

УДК 620.22

В. А. Квашнин

УрФУ им. первого Президента РФ Б. Н. Ельцина,

г. Екатеринбург,

kvashnin.vsevolod@urfu.ru

Научный руководитель – доц., канд. физ.-мат. наук *В. Ю. Колосов*

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ СЕРПОВИДНЫХ МИКРОКРИСТАЛЛОВ ПРИ ЛОКАЛЬНОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ Sb₂Se₃ В АМОРФНЫХ ПЛЕНКАХ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА

АННОТАЦИЯ

Методами просвечивающей электронной микроскопии была изучена микроструктура серповидных микрокристаллов Sb₂Se₃. Методом изгибных экстинкционных контуров были выявлены границы зерен, а также рассчитана величина локального и интегрального искривлений кристаллической решетки.

Ключевые слова: аморфные пленки, Sb₂Se₃, электроннолучевая обработка

ABSTRACT

Microstructure of C-shaped microcrystals Sb₂Se₃ was studied by TEM technique. Grain boundaries, integral and local value of strong internal bending of crystal lattice planes were studied by TEM-methods and analyzed by bend contour technique.

Keywords: amorphous layers, Sb₂Se₃, electron beam

Тонкопленочные халькогенидные материалы остаются привлекательными для изучения. Этот интерес связан с перспективностью их применения в новых устройствах записи информации и хранения данных как в тройных составах [1], так и в двойных [2; 3]. В последние годы также возрос интерес к этим веществам ввиду возобновления интенсивных исследований по термоэлектрикам [4; 5] и росту работ по топологическим изоляторам [6].

Аморфная пленка селенида сурьмы с подслоем Ge была получена термическим распылением Sb₂Se₃ в вакууме на слюду подслоем аморфного углерода, помещалась на медную сетку и исследовалась методами ПЭМ при ускоряющем напряжении 200 кВ. С помощью электронного пучка *in situ* была произведена рекристаллизация плёнки, что привело к зарождению микрокристаллов (рассматриваются кристаллы серповидной формы 10 мкм и более), которые были исследованы в просвечивающем электронном микроскопе методами светлого и темного поля, микродифракции.

Структурные особенности и кристаллографические разориентировки микрокристаллов селенида сурьмы выявлялись путем анализа картин изгибных экстинкционных контуров [7].

Расчет величины искривления решетки между двумя соседними осями зон кристаллической решетки производился по следующей формуле $\delta = \frac{\phi}{l}$ где l – расстояние между осями зон на ПЭМ-изображении, ϕ – угол между направлениями осей зон.

Расчет величины локального искривления решетки между парой соседних изгибных контуров производился по формуле:

$$\psi = \frac{2\theta * d}{N * \lambda},$$

где $\theta = \arcsin(\lambda/2d)$ – угол между контурами (hkl) и (-h-k-l), рассчитанный по формуле Вульфа-Брэгга, d – межплоскостное расстояние (мкм), N – расстояние на ПЭМ-изображении между контурами (hkl) и (-h-k-l), λ – длина волны де Бройля электрона при ускоряющем напряжении 200 кВ.

Величина интегрального искривления решетки ψ в обоих микрокристаллах варьируется в среднем от 8 до 25 град/мкм. Величина локального искривления δ кольцеобразного микрокристалла для пары контуров $\pm(002)$ составила от 8 до 27 град/мкм и удовлетворительно совпадает с величиной интегрального искривления ψ .

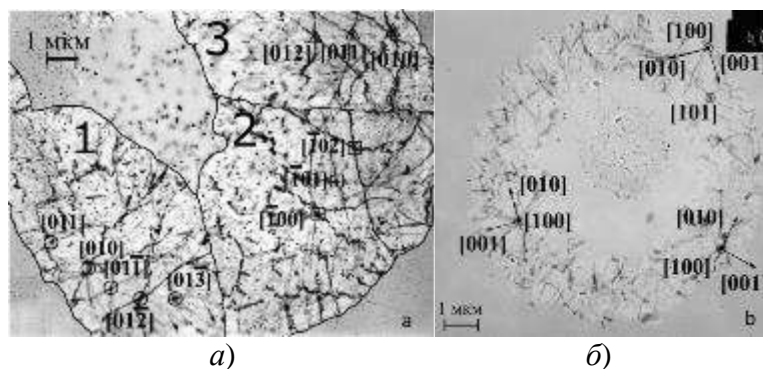


Рис. 1. Электронно-микроскопические изображения микрокристаллов селенида сурьмы: а) серповидного; б) кольцеобразного

При рассмотрении картин изгибных контуров в серповидном микрокристалле было выяснено, что в некоторых местах контуры прерываются, что свидетельствует о наличии в местах разрывов большеугловых границ зерен.

Наличие границы между областями 1 и 2 в серповидном микрокристалле дополнительно подтверждается морфологией соединения этих областей. На рис. 1, а видно, что края областей 1 и 2 образуют острый угол. Это свидетельствует о независимом росте двух зерен и их срастании в

процессе роста. В отличие от этого области 2 и 3 на внутренней дуге кристалла-серпа наблюдается сплошной фронт кристаллизации, который на первый взгляд соответствует единому кристаллическому зерну. Разрывы многих изгибных контуров указывают на наличие большеугловых или малоугловых границ.

Таким образом, установлено, что эти границы разбивают микрокристаллы на несколько монокристаллических областей со своими зонно-осевыми картинами. Эти монокристаллические области зародились независимо, в процессе роста слились и образовали единый микрокристалл с большеугловыми границами.

Искривление кристаллической решетки с плавным изменением ориентировки свидетельствует об отсутствии границ и монокристалличности области, в которой этот изгиб-искривление анализировалось.

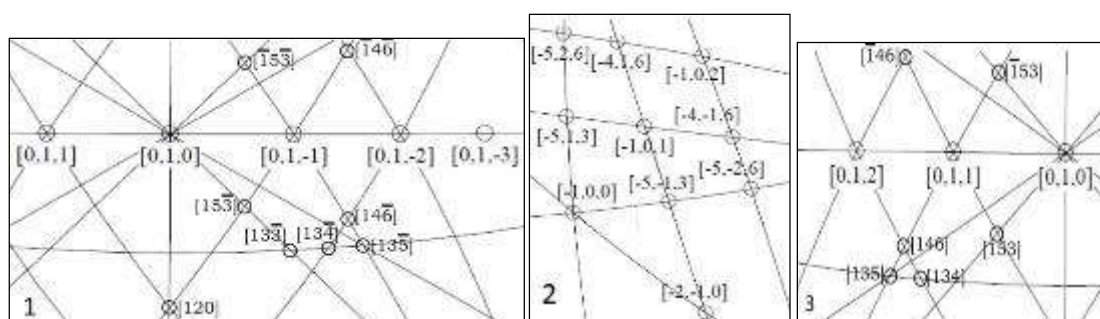


Рис. 2. Стереографические проекции для ЗОК областей 1, 2, 3 (рис.1, а) для серповидного микрокристалла

Серповидные микрокристаллы состоят из отдельных сросшихся крупных монокристаллов. Картины изгибных контуров свидетельствуют о наличии малоугловых и большеугловых границ, протяжённых монокристаллических участков с сильным изгибом.

В участках с ориентировкой $[001]$ наблюдается существенные интегральные искривления решетки вокруг осей, лежащих в плоскости плёнки. Изгиб на протяженных участках возникает при ориентировке в зародышевой части $[001]$ близко к тангенциальному направлению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kolobov A. V. et all, Nature Materials 3, 703–708 (2004).
2. Mikla V. I., Mikhalko I. P., Mikla V. V. Materials science and engineering B 83, 74–78 (2001).
3. Chihiro Kaito et all, Journal of Crystal Growth, 66, p. 156–162 (1984).
4. Ovsyanikov S. V. et all, Appl. Phys. Let., 106, 143901 (2015).
5. Baker J. et all, Journal of Alloys and Compounds 643, p. 186–194 (2015).
6. Li W. et all, Phys. Review B 89, 035101 (2014).
7. Колосов В. Ю., Веретенников Л. М. Изв. РАН, Т. 59, № 2 (1995).