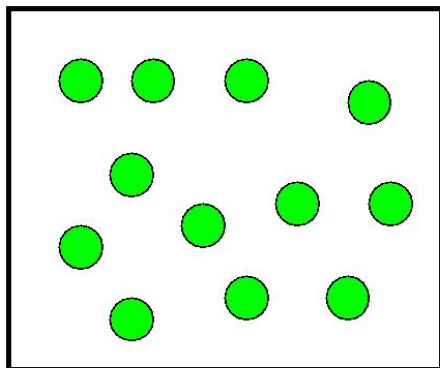


# Лекция №9

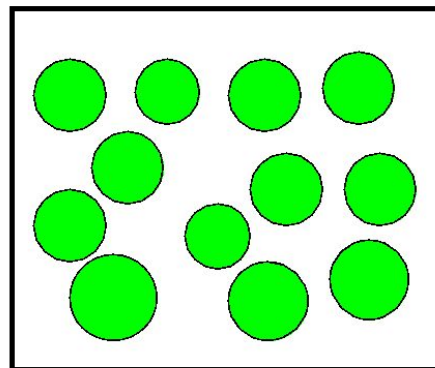
## Тема: Тонкопленочные полупроводники

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

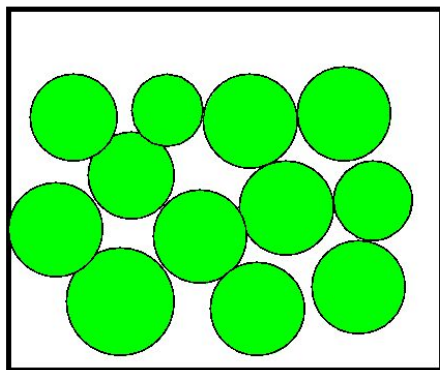
# Стадии формирования тонких пленок



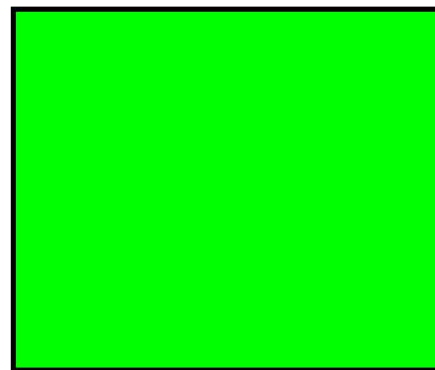
зародышеобразование



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

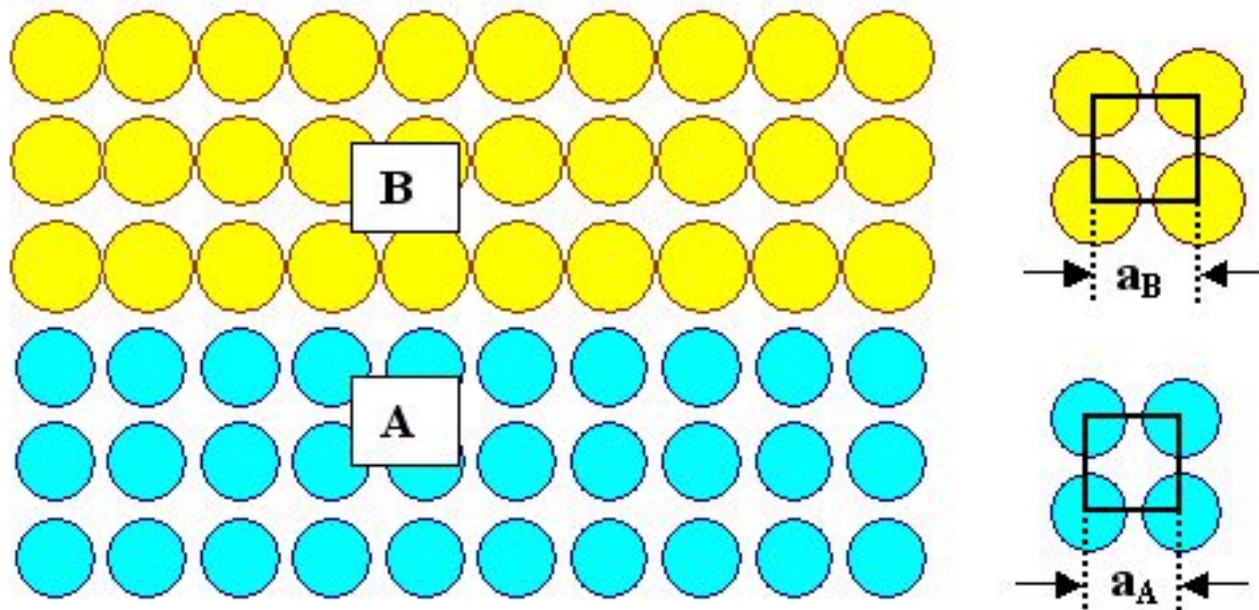
- Поликристаллический кремний
- Аморфный кремний – **a-Si, a-Si:H**
- Поликристаллические пленки - **CdS, CdSe, Te, PbS**

# Эпитаксиальное осаждение пленок полупроводников

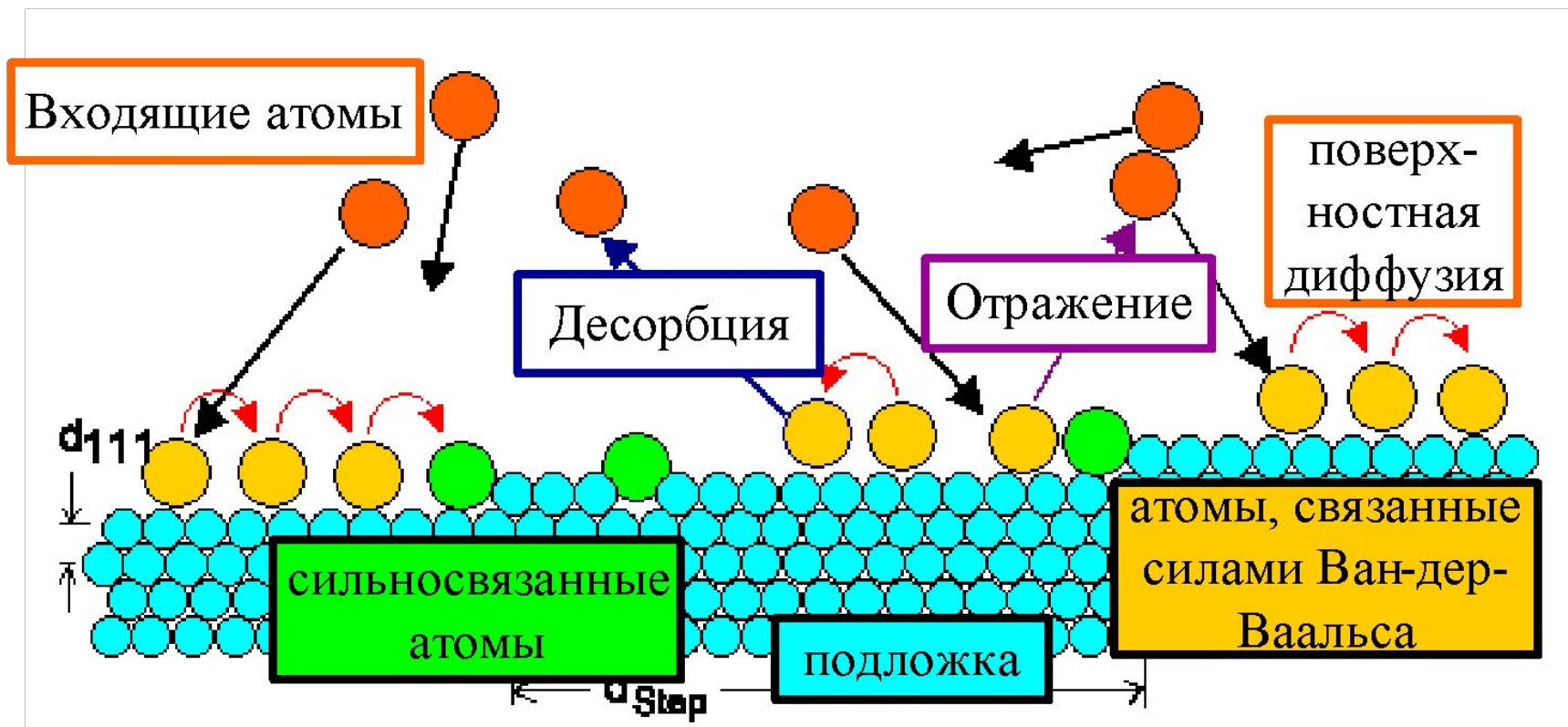
- **Эпитаксия** — процесс наращивания монокристаллических слоев вещества на подложку, при котором кристаллографическая ориентация наращиваемого слоя повторяет ориентацию подложки
- Толщина осаждаемых слоев 1-10 мкм
- Различают: гетеро- и гомоэпитаксию

- **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

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

- $\mu_B$  – 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.