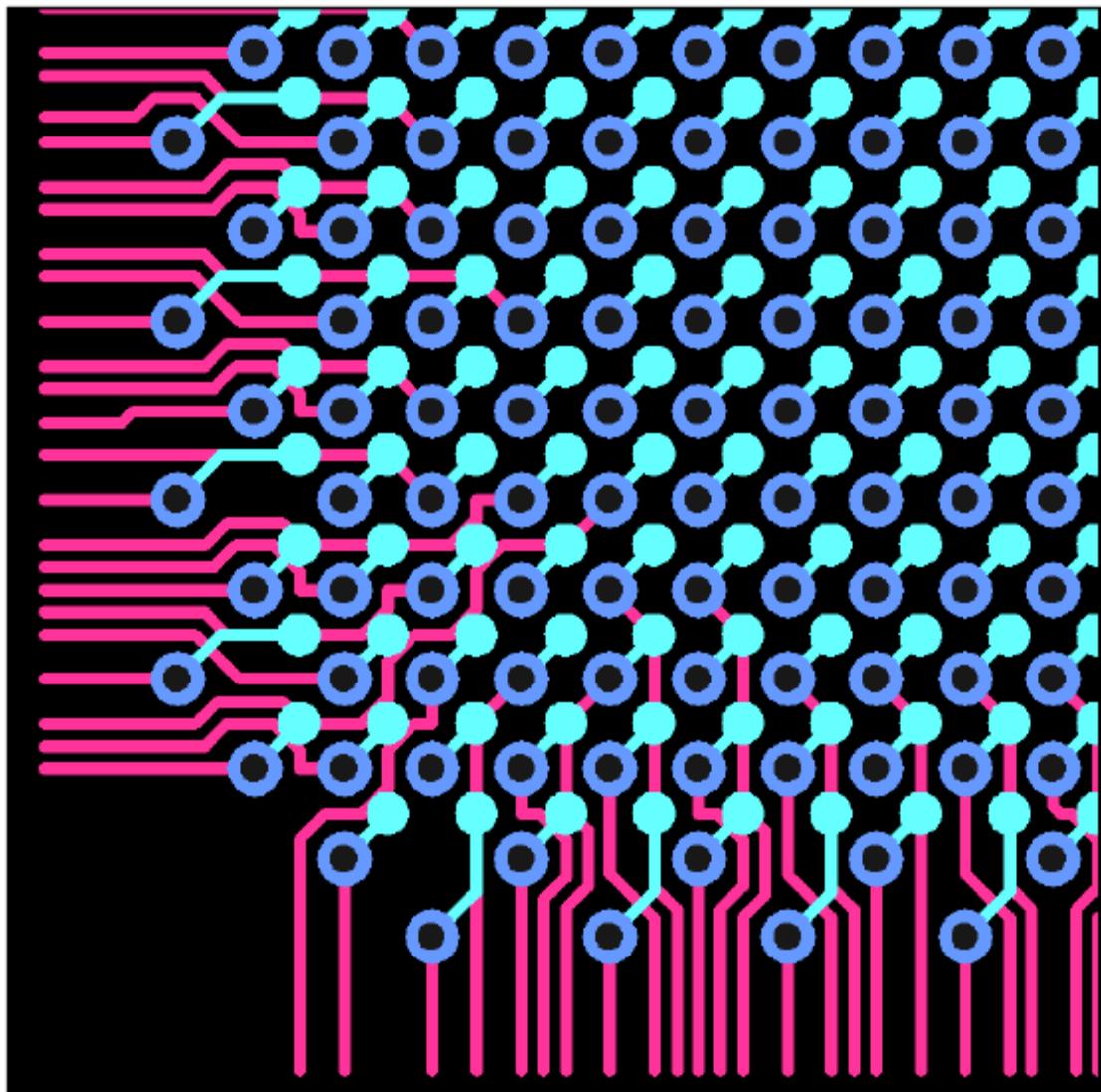


Рис. 6-4: Детали шаблона отводных отверстий (Тест 1).

Тест 1 результаты отводной разводки.

При применении только сквозных переходных отверстий, семь трассировочных слоёв необходимы для завершения NSEW отводной разводки. В контексте платы, “layer biased breakouts” – отводная разводка согласно направлениям трассировки, принятым на слое - наиболее вероятно даст лучший результат; NSEW используется здесь, чтобы продемонстрировать в сравнении разные конфигурации переходных отверстий.

Тест 1 Изображения отводной разводки.

Рисунки от 6-5 до 6-11 показывают отводные трассы для каждого сигнального слоя. “GND” переходные отверстия зелёный цвет и “VCC”(всех номиналов напряжений, используемых здесь)- оранжевый цвет.

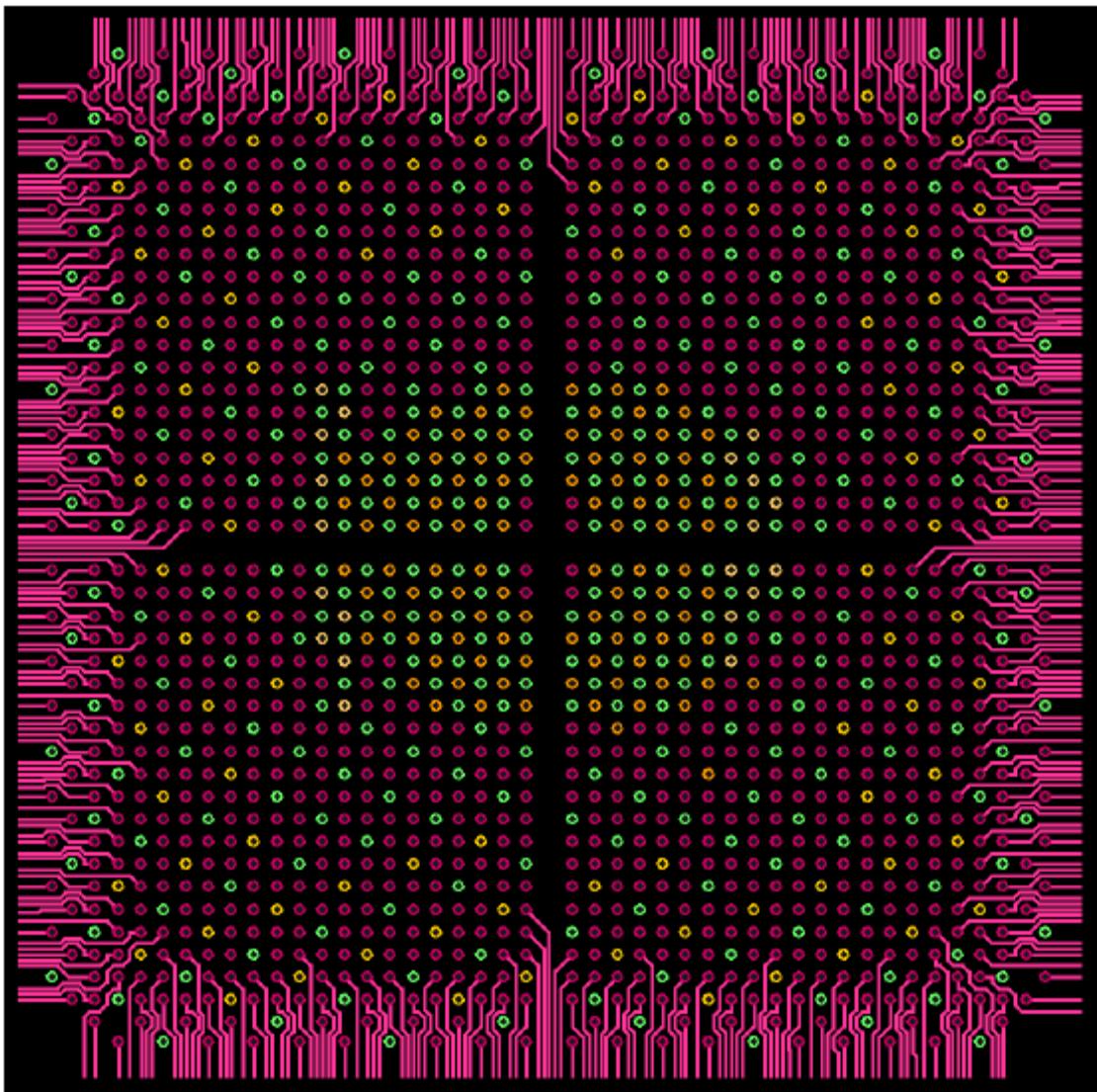


Рис. 6-5: Первый сигнальный слой (Тест 1).

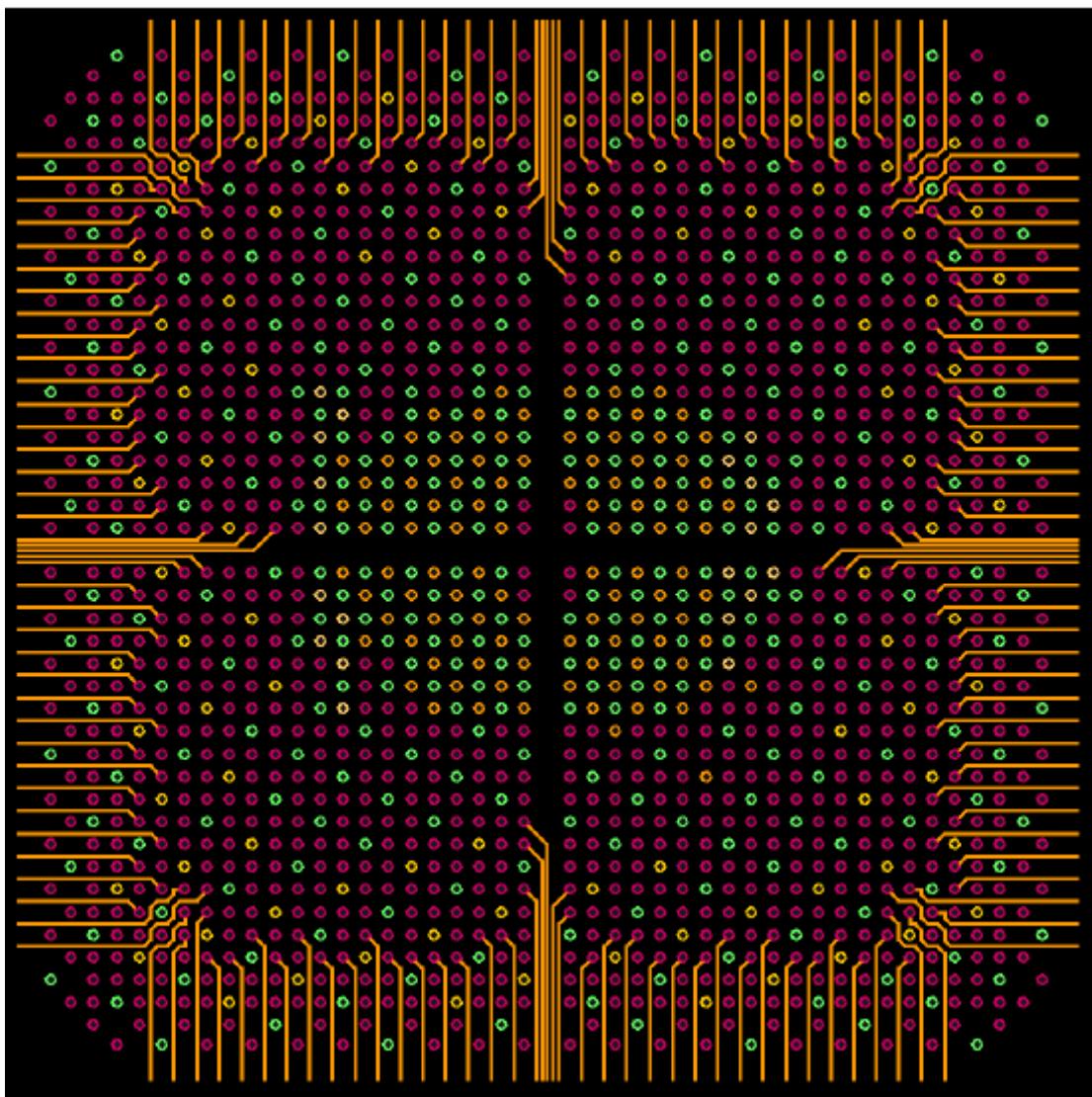


Рис. 6-6: Второй сигнальный слой (Тест 1).

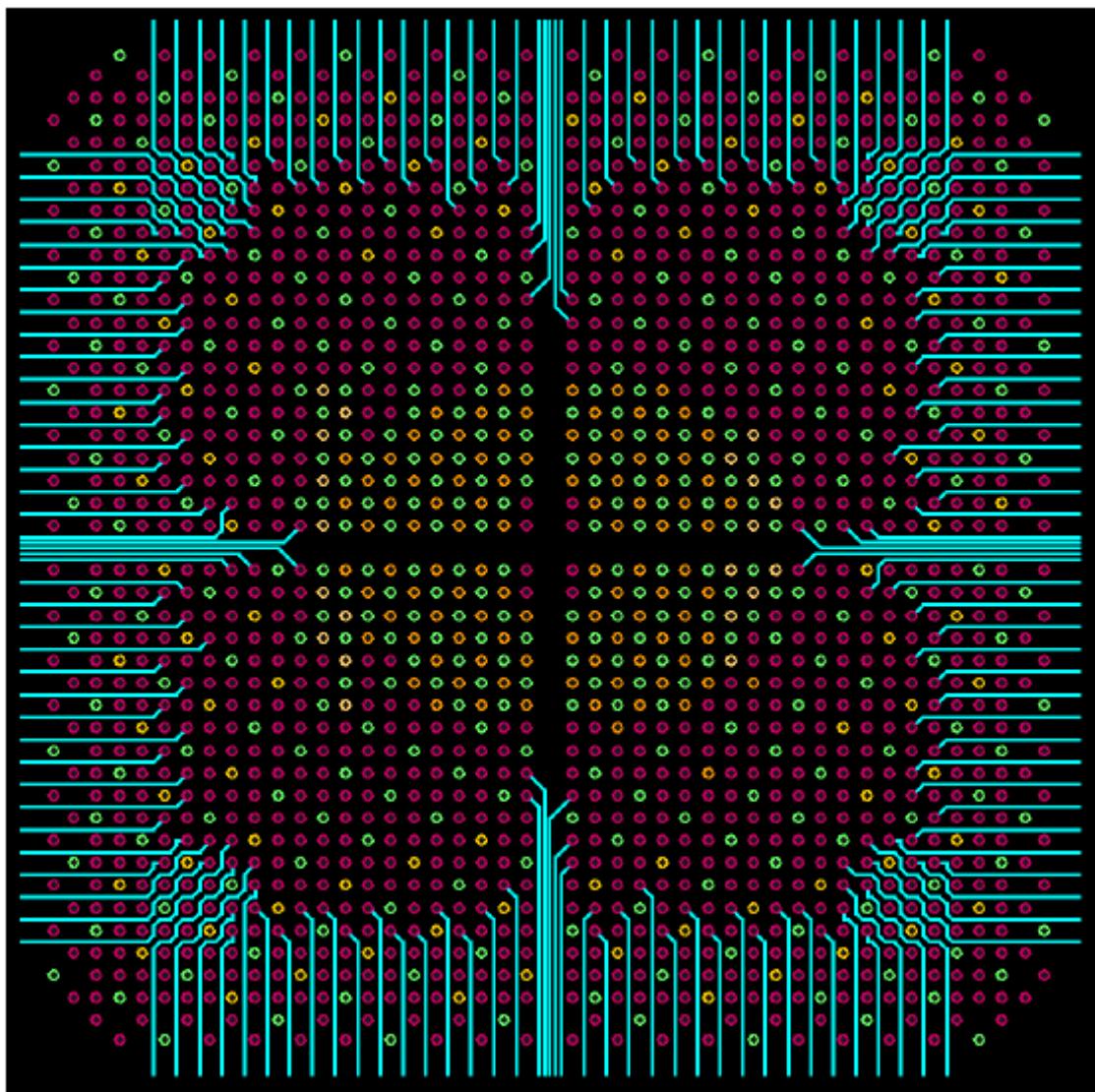


Рис. 6-7: Третий сигнальный слой (Тест 1).

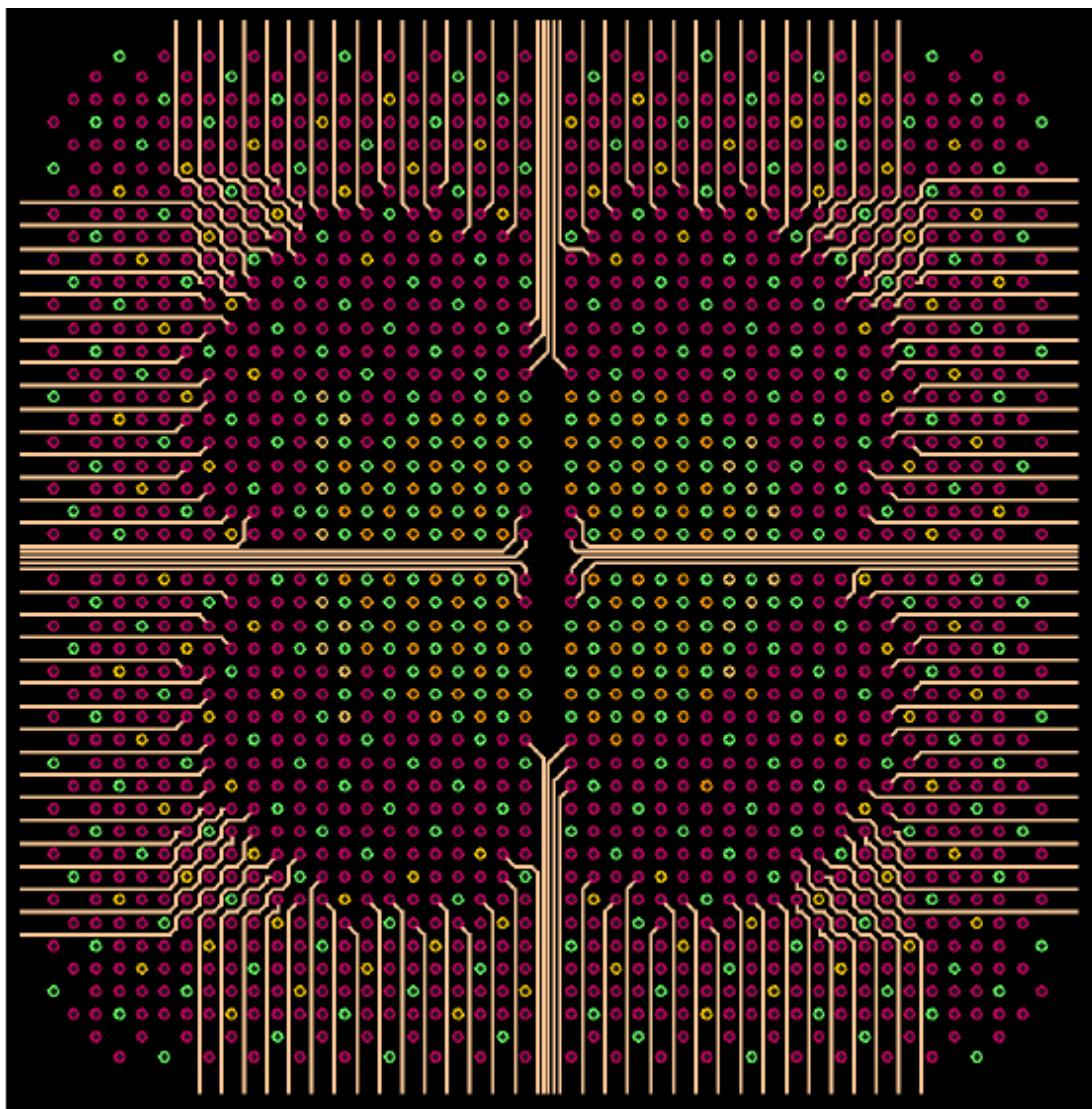


Рис. 6-8: Четвёртый сигнальный слой (Тест 1).

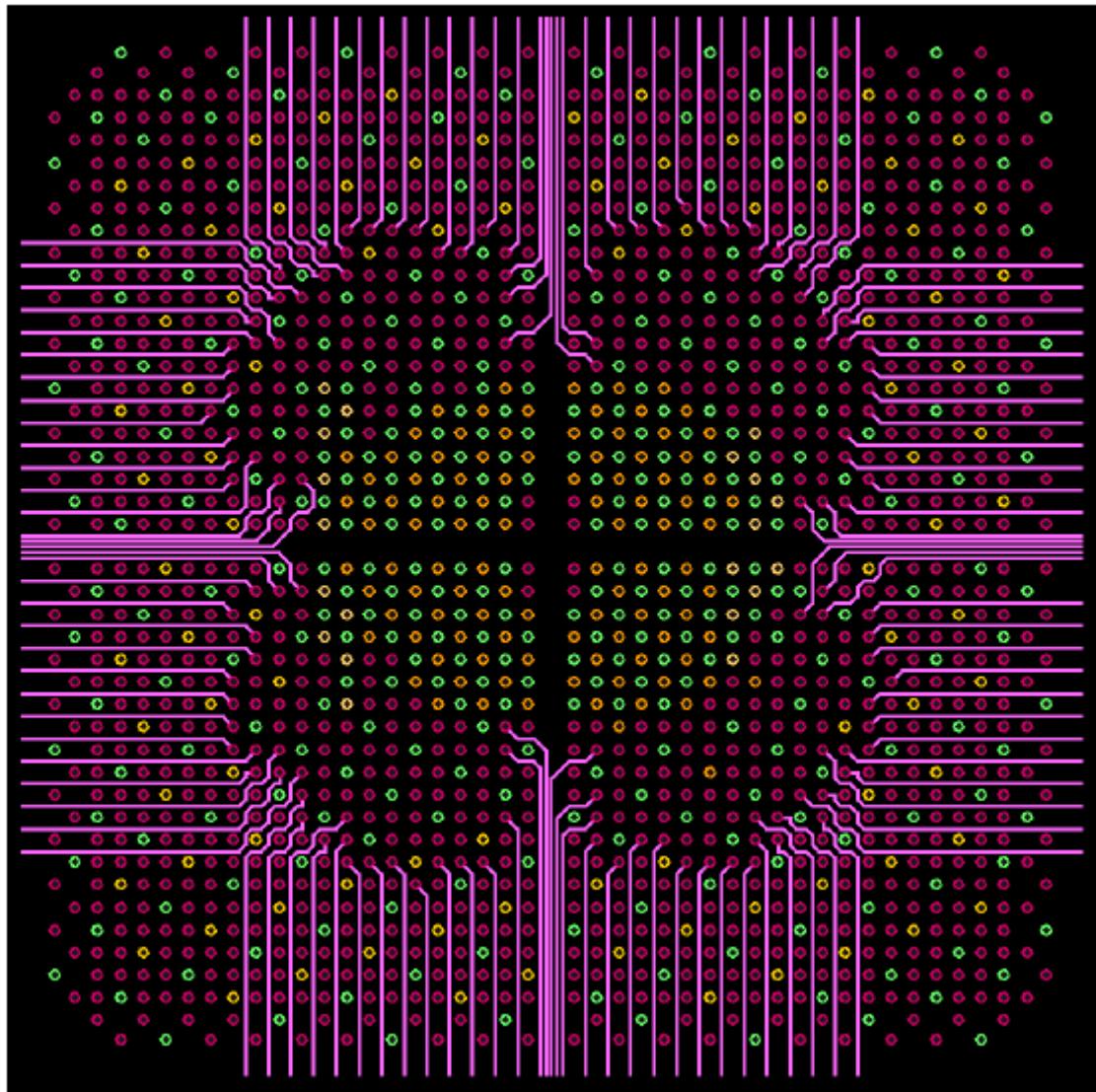


Рис. 6-9: Пятый сигнальный слой (Тест 1).

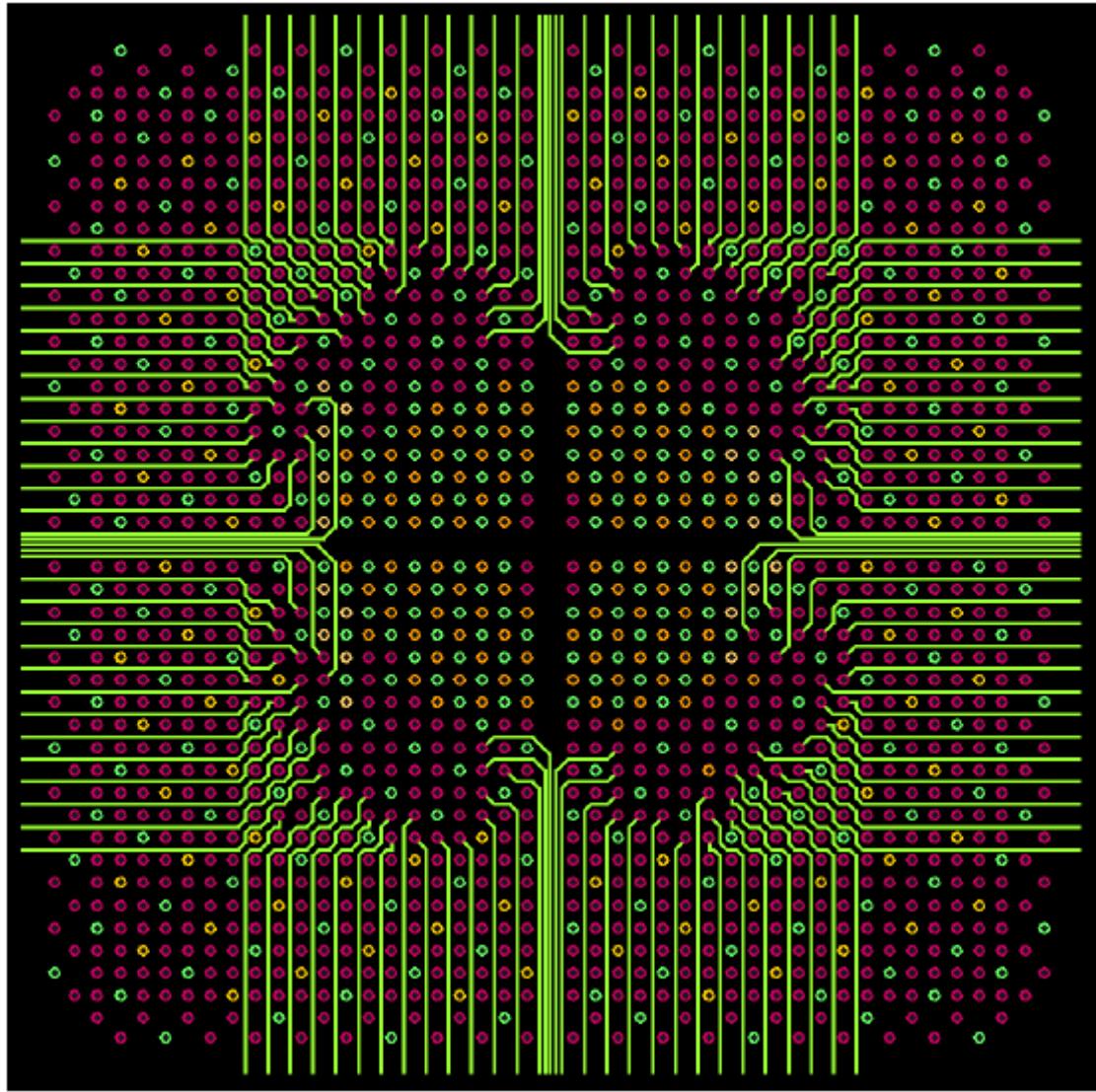


Рис. 6-10: Шестой сигнальный слой (Тест 1).

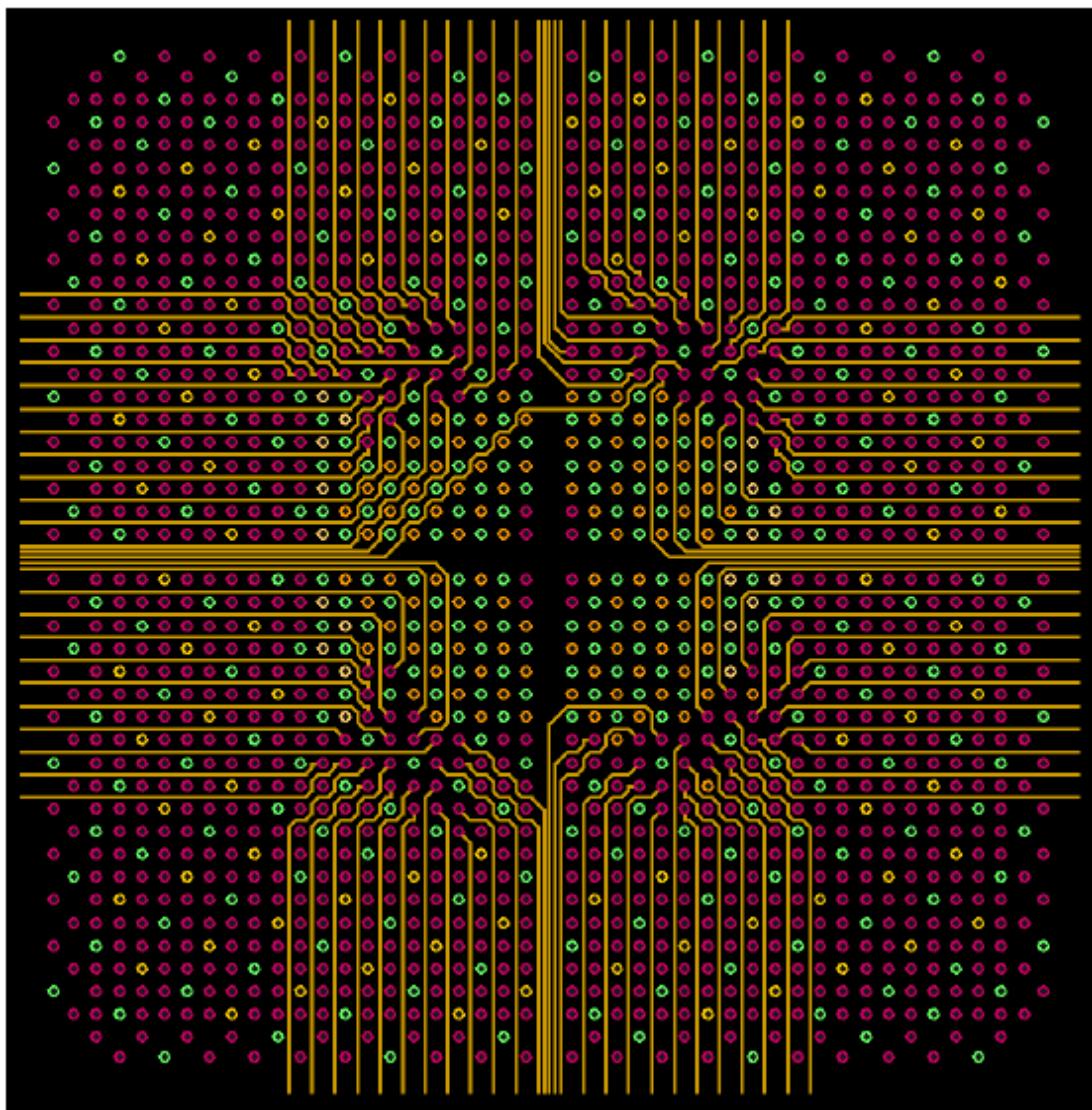


Рис. 6-11: Седьмой сигнальный слой (Тест 1).

Тест 1 Выводы:

- При использовании **сквозных** переходных отверстий для прибора с шагом 0.8 мм, количество слоёв увеличивается очень быстро из-за того, что максимальное количество трасс между переходными отверстиями – только одно.
- Для 1760 контактного прибора необходимо минимум 7 сигнальных слоёв и здесь есть вероятность деградации сигнала из-за того, что дифференциальные пары должны быть разделены.

Тест 2: Переходные микроотверстия и сквозные отверстия.

Во втором тесте используется комбинация переходных микроотверстий и сквозных отверстий.

Правила (размеры) "design rules".

Меньший шаг требует и меньших контактных площадок BGA. Однако, в остальном размеры были такие же, как при использовании приборов с 1 мм шагом.

		mm	mils
0.8 mm Pitch	1-2 Micro-Via Pad	0.25	10
	1-3 Skip-Via Pad	0.30	12
	Through-Via Pad	0.50	20
	Ball Pad	0.40	16
	Trace Width	0.10	4
	Diff Pair Clearance	0.10	4
	Trace-Trace Space	0.10	4
	Via-Trace Space	0.10	4
	Via-Pad Space	0.10	4

Табл. 6-2: Размеры (Тест 2).

Где: 1-2 Micro-Via Pad – контактная площадка переходного 1-2 микроотверстия, 1-3 Skip-Via Pad – контактная площадка переходного 1-3 “skip” отверстия, Through-Via Pad – контактная площадка сквозного переходного отверстия, Ball Pad – контактная площадка BGA, Trace Width – ширина трассы, Diff Pair Clearance – клиренс дифференциальной пары, Trace-Trace Space – интервал между трассами, Via-Trace Space – интервал между переходным отверстием и трассой, Via-Pad Space –интервал между переходным отверстием и контактной площадкой.

Тест 2 стек.

HDI стек использовался (здесь) с 1:2 переходными микроотверстиями, также с 1:3 "skip" переходными отверстиями и сквозными отверстиями. Сквозные переходные отверстия использовались для "ground" и "power" контактов так, чтобы они (контакты) могли быть присоединены ко всем уровням ("ground" и "power" planes) и к отдельным компонентам на противоположной стороне платы. Я выбрал сквозные переходные отверстия, а не закрытые переходные отверстия, потому что оказывается, что сквозные отверстия имеют такой же размер что могли бы иметь закрытые отверстия, и потому что сквозные отверстия более простые и ясные в использовании. Использование сквозных переходных отверстий в этом случае не влияет существенно на плотность разводки, так что с точки зрения стоимости и простоты, применение их (сквозных переходных отверстий) здесь более подходящее.

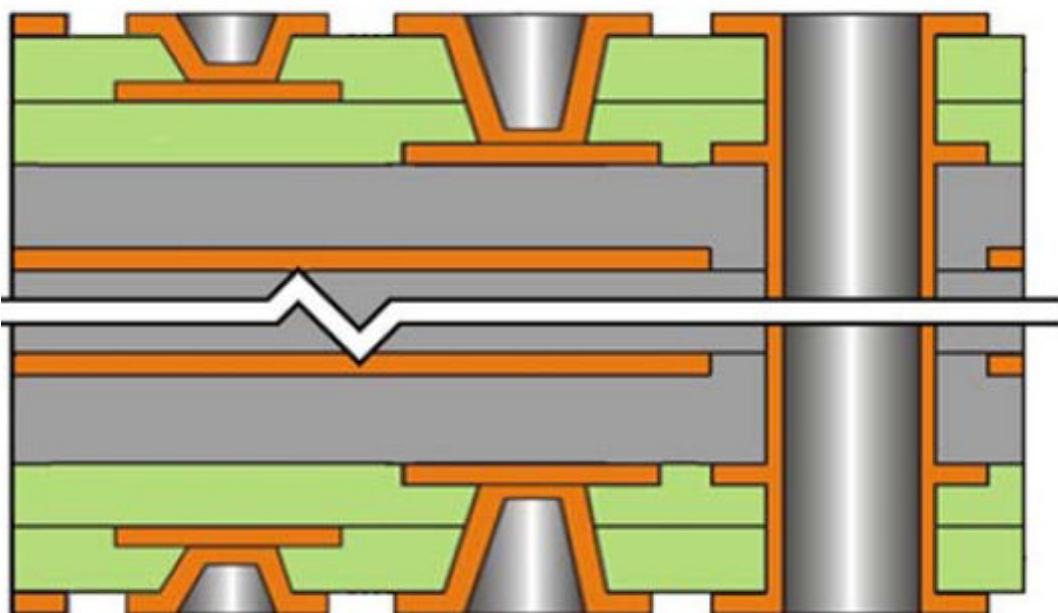


Рис. 6-12: Стек (Тест 2).

Шаблоны отводных отверстий.

Рис. 6-13 исходно смотрится как очень разные наборы шаблонов отводных отверстий. Однако, при ближайшем рассмотрении видно, что здесь для увеличения плотности разводки применяются принципы выравнивания отводных отверстий и комбинирования различных шаблонов.

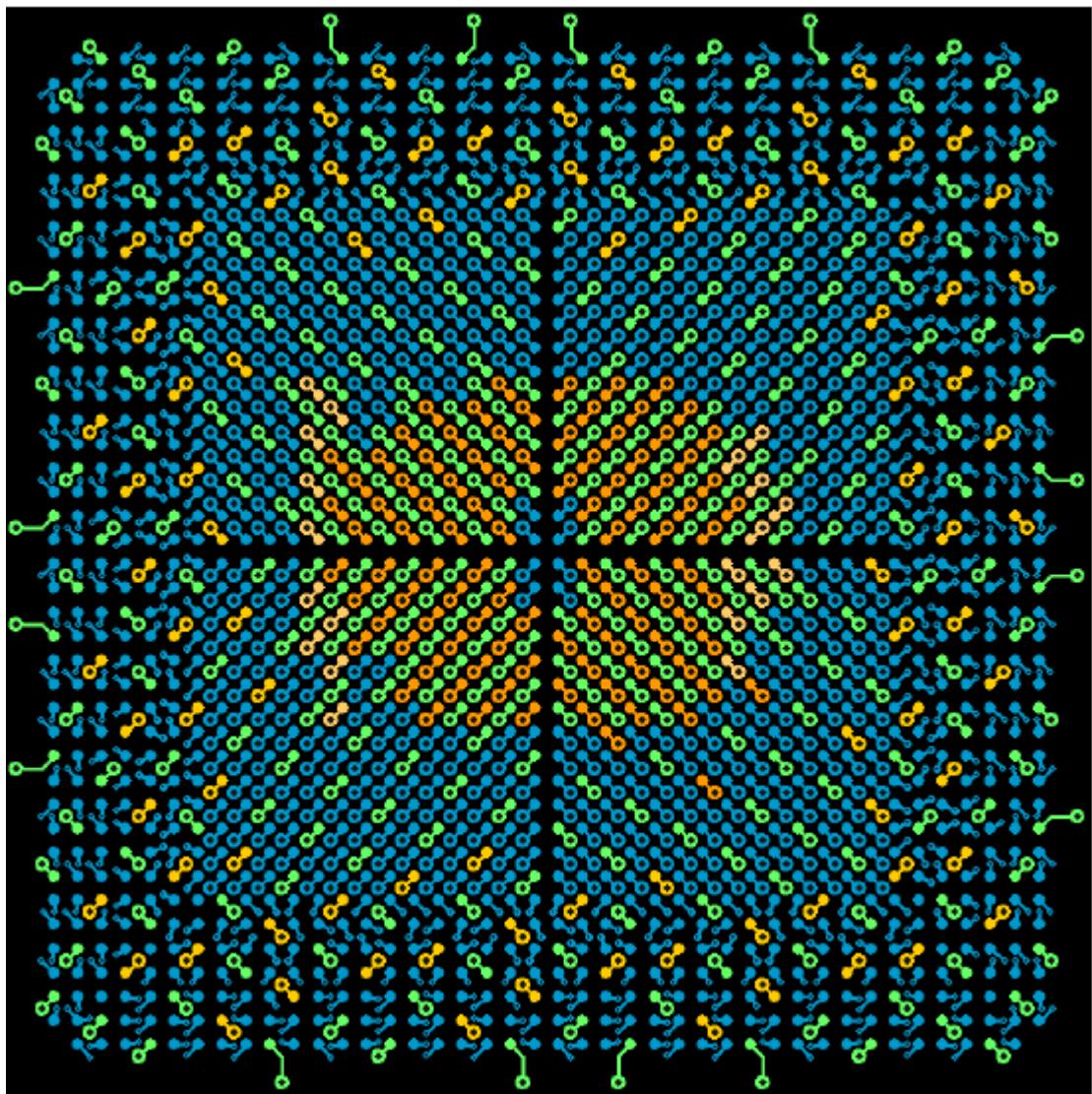


Рис. 6-13: Шаблоны отводных отверстий (Тест 2).

"Power" и "Ground".

Все "Power"(оранжевый цвет) и "Ground" (зелёный цвет) переходные отверстия - это **сквозные** переходные отверстия, достаточно большие, чтобы не создавать проблем как проводники тока необходимой величины. В центре прибора используется стандартный "Quadrant Matrix" шаблон; затем для 7 внешних рядов и столбцов контактных площадок BGA, переходные (сквозные) отверстия помещаются по одной линии (выравниваются) со сдвинутыми переходными микроотверстиями для контактов ввода/вывода (показаны голубым цветом).

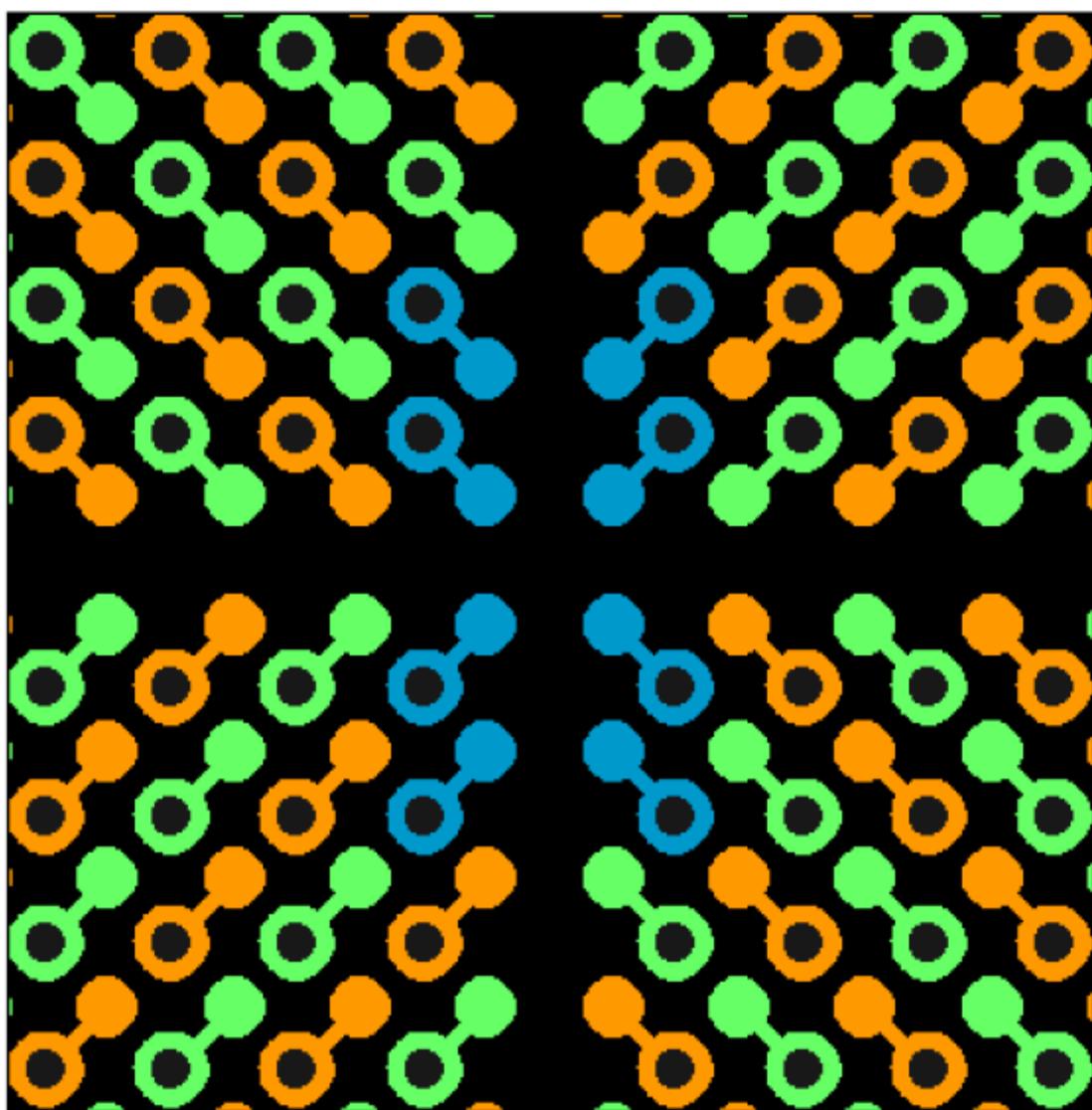


Рис. 6-14: Шаблон "Quadrant Matrix" для "Power" и "Ground" в центре (Тест 2).

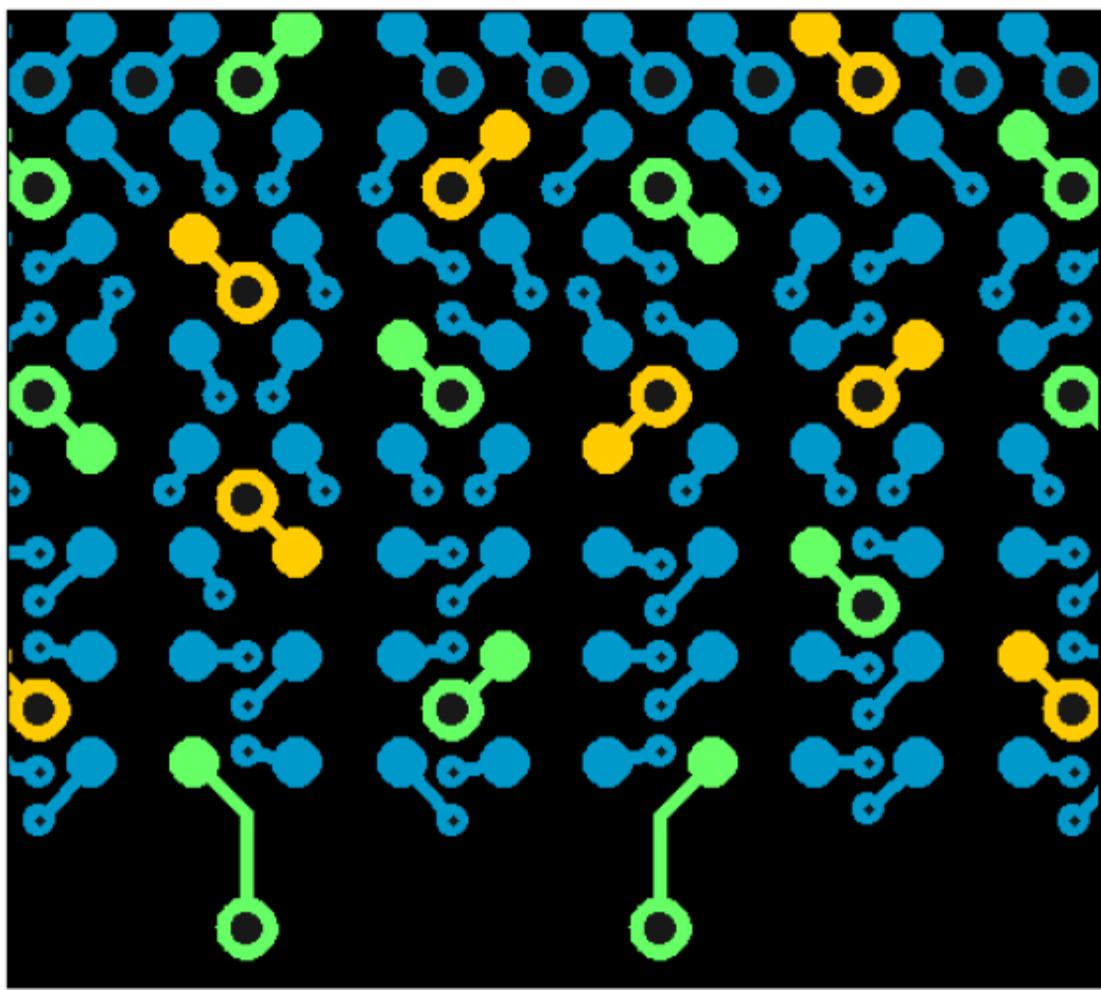


Рис. 6-15: “Power” и “Ground” отводные отверстия рядом с периметром, слой 1 (Тест 2).

Обратите внимание, что на рисунке выше - “Power” и “Ground” сквозные переходные отверстия выровнены вертикально внутри (через один канал) канала контактных площадок BGA. Эта секция BGA находится внизу в центре прибора на рис. 6-13. Как вы заметите на рисунках дальше в этой главе, “power” и “ground” переходные отверстия, как правило, не блокируют каналы разводки, кроме внешнего ряда рядом с периметром.

Для “ground” отводных переходных отверстий добавлено некоторое расстояние от контактных площадок BGA, чтобы можно было добавить дополнительную трассу, как можно видеть на рис. 6-16.

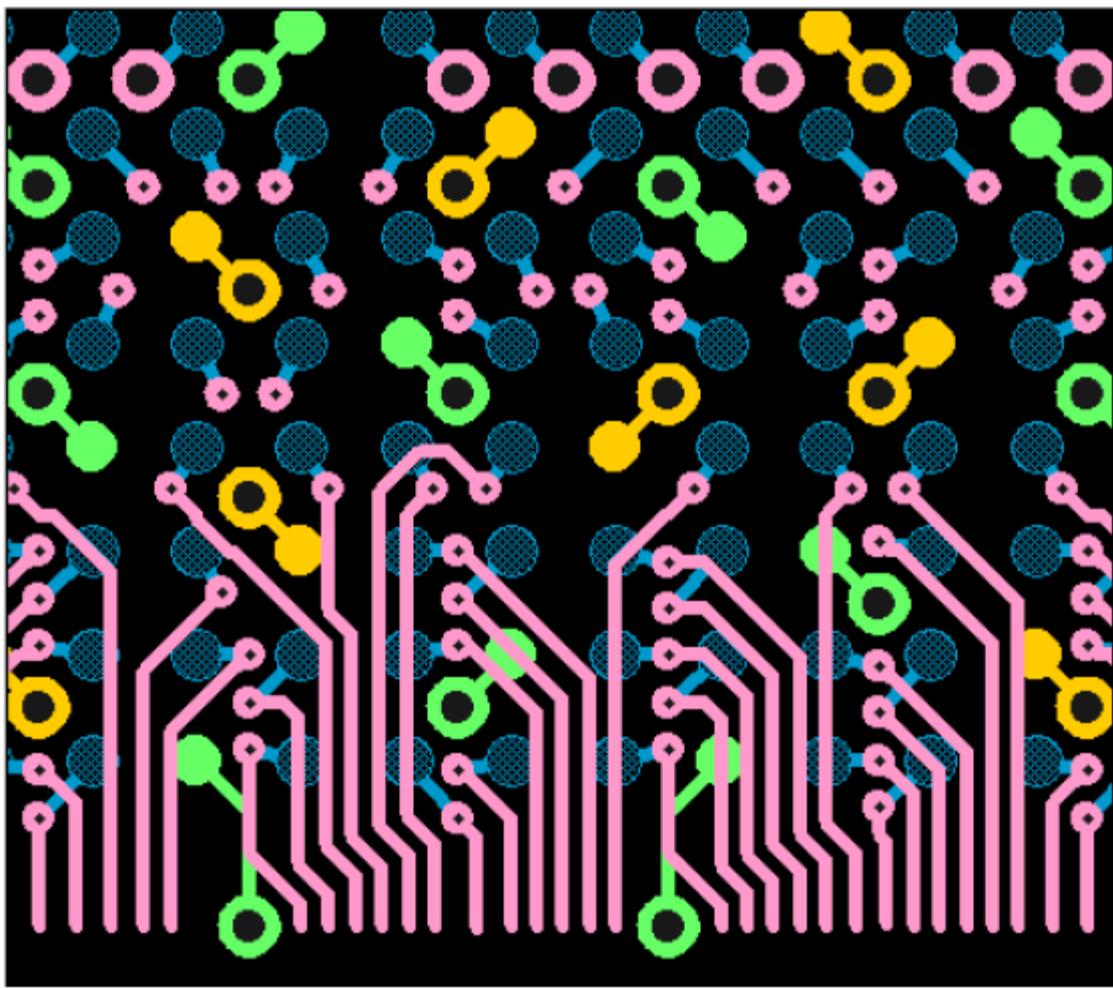


Рис.6-16: “power” и “ground” отводные отверстия рядом с периметром, слой 2 (Тест 2).

Передвинув “ground” переходные отверстия вниз и в сторону от контактных площадок BGA, открываем дополнительный канал разводки между сквозными переходными отверстиями и переходными микроотверстиями на слое 2.

Контакты ввода/вывода.

Как можно видеть на рис. 6-13, в центре BGA имеются контакты ввода/вывода со сквозными переходными отверстиями в (шаблоне) “Quadrant Matrix”. Вы могли бы спросить, «Если переходные сквозные отверстия можно использовать в центре, почему не для всего BGA?».

- Используя переходные микроотверстия на периметре, эффективный размер BGA (который должен быть разведён посредством переходных сквозных отверстий) уменьшается с 1760 контактов до 784 контактов.
- Так как в центре BGA в основном “power” и “ground” контакты, то реальное число контактов ввода/вывода, которое необходимо развести (после того как рядом с периметром использованы переходные микроотверстия) со сквозными переходными отверстиями уменьшается до 544. Это допустимое число контактов для отводной разводки без дополнительного слоя. (иными словами такое количество контактов не добавляет дополнительные слои к слоям, необходимым для общей разводки платы)
- При использовании сквозных переходных отверстий, есть место только для одной трассы между массивом сквозных переходных отверстий, и поэтому число слоёв может существенно вырасти, если сквозные переходные отверстия будут применяться для всех контактов.
- Также, дифференциальные пары необходимо будет разделить, так как только одна трасса (из пары) может пройти (по размеру) через массив сквозных переходных отверстий. Это требование может быть эффективно снижено при использовании переходных микроотверстий рядом с периметром.

Слой 1-2 переходные микроотверстия.

1-2 переходные микроотверстия выровнены правильными столбцами и рядами между парами контактных площадок BGA.

Из-за 0.8 мм интервала между контактными площадками BGA, и так как сквозные переходные отверстия имеют довольно большие размеры, переходные микроотверстия не так равномерно распределены, как было бы при шаге 1 мм.

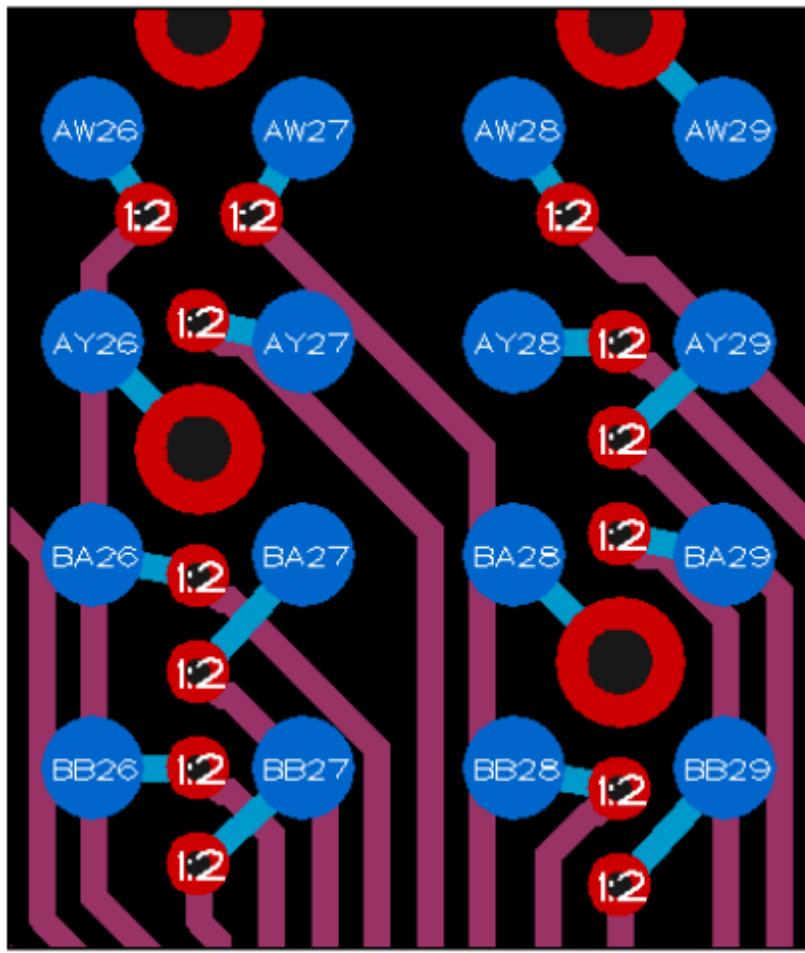


Рис. 6-17: Слой 1-2 переходные микроотверстия (Тест 2).

На рисунке выше, цвета изменены чтобы выделить 1:2 переходные микроотверстия.

Наверху (рисунка 6-17) можно видеть переходные микроотверстия, соединённые с контактами от AW26 до AW28; эти микроотверстия не выровнены в столбце. Это потому что "ground" и "power" сквозные переходные отверстия не оставляют достаточно места для того чтобы переходные микроотверстия были (здесь) выровнены. Но оказывается, что это никак не влияет на плотность разводки. Так как нет дополнительных трасс на слое 2 (фиолетовые трассы), которые должны пройти через эту зону, то при помещении переходных отверстий горизонтально не блокируются никакие другие трассы. Это общий принцип при размещении отводных переходных отверстий. В этом случае мы используем 1:2 переходные микроотверстия для четырёх рядов контактных площадок BGA рядом с периметром. Самый внутренний ряд

контактных площадок BGA может располагать свои переходные отверстия почти любым способом, потому что они не будут блокировать разводку на других слоях. Эти переходные отверстия не будут существовать после слоя 2, и ясно они не будут блокировать разводку на слое 3.

Если вы разводите дифференциальные пары через столбцы переходных отводных отверстий, вы можете немного «размазать» их, когда это выполнимо.

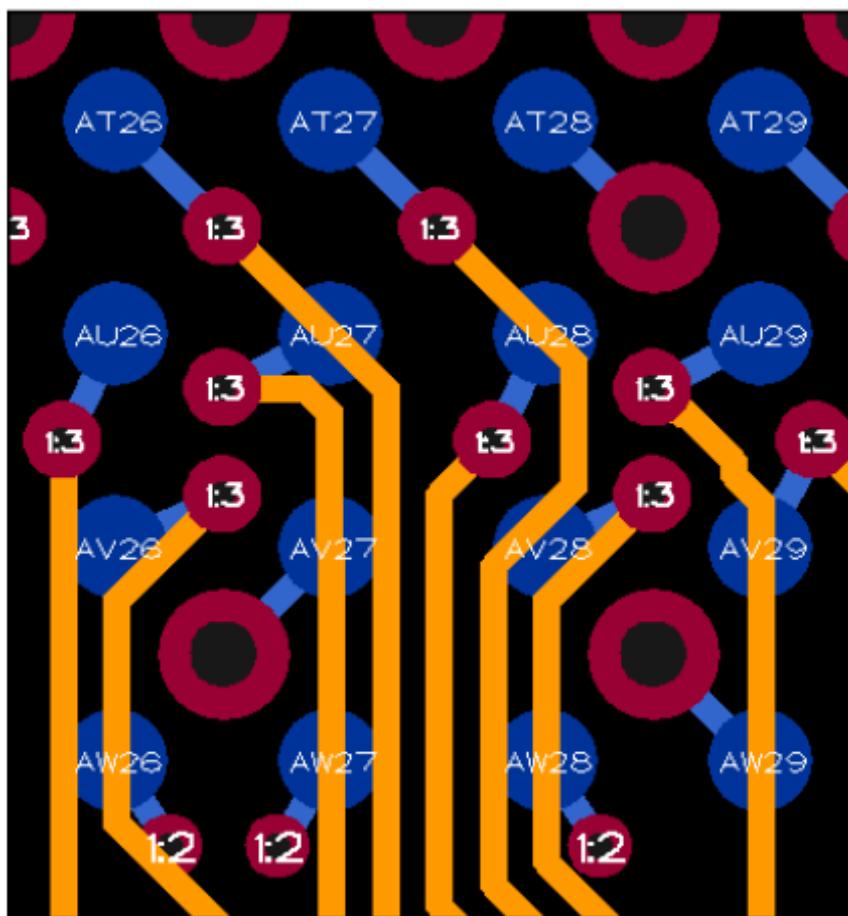


Рис. 6-18: Слой 1:3 переходные микроотверстия (Тест 2).

Слой 1:2 переходные микроотверстия используются для первых четырёх рядов контактов (BGA) и слой 1:3 переходные микроотверстия используются для следующих трёх рядов контактов. Так как сквозные переходные отверстия используются для восьми рядов контактов, то 1:3 переходные микроотверстия должны быть помещены на меньшую площадь.

Это значит, что 1:3 переходные микроотверстия не выравниваются по столбцам, несмотря на это, это образец сумасшествия. Вы можете видеть (такой) шаблон на рис. 6-16.

- На слое 3 есть значительное место для разводки. Фактически, я подозреваю, что если бы я более тщательно «упаковал» трассы, то возможно было бы место для разводки дополнительного ряда контактов на слое 3 (с использованием 1:3 переходных микроотверстий).

Тест 2. Отводная разводка, рисунки.

На рисунках 6-19 - 6-23 показана отводная разводка на всех слоях с использованием NSEW метода. Общее число сигнальных слоёв, требуемых для отводной разводки прибора – пять.

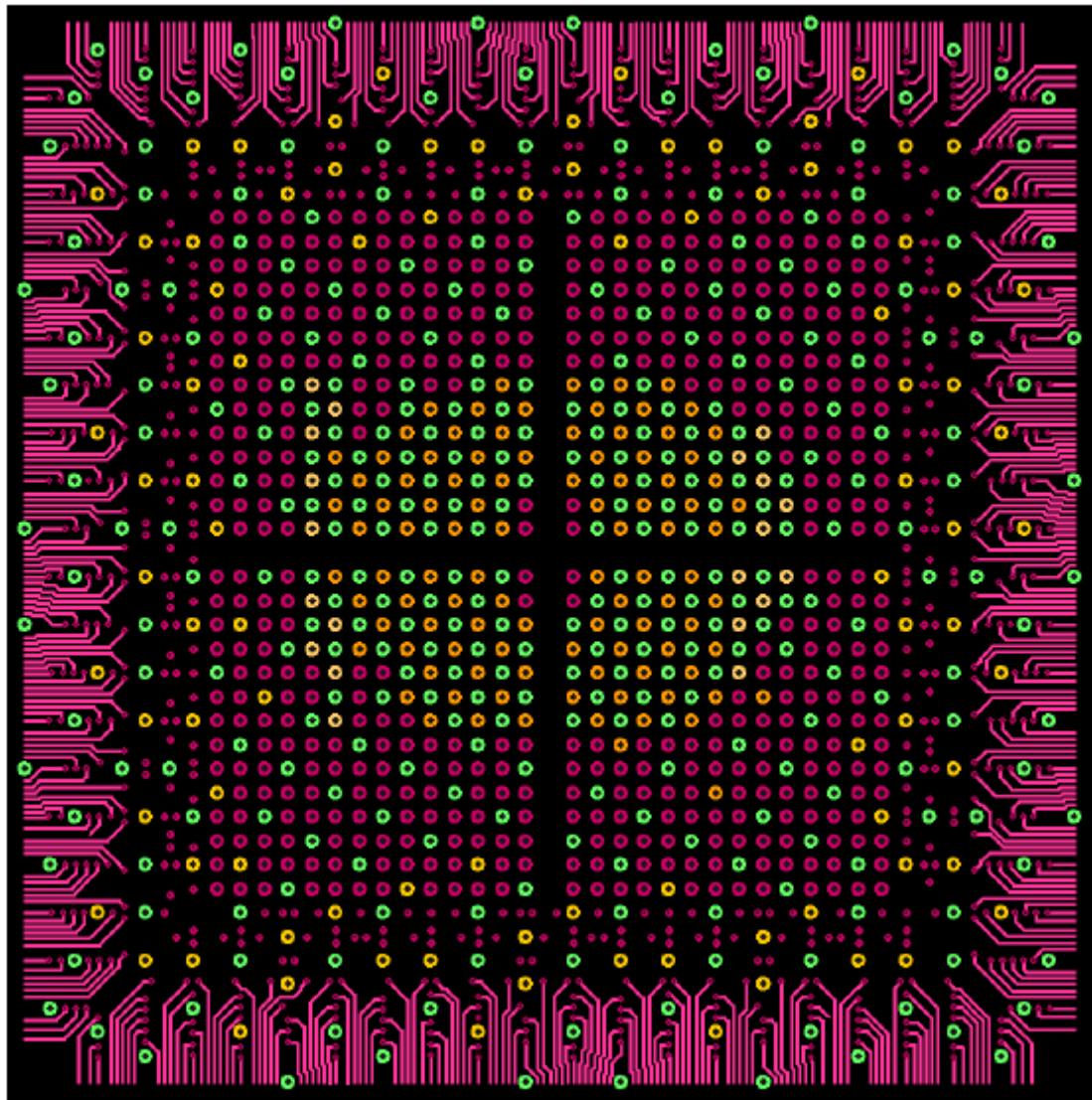


Рис. 6-19: Первый сигнальный слой (Тест 2).

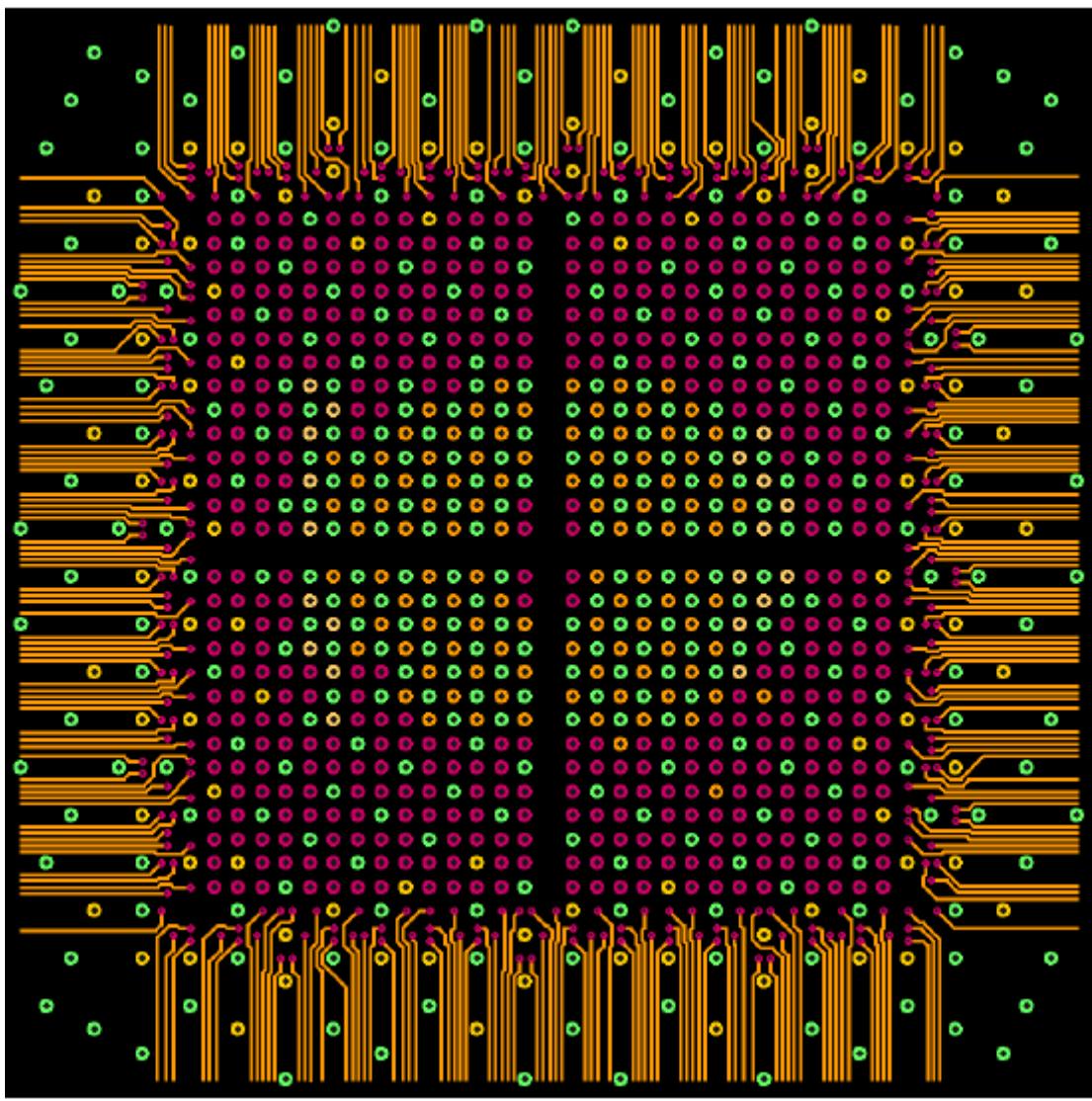


Рис.6-20: Второй сигнальный слой (Тест 2).

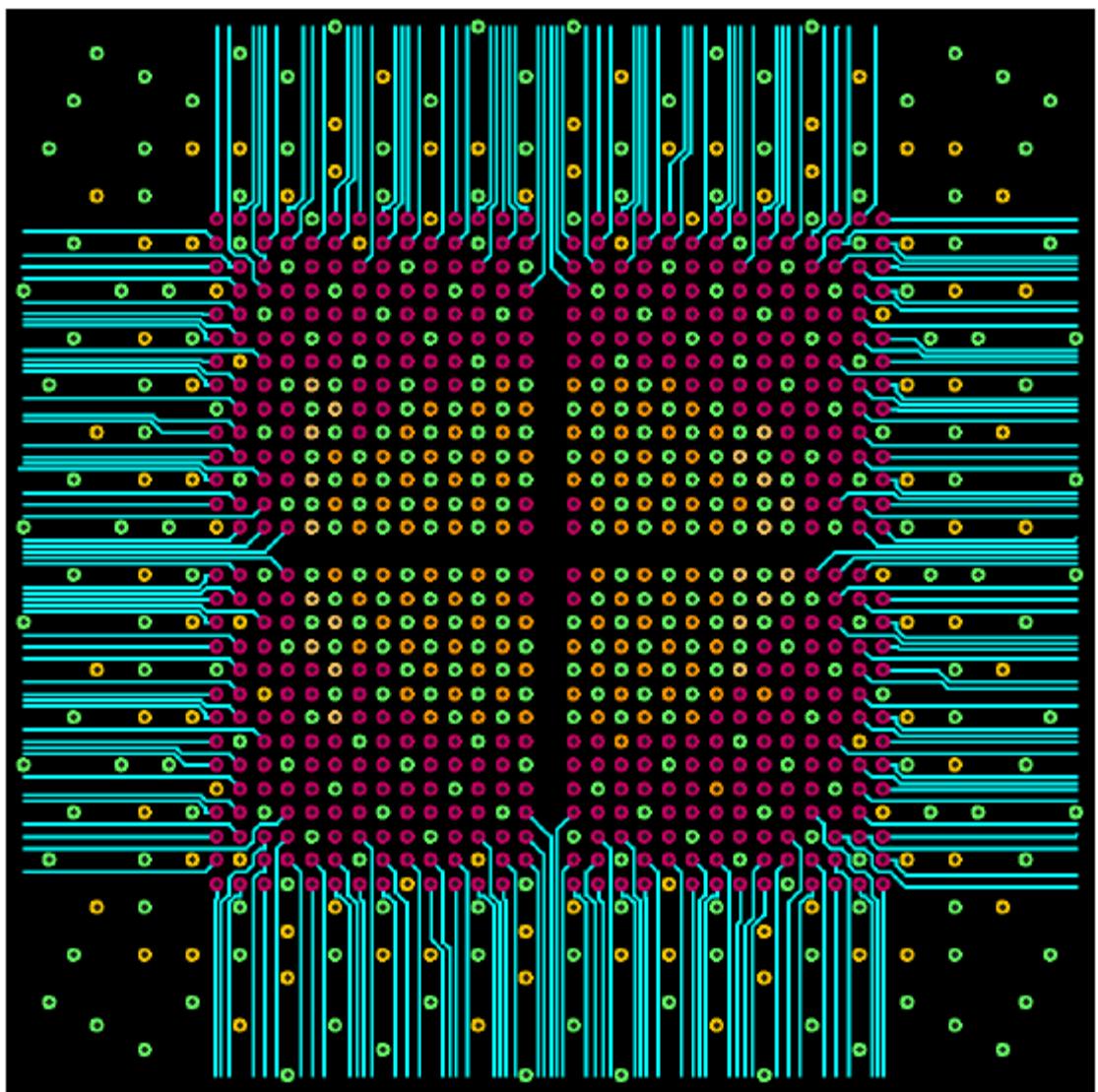


Рис. 6-21: Третий сигнальный слой (тест 2).

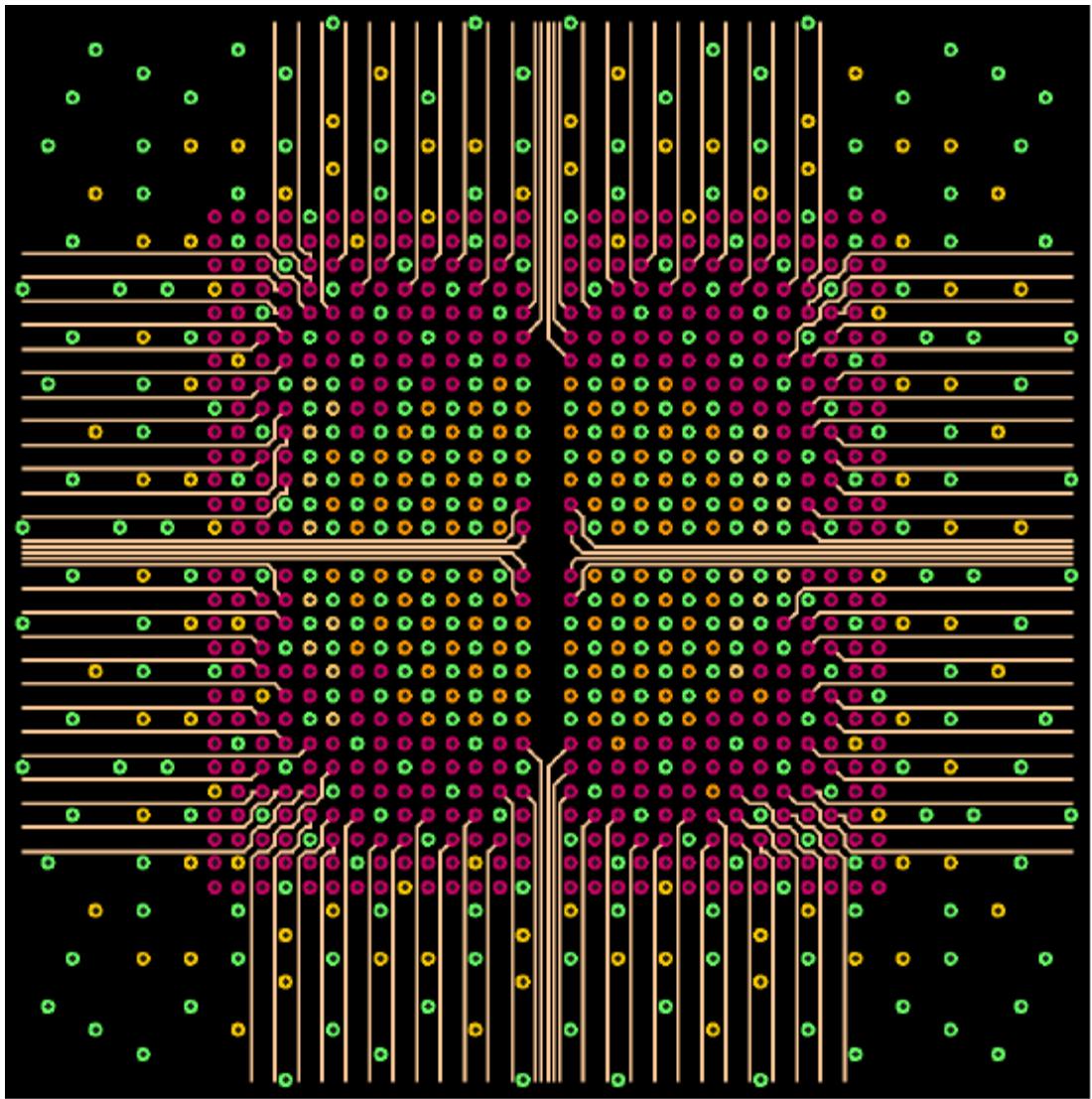


Рис. 6-22: Четвёртый сигнальный слой (тест 2).

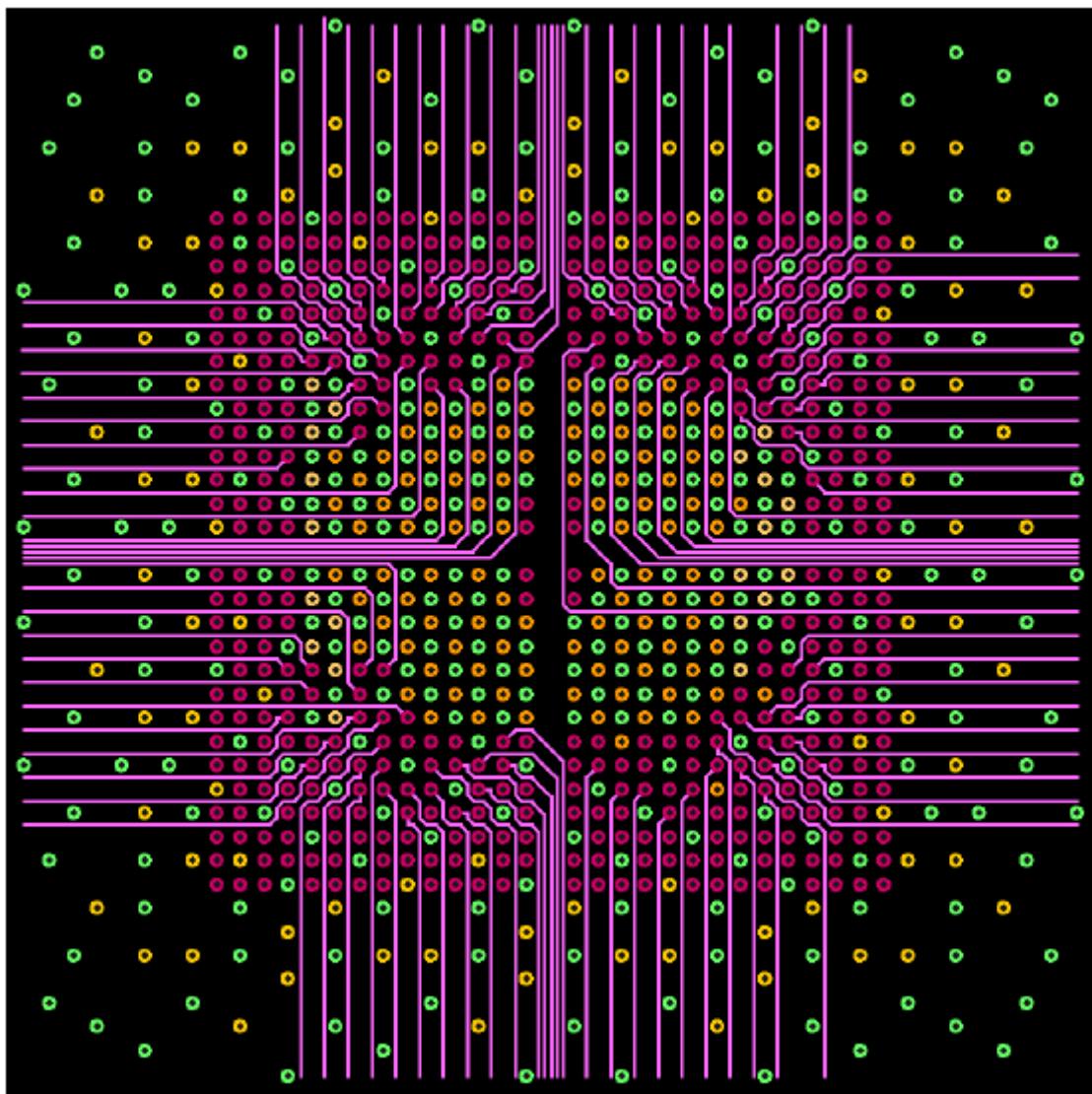


Рис. 6-23: Пятый сигнальный слой (Тест 2).

Тест 2. Краткое резюме.

- Применение NSEW методов отводной разводки с хорошими (подходящими) шаблонами отводных (переходных) отверстий даёт возможность отводной разводки больших BGA в 5-6 сигнальных слоёв.
- С увеличенным пространством для дифференциальных пар, это вероятно можно сделать с 8-10 сигнальными слоями.
- Этот метод может поддерживать нормальные ширину трасс и клиренсы.

- Если BGA имеет более 2000 контактов, то возможно будет необходимо иметь компромиссные размеры трасс и клиренсы.

Тест 3: “Any-Layer” переходные отверстия.

В третьем тесте используется “any-layer-via” стек, в котором каждый слой – это надстройка и имеет переходное отверстие в нём. Отрезки (via spans) переходных отверстий создаются посредством продолжения (соединения) совпадающих (по месту) переходных отверстий вниз и вверх по стеку.

Правила дизайна (размеры).

Меньшие размеры(“design rules”) используются в этом teste, так как ожидается что в будущем, когда метод “any-layer-via” будет широко распространен, технологии производства пройдёт уже через очередной цикл миниатюризации.

	mm	mils
0.8 mm Pitch	ALIVH-Via Pad	0.20
	Ball Pad	0.40
	Trace Width	0.08
	Diff Pair Clearance	0.08
	Trace-Trace Space	0.08
	Via-Trace Space	0.08
	Via-Pad Space	0.08

Табл. 6-3: Размеры (“design rules”), Тест 3.

Стек.

Данный стек даёт возможность переходным отверстиям иметь протяжённостью любой набор следующих друг за другом

(последовательных) слоёв. В главе 3 даётся описание такого типа стека.

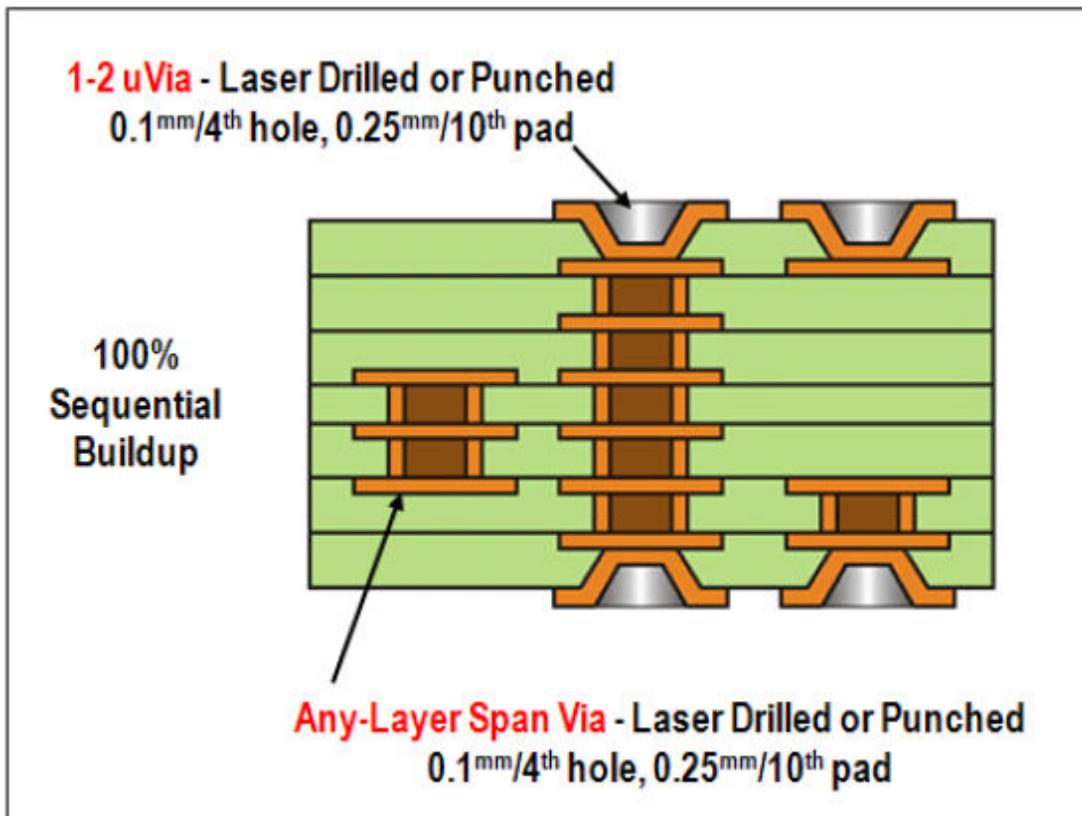


Рис.6-24 :“Any- layer- via” стек, Где: 1-2 μ Via – Laser Drilled or Punched 0.1 mm/4th hole, 0.25 mm/10th pad – просверлённое лазером или штампованное микроотверстие между слоями 1 и 2, 0.1 мм или 4th отверстие, 0.25 мм или 10th площадка; Any-Layer Span Via – Laser Drilled or Punched 0.1 mm/4th hole, 0.25 mm/10th pad – просверлённое лазером или штампованное “Any-Layer” интервала отверстие, 0.1 мм или 4th отверстие, 0.25 мм или 10th площадка ; 100% Sequential Buildup – 100% последовательная надстройка;

Шаблоны переходных отверстий.

“Any-Layer-Via” даёт уникальную возможность пробовать разные шаблоны. Контактная площадка (отверстия) мала и присутствует только на тех слоях, где необходимо.

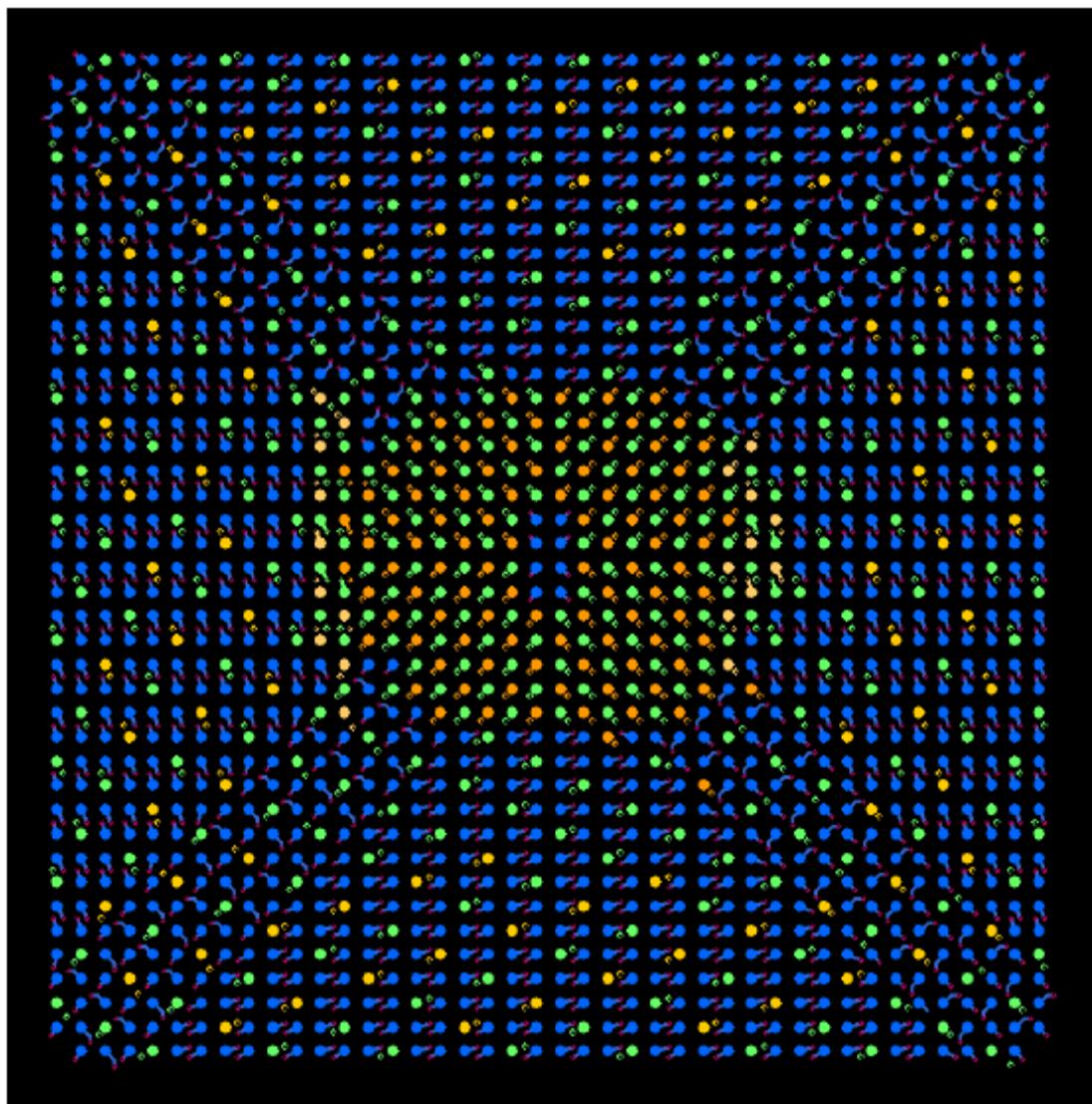


Рис. 6-25: Верхний слой (Тест 3).

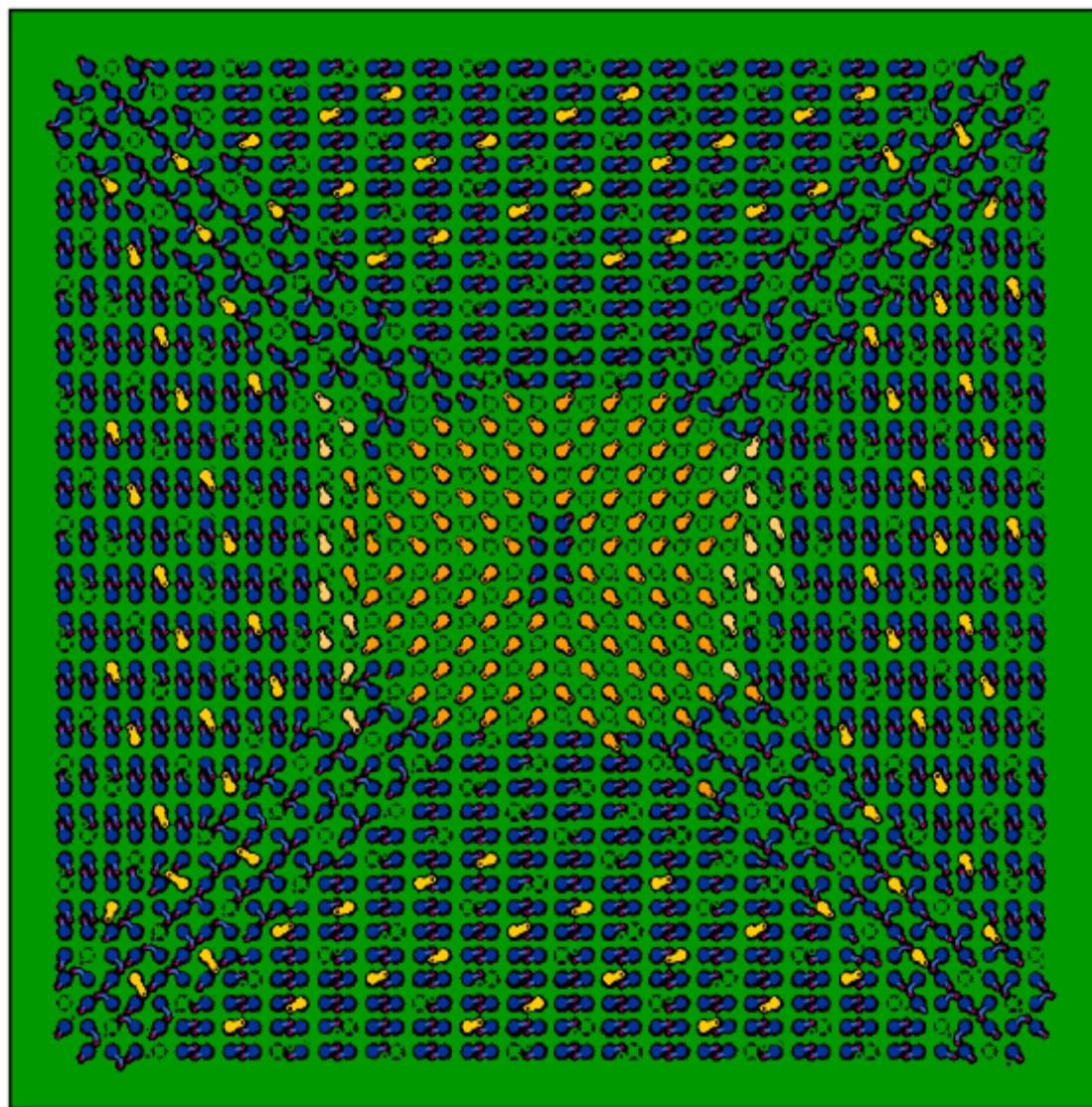


Рис.6-26: Верхний слой с “ground plane”. Тест 3.

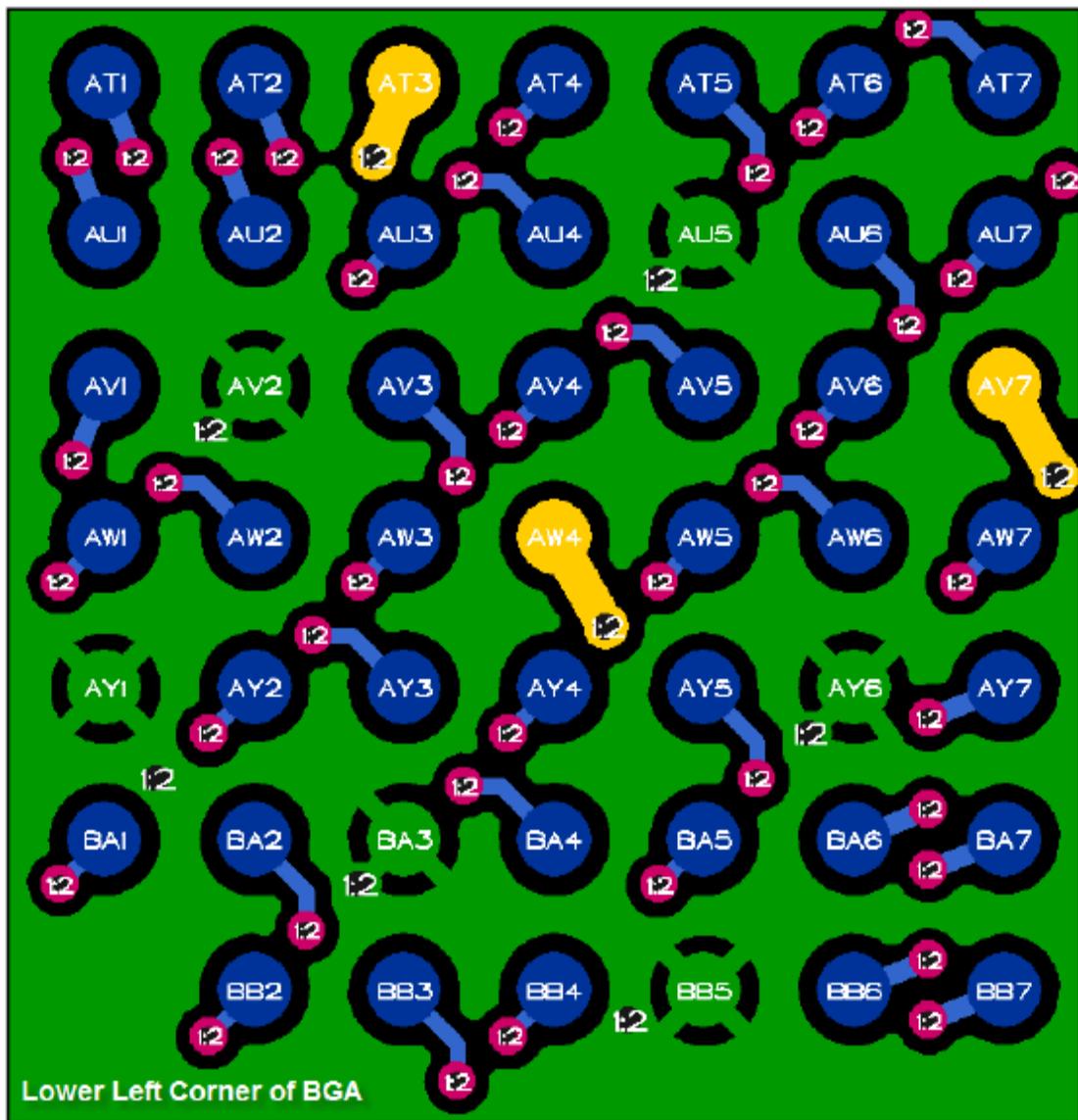


Рис. 6-27: Детали верхнего слоя с “ground plane” (“ground” «заливкой»). Тест 3. (Нижний левый угол BGA)

Замечания:

- Каждая контактная площадка (BGA), соединённая с “ground”, использует “thermal relief” и переходное отверстие, которое проходит к нижней части платы. Эти переходные отверстия встроены в “ground” заливку (“plane”) и располагаются рядом с каждой “ground” контактной площадкой (BGA).

Примечание:

“Thermal relief” – технология, при которой контактная площадка для прямого соединения с медной заливкой использует специальное (thermal connection) тепло

соединение, при котором ограничивается тепловой поток (при пайке контактной площадки).

- (Диаметр) для “power” и “ground” переходных отверстий больше, чем у переходных отверстий для сигналов – этим обеспечивается способность проводить требуемый ток.
- Переходные отверстия выровнены по диагонали в углах (площадки). Этим обеспечивается дополнительное пространство для разводки, как видно на рис. 6-29.

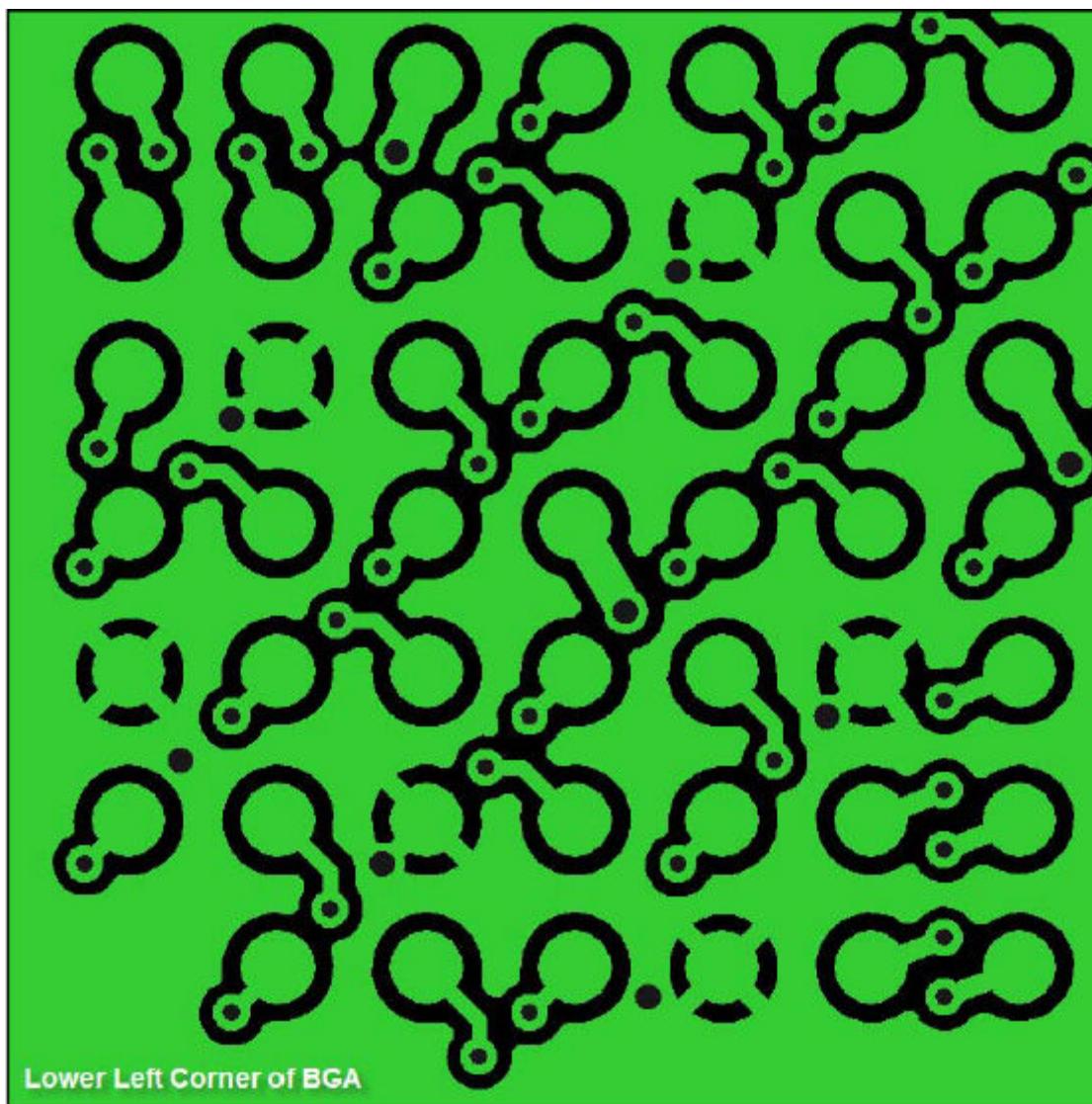


Рис.6-28: Детали верхнего слоя без цветов электрических цепей. (Тест 3). (Нижний левый угол BGA).

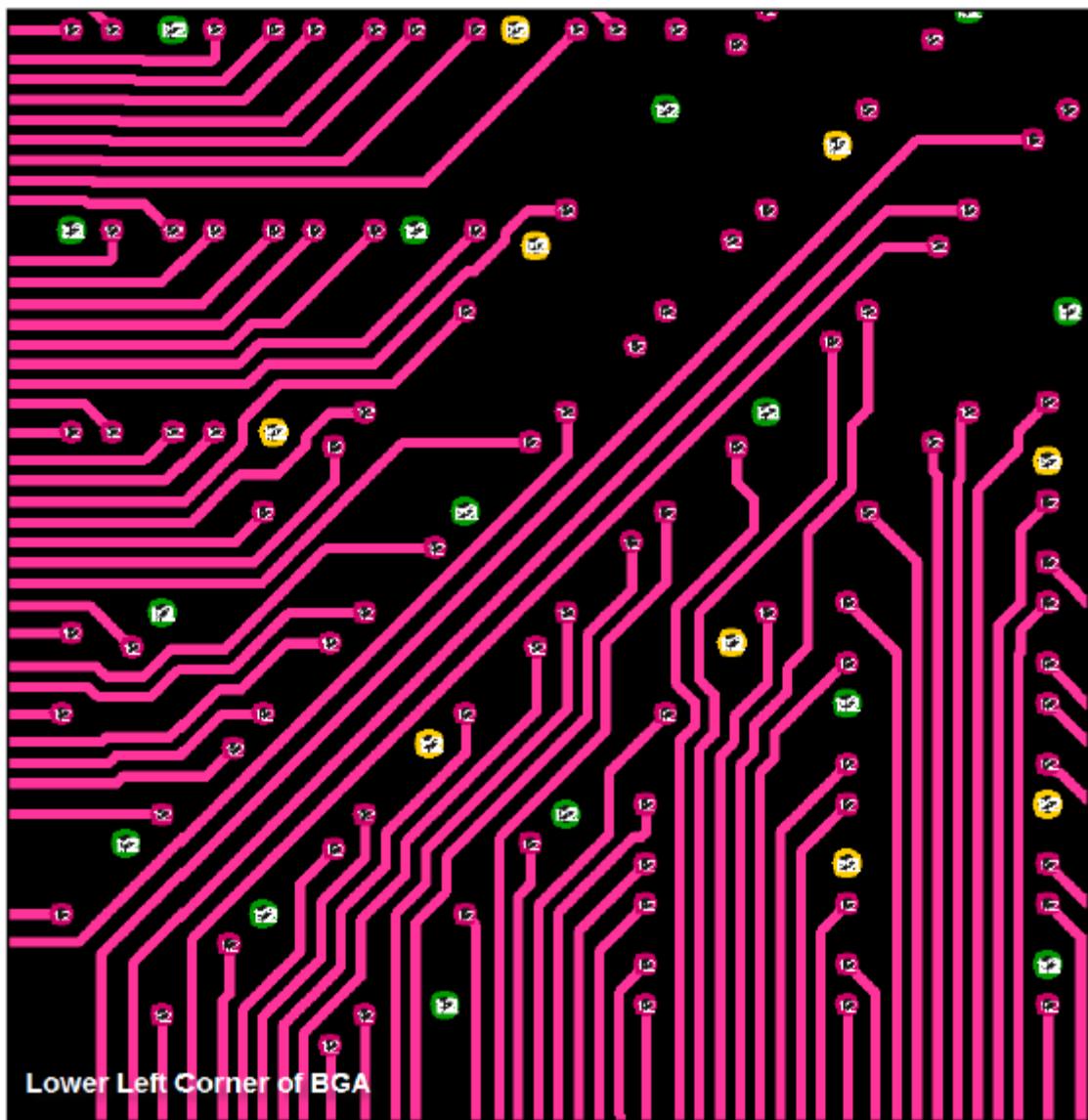


Рис. 6-29: Слой 2, шаблоны отводных отверстий в углу и отводная разводка. Нижний левый угол BGA. Тест 3.

Замечания:

- Все отводные переходные 1:2 отверстия, которые имеют контакт на этом слое, не надо продлять к слою 3. “Power” и “ground” переходные отверстия продолжаются от слоя к слою через всю плату.
- Плотность разводки увеличивается, сдвигая и выравнивая переходные отверстия по диагонали, вертикали или горизонтали.

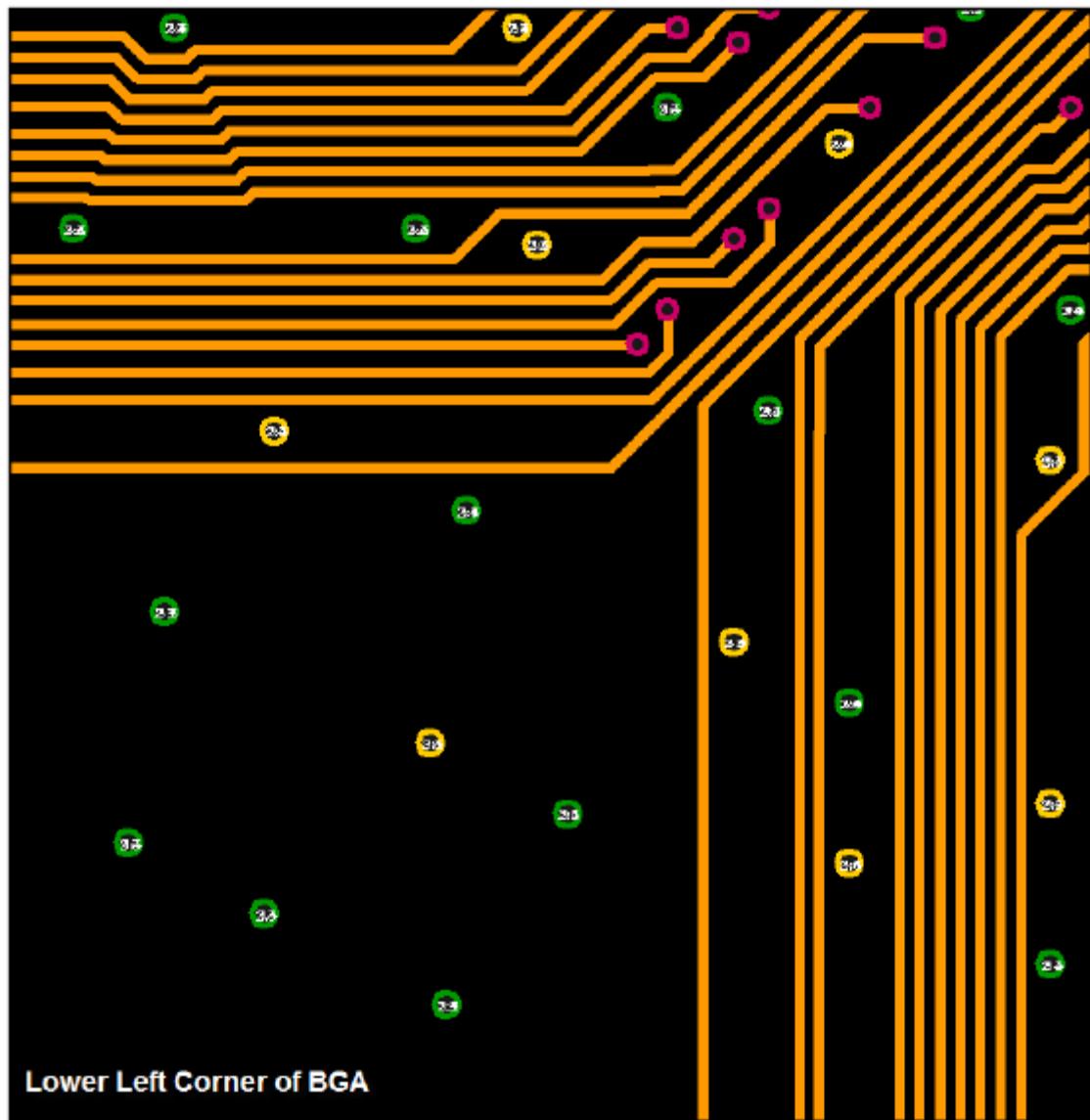


Рис. 6-30: Слой 3, шаблон отводных отверстий в углу и отводная разводка. Тест 3. Нижний левый угол BGA.

Замечания:

- Можно видеть, что на этом слое нет 1:2 переходных отверстий. На этом слое огромное пространство для разводки.

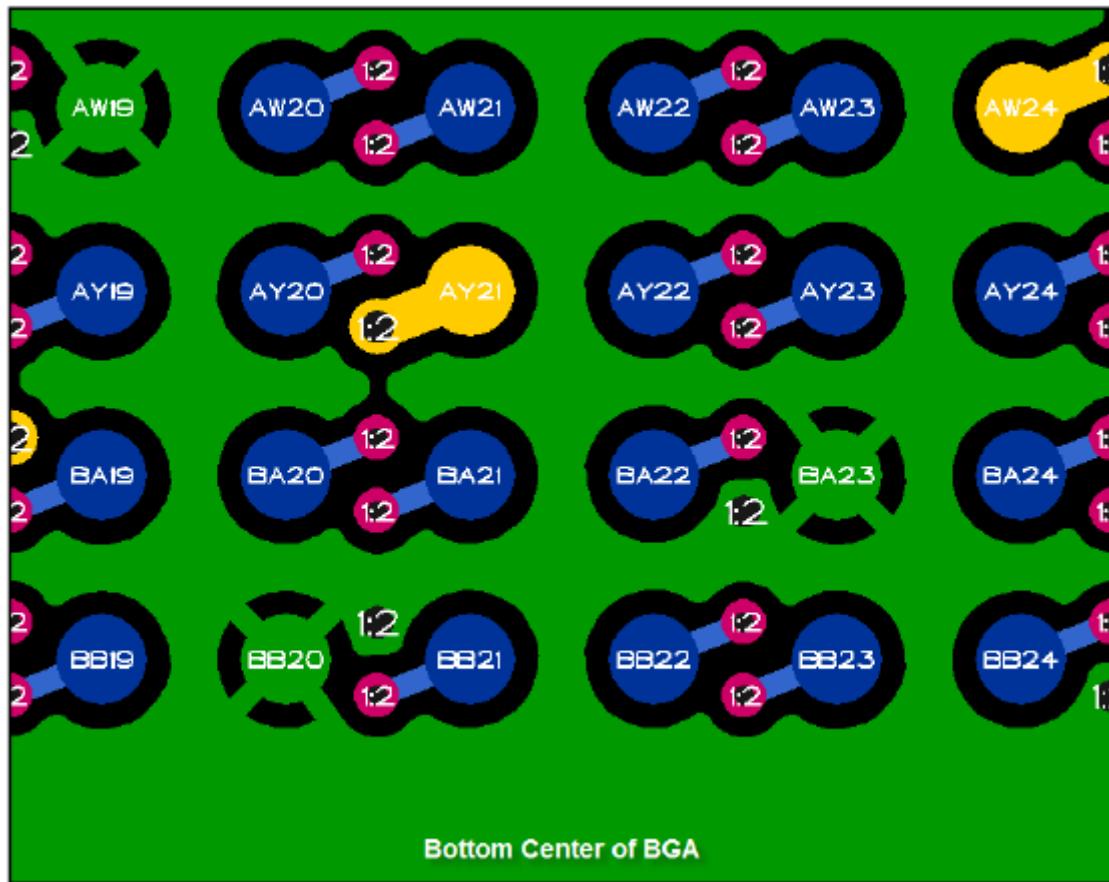


Рис. 6-31: Слой 1, центральные шаблоны переходных отверстий, внизу в центре BGA, Тест 3.

Замечания:

- Переходные отверстия в центральной части BGA выровнены горизонтально или вертикально и по диагонали в углах.
- Этот шаблон отводных переходных отверстий также использует базовый принцип поворота переходных отверстий для выравнивания их в столбцах.

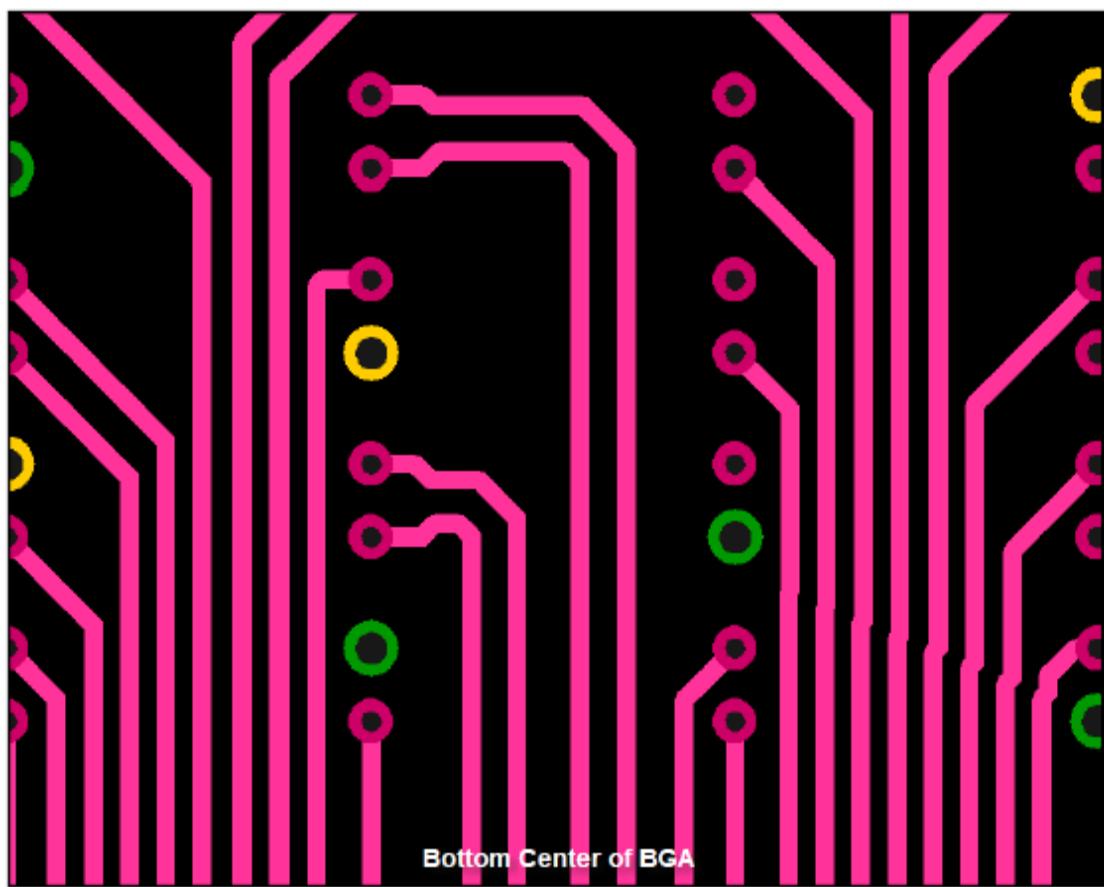


Рис. 6-32: Слой 2, центральные шаблоны переходных отверстий. Тест 3. Нижняя центральная часть BGA.

Замечания.

- Этот метод отводной разводки даёт возможность размещения дифференциальных пар. Помните, что при использовании сквозных переходных отверстий только одна трасса (по размеру) помещается между массивом переходных отверстий под BGA.

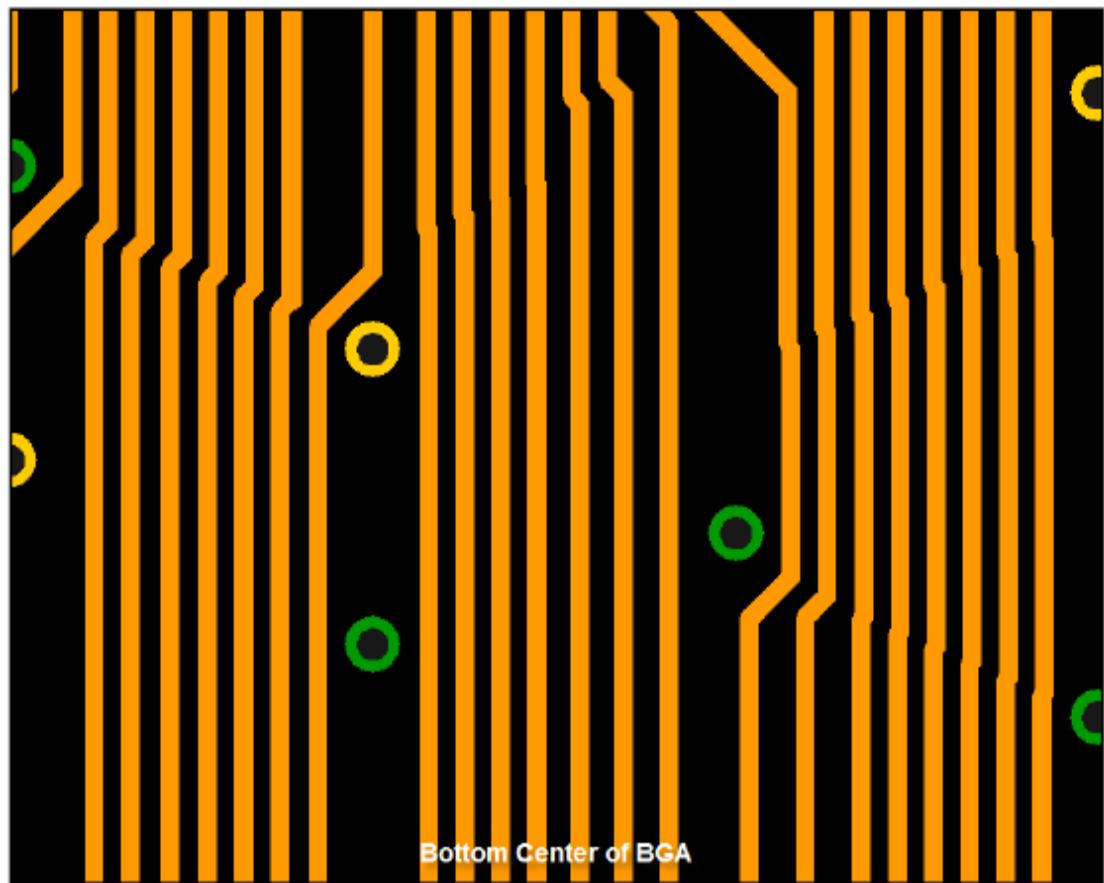


Рис. 6-33: Слой 3, центральные шаблоны переходных отверстий. Тест 3. Центральная нижняя часть BGA.

Тест 3. Рисунки отводной разводки.

Рисунки 6-34 – 6-36 показывают отводную разводку на всех слоях с применением NSEW метода. Число сигнальных слоёв для отводной разводки прибора – три.

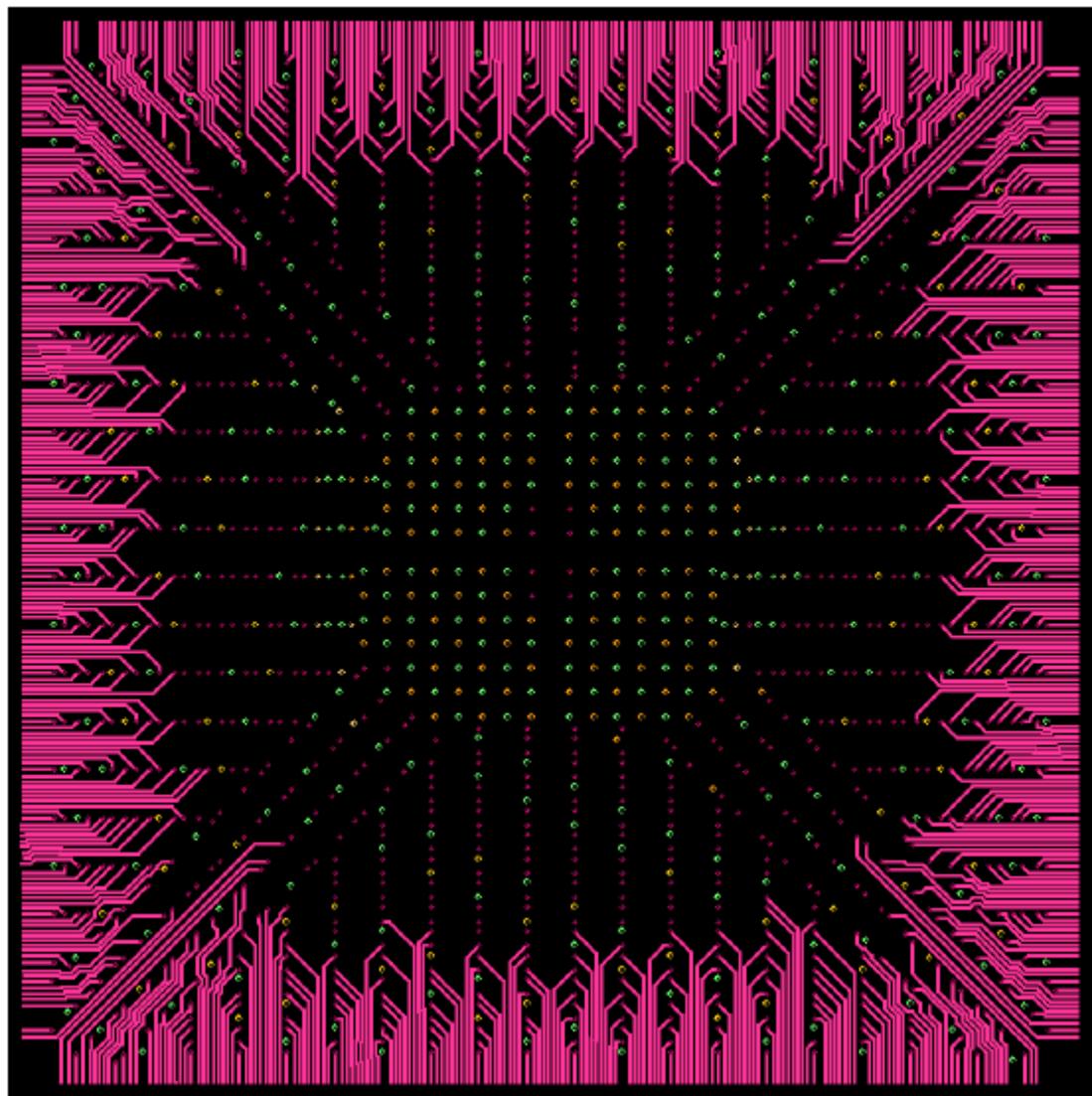


Рис. 6-34: Первый сигнальный слой (Тест 3).

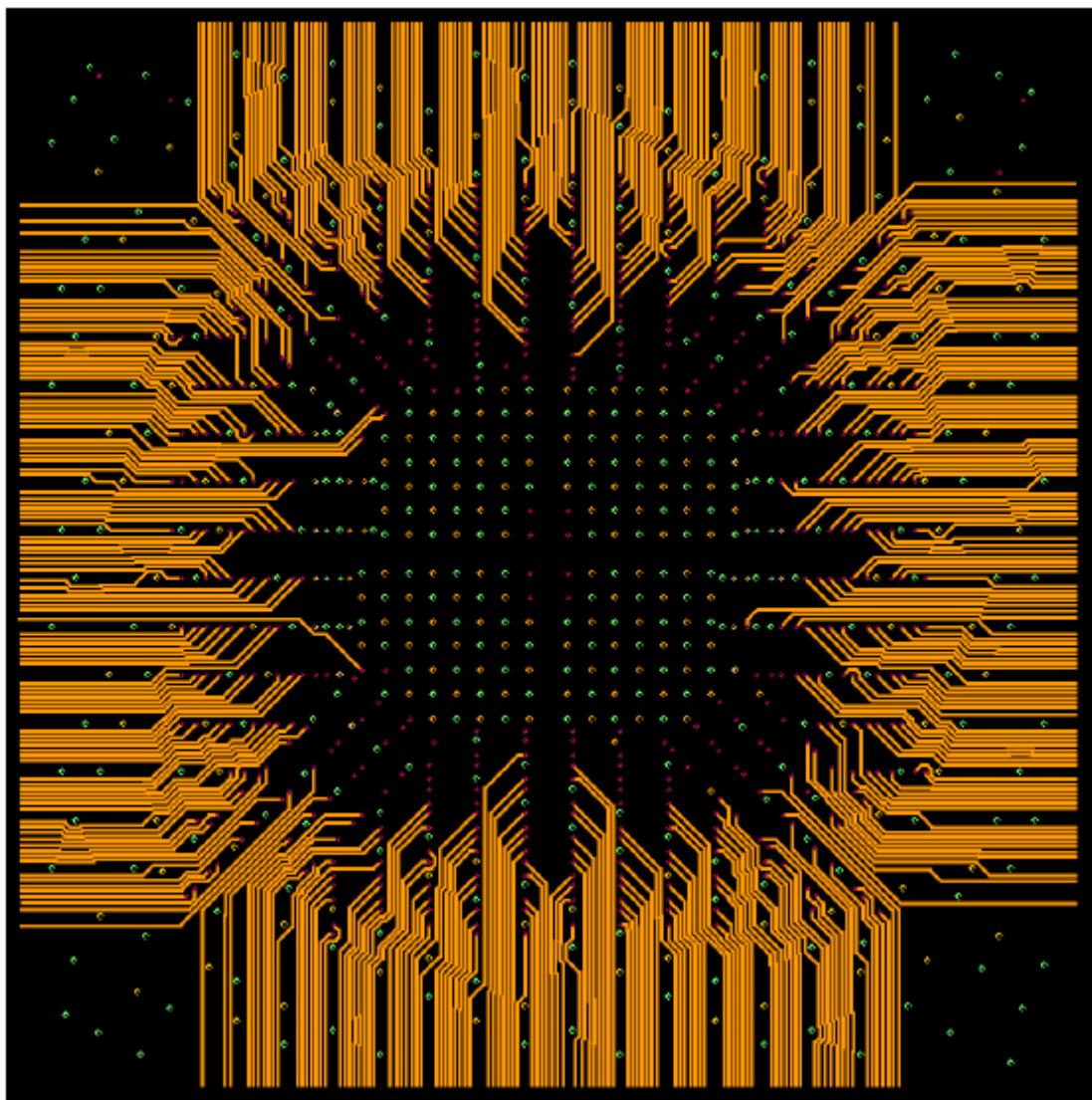


Рис.6-35: Второй сигнальный слой (Тест 3).

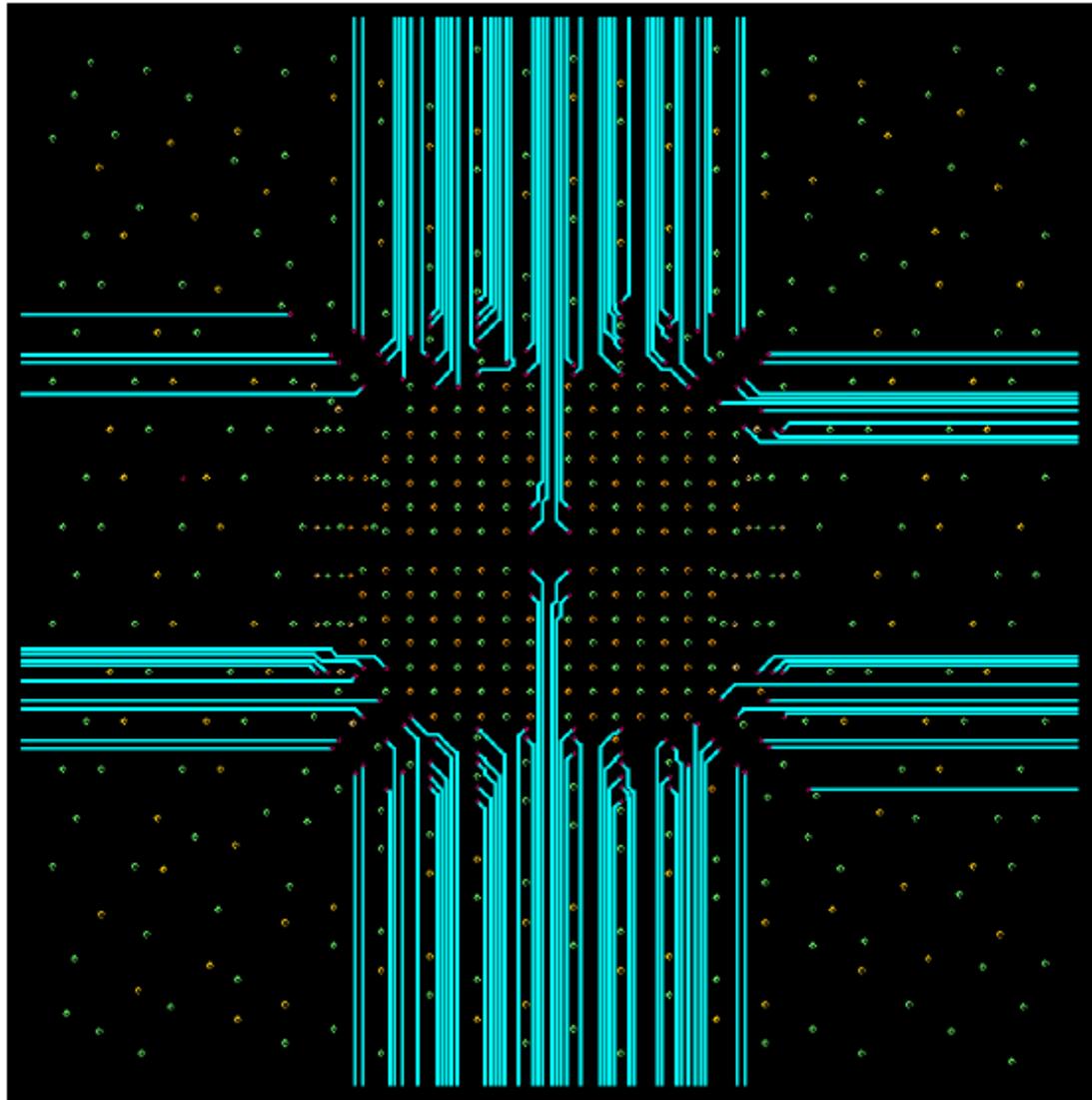


Рис. 6-36: Третий сигнальный слой (Тест 3).

Тест 3. Краткие выводы.

- Применяя NSEW метод отводной разводки с хорошими (соответствующими) шаблонами отводных отверстий можно добиться отводной разводки больших BGA в три сигнальных слоя.
- Если увеличить пространство для дифференциальных пар, то это возможно будет сделать на 6 сигнальных слоях.
- Технологии “any-layer-via” исключает возникновение “via stub”.

- Применение элементов с меньшими размерами даёт существенную разницу.
- При более чем 2000 контактов и 0.8 мм шаге, ALIVH (Any Layer Interstitial Via Hole технология) – идеальное решение, если вы хотите иметь минимальное количество слоёв.

Заключение.

Хотя и ясно, что BGA с 0.8 мм шагом более трудно развести – использование переходных микроотверстий и особенно “any-layer-vias” делает эту задачу вполне доступной (решаемой). Когда BGA с более чем 2000 контактами и шагом 0.8 мм будут обычным делом, я надеюсь, что “any-layer-via” метод будет принят во всём мире.