

Лекция 5

Дефекты и наноструктурные материалы.

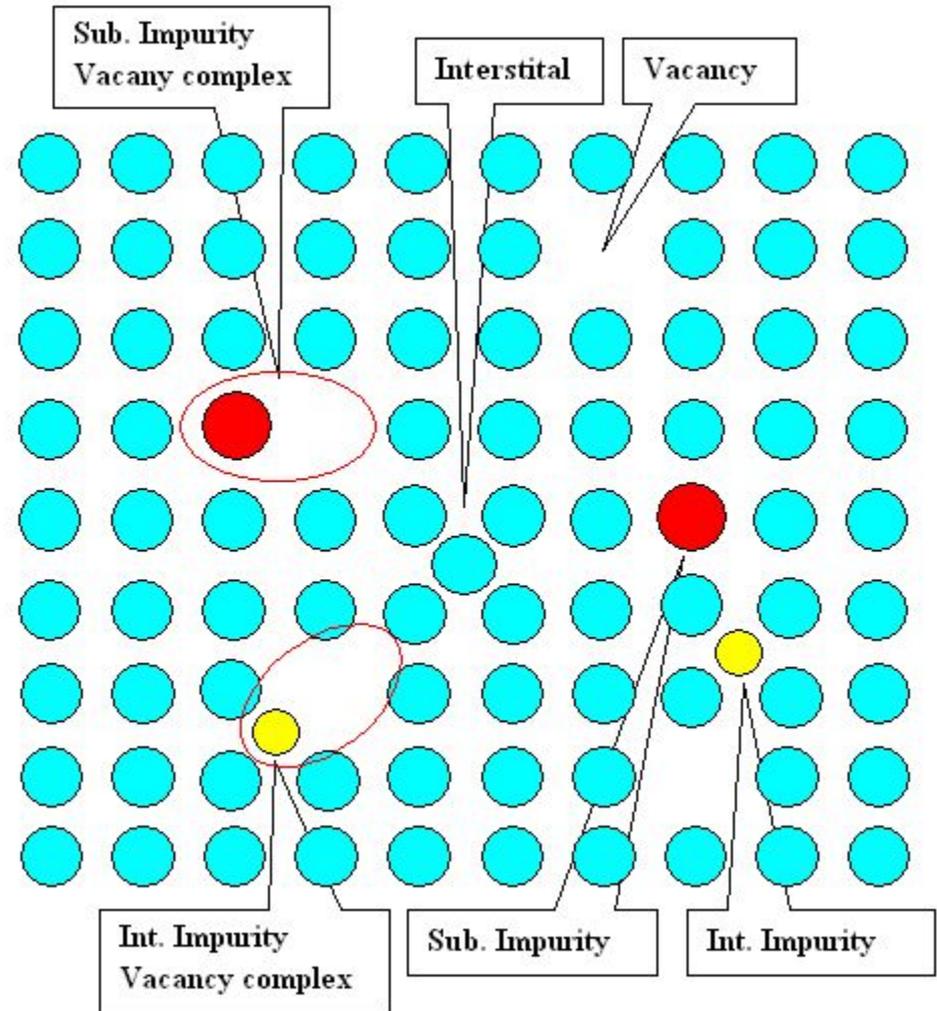
Алексей Янилкин

План лекции

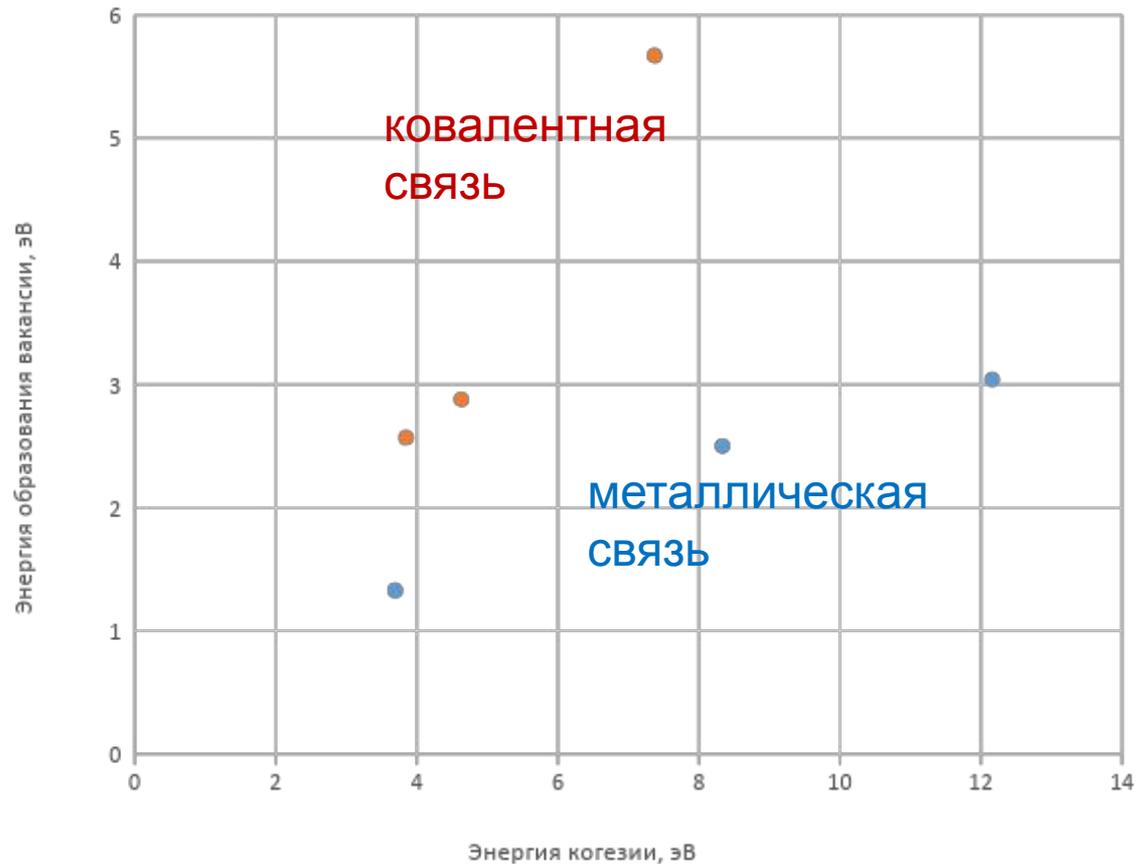
- Дефекты кристаллической решетки
- Влияние наноструктуры на свойства материалов:
 - Механические
 - Электрические
 - Теплопроводность
 - Диффузионные
 - Адсорбционные
 - Радиационная стойкость
- Вопросы
- Список литературы

Точечные дефекты

- Дефект замещения
- Междоузлия
- Вакансии



Энергия образования вакансий



Концентрация точечных дефектов

-

$$G = H - TS$$

$$H = H_{lattice} + x_{vac}\Delta H_v$$

$$S = S_{lattice} + x_{vac}\Delta S_v$$

$$\Delta S_v = \Delta S_{therm} + \Delta S_{conf}$$

$$\Delta S_{conf} = RT(x_{vac}\ln x_{vac} + (1 - x_{vac})\ln(1 - x_{vac}))$$

Для поиска равновесной концентрации находим минимум энергии Гиббса

$$\frac{\partial G}{\partial x_{vac}} = \Delta H_v + RT \ln \frac{x_{vac}}{1 - x_{vac}} = 0$$

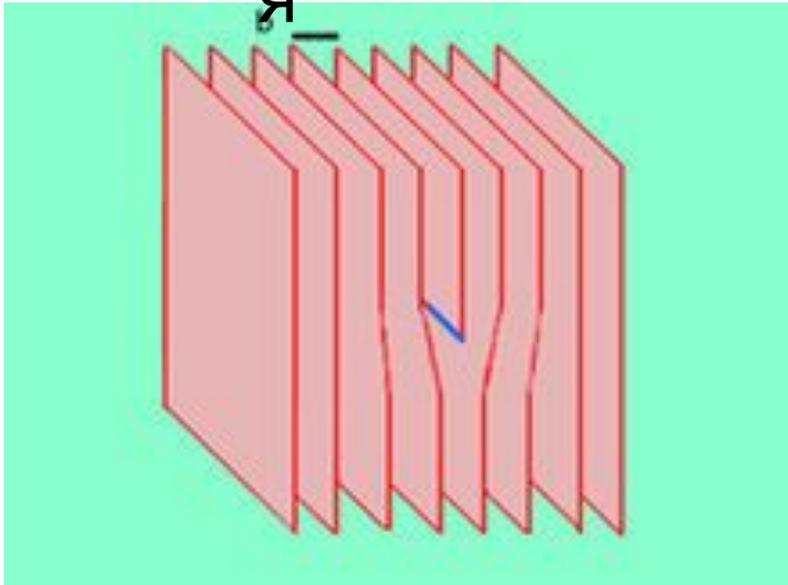
$(x_{vac} \ll 1) \Rightarrow$

$$x_{vac} = e^{-\frac{\Delta H_v}{RT}}$$

Линейные дефекты: дислокации

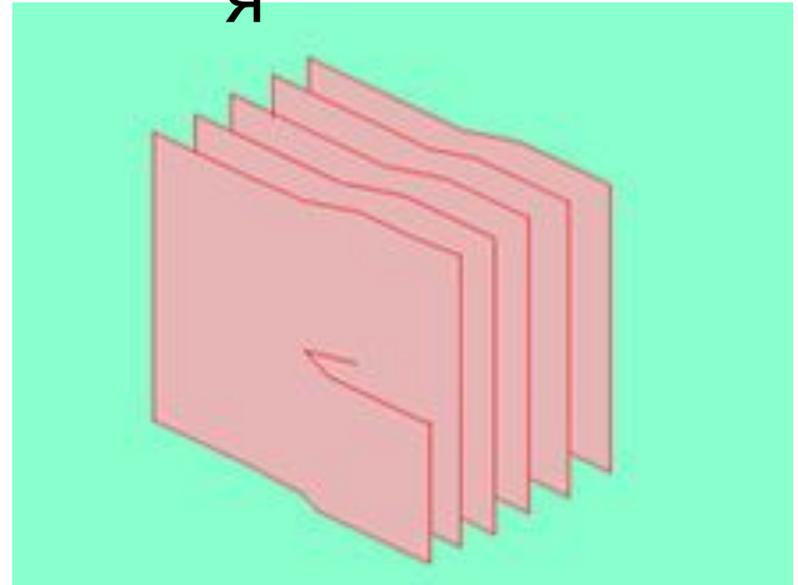
Краева

я

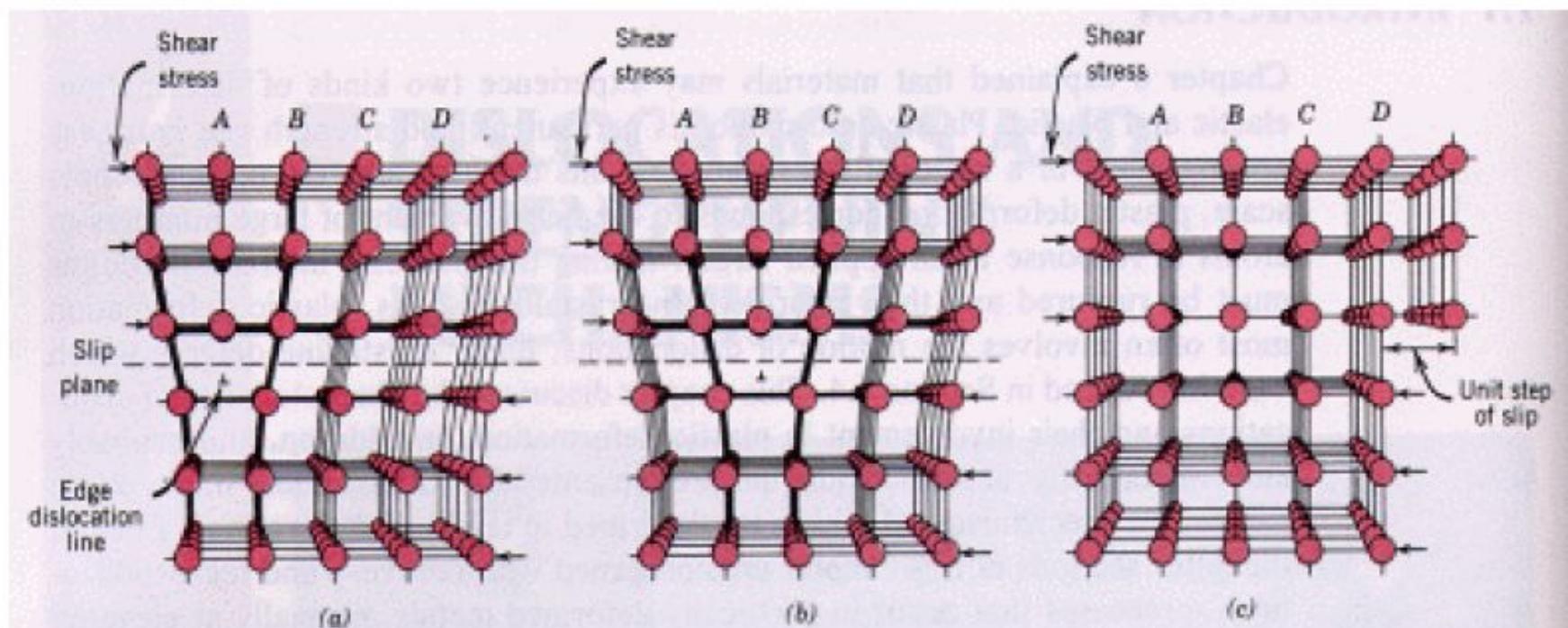


Винтовая

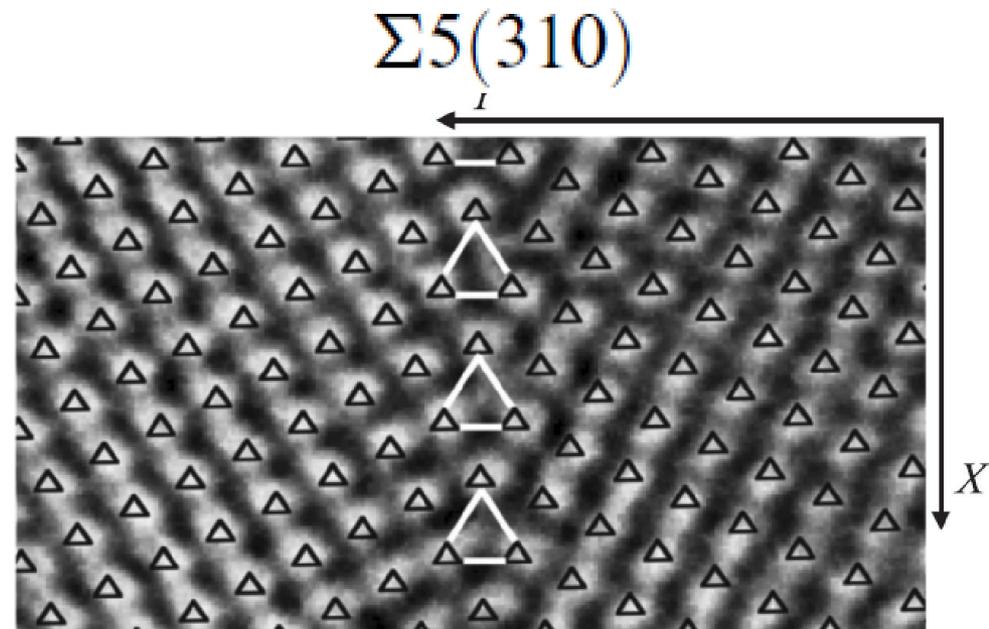
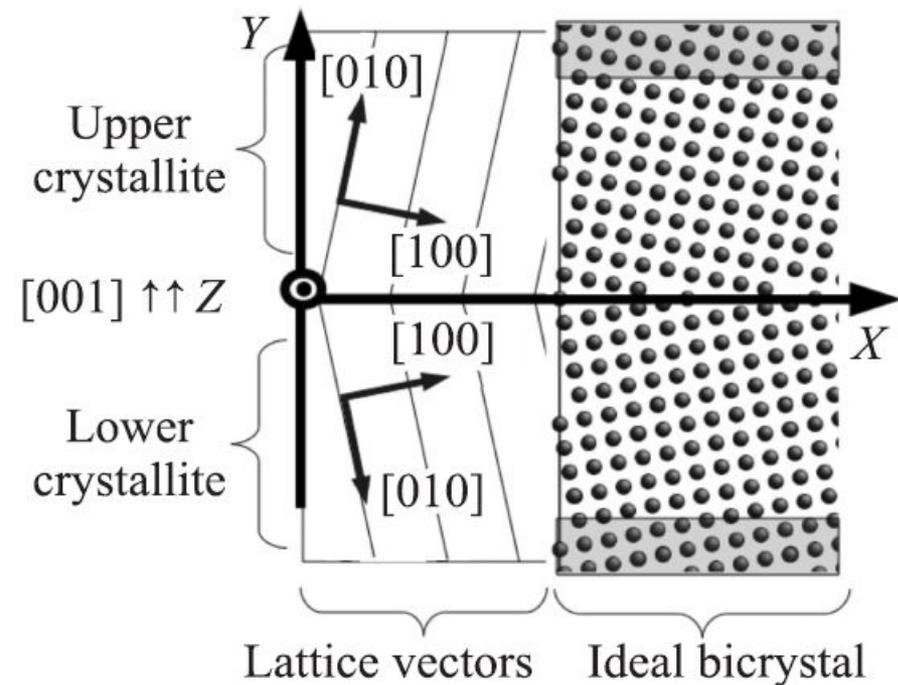
я



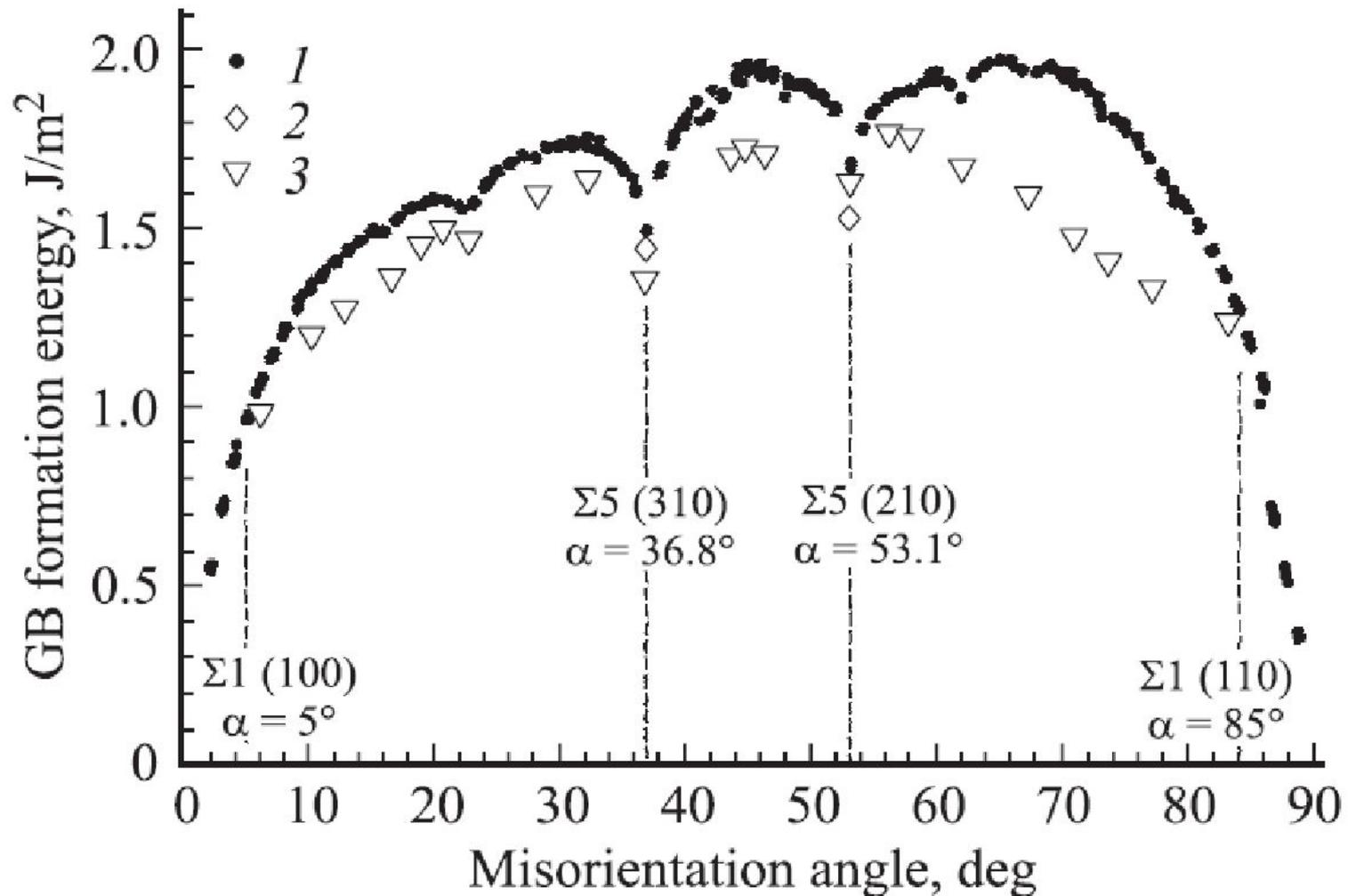
Скольжение дислокации



Плоские дефекты: межзеренные границы



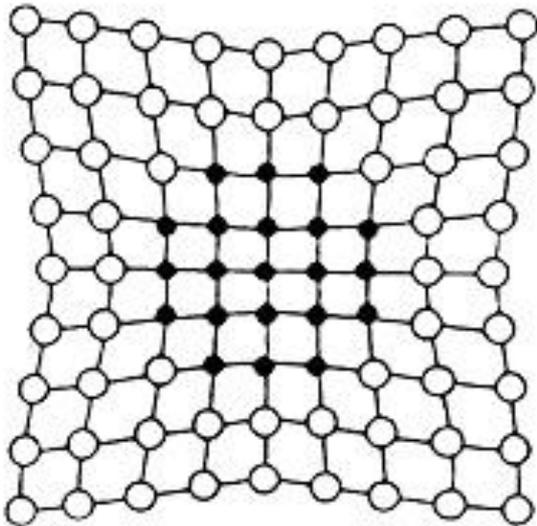
Плоские дефекты: межзеренные границы



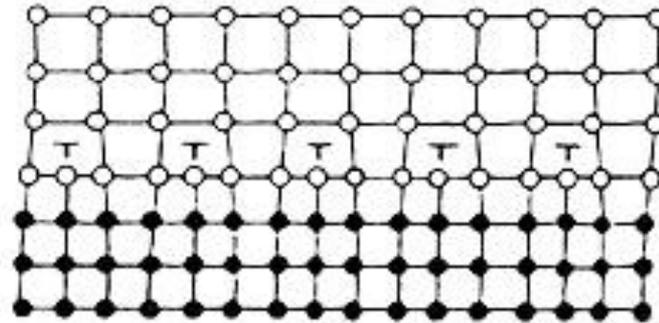
Плоские дефекты

- Межфазные границы

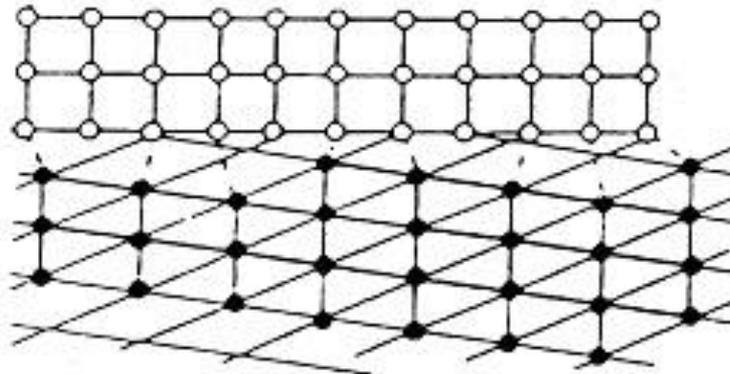
a



б



в

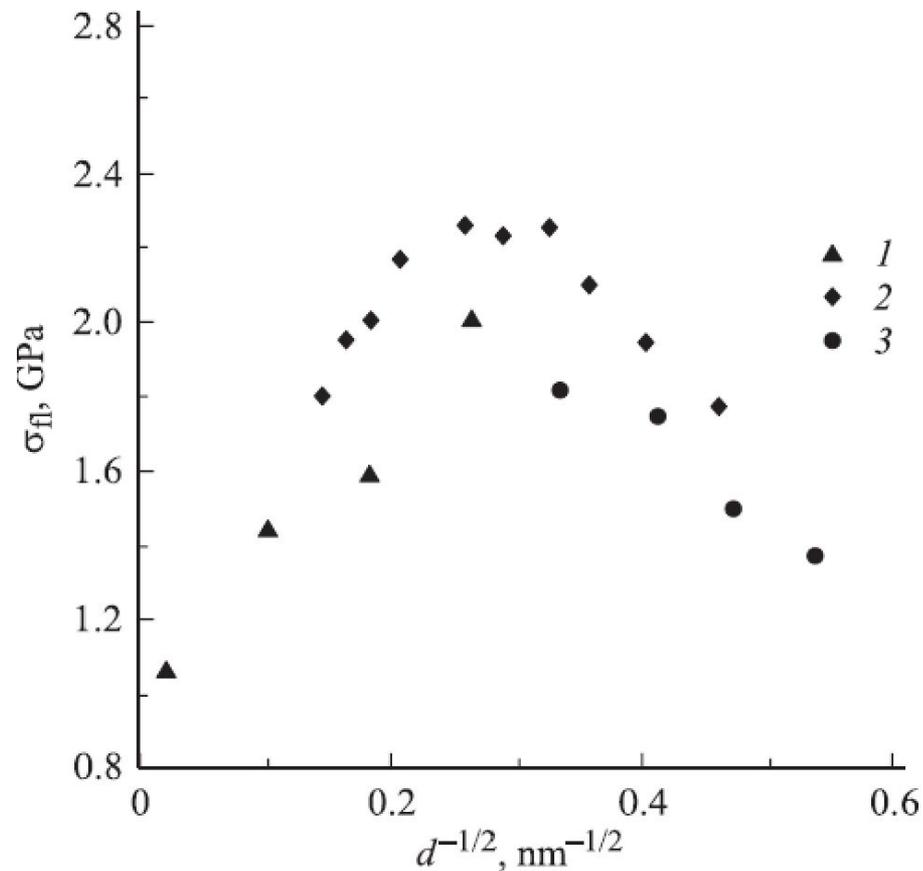


Наноструктурные материалы



Наноструктурные материалы: механические свойства

- Эффект Холла-Петча



Наноструктурные материалы: механические свойства

- Дисперсионно-упрочненные сплавы.
- Формула Орована

Наноструктурные материалы:

электропроводность

- Электропроводность для свободного электронного газа:

$$\sigma = \frac{ne^2\tau}{m}$$

- τ – время релаксации, зависит от длины свободного пробега l и скорости электрона на поверхности Ферми. Для металлов $\sim 10^8$ см/с.
- Для меди при комнатной температуре $\tau = 2 \cdot 10^{-14}$ сек и $l = 3 \cdot 10^{-6}$ см = 30 нм. При $T=4$ К $\tau = 2 \cdot 10^{-9}$ сек и $l = 0.3$ см.

Наноструктурные материалы:

ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ

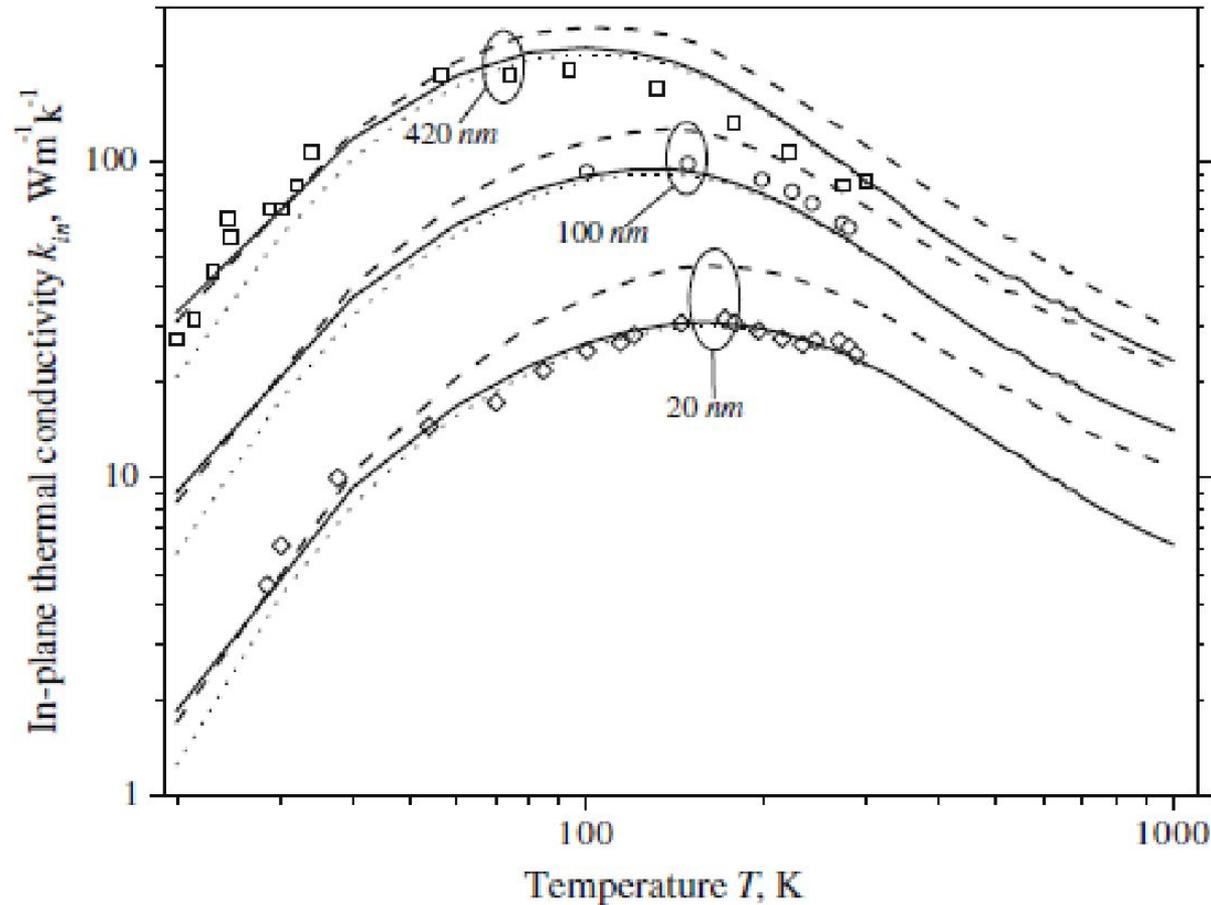
- Теплопроводность газа фононов. Из газокинетической теории:

$$K = \frac{1}{3} C v l$$

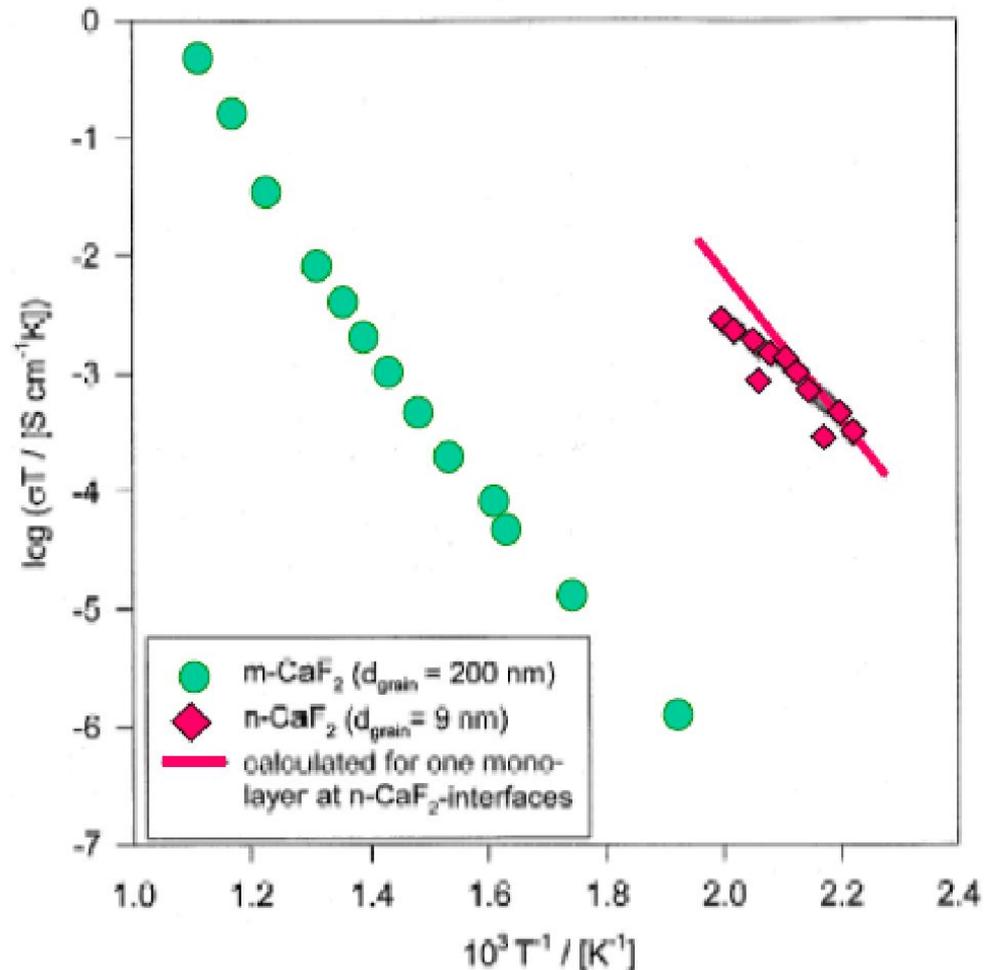
C – теплоемкость единицы объема, v – средняя скорость частицы (скорость фононов), l – длина свободного пробега.

- Типичные значения в кварце при комнатной температуре 4 нм, каменная соль 2.3 нм.

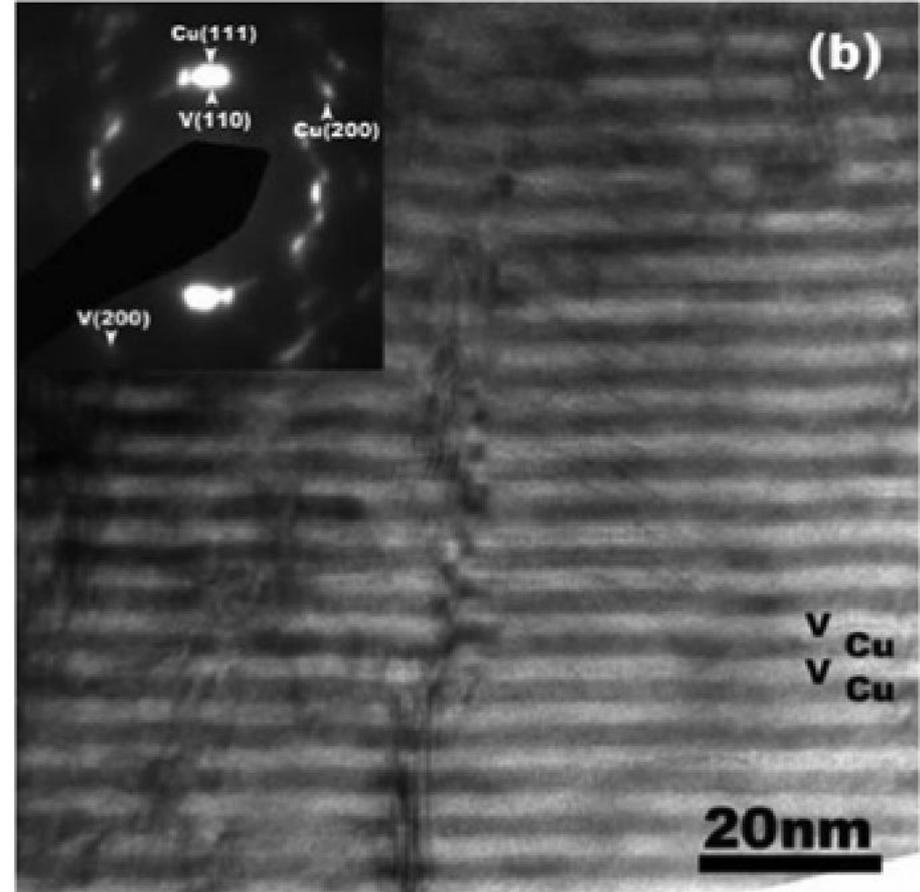
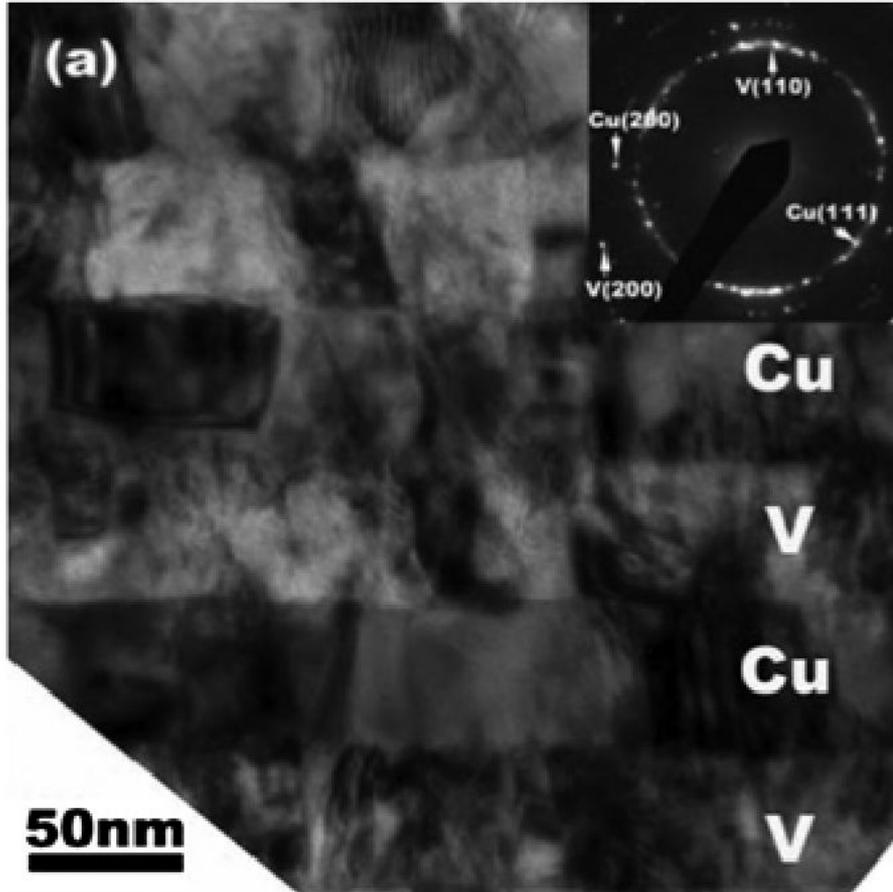
Наноструктурные материалы: теплопроводность



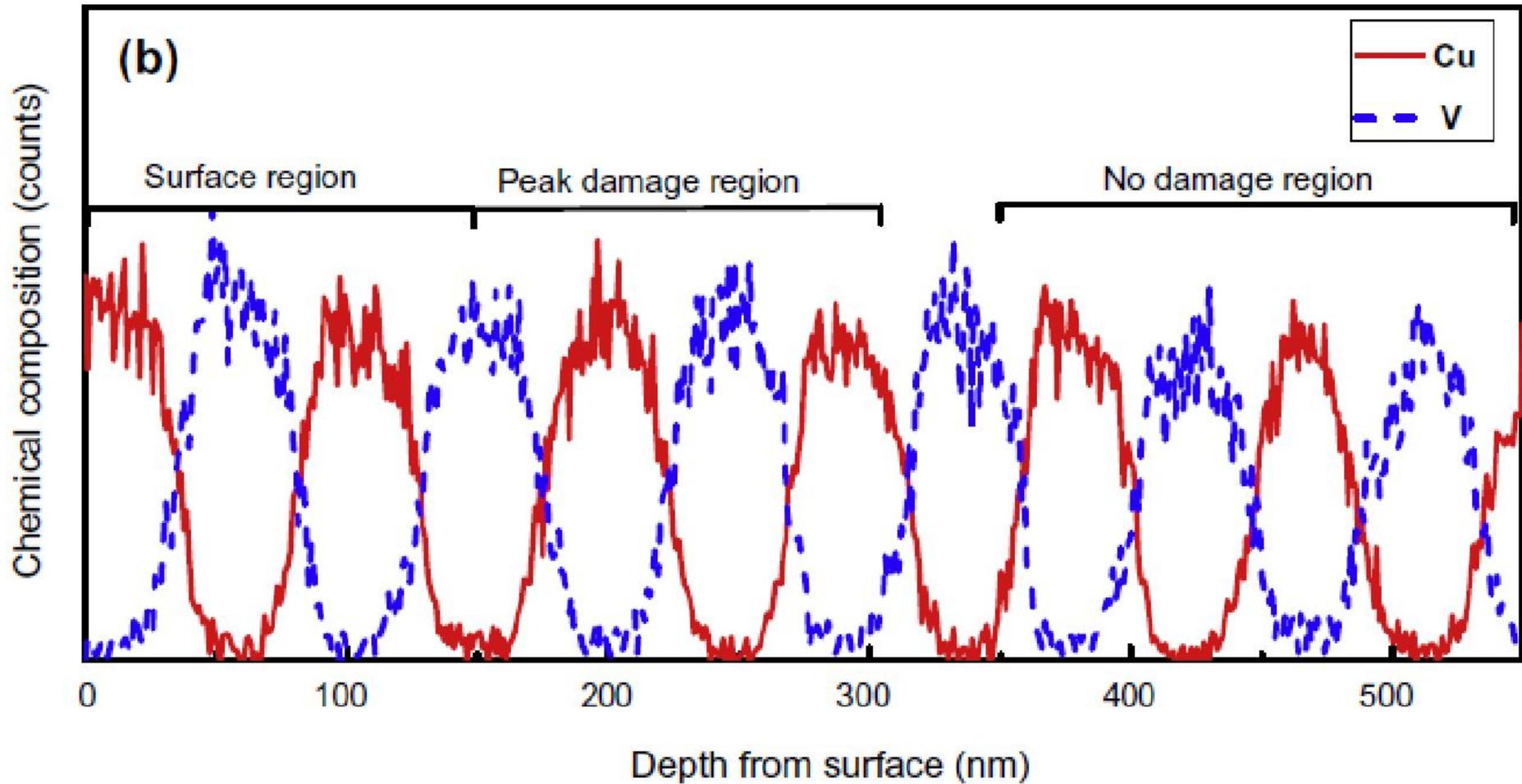
Наноструктурные материалы: диффузионные свойства



Наноструктурные материалы:

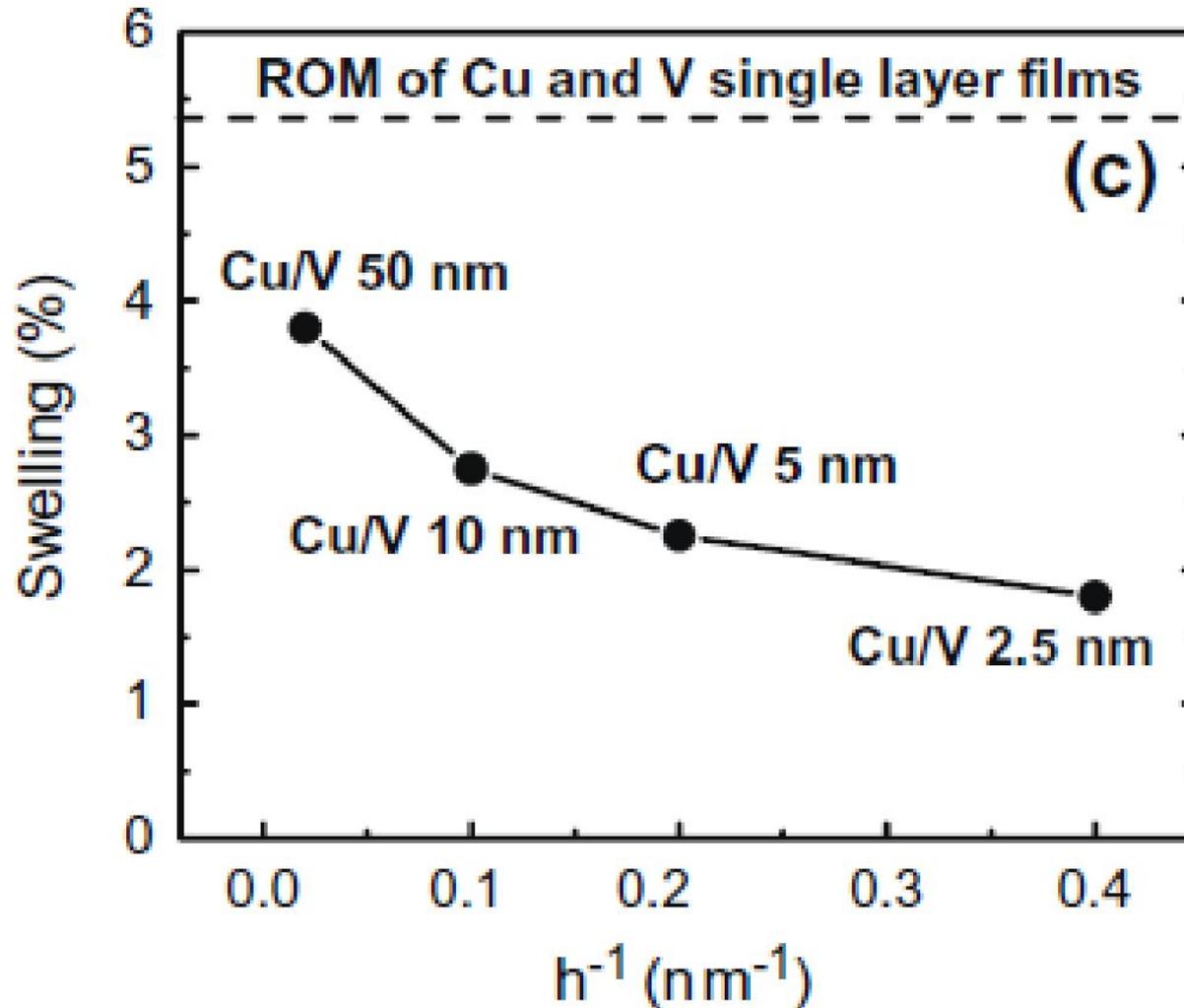


Наноструктурные материалы: радиационная стойкость



Наноструктурные материалы:

радиационная стойкость



Вопросы к лекции

- Определить концентрацию вакансий в алюминии при температуре плавления
- Оценить температуру плавления меди, считая что концентрация вакансий достигает 10^{-3}
- Нарисовать краевую дислокации в ОЦК решетке с системой скольжения $\frac{1}{2}\langle 100 \rangle (001)$