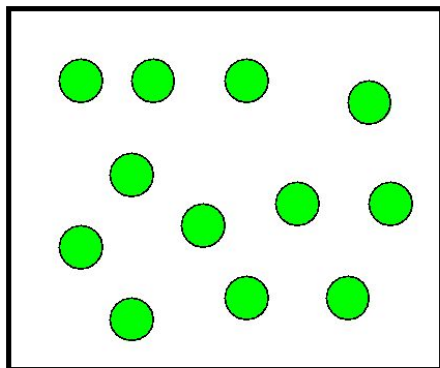


Лекция №9

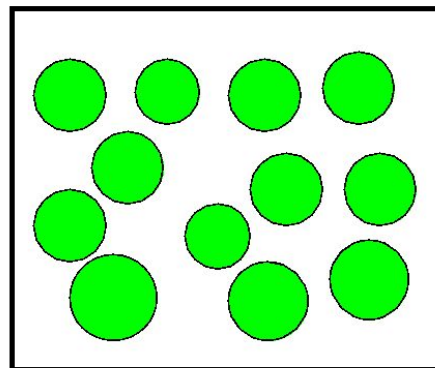
Тема: Тонкопленочные полупроводники

- **1. Способы формирования тонкопленочных полупроводников**
- **2. Электрические характеристики пленочных полупроводников**
- **3. Области применения**

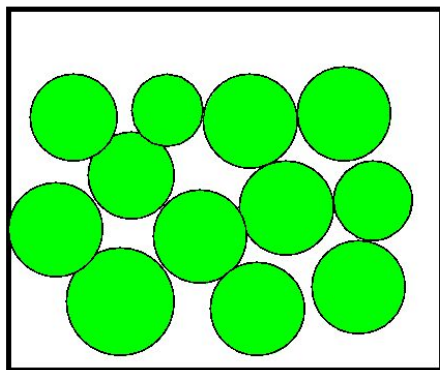
Стадии формирования тонких пленок



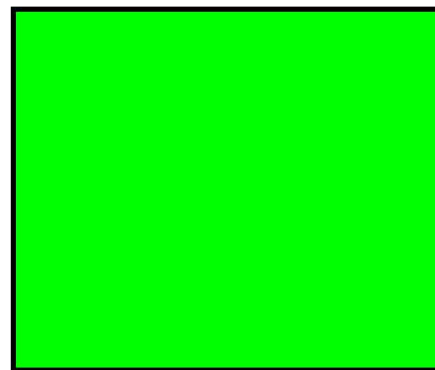
зародышеобразование



рост островков



слияние островков



заполнение
межостровкового
пространства

Способы формирования тонких пленок

- *1. Поликристаллические пленки*

- -метод вакуумного испарения;
- -метод химического осаждения из газовой фазы (CVD);
- -метод химического осаждения из раствора;

- *2. Монокристаллические пленки*

- -газовая эпитаксия;
- -молекулярно-лучевая эпитаксия

Поликристаллические пленки

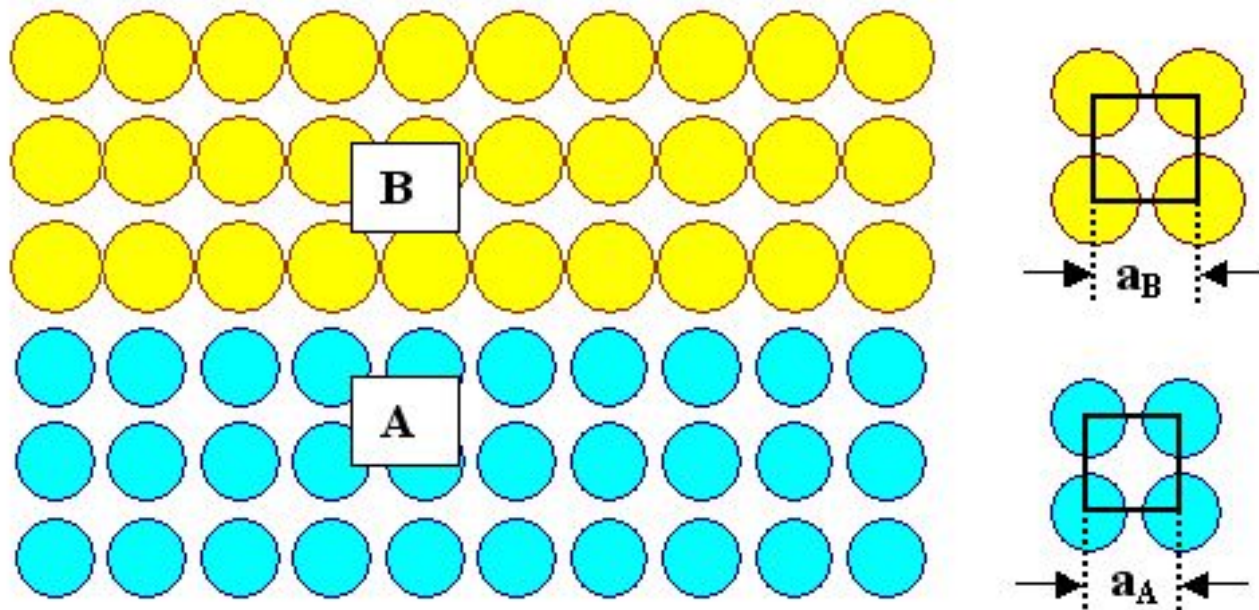
- Поликристаллический кремний
- Аморфный кремний – **a-Si, a-Si:H**
- Поликристаллические пленки - **CdS, CdSe, Te, PbS**

Эпитаксиальное осаждение пленок полупроводников

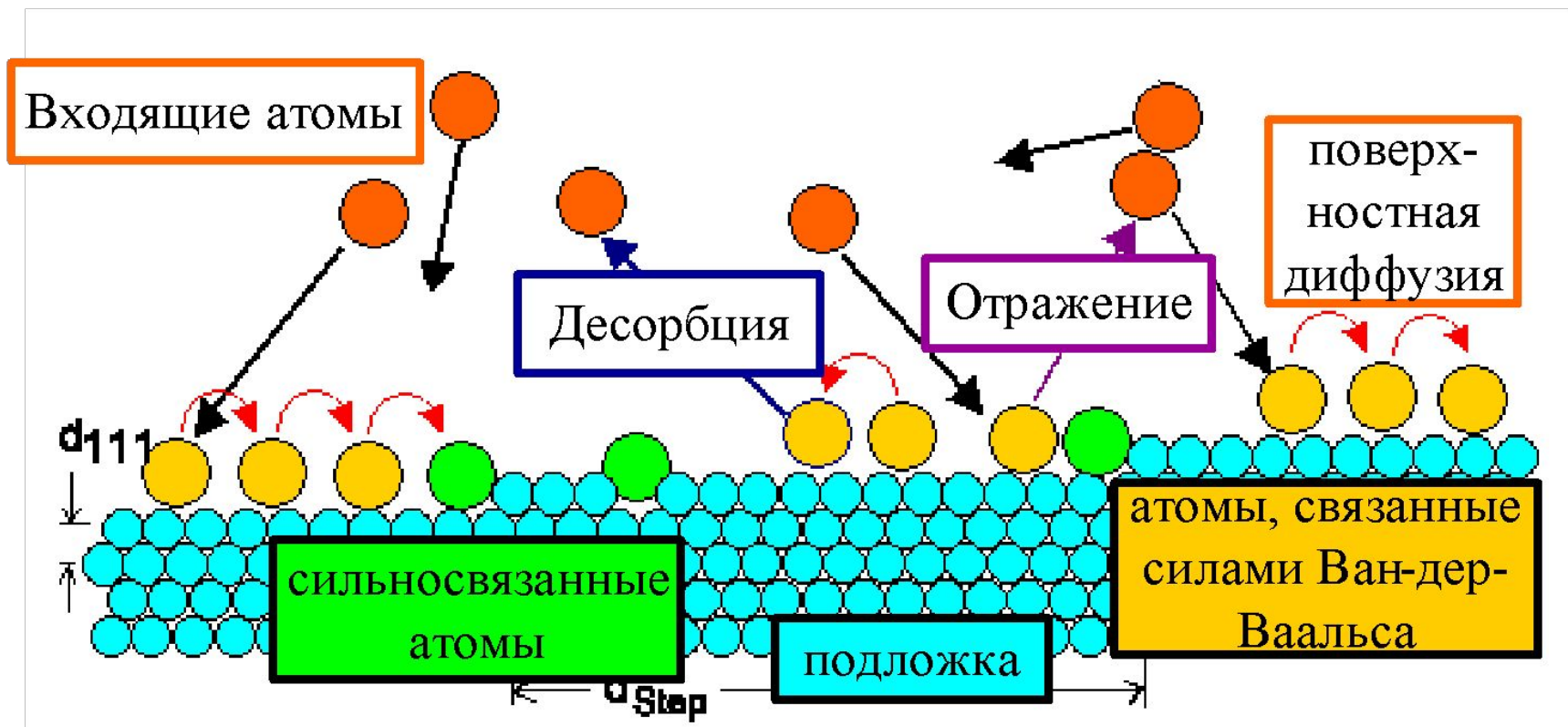
- **Эпитаксия** — процесс наращивания монокристаллических слоев вещества на подложку, при котором кристаллографическая ориентация наращиваемого слоя повторяет ориентацию подложки
- Толщина осаждаемых слоев 1-10 мкм
- Различают: гетеро- и гомоэпитаксию

- **Гетероэпитаксия** – вещество слоя и подложки различаются по составу и кристаллической структуре
- **Гомоэпитаксия** - вещество слоя и подложки одинаковы по химическому составу
- **Молекулярно-лучевая эпитаксия**
- Позволяет выращивать сверхтонкие слои (10-100 нм), создавать сверхрешетки.
- **Сверхрешетка**- последовательность большого числа чередующихся слоев разного состава с толщиной 5-10 нм

Эпитаксиальный рост пленок полупроводников



Процессы, происходящие при осаждении пленки



Отличие электропроводности тонких пленок полупроводников от массивных материалов

- 1. Уменьшение эффективной подвижности носителей – *размерный эффект сопротивления*.
- 2. Уменьшение средней длины свободного пробега носителей

$$l = \mu_B \frac{h}{e} \left(\frac{3}{8\pi} n_B \right)^{1/2}$$

- μ_B – подвижность носителей в объеме,
- e – заряд электрона;
- h – постоянная Планка
- Для $\mu_B = 1000 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ и $n_B = 10^{18} \text{ см}^{-3}$, $l = 200 \text{ \AA}$.
- Для пленки подвижность определяется:

$$\mu_F = \frac{\mu_B}{1 + l/d}$$

- 3. Наличие квантовых размерных эффектов, если толщина пленки сравнима или меньше длины свободного пробега носителей.

Факторы, определяющие электропроводность пленок полупроводников

- Механизмы рассеяния носителей заряда:
 - - рассеяние на тепловых колебаниях решетки;
 - - рассеяние на примесях и дефектах;
 - - поверхностное рассеяние (включая рассеяние на границах кристаллитов)
- Подвижность пропорциональна $T^{-3/2}$ (или $T^{-5/2}$, если велик вклад оптических фононов), т.е. возрастает с понижением температуры;
- Для преобладающих ионизованных примесей подвижность пропорциональна $T^{3/2}$, т.е. уменьшается с понижением температуры

Основные электрические характеристики

- 1. Поверхностное сопротивление R_s
- 2. Температурный коэффициент сопротивления (ТКС) (положительный или отрицательный)

$$R_s = \rho / d = [\text{Ом} / \text{кв.}]$$

Фотопроводимость полупроводниковых пленок

- Пленки соединений $A^{II}B^{VI}$, $A^{IV}B^{VI}$
- Сенсibiliзируют введением примесей:
- **PbS** – кислород
- **PbTe** – кислород (введение меняет электронный тип проводимости на дырочный)
- **CdS, ZnSe** – Ag, Cu, Cl.
- **Фотопроводимость** объясняется увеличением концентрации, подвижности и времени жизни основных носителей.

ФотоЭДС

- Явление, обусловленное неоднородностью пленок. **ФотоЭДС** создается пространственным зарядом, который возникает из-за неравномерного распределения неосновных носителей, захваченных на структурных дефектах.