

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ XV РОССИЙСКОЙ НАУЧНОЙ СТУДЕНЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

18–20 мая 2016 г., г. Томск, Россия

Томск
Издательский Дом Томского государственного университета
2016

Выращивание монокристаллов GaSe методом направленного градиента

A.S. Kurasova, S.A. Bereznaya, Z.V. Korotchenko, S.Yu. Sarkisov

Национальный исследовательский Томский государственный университет,
634050, г. Томск

E-mail: anyutakurasova@mail.ru

The growth of GaSe single crystals by direct freezing method

A.S. Kurasova, S.A. Bereznaya, Z.V. Korotchenko, S.Yu. Sarkisov

National Research Tomsk State University, 634050, Tomsk

E-mail: anyutakurasova@mail.ru

Кристаллы GaSe применяются в нелинейной оптике ИК- и терагерцевого диапазонов. К настоящему времени технология их получения достаточно хорошо отработана [1]. Основным методом роста для кристаллов GaSe является метод Бриджмена–Стокбаргера с протяжкой ростовой ампулы по печи с определенным температурным профилем. При этом в литературе имеются расхождения относительно температуры кристаллизации, градиента температуры на фронте кристаллизации, скорости роста GaSe, обеспечивающих получение совершенных монокристаллов. В этой связи выяснение условий получения совершенных легированных и нелегированных кристаллов GaSe, увеличение процента выхода монокристаллов и упрощение технологии остаются актуальными задачами.

Целью настоящей работы было исследование возможностей получения объемных монокристаллов GaSe для оптических применений методом направленного градиента. Примененный в данной работе метод позволяет исключить механизм протяжки из ростовой установки, а также предоставляет ряд возможностей по варьированию градиента на фронте кристаллизации и скорости роста кристаллов. В настоящей работе проведены технологические эксперименты по перекристаллизации синтезированного материала при различных технологических параметрах (температуры гомогенизации расплава, скорости роста, градиенты на фронте кристаллизации) и характеристика их морфологии и оптических параметров.

Синтез соединения GaSe осуществлялся в двухтемпературной печи по стандартной технологии [1]. Двухтемпературный способ синтеза позволяет контролировать давление селена в ампуле. Для экспериментов по перекристаллизации синтезированных материалов использовались ростовые установки на основе трехсекционных электропечей и комплектов терморегуляторов МИНИТЕРМ 300-31. Все эксперименты по перекристаллизации проводились при температурных профилях в печи, показанных на рис. 1, а (кривые 1 и 2). Данные профили устанавливались в печи в начальный

момент, далее терморегуляторы программировались на равномерное охлаждение со скоростями $1\text{--}2^\circ\text{C}/\text{час}$. Кривая 3 на рис. 1, а демонстрирует хорошее сохранение формы профиля в процессе охлаждения (после охлаждения на 50°C относительно кривой 1). Для проведения перекристаллизации ампула с синтезированным материалом помещалась в ростовую печь так, что ее заостренный конец находился в точке печи с температурой выше или близкой к температуре плавления соединения (39–42 см от верхнего края печи; см. рис. 1, а). Перед проведением процесса кристаллизации ампула выдерживалась несколько часов при более высоких температурах для гомогенизации расплава.

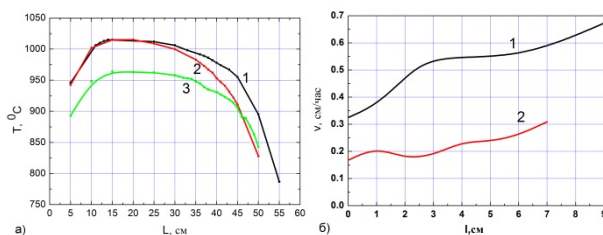


Рис. 1. Температурные профили в печи, использованные при проведении экспериментов по перекристаллизации (а); рассчитанные значения скорости роста в зависимости от длины кристалла (б)

Как видно, температурно-временные условия процесса кристаллизации могли варьироваться путем изменения скорости охлаждения, точки подвеса ампулы и температурного профиля в печи. При описанных условиях в проводимых экспериментах градиенты на фронте кристаллизации и скорости роста кристаллов являлись переменными в процессе роста величинами. Рассчитанные на основе выбранных температурных профилей в печи (рис. 1, а) и скорости охлаждения значения скорости роста в зависимости от длины кристалла приведены на рис. 2, б.

Получение кристаллов GaSe выполнялось при следующих температурно-временных условиях:

- для первого кристалла в момент начала охлаждения расплава температура в начале ампулы составляла 982°C , а на конце расплава – 1000°C , заданная скорость охлаждения $1,3^\circ\text{C}/\text{час}$. Согласно расчетам градиент температуры на фронте кристаллизации составлял $2\text{--}4^\circ\text{C}/\text{см}$, а скорость роста кристаллов – $3,2\text{--}5,5$ мм/час (рис. 1, а и б, кривые 1);

- для второго кристалла в момент начала охлаждения расплава температура в начале ампулы составляла 940°C , а на конце расплава – 983°C , заданная скорость охлаждения $1,3^\circ\text{C}/\text{час}$. Согласно расчетам градиент температуры на

фронте кристаллизации составлял $4\text{--}7^\circ\text{C}/\text{см}$, а скорость роста кристаллов – $1,8\text{--}2,5$ мм/час (рис. 1, *a* и *б*, кривые 2).

В результате проведенных экспериментов было выращено два крупноблочных кристалла селенида галлия. Во втором случае получен более совершенный кристалл с меньшим количеством трещин и пор, с большими размерами однородных монокристаллических областей (рис. 2). При этом уровень коэффициентов поглощения обоих кристаллов был примерно одинаков. Кристаллы не были достаточно однородными, так как наблюдался разброс значений коэффициента поглощения ($0,5\text{--}3$ см⁻¹). При выращивании второго кристалла были обеспечены более благоприятные условия для формирования зародыша, так как начало ростовой ампулы было расположено ближе к области температур, соответствующих началу кристаллизации, и выдержано в течение нескольких часов. В первом эксперименте зарождение центра кристаллизации проходило в режиме охлаждения.

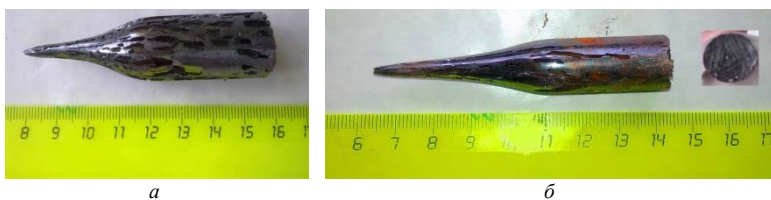


Рис. 2. Выращенные слитки селенида галлия: эксперимент № 1 (*a*), эксперимент № 2 (*б*)

На основе выполненной работы можно сделать следующие выводы. Получению более совершенных монокристаллов GaSe методом направленного градиента способствует применение более низких скоростей кристаллизации (< 2 мм/час) при более высоких значениях градиента на фронте кристаллизации ($4\text{--}7$ град/см). Важное значение для получения однородных монокристаллов имеют использование ампул с заостренной формой дна и длительная выдержка расплава при температурах, близких к температурам плавления GaSe.

Литература

1. Sarkisov S.Yu., Atuchin V.V., Gavrilova T.A., Kruchinin V.N., Berezная S.A., Korotchenko Z.V., Tolbanov O.P., Chernyshev A.I. Growth and optical parameters of GaSe:Te crystals // Russian Phys. J. 2010. Vol. 53, № 4. P. 346–352.