

Лекция 4

Квазикристаллы, аморфное состояние, жидкие кристаллы, жидкость.

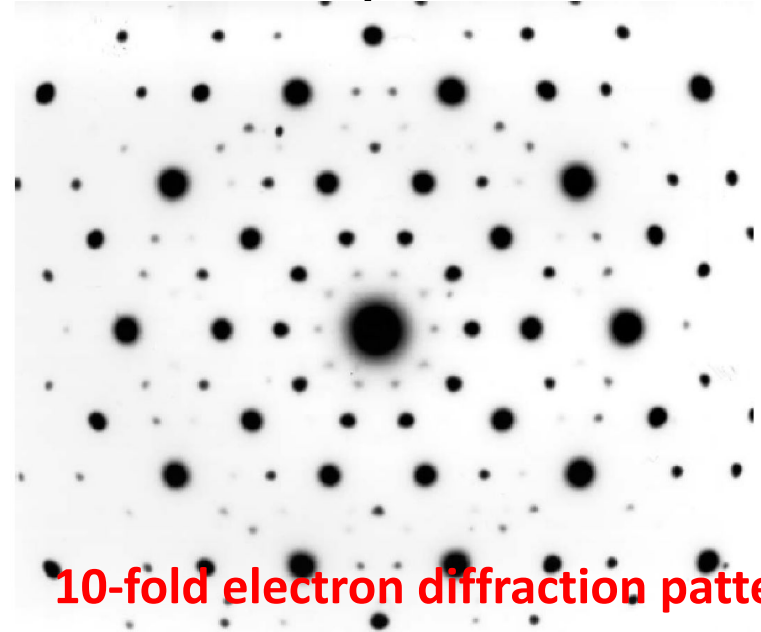
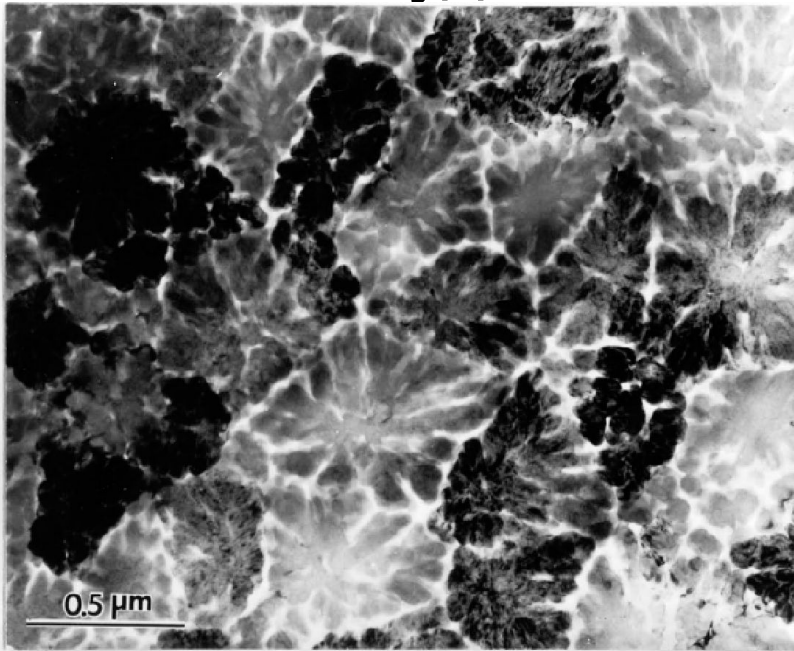
Алексей Янилкин

План лекции

- Квазикристаллы
- Аморфное состояние
- Жидкие кристаллы
- Жидкость
- Вопросы
- Список литературы

Квазикристаллы: история

- Квазикристаллы впервые наблюдались Даном Шехтманом в экспериментах по дифракции электронов на быстроохлажденном сплаве Al_6Mn (1982 г.). В 2011 г. Был удостоен Нобелевской премии по

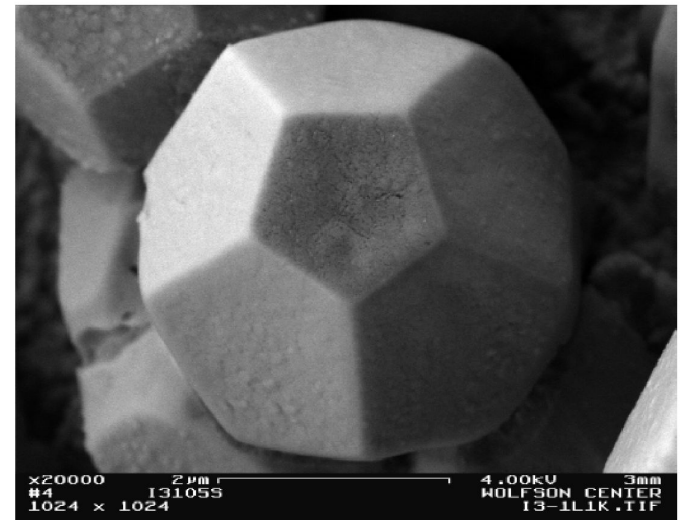


Квазикристаллы

- Квазикристалл – твердое тело, состоящее из атомов, которые не образуют кристаллической решетки, но тем не менее обладают дальним координационным порядком, проявляющимся в способности когерентно рассеивать излучение.

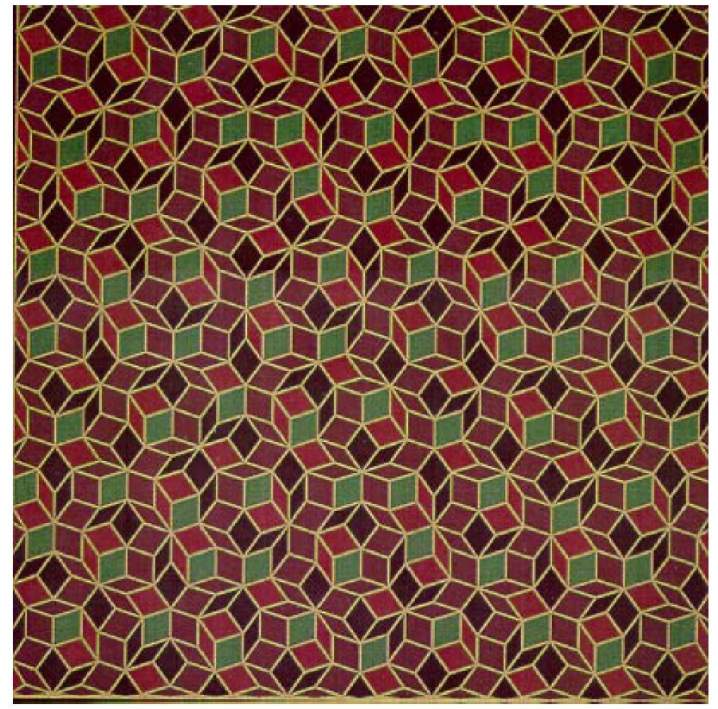
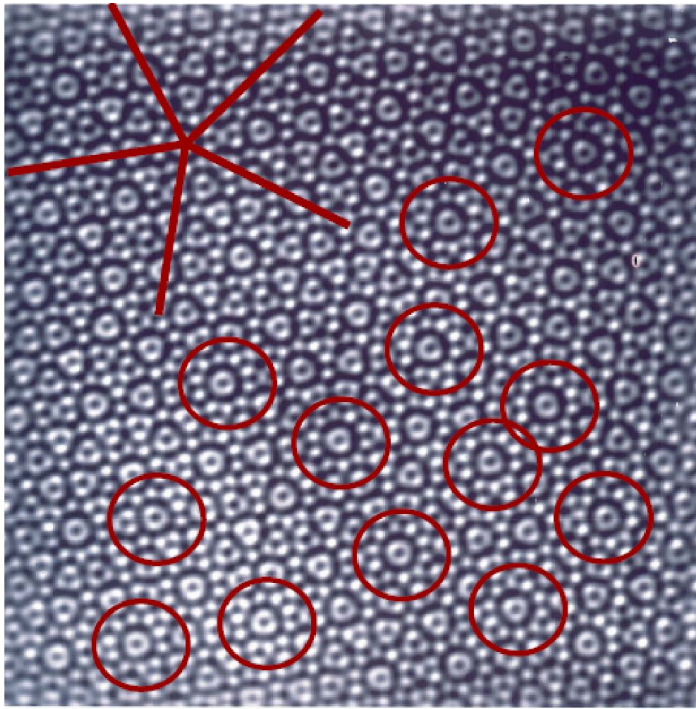
Квазикристаллы

- Дальний порядок отличает от жидкости и аморфных тел.
- Характерными являются группы симметрии, несовместимые с трансляционной инвариантностью - оси симметрии 1,2,3,4,6 порядков, отсутствие осей симметрии 5-го и выше 6-го порядков.



Квазикристаллы: симметрия икосаэдра

- Ряд материалов, имеет группу симметрии икосаэдра – Al_6Mn , UPd_3Si , TiNi_4 , Al_6CuLi_3 , AlCuFe
- Содержит запрещенные оси 5-го порядка.



Квазикристаллы с икосаэдрической симметрией

ALLOY COMPOSITIONS KNOWN TO FORM THE ICOSAHEDRAL PHASE

Al	Al-Co				
	Al-Cr	Al-Cr-Ge	Al-Cr-Si	Al-Cr-Mn-Si	Al-Cr-Zr-Mn
	Al-Fe	Al-Fe-Mn	Al-Fe-Si	Al-Fe-Mn-Si	
	Al-Mn	Al-B-Mn	Al-Ge-Mn	Al-Ni-Mn	Al-Ru-Mn
	Al-Ni				
	Al-Pt				
	Al-Ti				
	Al-V				
	Al-Cu	Al-Cu-Li Al-Cu-Fe	Al-Cu-Mn	Al-Cu-Mn-Zn	Al-Cu-V
		Al-Ag-Mg Ga-Mg-Zn	Al-Au-Li	Al-Zn-Li	Al-Mg-Zn

Квазикристаллы: стабильность

- Метастабильные – при нагревании переходят в кристаллическую структуру. Получение быстрым охлаждением. Область дальнего порядка – 10-1000 Å.
- Термодинамически стабильные соединения – определенная область на фазовой диаграмме. Область дальнего порядка - 100-100000 Å.

Аморфное состояние

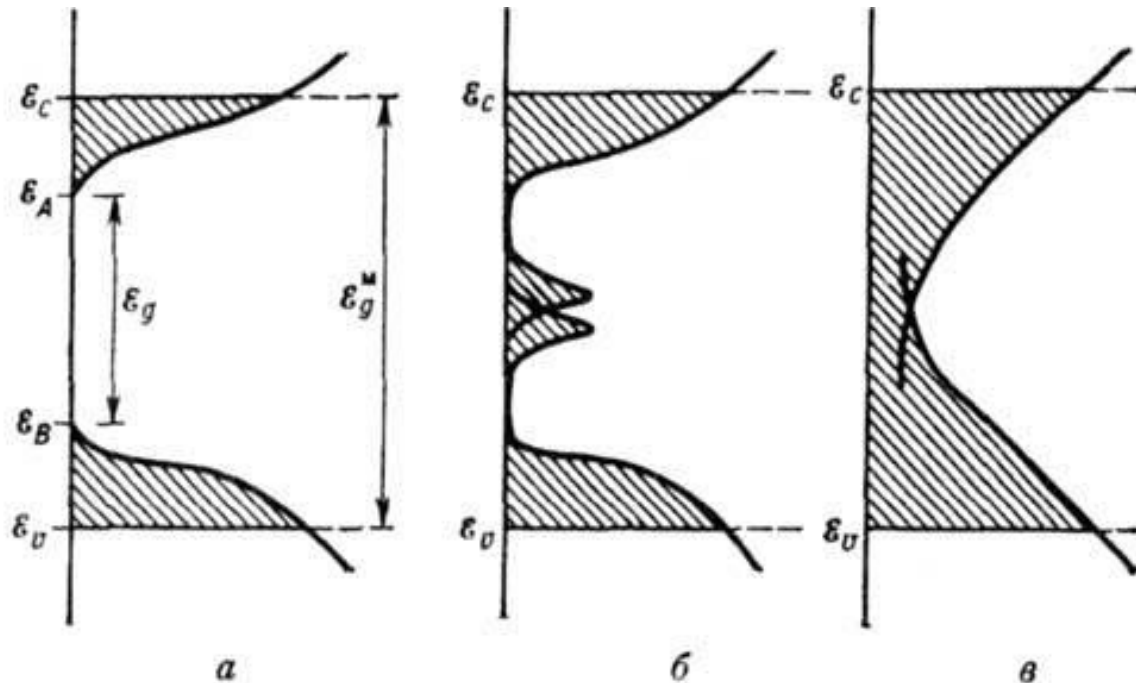
- Аморфное состояние – твердое некристаллическое состояние.
- Изотропией свойств.
- Отсутствие точки плавления – отсутствие дальнего порядка. Ближний порядок, соблюдаемый в пределах 1-ой координац. сферы, и постепенно теряющийся при переходе ко 2-ой и 3-й сферам.

Аморфное состояние

- В отличие от жидкости имеют высокую вязкость, которая затрудняет обмен между соседними частицами.
- Рассматривается как жидкость с большим коэффициентом вязкости.

Аморфные полупроводники

- Аморфные полупроводники – аморфные и стеклообразные вещества, обладающие свойствами полупроводников. (As-S-Se, As-Ge-Se-Te, Ge-S-Se, Ge-Pb-S)

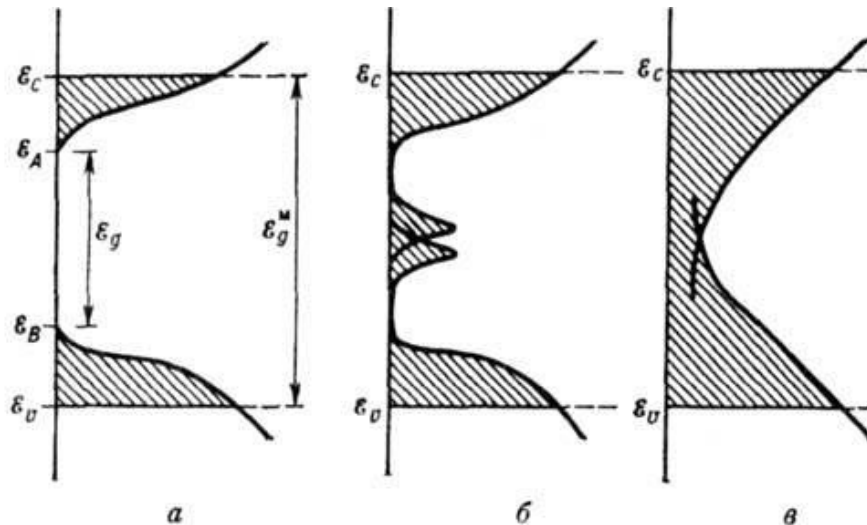


Аморфные полупроводники: электропроводность

- 1. Перенос носителей заряда, возбужденных за край подвижности по делокализованным состояниям:

$$\sigma = \sigma_0 \exp\left(-\frac{E_c - E_f}{kT}\right)$$

где E_f – ферми-энергия, $\sigma_0 = 10^3 - 10^4$ 1/(Ом*см)



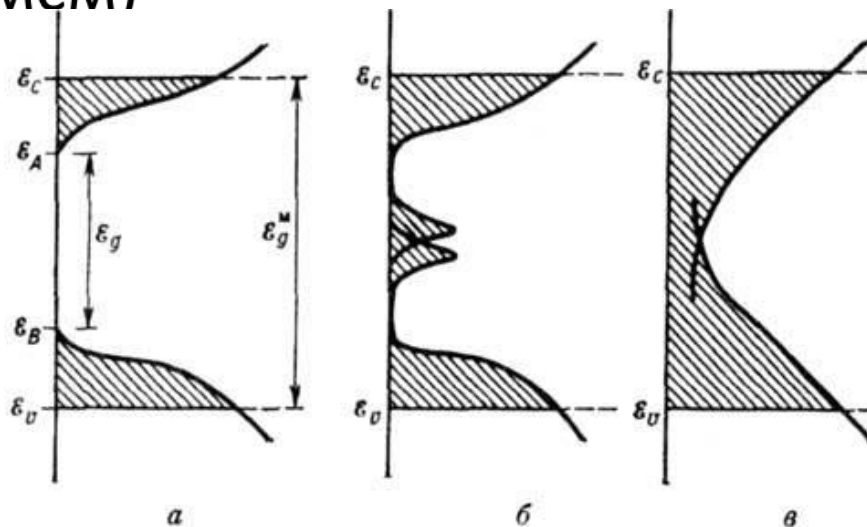
Аморфные полупроводники: электропроводность

- 2. Прыжковый перенос носителей заряда, возбужденных вблизи краев подвижности:

$$\sigma = \sigma_0 \exp\left(-\frac{E_A - E_f + W}{kT}\right)$$

где W – энергия активации прыжка,

$$\sigma_0 = 10 \text{ 1/(Омсм)}$$



Аморфные полупроводники: электропроводность

- 3. Прыжковый перенос носителей по локализованным состояниям, локализованным вблизи E_f на расстояния, уменьшающиеся при уменьшении T :

$$\ln \left(\frac{\sigma}{\sigma_0} \right) \sim - T^{-1/4}$$

Аморфные полупроводники: ПОДВИЖНОСТЬ НОСИТЕЛЕЙ

- Подвижность носителей μ :

$$v = \mu E$$

- Низкая подвижность носителей заряда:

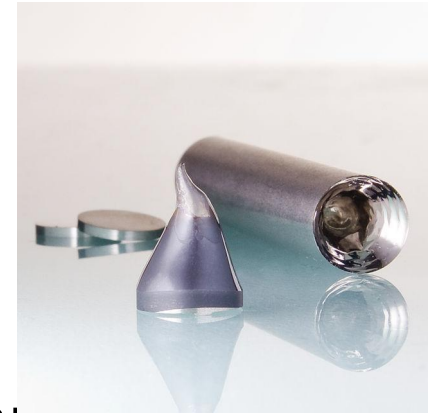
$$\mu = 10^{-8} - 10^{-5} \text{ см}^2/(\text{с} \cdot \text{В})$$

- Для сравнения в кремнии:

$$\mu_e = 1400 \text{ см}^2/(\text{с} \cdot \text{В}) \quad \mu_h = 450 \text{ см}^2/(\text{с} \cdot \text{В})$$

Связано с многократным захватом носителей на локализованных состояниях.

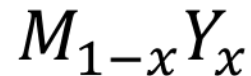
Аморфные металлы



- Аморфные металлы – твердые некристаллические металлы и сплавы.
- Метастабильные системы, термодинамически неустойчивы относительно процесса кристаллизации.
- Стабильность характеризуется температурой кристаллизации $T_{кр}$ (отжиг в течении 1 ч приводит к почти полной кристаллизации). $T_{кр}$ варьируется от 300К до 1000К (для наиболее распространенных 600-800К). Считается, что они стабильны при $T < T_{кр} - 200К$.

Аморфные металлы: примеры

- Аморфные металлы из чистых металлов значительно менее стабильны.
- Основные классы металлических стекол:



где М – переходный или благородный металл, Y – аморфизирующий неметалл, $x \sim 0.2$.

- Примеры: Pd-Si, Fe-B, (Fe,Ni)-(P,C)
- Сплавы переходных металлов: La-Ni, Ga-Al, Mg-Zn в некоторых интервалах составов

Аморфные металлы: получение

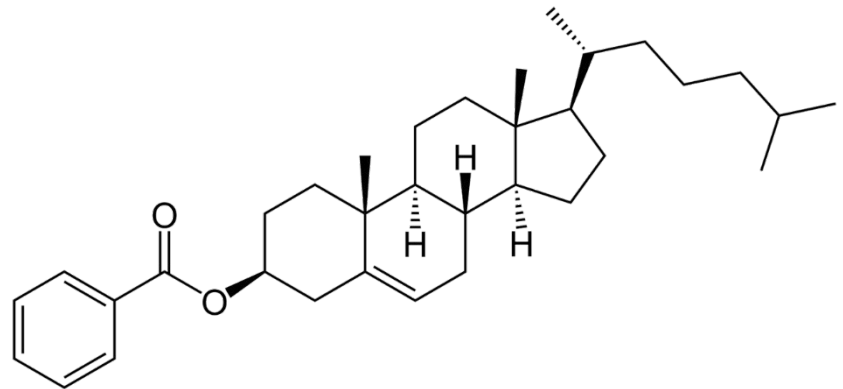
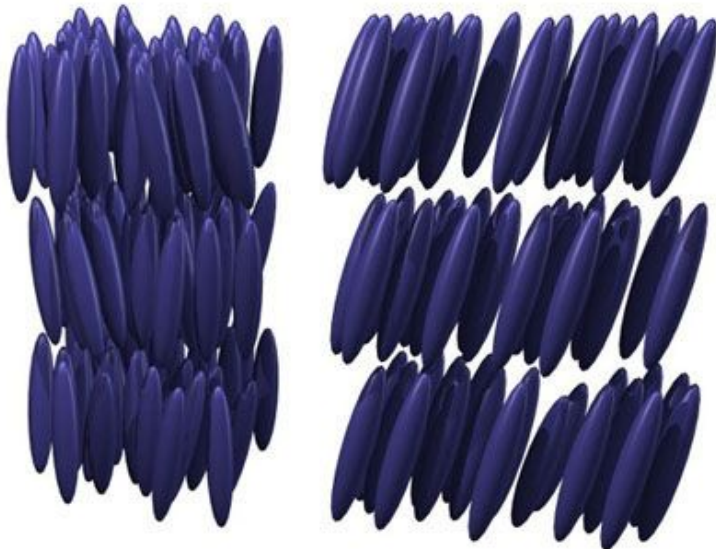
- Быстрое охлаждение (скорости $q > 10^5 - 10^6$ К/с)
- Конденсация паров или напыление атомов на холодную подложку с образованием тонких пленок
- Электрохимическое осаждение
- Облучение кристаллических металлов интенсивными потоками ионов или нейтронов

Аморфные металлы: свойства

- Пределы текучести и прочности для ряда стекол близки к теоретического пределу
- Обладают высокой пластичностью, что резко отличает их диэлектрич. и полупроводниковых стекол.
- Коррозионная стойкость некоторых на несколько порядков выше, чем у лучших нержавеющей сталей.
- Уникальные свойства связаны с микроскопической однородностью

Жидкие кристаллы

- Вещества в состоянии, промежуточном между твердым кристаллическим и изотропным жидком.
- Черты жидкости – текучесть.
- Черты кристаллы – анизотропия свойств.



Жидкие кристаллы: использование

- Термография – индикаторы для разных диапазонов температур.
- Измерители давления.
- Детекторы ультразвука.
- Жидкокристаллические дисплеи.

