

РОЛЬ НАНОТОНКИХ СЛОЕВ УГЛЕРОДА В ФОМИРОВАНИИ НЕОДНОРОДНОГО УПРУГОГО РОТАЦИОННОГО ИСКРИВЛЕНИЯ РЕШЕТКИ НАНОТОНКИХ КРИСТАЛЛОВ СЕЛЕНА И МЕЖБЛОЧНЫХ ГРАНИЦ

Малков В.Б.¹, Малков А.В.², Малков О.В.², Пушин В.Г.³, Шульгин Б.В.⁴

¹Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН

²ЗАО НПЦ «РОСНА»

³Институт физики металлов УрО РАН

⁴Уральский государственный технический университет, Екатеринбург, 620219, Россия

E-mail: mvb@ihte.uran.ru

Введение

В аморфных пленках селена при температуре кристаллизации 453÷433 К растут плоские, ромбовидные кристаллы, решетка которых испытывает однородное упругое ротационное искривление вокруг [001], совпадающее по направлению с короткой диагональю ромбовидного кристалла [1]. Методами просвечивающей электронной микроскопии исследована реальная структура нанотонких (~80 нм) кристаллов гексагонального селена и формирование в них межблочных границ кручения. Аморфные пленки селена получены методом термического напыления в вакууме на свежий скол слюды и покрыты нанотонкими (~10 нм) слоями аморфного углерода.

Результаты и обсуждение

С помощью трансмиссионной электронной микроскопии обнаружены и методами изгибных экстинкционных контуров [1], электронографии и микроэлектронографии исследованы нанотонкие кристаллы гексагонального селена, картины изгибных экстинкционных контуров на электронно-микроскопических изображениях которых (рис.1) существенно отличаются от картин изгибных контуров на электронно-микроскопических изображениях кристаллов с однородным упругим ротационным искривлением решетки вокруг [001] [1]. Плотность изгибных контуров в центральной части обнаруженных кристаллов заметно отличается от плотности изгибных контуров в их периферийной части. Максимум плотности изгибных контуров или совпадает с центром ромбовидного нанотонкого кристалла, или заметно смещен относительно центра вдоль направления длинной диагонали (рис.1).

По методу изгибных контуров, для обнаруженных нанотонких кристаллов гексагонального селена с переменной

плотностью контуров, был произведен расчет значений удельной скрученности кристаллической решетки Θ в различных точках кристаллов в направлении наибольшей скорости роста.



Рис.1. Микрофотографии нанотонких кристаллов селена с неоднородным упругим ротационным искривлением решетки вокруг оси “С”, $\times 10000$.

Характерный график изменения Θ вдоль направления наибольшей скорости роста нанотонкого кристалла, представлен на рис. 2. В соответствии с данным графиком можно отметить следующие особенности поведения Θ в нанотонких кристаллах гексагонального селена: 1. Θ в обнаруженных кристаллах не является постоянной величиной, она изменяется, следовательно, обнаруженные кристаллы характеризуются неоднородным упругим ротационным искривлением решетки; 2. Θ максимальна в центральной части кристалла. Соответственно, нанотонкие кристаллы селена по характеру поведения Θ образуют две группы: 1 кристаллы с $\Theta=\text{const}$; 2 кристаллы с $\Theta \neq \text{const}$.

Удовлетворительное объяснение причин упругого ротационного искривления решетки нанотонких кристаллов гексагонального селена вокруг оси “С” отсутствует. На наш взгляд это связано,

прежде всего, с тем, что не учитывается роль нанотонких слоев аморфного углерода [2,3].

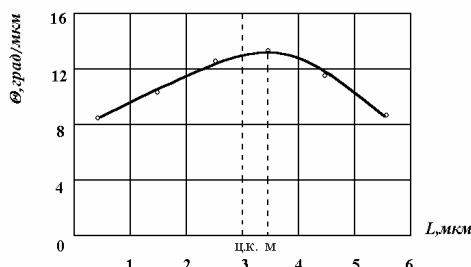


Рис. 2. Изменение удельной скрученности решетки в нанотонком кристалле селена, ц.к. – центр кристалла.

Совершенно ясно, что в условиях действия на кристалл, зажатый между аморфными слоями углерода и аморфной матрицей (рис. 3), напряжений, энергетически выгодным для нанотонкого кристалла является упругий изгиб его решетки, а не изгиб кристалла как целого. Учет антисимметричности тензора напряжений для сплошной среды с вращательным взаимодействием частиц показывает, что упругое ротационное искривление решетки нанотонких кристаллов селена является столь же естественным “откликом” кристалла, как растяжение или сжатие при действии симметричного тензора напряжений.

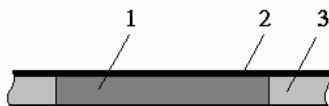


Рис. 3. Схема сечения ромбовидного нанотонкого кристалла селена в аморфной матрице. Сечение перпендикулярно поверхности кристалла и совпадает с длинной диагональю ромба. 1- нанотонкий кристалл, 2- аморфная углеродная матрица, 3-нанотонкая аморфная матрица.

Результатом релаксации неоднородного упругого ротационного искривления решетки в части нанотонкого кристалла является формирование в нем межблочной границы кручения (рис. 4).

Характерный график изменения Θ в нанотонком кристалле, включая и его блоки, доказывает, что, действительно, в одном из блоков кристалла произошла релаксация упругого ротационного искривления решетки.

Выводы

Обнаружены нанотонкие кристаллы гексагонального селена с неоднородным упругим ротационным искривлением решетки вокруг [001].

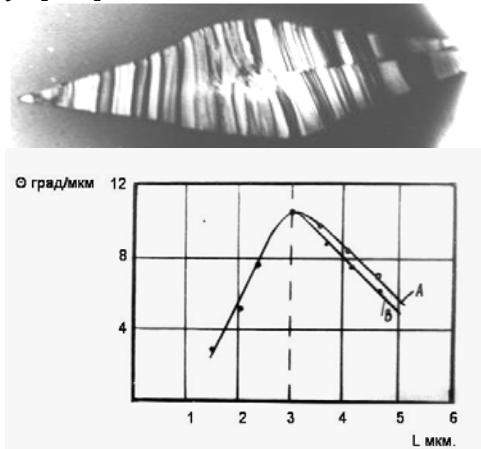


Рис. 4. Микрофотография нанотонкого кристалла селена с межблочной границей кручения, вышедшей на фронт роста, $\times 10000$. Характерный график изменения Θ кристалла с границей.

Показано, что формирование межблочных границ кручения является следствием релаксации неоднородного упругого ротационного искривления решетки в части нанотонкого кристалла.

Литература

1. Bolotov I. E., Kolosov V. Yu. and Malkov V. B. Phys. Stat. Sol (a), 1986, V. 67, № 1, p. 67-70.
2. Bolotov I. E., Prilepo V. L. Phys. Stat. Sol (a), 1983, V. 67, № 1, p. 67-70.
3. Кожин А. В., Колосов В. Ю., Фишевева С. Б. Тез. докл. VI Всесоюзной конф. по росту кристаллов. Ереван, 1985, С.87-88.