

Белорусский государственный университет  
Факультет радиофизики и электроники  
Кафедра физической электроники

*Силициды переходных  
металлов в формировании  
барьера Шоттки*

Студента 3-его курса  
Конопляника И.В.

Руководитель:

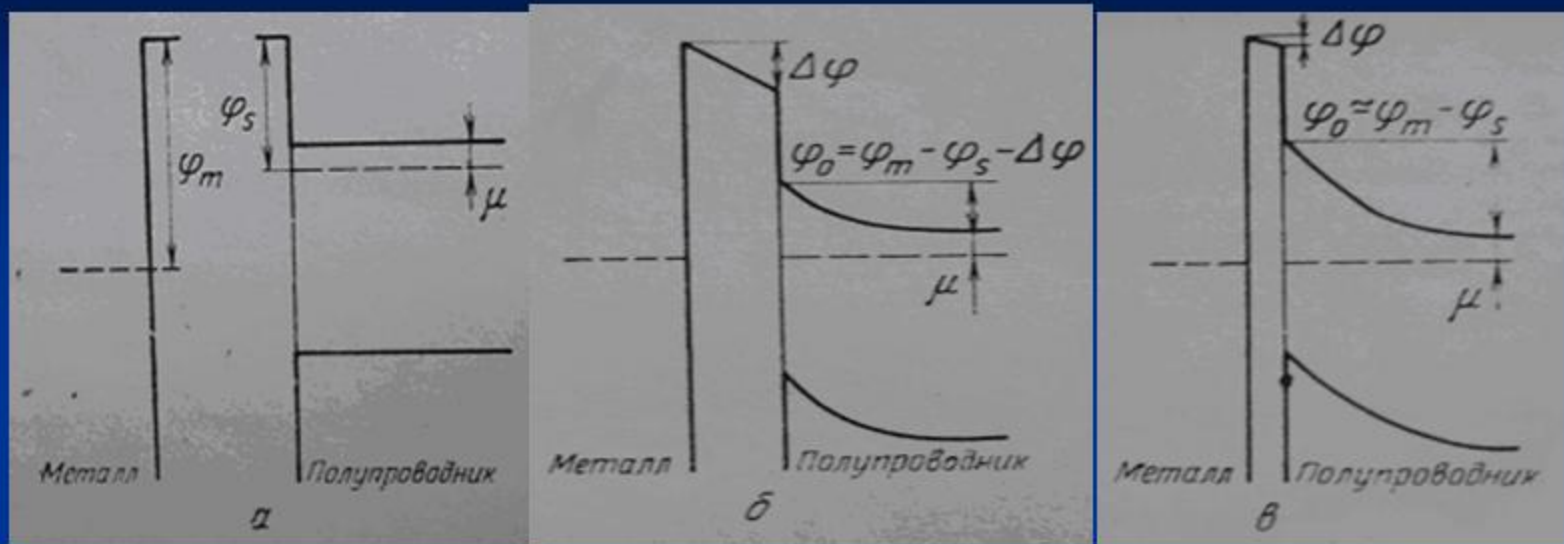
доктор ф.-м. наук, профессор КОМАРОВ Ф.Ф.

*Методы формирования  
СИЛИЦИДОВ*



В настоящее время благодаря своей простоте и универсальности получил широкое распространение лишь метод диффузного синтеза.

# *Контакт металл-полупроводник*



Различные стадии образования контакта металл-полупроводник (кремний n-типа, работа выхода из металла больше чем, из полупроводника).

Плотность заряда выражается формулой:

$$\rho(x) = e \left[ n_0 + p_0 e^{\varphi(x)/kT} - n_0 e^{-\varphi(x)/kT} \right]$$

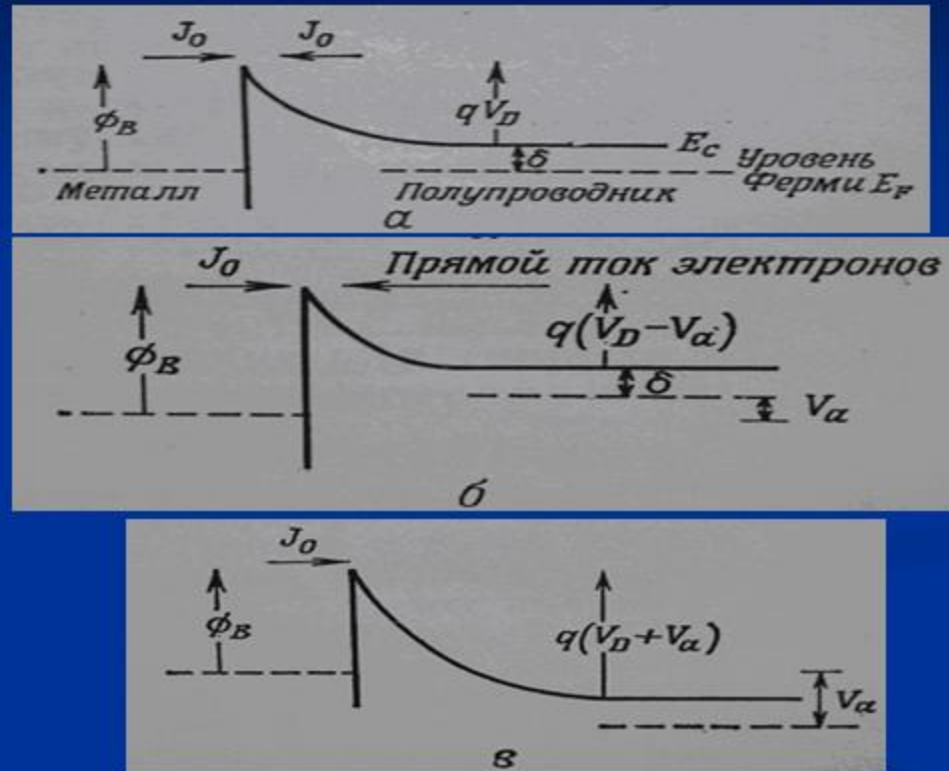
где  $\varphi(x)$  – энергия электрона, отсчитанная от дна зоны проводимости полупроводника;  $n_0$  и  $p_0$  – равновесные концентрации электронов и дырок в объёме полупроводника.

При малых изгибах зон справедливо приближение:

$$\rho(x) = en_0$$

В последнее время стали иногда учитывать вклад заряда основных носителей, который определяется третьим членом в общей плотности заряда.

# Свойства перехода металл-полупроводник

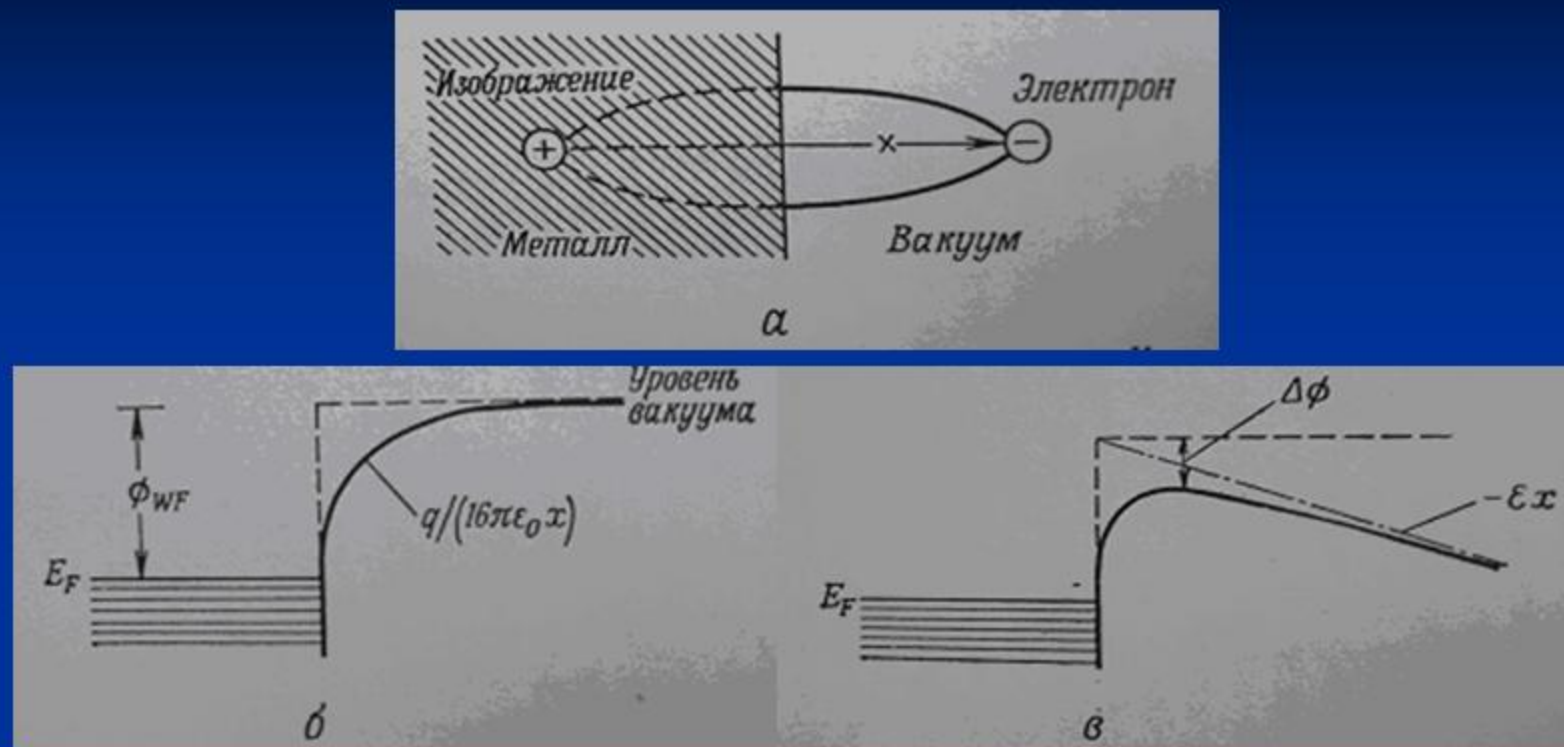


Энергетические диаграммы перехода металл-полупроводник. *а* – при нулевом смещении; *б* – при смещении возникает поток электронов из полупроводника через барьер  $(V_D - V_a)$ ; *в* – при обратном смещении из металла в полупроводник течёт малый ток  $J_0$ .

# Понижение барьера под действием поля и сил изображения



## Эффект Шоттки на границе раздела металл-вакуум



Барьер на границе металл-вакуум. а – электрон в вакууме и заряд-изображение в металле; б – энергетический барьер для электрона в отсутствии приложенного поля; в – приложенное внешнее поле  $E$  уменьшает высоту барьера на величину  $\Delta\Phi$

Согласно закону Кулона сила, притягивающая электрон к металлу:

$$F = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0(2x)^2}$$

После интегрирования:

$$\Phi(x) = -\frac{q}{16\pi\epsilon_0 x}$$

С учётом электрического поля вблизи границы металл-вакуум:

$$\Phi(x) = -\frac{q}{16\pi\epsilon_0 x} - Ex$$

Выражение имеет максимум при:

$$x = \left( q / 16\pi\epsilon_0 E \right)^{1/2}$$

В результате понижение барьера:

$$\Delta = \left( \frac{qE}{4\pi\epsilon_0} \right)^{1/2}$$

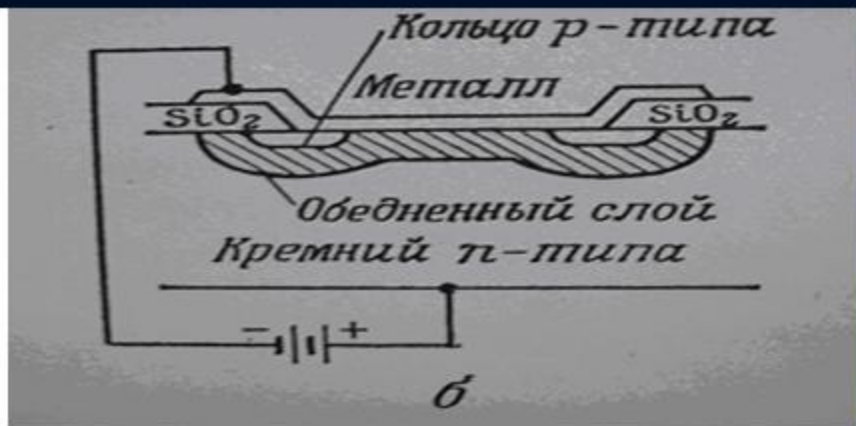
## *Понижение барьера на границе раздела металл-полупроводник*

На границе раздела металл-полупроводник следует ожидать эффекта понижения барьера Шоттки, сравнимого с описанным выше для случая границы раздела металл-вакуум, поэтому плотность тока  $J_0$  можно записать в виде:

$$J_0 = AT^2 \exp \left[ - \frac{(\Phi_B - \Delta\Phi)}{kT} \right] = AT^2 \exp \left( - \frac{\Phi_B}{kT} \right) \exp \left[ \frac{(qE / 4\pi\epsilon\epsilon_0)^{1/2}}{kT} \right]$$

В полупроводнике поле уменьшается линейно с расстоянием от перехода, но т.к. расстояния, на которых имеет место понижение барьера малы, то этого можно не учитывать.

# Диод Шоттки с охранными кольцами из р-n-перехода



Диод Шоттки с охранным кольцом в виде р-п-перехода. а – структура «гибридного» диода; б – «гибридный» диод при обратном смещении; показано смещение обеднённого слоя; в – эквивалентная схема «гибридного» диода; предполагается омический контакт между металлом и диффузионным кольцом. Ожидаемые ВАХ (качественные) такой структуры; г – эквивалентная схема «гибридного» диода, предполагается выпрямляющий контакт между металлом и диффузионным кольцом.

*Технологические особенности  
формирования барьера Шоттки*

## Выбор металла и способ его нанесения

Методы нанесения металла на полупроводник делятся на 2 группы:

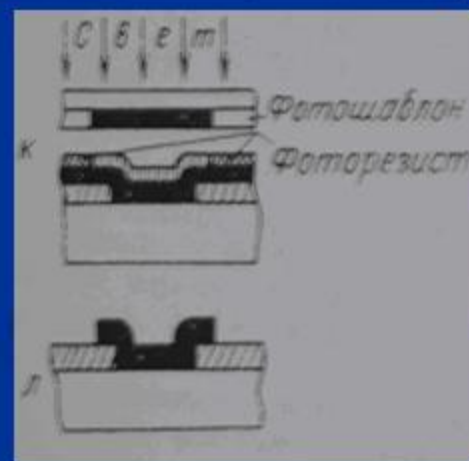
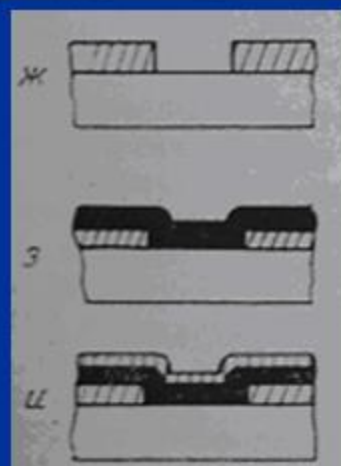
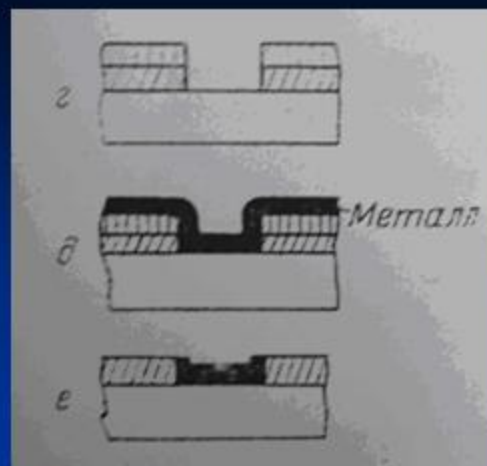
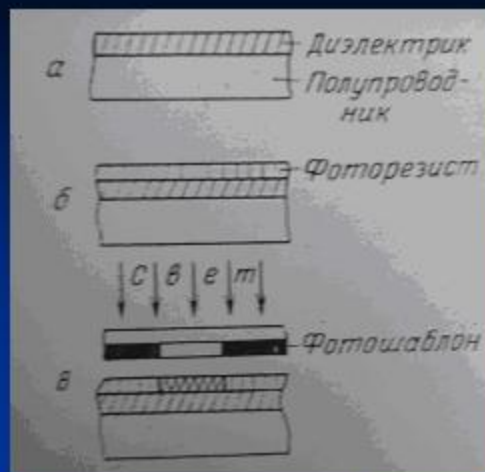
1. методы, которые не изменяют свойства поверхности при нанесении металла (механический прижим, напыление в вакууме при низкой температуре полупроводника и низкотемпературное расплавление металла);
2. методы, при использовании которых нанесение металлического контакта совмещено с окончательной обработкой полупроводника (химическое и электрохимическое нанесение, катодное распыление, осаждение металла в результате разложения его газообразного соединения )

# Методы конструктивного оформления диода с барьером Шоттки

При использовании для образования прижимного контакта металлической проволоки задача сводится главным образом к выбору необходимой твёрдости материала проволоки и метода её заточки.

Самый распространённый в настоящее время метод – это ограничения площади полупроводника с помощью маскирующих диэлектрических слоёв и фотолитографии. Данный метод проиллюстрирован на следующем слайде.





Структуры контактов металл-полупроводник с барьером Шоттки

*Современный этап развития диодов с  
барьером Шоттки*

# ON Semiconductors.

- Обратное напряжение 10 ... 200 В
- Паспортные значения прямого тока 0,5 ... 600 А
- Освоен выпуск нескольких новых типов диодов Шоттки (преимущественно с обратным напряжением 30 В)
- Расширен диапазон технологических возможностей – выпуском 10-вольтовых диодов Шоттки и увеличением разнообразия корпусов (сверхминиатюрные POWERMITE и силовые модули POWERTAPE)
- Модернизирована технология изготовления ряда наиболее популярных диодов Шоттки
- Температурный диапазон: 100, 125 и 150°C , для нового MBR16100CT - 175°C .

# IXYS Corporation

- Обратное напряжение 8 ... 600 В
- Паспортный ток 6 ... 400 А
- Диоды в стандартных пластиковых корпусах TO-220, TO-247, а также в оригинальных фирменных корпусах – ISOPLUS220, ISOPLUS247 и ISOPLUSi4-PAC
- Диоды с двумя значениями высот барьера: для 45...600 В диодов барьер 860...900 мВ (технологический класс «А»); класс «В» - 15...80 В, 620...660 мВ. Анонсированы кремниевые диоды двух новых классов – «С» и «D», параметры данных диодов пока не известны.

**Благодарю за внимание**