Анализ условий безопасности жизнедеятельности на рабочем месте

**Содержание**

[Задание 2](#_Toc198070986)

[Анализ БЖД: 2](#_Toc198070987)

[1. Декомпозиция анализируемых объектов 2](#_Toc198070988)

[2. Составление перечня факторов обитаемости 5](#_Toc198070989)

[3. Количественная и качественная оценка факторов обитаемости (фактические значения факторов, получаемы при измерении приборами, на основе экспертных оценок) 7](#_Toc198070990)

[4. Сравнение результатов оценки факторов с нормами и допустимыми значениями с целью выявления опасных и вредных производственных факторов (по действующим в настоящее время ГОСТам и СНиПам с соответствующими дополнениями) 8](#_Toc198070991)

[5. Интегральная оценка факторов условий труда 11](#_Toc198070992)

[6. Выбор принципов и методов (А, Б, В, Г), разработка мероприятий, выбор и расчет средств защиты, работающих от опасных и вредных факторов (согласно составленному перечню, см.п.2) 12](#_Toc198070993)

[Задача 16](#_Toc198070994)

[Литература 18](#_Toc198070995)

# **Задание**

* Провести анализ БЖД на участке газового и плазмохимического травления.

# Анализ БЖД:

# Декомпозиция анализируемых объектов

* 1. Предмет труда (исходные материалы): Полупроводниковые пластины (кремний и др.); Газы для травления: фторсодержащие (SF₆, CF₄), хлорсодержащие (Cl₂, HCl), кислород (O₂), аргон (Ar).
  2. Средства труда: Установка, предназначенная для удаления частиц с материала в среде реактивной плазмы (вакуумная камера, инертные и реактивные газы), газовые баллоны, система подачи газа, вакуумный насос, система управления технологическим процессом, вентиляция, контрольно-измерительные приборы, источник питания.
  3. Продукт труда: полупроводниковые пластины с вытравленным слоем под последующие технологические процессы.
  4. Рассмотрим технологический процесс на примере газового и плазмохимического травления:
     1. Внешний осмотр;
     2. Проверка соответствия монтажа принципиальной схеме.
     3. Проверка отсутствия внешних повреждений.
     4. Проверка наличия заземления настраиваемой и всей используемой аппаратуры.
     5. Калибровка приборов.
     6. Проверка цепей питания на короткое замыкание. Пользуясь омметром измерить сопротивление цепей питания на короткое замыкание.
     7. Проверка режимов по постоянному току. Включить аппаратуру в соответствии с определенной схемой, пользуясь вольтметром и амперметром измерить режим схемы по постоянному току.
     8. Установка пластины в рабочую камеру;
     9. Вакуумирование камеры;
     10. Напуск рабочего инертного газа и реактивного газа;
     11. Зажигание плазмы;
     12. Контроль параметров проведения технологического процесса;
     13. Остановка процесса;
     14. Удаление газов из рабочей камеры;
     15. Разгерметизация установки;
     16. Извлечение пластины.
  5. Производственная среда. Отдельное помещение с травильной камерой с местной вентиляцией в виде бортовых отсосов. В помещении установлены параметры микроклимата, запыленности, аэродинамических и шумовых характеристик, освещенности и теплового режима рабочих мест, пожаровзрывоопасности производства и безопасности работы электроустановок (гермозона, ЧПП с классом чистоты воздушной среды 100000 – подходит для сборки электронных компонентов).
  6. Природно-климатическая среда. Средняя полоса России, г. Зеленоград.  
     Характеристики и параметры НВ (наружного воздуха) по данным метеостанций (г. Истра, г. Дмитров, г. Клин, Лосиный остров).

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры и характеристики НВ | Периоды года | | | |
| ТПГ (теплый период года) | | ХПГ (холодный период года) | |
| Температура, °С  Отн. влажн., %  Запыл., мг/м3  Солн. рад., Вт/м2  Водность тумана и дождей, г/м3  Снежность метелей, г/м3  Скорость ветра, м/с  Газосодержание (примеси вредных газов), г/кг | 19 - 27  46 - 67  0,7 - 1,2  180 - 220  0,172 - 4,3  -  3,2 - 6,4  0,006 | 18 – 26  45 - 68  0,8 - 1,3  180 - 220  1,0 - 4,5  -  3,3 - 6,8  0,009 | −14 - −25  67 - 83  0,9 - 4,3  20 - 40  0,34 - 2,7  2,3 - 6,3  2,7 - 7,8  0,002 | −10 - −24  65 - 85  0,9 - 5,0  19 - 40  0,3 - 3,1  4,3 - 7,0  2,3 - 12,0  0,006 |

* 1. Флора и фауна. Требования к помещению и технологическому процессу исключают наличие представителей флоры и фауны на рабочем месте и в помещении в целом.
  2. Люди. К самостоятельному выполнению работ, связанных с использованием средств технологического процесса по травлению, допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинский осмотр, обучение и аттестацию на право работ по травлению, инструктаж по технике безопасности с отметкой в журнале инструктажа, имеющие 1 квалификационную группу по электробезопасности.

# Составление перечня факторов обитаемости

* 1. Физические:
     1. Электроопасность;
     2. Пожароопасность;
     3. ВЧ/СВЧ-излучение;
     4. Вакуум;
     5. Микроклимат;
     6. Шум;
  2. Химические:
     1. Хлор Cl₂ – Оказывает раздражающее воздействие на глаза и органы дыхания. При вдыхании вызывает судорожный, мучительный кашель. В тяжелых случаях происходит спазм голосовых связок, отек легких – II класс опасности.
     2. Соляная кислота HCl – Высококонцентрированная соляная кислота представляет собой едкое вещество. При попадании на кожу вызывает сильные химические ожоги. Особенно опасным считается попадание в глаза (в значительном количестве) – III класс опасности.
     3. Фтороводород HF – обладает резким запахом, очень ядовит, дымит на воздухе (вследствие образования с парами воды мелких капелек раствора) и сильно разъедает стенки дыхательных путей – I класс опасности.
     4. Гексафторид серы SF₆ – инертный газ, обладающий отличной изоляцией и не поддающийся воспламенению. Чистый SF6 нетоксичен, но после электролиза выделяет высокотоксичное вещество, способное вызвать рак и значительный вред печени – IV класс опасности.
     5. Тетрафторметан CF₄ – нетоксичен, но при длительном вдыхании воздуха с низкими концентрациями возможен наркотический эффект. При вдыхании воздуха с большими концентрациями возможно кислородное голодание и развитие симптомов, сходных с высотной болезнью — сопровождающиеся головной болью, помутнением сознания, тошнотой, головокружением. При контакте с кожей сжиженного тетрафторметана возможно обморожение печени – IV класс опасности.
     6. Кислород O₂ – бесцветный, безвкусный и не имеющий запаха газ при стандартных условиях температуры и давления. Длительное вдыхание чистого O2 может иметь опасные последствия для организма. Безопасно длительно дышать при обычном давлении смесями, содержащими до 60% O2 – IV класс опасности.
     7. Аргон Ar – инертный одноатомный газ без цвета, вкуса и запаха. Может вызвать наркотическое воздействие на организм (при давлении >2 атм). Содержание аргона в высоких концентрациях во вдыхаемом воздухе может вызвать головокружение, тошноту, рвоту, потерю сознания и смерть от асфиксии – IV класс опасности.
  3. Биологические:
     1. Вирусы, бактерии, грибки, разносчиками которых могут быть люди, работающие в производственном помещении.
  4. Психофизиологические:
     1. Монотонность труда;
     2. Повышенная напряженность (значительная длительность сосредоточенного внимания).
     3. Перенапряжение зрительных анализатор от долгой зрительной нагрузки.

# Количественная и качественная оценка факторов обитаемости (фактические значения факторов, получаемы при измерении приборами, на основе экспертных оценок)

* 1. Напряжение питающих цепей оборудования: от 220 В до 380 В переменного тока, ток потребления — от 0.5 до 20 А.
  2. Температура рабочих поверхностей и оборудования:  
     — Фактическое значение: до 80–100 °C вблизи источников плазмы.  
     — Качественная оценка: возможны ожоги при контакте, тепловое излучение.
  3. Величина поверхностной плотности потока энергии (ППЭ) СВЧ и ВЧ-излучения:  
     — Фактический диапазон: 0.5–5 Вт/м² (в нормальных условиях) при допустимом — не более 10 Вт/м².  
     — Качественная оценка: ВЧ/СВЧ излучения в диапазоне 13,56 МГц и выше могут вызывать тепловые эффекты.
  4. Уровень звукового давления (шум):  
     — Фактический уровень: 75–90 дБА, при работе вакуумных насосов, плазмотронов и вытяжной вентиляции при допустимом —до 80 дБА.  
     — Качественная оценка: превышение вызывает утомление, головные боли, снижение внимания.
  5. Рабочий диапазон давления: от 10⁻² до 10⁻⁵ Па (внутри камеры). При утечках возможна декомпрессия.
  6. Параметры микроклимата в помещении изменяются в пределах:
     + 1. = °С;
       2. = (;
       3. = ( м/с;
       4. уровень ионизации, , ионов в 1 см3 воздуха;
       5. число частиц размером 0,5 мкм = в 1 дм3 воздуха.
  7. Освещение рабочего места изменяется в пределах лк. Норма – 300 лк.
  8. Концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны:  
     При нарушении герметизации/вытяжки возможны превышения значений. Газы I–III классов опасности (HF, HCl, Cl₂) — сильные раздражающие и токсические вещества. Требуют СИЗ и локальной вентиляции.

# Сравнение результатов оценки факторов с нормами и допустимыми значениями с целью выявления опасных и вредных производственных факторов (по действующим в настоящее время ГОСТам и СНиПам с соответствующими дополнениями)

* 1. Согласно СаНПиН 2.2.4/2.1.8055-96, электромагнитные поля в диапазоне частота 300 МГц - 300 ГГц оцениваются по поверхностной плотности потока энергии (ППЭ) и создаваемой им энергетической нагрузке (ЭН). Допустимая ППЭ не должна превышать 200,0 мкВт/см2.
  2. Согласно ГОСТ Р 50766-95:
     1. Максимальное число частиц в одном дм3 (литре) воздуха размером 0,5 мкм не должно превышать 3520.
     2. Параметры микроклимата должны соответствовать значениям:
        1. °С;
        2. ;
        3. м/с (на рабочих местах);
        4. м/с (у пола);
        5. избытки явного тепла не должны превышать 23 Дж/м3;
        6. минимально необходимый уровень ионизации (;), максимально допустимый уровень ионизации (;), где - число ионов в 1 см3 воздуха.
  3. Согласно ГОСТ 12.1.007-76, концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должны превышать :
     1. = 1 мг/м3;
     2. = 5,0 мг/м3;
     3. (HF) = 0,5 мг/м3;
     4. = 6000 мг/м3;
     5. (CF₄) = 1000 мг/м3.
     6. (O₂) – при концентрации свыше 60% – опасен.
     7. (Ar) – не нормируется.
  4. Согласно ГОСТ 12.1.038 - 82, ток промышленной частоты 50 Гц:
     1. 0,5…1,5 мА - пороговый ощутимый;
     2. 10…15 мА - пороговый неотпускающий;
     3. 100 мА - смертельно опасный.
  5. Согласно ГОСТ 12.1.004-91, допустимый уровень пожарной опасности для людей должен быть не более воздействия опасных факторов пожара, превышающих допустимые значения в год, в расчете на человека (открытое пламя, повышенная температура, токсические продукты горения и термического разложения, пониженная концентрация кислорода и т.д.).
  6. Согласно ГОСТ 12.1.003-83, уровень шума на участках точной сборки не должен превышать 65 ДБ.
  7. Согласно СНиП 23-05-95, для обеспечения достаточной контрастности и видимости деталей при выполнении точных операций, что особенно важно в условиях, где требуется высокая точность и внимание к деталям, а также для выполнения работ высокой точности, наименьший уровень освещения должен быть равен:
     1. При искусственном освещении:
        1. = 150 лк (при общем освещении);
        2. = 500 лк (при комбинированном освещении).
     2. Так как в ЧПП класса 100000 допускается использование естественного освещения, то
        1. = 2,0/2,5 (при боковом освещении).
        2. = 5 (при верхнем или комбинированном освещении).
     3. При совмещенном освещении:
        1. = 1,0-1,5 (при боковом освещении);
        2. = 3-4 (при верхнем или комбинированном освещении).

# Интегральная оценка факторов условий труда

* 1. Выделение условий и их оценки в баллах 1-6 по таблице 1.2-1.3 из методических указаний исходя из данных из пункта 3:
     1. Температура воздуха – 3 балла.
     2. Относительная влажность – 2 балла.
     3. Скорость воздуха – 2 балла.
     4. Запыленность – 3 балла. (Запыленность до 5 мг/м3, при ПДК пыли ~ 3.0 мг/м3 получаем больше 1, но меньше 5 ПДК).
     5. Шум – 4 балла.
     6. Освещенность – 3 балла. (Ниже нормы в среднем в половину).
     7. Газовая нагрузка – 4 балла. (При потенциально возможной утечке 4 мг/м3 хлора или 2 мг/м3 фтороводорода ПДК превышается в ~4 раза)
     8. ВЧ/СВЧ-излучение – 3 балла. (Данных по ВЧ/СВЧ-излучению нету в таблицах, однако у нас есть размах возможных значений и ПДУ. На основании этого (максимальное излучение = 0.5 ПДУ), а также того факта, что излучение почти постоянно – выставлена экспертная оценка в 3 балла)
     9. Монотонность труда – 2 балла. (Порядка 9 приёмов, время тоже соответствует оценке в 2 балла)
     10. Зрительная нагрузка – 4 балла. (Работа ВТ)
  2. Расчет интегральной оценки факторов условий труда
     1. Максимальный балл – 4.
     2. Значение интегральной оценки ~ 44.8 балла.
  3. Определение категории тяжести труда.
     1. Согласно таблице, балл в 44.8 балла соответствует III категории тяжести труда – Относительно дискомфортные условия труда.

# Выбор принципов и методов (А, Б, В, Г), разработка мероприятий, выбор и расчет средств защиты, работающих от опасных и вредных факторов (согласно составленному перечню, см.п.2)

* 1. Для защиты работника участка газового и плазмохимического травления от вредных и опасных факторов необходимо воспользоваться Г методом (комбинация мероприятий А, Б, В методов);
  2. Принципы улучшения условий труда перечислим по группам:
     1. Технические:
        1. Производственное помещение должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией с системой фильтрации химически активных газов (кратность воздухообмена — не менее 10 объемов в час по схеме «сверху вниз», с организацией локальных отсосов из зоны травления).
        2. Очистка воздуха, подаваемого в помещение, должна быть с 2-х ступенчатой фильтрацией:   
            1 ступень — на входе в кондиционер с предфильтрами грубой очистки для задержания крупной пыли и аэрозолей.  
            2 ступень — перед воздухораздаточными устройствами – фильтры с химически активной загрузкой (на основе активированного угля или нейтрализующих сорбентов) для удаления паров HF, Cl₂, HCl и других токсичных газов.
        3. Необходимо обеспечить герметизацию производственного помещения на воздухопыленепроницаемость, максимальную защиту от теплопоступлений летом и теплопотерь зимой.
        4. Необходимо обеспечить избыточное давление отфильтрованного кондиционированного воздуха относительно соседних помещений, не менее 20 Па, устройство скрытых промпроводок и специальную внутреннюю отделку помещений из непылящих пыленепроницаемых и пылеотталкивающих, а также газонепроницаемых, химически стойких материалов материалов.
        5. Запрещается производить в ЧПП ручную пайку паяльниками без местных отсосов, обеспечивающих полное удаление аэрозоли из зоны пайки.
        6. Системы вентиляции и кондиционирования воздуха должны быть оборудованы звуко- и вибропоглощающими устройствами в целях снижения общего уровня шума.
        7. Травление следует проводить в экранированных комнатах с применением СИЗ (защитные очки и спецодежда из радиозащитной ткани).
        8. Все электрооборудование напряжением более 36 В должно быть заземлено, общие сопротивления заземленных проводов и защитного контура заземления предприятия не должно превышать 4 Ом.
        9. Непрерывный отвод зарядов с.э. (статического электричества) с тела человека обеспечивается контактом обуви с полом, при этом нижний предел электрического сопротивления обуви должен составлять Ом; перед началом работ по регулировке необходимо одеть заземляющий браслет для снятия с. э. (ручное устройство) с R = 1 МОм.
        10. Освещение на рабочем месте должно быть совмещенным:   
             - наличие естественного освещения предотвратит наступление светового голодания, ухудшения самочувствия и снижения работоспособности;   
             - наличие искусственного освещения позволит обеспечить необходимую освещенность на рабочем месте в тех случаях, когда недостаточно или отсутствует естественное освещение.
        11. В целях снижения рисков проявления угроз жизни и здоровью человека – ввести системы автоматического контроля проведения процесса травления, для прерывания данного процесса, в случае аварии, без необходимости дополнительного вмешательства человека, а также с целью автоматической вытяжки газов из области травления в случае аварии для снижения риска заражения работника химикатами.
     2. Организационные:
        1. К самостоятельному выполнению работ, связанных с использованием средств технологического процесса по травлению, допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинский осмотр, обучение и аттестацию на право работ по травлению, инструктаж по технике безопасности с отметкой в журнале инструктажа (не реже 1 раза в 3 месяца), имеющие 1 квалификационную группу по электробезопасности.
        2. Рабочие должны хорошо знать:   
            - порядок работы по травлению, опасные моменты и способы их предупреждения;  
            - профессиональные вредности, что могут возникнуть при работе и методы борьбы с ними;   
            - меры оказания первой помощи при ожогах, поражениях эл. током и других несчастных случаях;   
            - противопожарные инструкции, первичные средства пожаротушения и пользование ими.
        3. Рабочий может выполнять только ту работу, которая ему поручена и при условии, что способы безопасного выполнения ее им усвоены.
        4. При работе в помещении должно находиться не менее 2-х человек, при этом один из них назначается старшим.
        5. Необходимо соблюдать требования электронной гигиены на рабочем месте (личная гигиена, гигиена технологической одежды, недопустимость хранения и применения пищи, курения на рабочем месте, уборка производственных помещений в соответствии с установленным графиком и т. д.).
        6. Необходимо соблюдать режим труда и отдыха, т.к. работа специалиста по травлению отличается монотонностью, значительной длительностью сосредоточенного внимания (регламентированные перерывы в работе).
     3. Эргономические
        1. Рабочие места и оборудование по своим параметрам должны соответствовать современным требованиям эргономики.
        2. Окраска рабочей зоны должна решаться с учетом создания цветовых контрастов между зоной, оборудованием и деталями; а также с учетом воздействия на психику человека, на его эстетическое восприятие (изменяется состояние зрительного анализатора, самочувствие, настроение, а следовательно, и работоспособность человека).
        3. Все экраны и прочая индикация о выполнении процесса травления должны находится в зоне рационального размещения органов управления, а также в рамках восприятия зрительных анализаторов:   
            – в области различения символов (+-30 градусов горизонтально);   
            – в области максимального поворота глаз (+-25 градусов вертикально);
     4. Экономические:
        1. Поощрение работодателей за улучшение условий труда и сохранение здоровья трудящихся.

# Задача

Задание 3 – Вариант 8

* Определить количество удаляемого через вытяжной зонт воздуха при следующих значениях исходных данных:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Размеры источника вредных выделений | | Высота от источника вредных выделений до нижнего края зонта *h*, м |
| Ширина *a*, м | Длина *b*, м |
| *0,8* | *0,8* | *0,7* |

Решение:

Объем удаляемого воздуха *L* (м3/ч) определяем по формуле (1).

, (1)

где *F* - площадь открытых проемов, щелей, м2;

*v* - скорость воздуха в проемах и отверстиях, зависящих от типа вытяжного устройства и характера вредных веществ, м/с.

Размеры зонта связаны с размерами источника вредности соотношением (2):

, (2)

где *a, b* - стороны перекрывающейся поверхности;

*h* - расстояние от рабочей плоскости до входного сечения, м.

Следовательно:

*A* = 0,8 + 0,8 ⋅ 0,7 = 1,36 м;

*В* = 0,8 + 0,8 ⋅ 0,7 = 1,36 м.

Тогда, площадь проема зонта F= A ⋅ B и составляет ≈ 1,85 м2.

При удалении влаги скорость воздуха v в горизонтальном сечении зонта составляет 0,15 - 0,25 м/с. Примем v = 0,25 м/c.

Тогда величина необходимого воздухообмена будет равна:

*L* = 3600 ⋅1,85 ⋅ 0,25 = 1665 м3/ч*.*

Ответ: *L* = 1665 м3/ч*.*

# Литература

1. Статья – Плазмохимическое травление [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gn-tech.ru/tekhnologii/plazmokhimicheskoe-travlenie> (дата обращения: 13.05.2025)
2. Статья – Классы чистоты чистых помещений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sanbela.ru/klassyi-chistotyi-chistyih-pomeshheniy> (дата обращения: 13.05.2025)
3. Статья – Применение плазмохимической обработки в производстве печатных плат [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tech-e.ru/plazma.php> (дата обращения: 13.05.2025)
4. ГОСТ 12.1.003-83: «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности»
5. СНиП 23-05-95: «Естественное и искусственное освещение»
6. ГН 2.2.5.686-98: «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны»