

1140 - 12 человек

Лекция 2
14.02.2015 1

Силовые полупроводниковые приборы.

1142 + 6 человек

Должно знать на уровне пользователя.

1143 + 3 человека + 1 человек + 1 человек

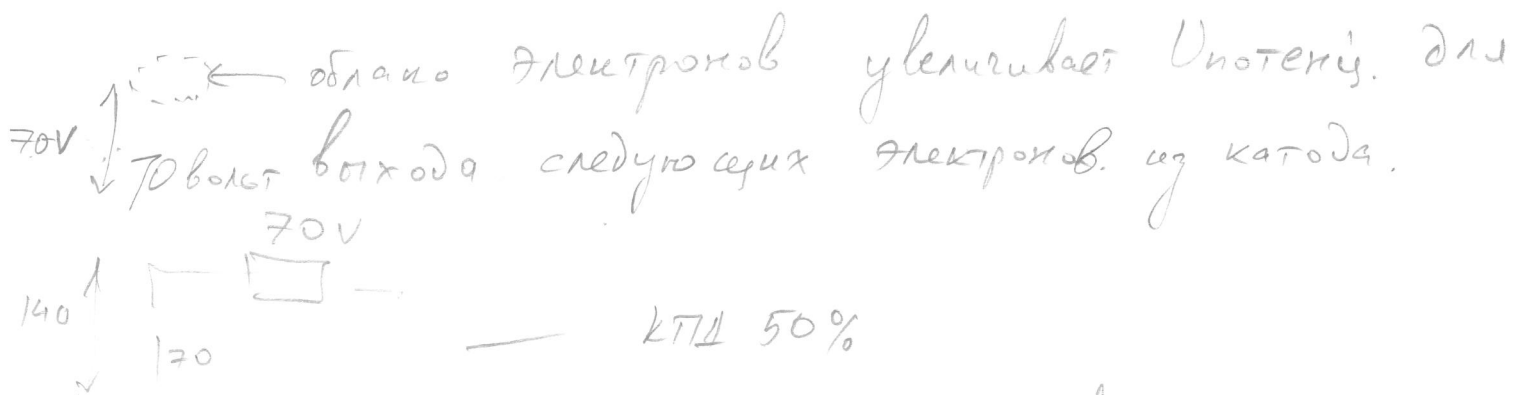
Первым прибором был электровакуумный (кенотрон)



может быть ить накала
с помощью
катод - термоэлектронной эмиссии испускает электроны

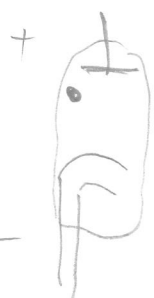
Энергия выхода электрона из металла.

Долговечность определялась долговечностью катода



← можно можно регулировать ток.
← сетка, создает либо отталкивающую либо
притягивающую ионы

Ионные приборы



пространство заряжено нейтральном газом
газотрон, если с сеткой тиротрон
с индий ртутным катодом
Экситрон
ЭГЗи

Сталкиваясь с нейтральными молекулами — расширяется + ионы. Плазма электрически нейтральна

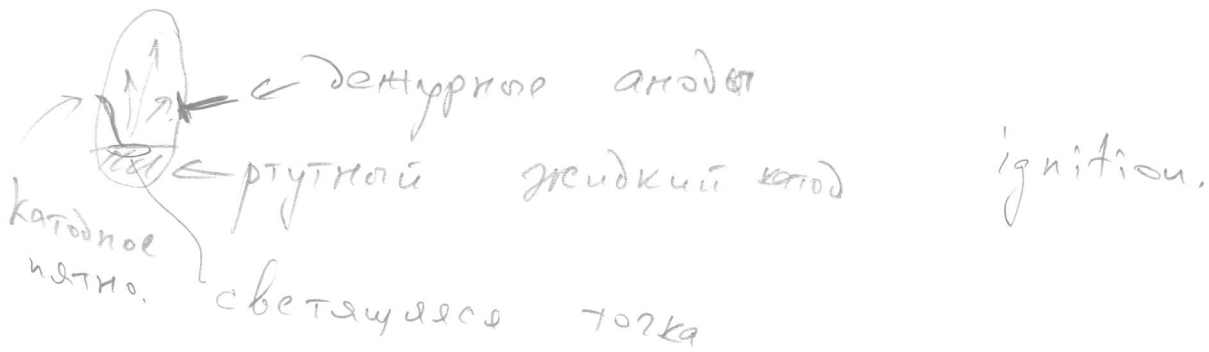
18-20 вольт

Позволила создавать электрически нейтральную

1155

Килоампер — не нагревается, можно параллельно.

20 В, 1000 А, = 20 кВт., в воде



чтобы пятно существовало 3-6 А.

3,5 кВ, 500-1000 А

Управляющая сетка V_+ — обеспечивает протекание тока прибора

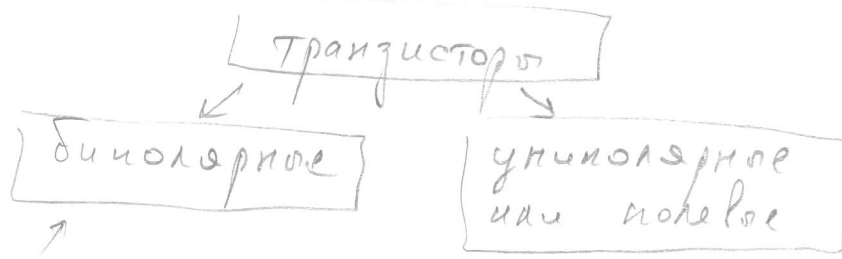
V_- — препятствует протеканию тока как только появилась ионизация, сетка перестала работать.

Попытка заблокировать сеткой, не может правдо! плазма оттекает сетку и блокирует её потенциал.

30-е годы прошлого века

1203

использовались электромагнитные преобразователи вместо этого — статические преобразователи.



2 типа электронов зарядов
электронов и дырки.



основной ток течет
через р-и переход
кремниевые

вот ток обеспечи-
вается одним типом.

теперь по каналу

или n-типа

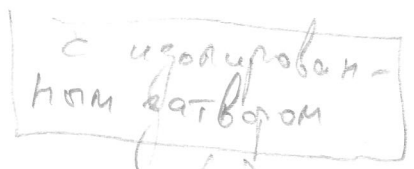
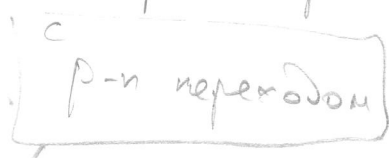
или p-типа

Энергетический ток не
течет

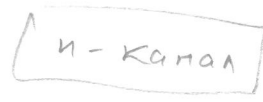
р-и переход в цепи управления

р-и
вначале

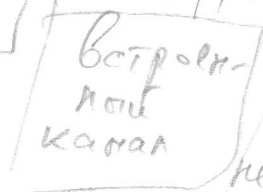
и-и
сейчас



по типу канала

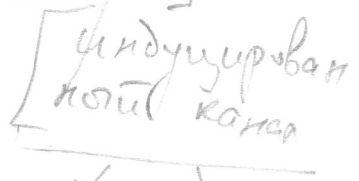


р, и - канал



при изготовле-нии

n
p



n
p

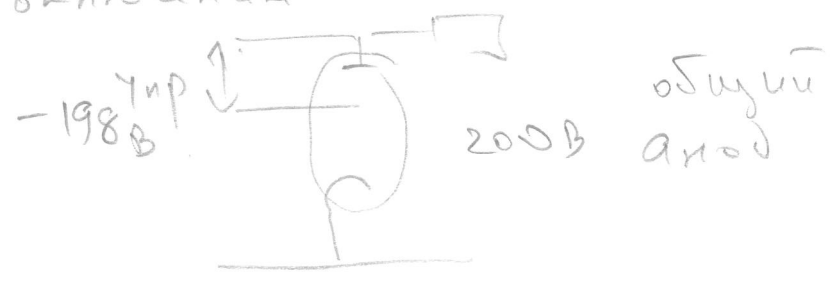
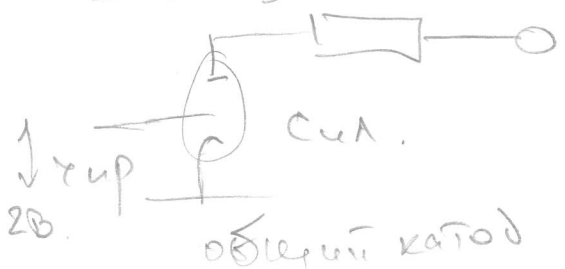
можно продолжать дальше
качественным признакам

разбивать

но «валиди-»

Во всех приборах связано электрически управление и
силовая часть

Есть 3 схемы включения

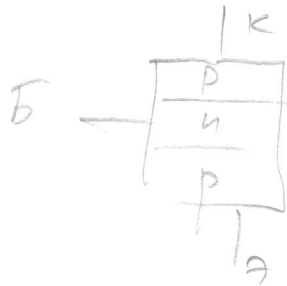




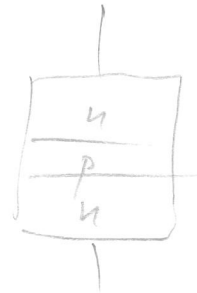
Биполярные

транзисторы

1215



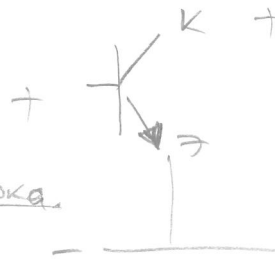
исторически
первый



УГО



направление
тока



как в
электронном
приборе

Катодный повторитель \equiv эмиттерный повторитель
по мощности
зависит входное, выходное сопротивление.

Принято считать условное движение электро-
нов зарядов, стрелка показывает



входной управляющий ток.

коэф. α и β .

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

усиления
в схеме

общая база (общая сетка)

общая катод - наибольший
коэф. передачи по мощности

Калибры и характеристики - все

1223

Лекция 2
14.02.2015

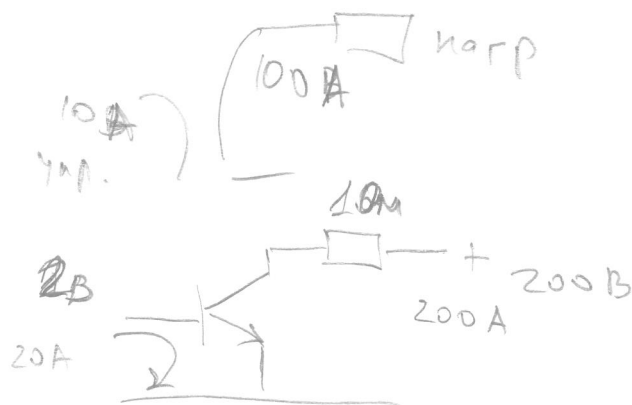
$\beta = 5$, у другого 50 тоже меняется, но надо
знать.

$$\alpha < 1; \alpha = 0,9 \rightarrow \beta = 9$$

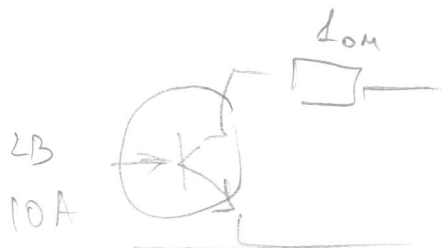
$$\alpha = 0,98 \rightarrow \beta = 45$$

Свойство прямо регулировать ток не исполь-
зуется. Либо максимально отпираем либо
максимально запираем. Тогда КПД ↑
чтобы открыть, то нужно

$\beta = 10$ (коэф. усиления по току.)



V_{1000} - я управляю



КПД 50% Транзистор сгорит

Управляя транзистором я должен давать заведомо
больше.

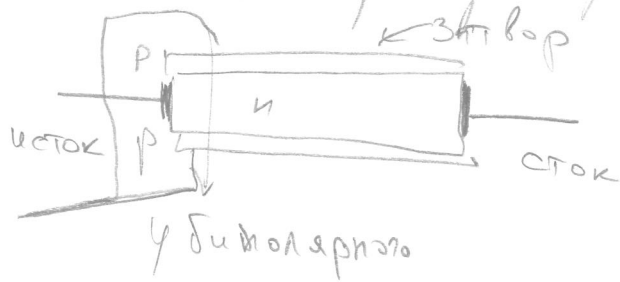
Неудобно - управляются током.

время выключения, время включения

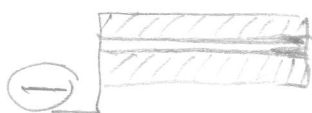
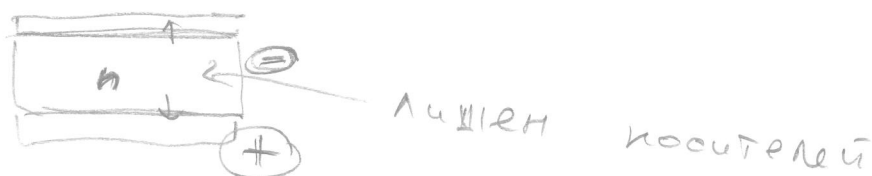
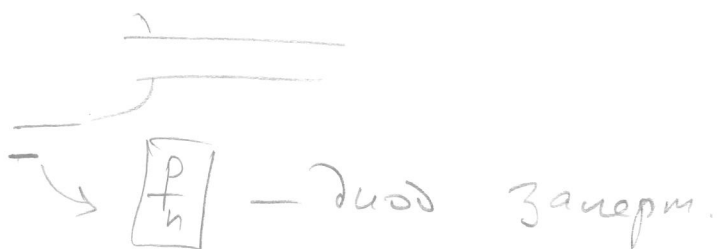
Лекция 2 6
14.02.2015

Полевые транзисторы

1233



Это может быть трубка.



$$R = \frac{\rho L}{S} \quad \text{— аналогия оправдывается}$$

Сопротивление растёт
канал уменьшается.

Характеристики полевых транзисторов

1240.

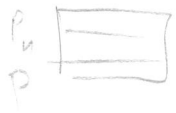


единственное исключение

100В · 10А, транзистор, коллектор на корпусе, встраивается в радиатор

ТКД
↓
кремниевый
дарлингтон

работать будет, но много
типовое сопротивление большое
концентрация носителей бружа



переключат.
Стала схема общий коллектор
инверсное включение, иногда используется в

Можно переключать, но его параметры будут
другими.

В силовой электронике не применяются



1250

$I_K = \beta I_B$ ← основное уравнение биполярного

↓
максимум
расчитан

на max ток нагрузки, а в нагрузке к.з.
транзистор вошел из каскада и сгорел

40A ↓ 400A Знают половина



мощность не нужна

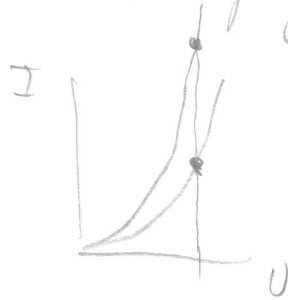


Для того чтобы подать,
к.з., двигатель взрывает и сжигает
транзистор не закрывается

Можно включать параллельно.

А полевые - как резисторы

≠ диодов



включать
если γ параллельно,
то большой разброс.

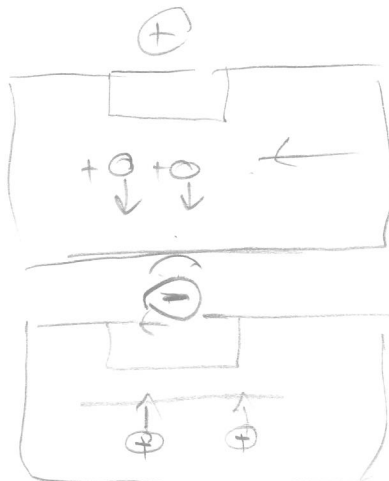
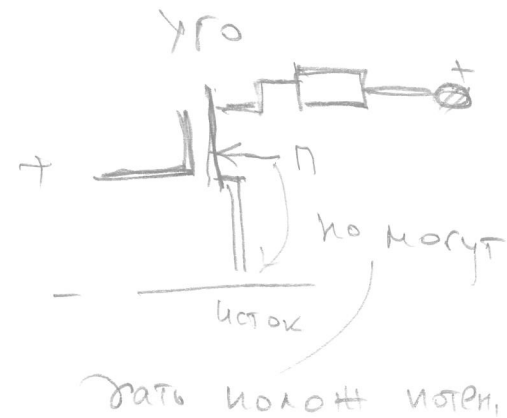
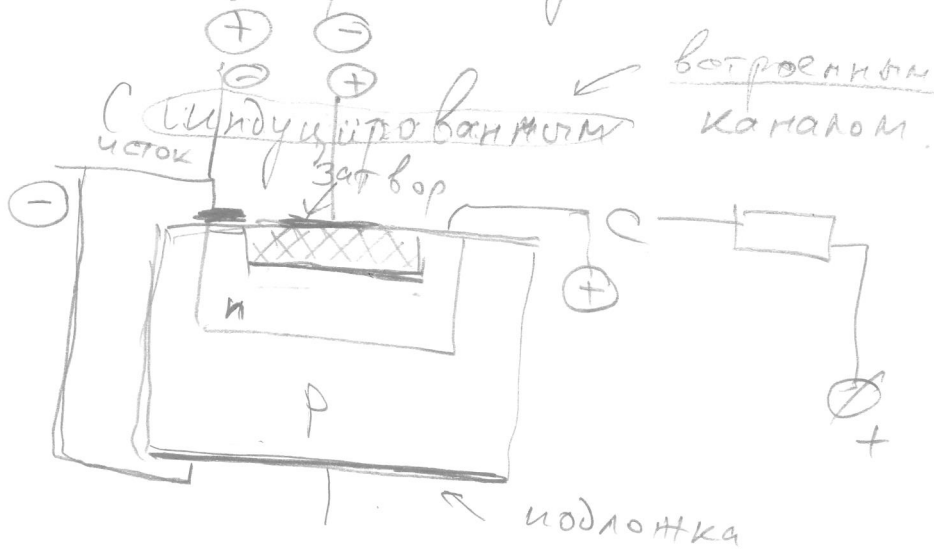
в числителях.

если сечение

отличается на 10%

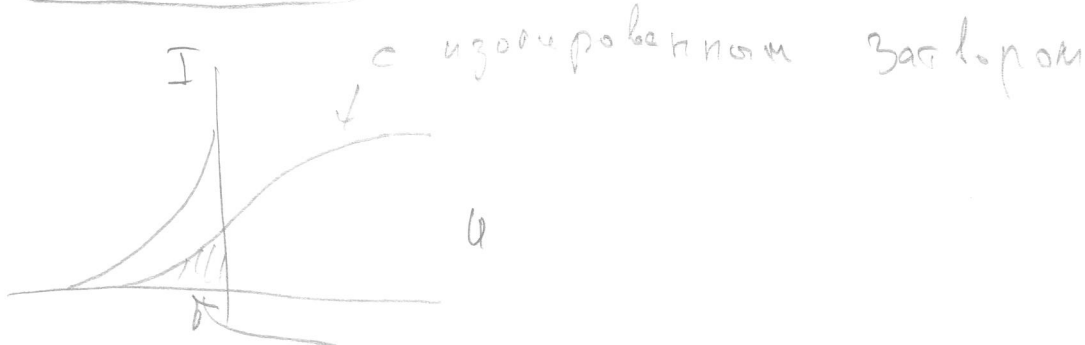
I отличается на 10%

Чтобы закрыть нужно подать сигнал

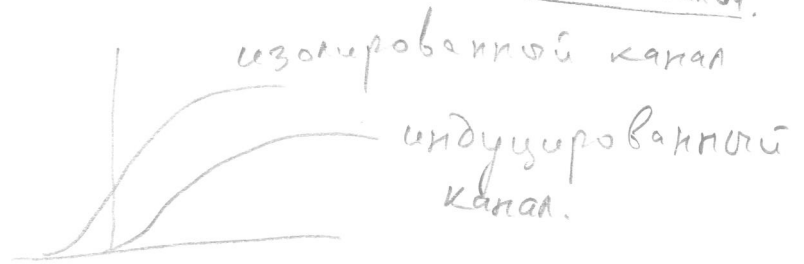
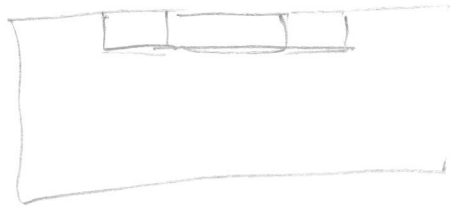


сечение канала увеличится

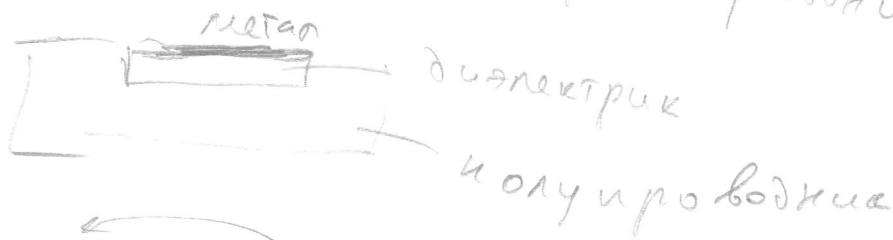
канал запирается.



С индуцированным каналом



МДП - металл диэлектрик проводник



МОП - окисел.

металл oxide semiconductor
MOS FET
field effect transistor

1315

П.А. Воронин.

Силовые полупроводниковые приборы

Семейства, характеристики, применение

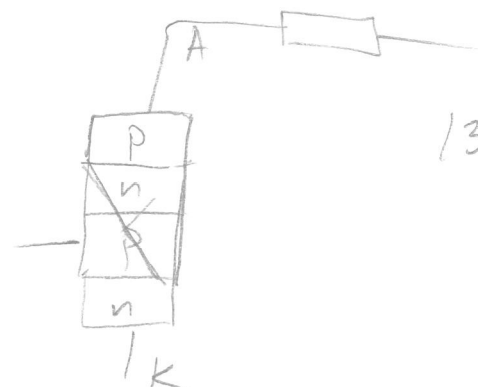
Недостаток - заставить работать в
ключевом управлении

Драйвер - надежное включение, надежное
выключение.

Тиристоры

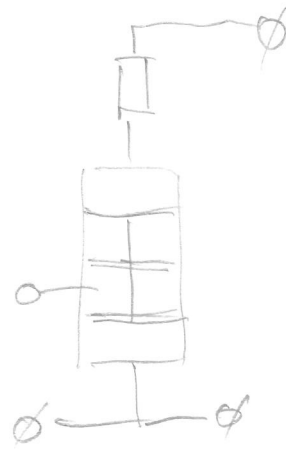
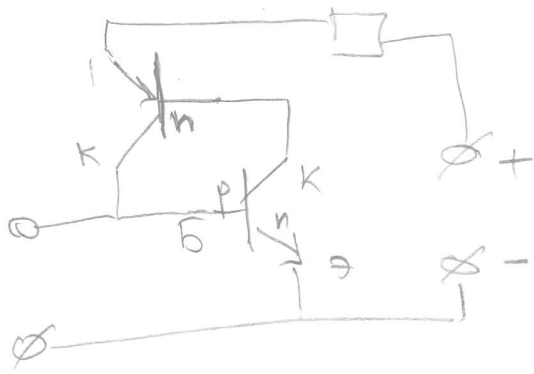
SCR - silicon

УЭ. Rectifier



1336

и зарисую эмиттерами
пару



нет обратного тока базой (нижнего) нет и у второго по правой ветке
а может быть в управления, но верхний цепь

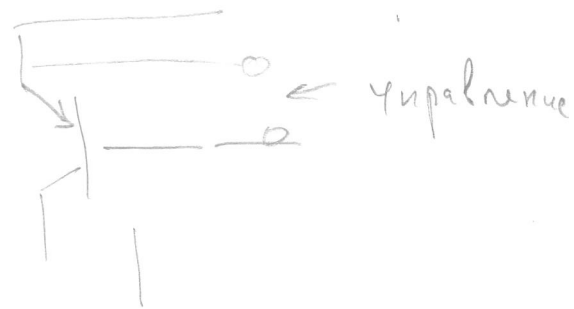
Транзистор закрыт.

Если подаем управляющий сигнал, то оба откроют друг друга.

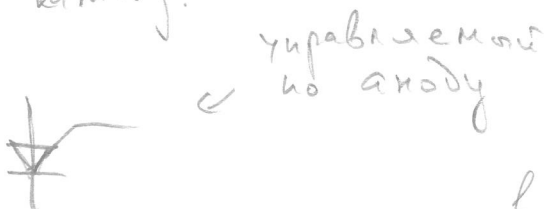
Как закрыть. — разорвать.



УГО
Управляющий электрод.



Тристор управляемый по катоду.

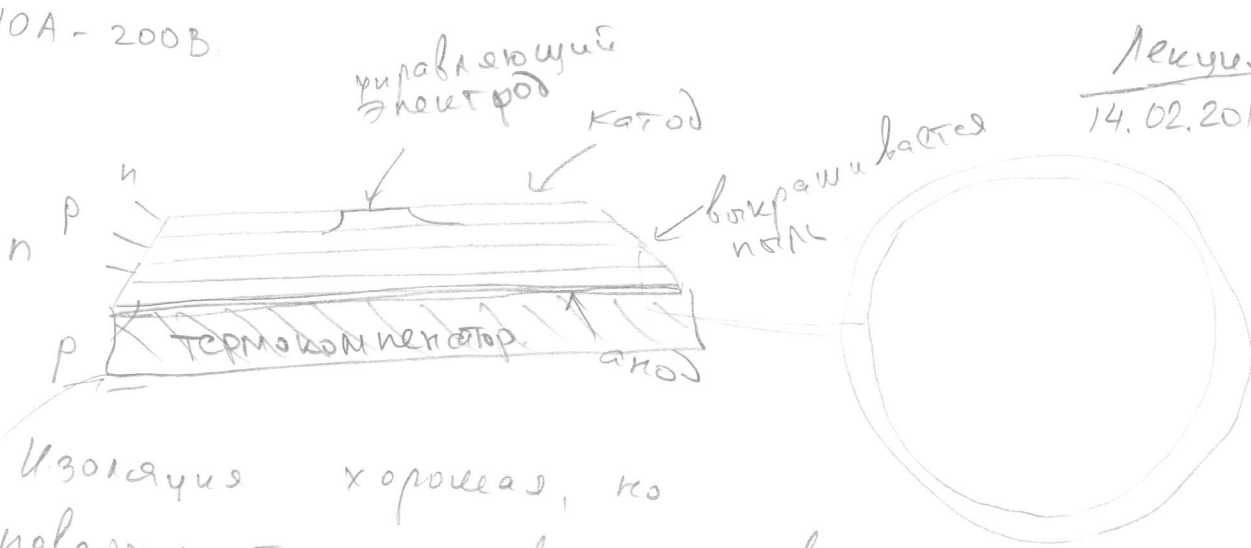


← управляемый по аноду

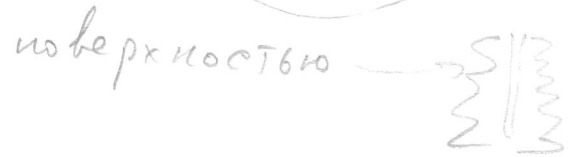
с 60х 1000В
160А

высокочастотный
80А 800В 200мс. — выключен
Т480-800-

Таблетки — 1000 ампер. 12-16 кг. охладитель. 1348



Изоляция хорошая, но поверхность - с развитой зависит от грез и ити покрывают каучуком молибденовая - вольфрамовая керамика.

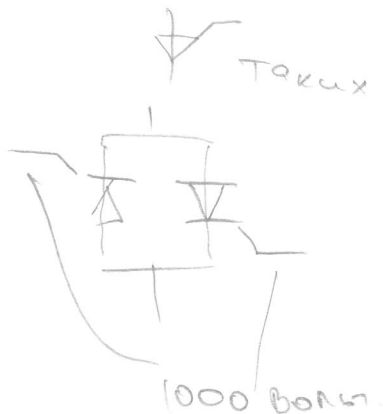


пластинка.

Электри если припасть к меди - деформация, растрескивается - температурная циклоустойчивость

Смешивают 2 металла - несилавляются, но хорошая металлургия, металл керамика, спаиваются.

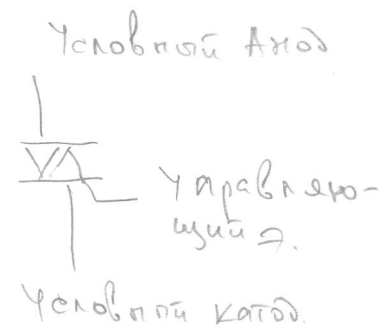
А молибден - медь \rightarrow решается таблеткой, сожнем таблетку.



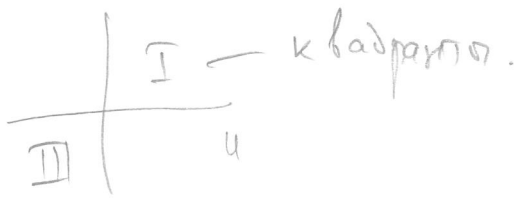
таких нем.

симметричный тиристор.

управляемой по аноду и управляемой по катоду



Симистор - говорится о квадратах управления.



Находят применение для регулирования потока или реверсивного тока 1965г лтом.

На Литейном проспекте семинар. Не соответствуют ожиданиям

В реверсивных используют 2 выпрямителя



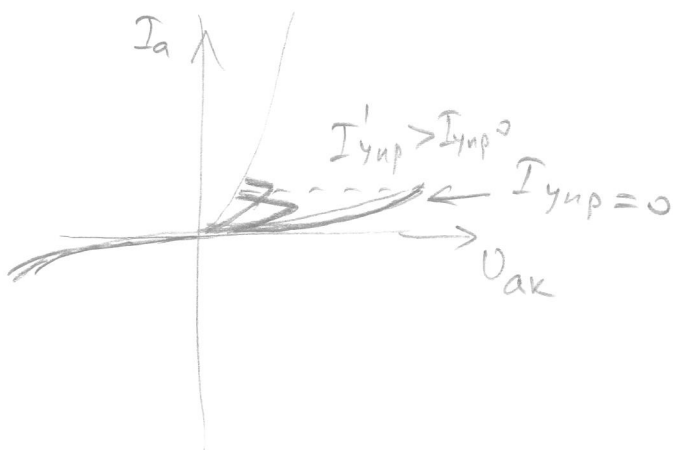
Если быстроедействие, то одни присадки, если КПД, то замедлились, улучшаем одно

IV ← отвод тепла, нелинейные характеристики

~~здесь всё симметрично~~ / здесь симметрии не получается.

В реверсивных преобразователях применения не имеют

Динамические св.ва тиристоров

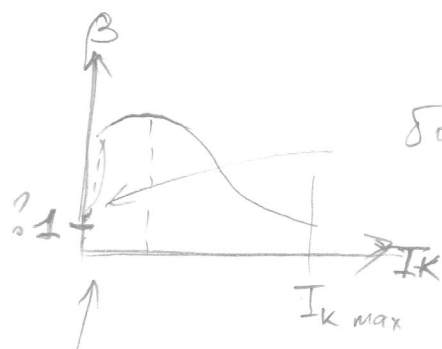


+ P_n } открыт
- P_n }
берет
все. низковольтной
прямой
р-и переход
Закр. P_n } берет во.
+

Обратная связь.

Лекция 2
14.02.2015 13

Коротко маленький ток даст.



Большее I или меньшее

при малых I_k - коэф β не определен

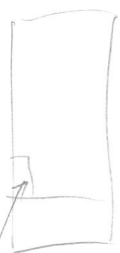
Существует пороговое $I_{порог}$ $U_{порог}$ когда транзистор не включится

Электрическая прочность.

Проводит опыты не безопасно

Переключение по аноду небезопасно.

По другому переключение по аноду.



выскабливание дорожки


I_{el} настигает проводимость \leftarrow в первый момент переключения.

Всё дело в том, как открывается $\frac{\partial i}{\partial t}$ при включении.

А если есть конденсатор, а потом отверткой закоротите, искра

это $\frac{\partial i}{\partial t}$ ограничивается индуктивностью, а если индуктивности нет

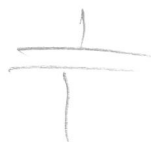
Поверхности подключения на эвольвенте

—  пройдёт будет здесь, для $\frac{di}{dt}$ нужно так делать

Скорости нарастания прямого напряжения



Заперт. Тонкий и плоский, напряжение было маленькое, стало больше \equiv конденсатор

 $i_c = C \frac{du}{dt}$ ток конденсатора, ^{про}текает

через нижний переход, может включиться раньше

$\left[\frac{di}{dt} \right]$ допустимое

$\left[\frac{du}{dt} \right]$ допустимое
 $t_{вкл}, t_{выкл}$

Кроме дискретных приборов существуют модули. Несколько приборов в одном корпусе.

2 оптронных тиристора, открываются светом

Схема Ларионов

2 IGBT транзистора

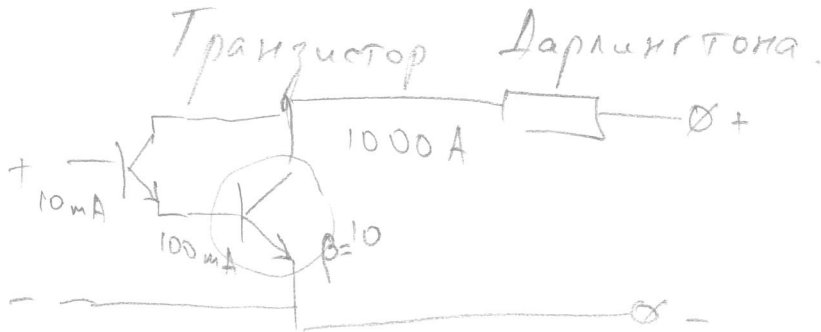
Для теплового расчёта $\Delta \theta \sim R_{теплового}$ (отводимой мощности)

$R = \text{Ватт/градус}$

Бериллиевая керамика, легкий токсичный
Na, Sr, а вместе.

Лекция 2
14.02.2015 15

Отделена Fe с помощью берил. кера.
для теплопроводности.



коэф. усиления > 100000

Можно наращивать и
далее

3, 4 штуки иногда больше

Тот ток коллектора.



плохое взаимодействие
у биполярного
а когда складываемся

У полевого транзистора тока не нужно

IGBT транзистор (биполярный транзистор
с изолированным затвором)
insulate gate

Затвора нет. Это модуль (из 4х транзисторов)

4х транзистор вредный

Структура всех приборов делается меньшей

быстродействующая, распространение проводимости
по объему.

первая ток, заряд не разбежались, он
включался.

В маленьком диоде все
процессы быстрее, жесткая структура.

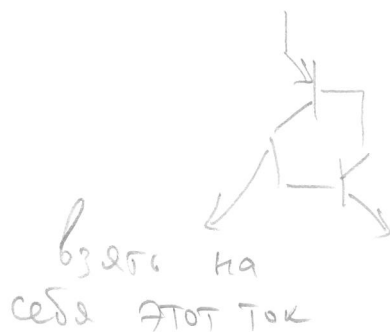
Ампер 200. 1800 В.

10 кГц. — Чим.

Каждый см. провода мешает получению высоких частот



Запираемый Тиристор



1000 А.



Изолятор а за изолятором
водонеп.

В маленьких тиристорах используется

2-5 — коэффициент включения

GTO — усиления по запертию
10 ÷ 15

GCT — 1000 А — буду включать 1000



IGBT — 8 мксек

1 мксек — время запертия

Быстро нарастают — много сегментов.

Силовой элемент — драйвер — табличка с десятком //

узел

по напряжению

MOSFET

по быстродействию
превосходят,

IGBT

по мощности
превосходит.

Лекция 2
14.02.2015 17

Модули $\overline{\text{IPM}}$ ← module
intellect power

} Система управления
вместе с силовыми
элементами. интеграция.