



Уральский
федеральный
университет

Электроника

Тема лекции: Электронно-дырочный переход

§ 1 Определение и классификация

Лекторы:

Елфимов Вячеслав Ильич

к.т.н., профессор каф. РЭИС

Дурнаков Андрей Адольфович

ст. преподаватель каф. РЭИС

Разработчики:

Елфимов В.И., Дурнаков А.А.

Тема 2.

Электронно-дырочный переход

- § 1. Определение и классификация $p-n$ переходов
- § 2. Равновесное состояние $p-n$ перехода
- § 3. Неравновесное состояние $p-n$ перехода
- § 4. ВАХ и ВФХ идеального $p-n$ перехода
- § 5. ВАХ реального $p-n$ перехода. Эквивалентные схемы
- § 6. Пробой $p-n$ перехода
- § 7. Туннелирование в сильнолегированных $p-n$ переходах

Электронно-дырочный (p - n) переход – это обедненная подвижными носителями заряда область на границе раздела полупроводников p - и n -типа, обладающая уникальными свойствами:

- содержит объемные заряды;
- является потенциальным барьером;
- обладает односторонней проводимостью;
- становится нелинейной управляемой емкостью;
- способна изменять концентрацию носителей заряда в прилегающих областях, на расстоянии диффузионной длины.



Структура $p-n$ перехода

Классификация p - n переходов

По материалу контактирующих веществ:

- p - n переход (обычно монокристалл);
- p^+ - p , n^+ - n – переходы между областями с различной концентрацией примеси одного типа;
- гетеропереходы;
- металл-полупроводник;
- металл-диэлектрик-полупроводник.

По закону изменения концентрации примесей:

- резкий или ступенчатый;
- плавный.

По соотношению концентраций примесей в областях:

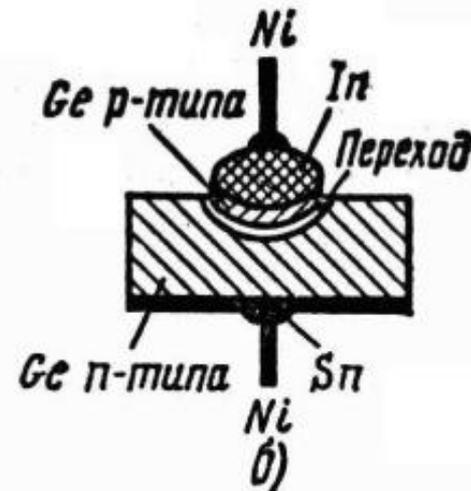
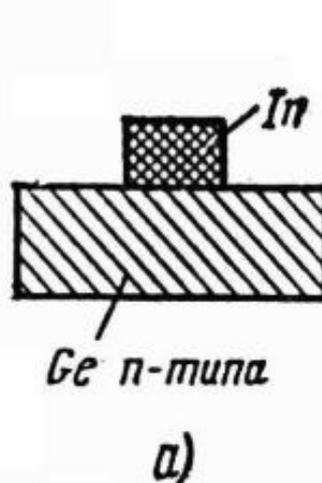
- симметричный;
- несимметричный.

По технологии производства:

- сплавной;
- диффузионный;
- эпитаксиальный.

Технология производства $p-n$ перехода Сплавной метод

Сплавные $p-n$ переходы относятся к числу резких (ступенчатых). Они имеют высокую надежность работоспособность при больших обратных напряжениях, малое собственное сопротивление p - и n -областей, что при прямом смещении $p-n$ перехода обеспечивает малое падение напряжения на них.



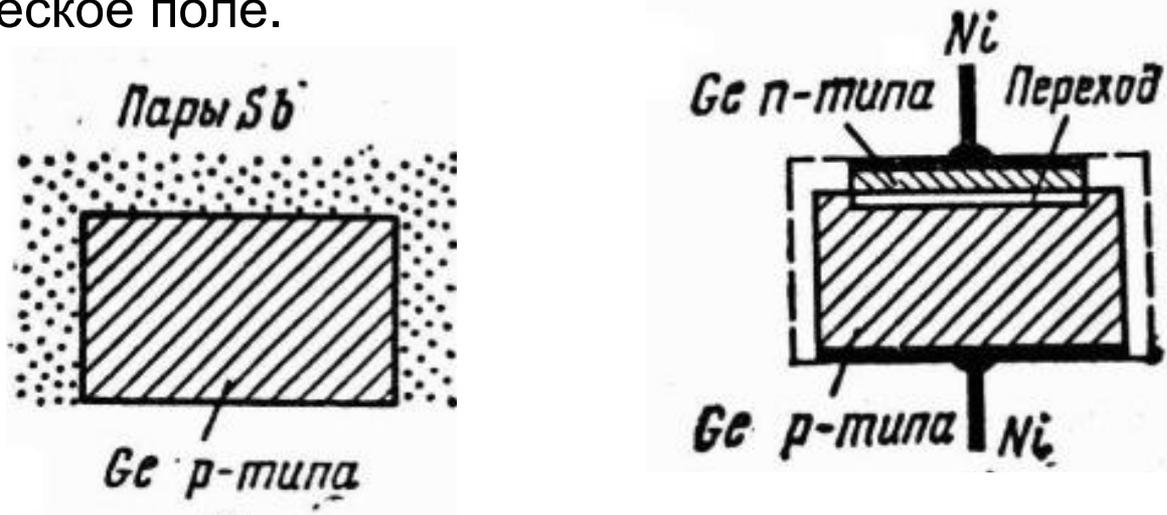
Этот технологический процесс широко применяют при массовом изготовлении сплавных диодов и транзисторов.

Диффузионный метод

Наиболее широко применяют высокотемпературную диффузию.

В диффузионном слое концентрация примесей уменьшается от поверхности вглубь кристалла по закону, близкому к экспоненциальному. При диффузии образуется плавный $p-n$ переход.

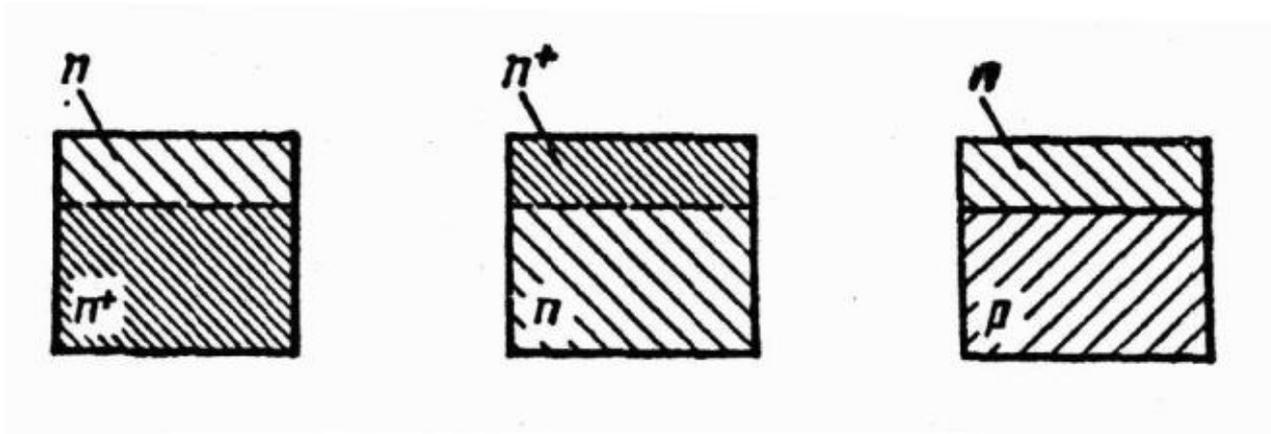
Ввиду неравномерного распределения примеси по толщине в области, полученной диффузией, имеется собственное электрическое поле.



Изготовление диффузионного перехода

Метод эпитаксиального наращивания

Эпитаксиальное наращивание – создание на монокристаллической подложке слоя полупроводника, сохраняющего структуру подложки. Изменяя тип примеси и условия выращивания можно в широких пределах изменять электрические свойства эпитаксиальной пленки. Наиболее распространенным способом эпитаксиального наращивания кремния является термическое восстановление его из тетрахлорида SiCl_4 .



Примеры эпитаксиального наращивания слоев

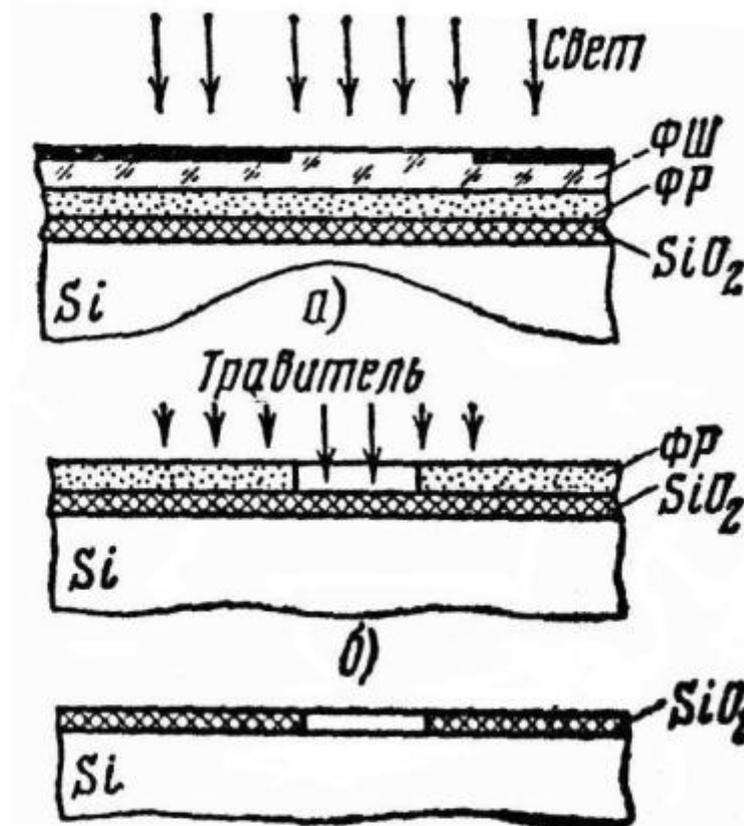
Планарная технология

Под *планарной технологией* понимают узкую совокупность технологических операций создания кремниевых полупроводниковых приборов и интегральных микросхем методами локальной диффузии с использованием оксидных масок – трафаретов, обеспечивающих избирательную защиту отдельных участков пластины – подложки.

Планарная технология

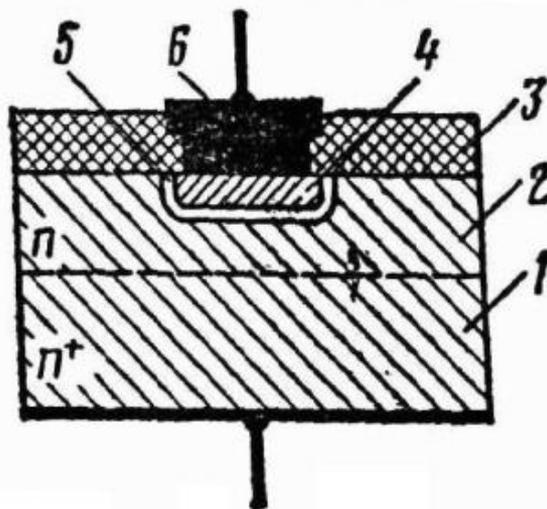
Оксидную маску получают методом фотолитографии.

Фотолитография – это процесс получения на поверхности пластины требуемого рисунка.



Планарная технология

Особенностью планарной технологии является то, что рабочие области полупроводникового прибора сложной структуры выходят на одну поверхность. Поэтому все выводы могут располагаться на одной грани кристалла, что весьма удобно при конструктивном оформлении транзисторов и интегральных микросхем.



Структура планарного перехода

Изготовление точечных переходов

Точечный переход образуется в месте контакта тонкого (диаметром 10–20 мкм) острия металлической иглы с кристаллом германия (редко кремния) в результате формовки. Через контакт пропускают несколько сравнительно мощных, но коротких импульсов тока. При этом приконтактная область сильно разогревается, кончик иглы сплавляется с полупроводником, и контакт приобретает стабильность и механическую прочность.

Образуется полусферический $p-n$ переход.

Изготовление точечных переходов



Структура точечного перехода

Выводы

- Принцип действия большинства полупроводниковых приборов основан на физических эффектах, происходящих в области контакта твердых тел.
- Область на границе раздела полупроводников p - и n -типа обладает уникальными свойствами.
- В структуре перехода можно выделить: металлургическую границу, область перехода (имеет толщину от 10^{-6} до 10^{-4} см в зависимости от технологии производства), нейтральные области, лежащие между областью пространственного заряда и границами полупроводников p - и n -типов и омические (невыпрямляющие) контакты.
- Разнообразные технологические методы производства позволяют получить p - n переходы с требуемыми параметрами.