

## ПОЛУЧЕНИЕ ДЫРОЧНОЙ ПРОВОДИМОСТИ В МОНОКРИСТАЛЛАХ СЕЛЕНИДА ЦИНКА

Краснов А. Н., Ваксман Ю. Ф., Пуртов Ю. Н., Сердюк В. В.

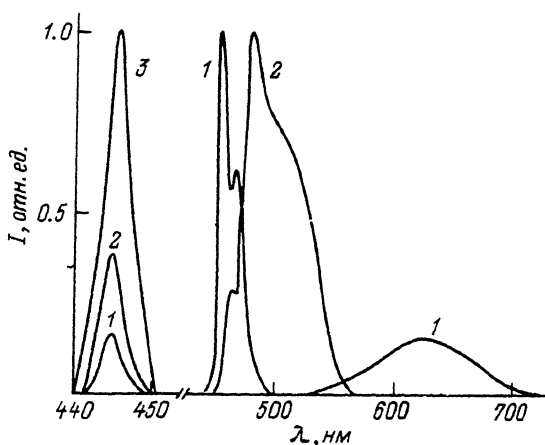
Проблема получения высокопроводящих монокристаллов селенида цинка с дырочной проводимостью продолжает привлекать к себе внимание. Связано это прежде всего с перспективностью использования данного материала для создания инжекционных светодиодов, излучающих в голубой области длин волн. Нерешенной задачей остается достижение в объеме кристалла высокой концентрации мелких нескомпенсированных акцепторных центров.

Некоторые элементы I группы (Ag, Au, Cu), замещающие атомы катионной подрешетки, образуют в запрещенной зоне селенида цинка глубокие акцепторные уровни [1], которые не могут обеспечить высокую дырочную проводимость кристаллов. В [2] предложена модель, объясняющая компенсацию вводимых акцепторных примесей I и V групп путем деформации решетки. Последняя, как указывается, наименьшим образом проявляется при введении в ZnSe лития.

Известно [3], что в положении замещения атомы лития образуют в ZnSe мелкие акцепторные центры  $Li_{Zn}^-$  с энергией термической ионизации  $E \approx 0.114$  эВ. Однако они в значительной степени подвержены компенсации путем выхода части атомов из узлов катионной подрешетки в междоузлия с образованием еще более мелких ( $\approx 0.02$  эВ) донорных центров  $Li_i^+$ . В [4] при анализе люминесцентных свойств кристаллов ZnSe(Li), содержащих различные концентрации вакансий цинка, показано, что с увеличением концентрации незанятых катионных узлов доля растет.

С целью легирования литием в условиях, предотвращающих компенсацию, нами была проведена двухстадийная обработка нелегированных высокоомных (удельное сопротивление  $\rho \sim 10^{12}$  Ом·см) монокристаллов селенида цинка.

На первом этапе исходные кристаллы обрабатывались при  $850^\circ\text{C}$  в течение 80 ч в расплаве селена. Типичный спектр фотолюминесценции (ФЛ) указанных образцов при 77 К представлен на рисунке. В [5] аналогичный спектр ФЛ был получен на образцах ZnSe, отожженных в активированных парах селена. Полоса



Спектры ФЛ монокристаллов ZnSe.

1 — исходных, 2 — отожженных в расплаве селена, 3 — отожженных в расплаве селена с добавлением лития.

с максимумом при 487 нм связана с увеличением концентрации вакансий цинка в процессе квазиэпитаксиального роста кристалла.

На второй стадии эксперимента кристаллы отжигались при температуре 900 °С в течение 6 ч в расплаве селена с добавлением лития. После такой обработки в спектре ФЛ образцов вплоть до глубины ~300 мкм при 77 К присутствовала лишь одна полоса экситонного излучения [6] с  $\lambda_{\text{max}} = 446$  нм.

Знак и концентрация свободных носителей заряда определялись по данным измерения эффекта Холла. Все образцы, обработанные указанным способом, демонстрировали дырочную проводимость. Методом Ван-дер-Пау была определена величина удельного сопротивления образцов. Кристаллы, прошедшие лишь первую стадию обработки, имели  $\rho \sim 10^5$  Ом·см. Для образцов, прошедших второй этап, величина  $\rho$  составила 1 Ом·см. При этом величины концентрации свободных дырок в кристалле и их подвижности составили  $2 \cdot 10^{17}$  см<sup>-3</sup> и 30 см<sup>2</sup>/В·с соответственно. Кристаллы, прошедшие второй этап без предварительной обработки, имели  $\rho \sim 10^6$  Ом·см.

При анализе содержания примесей в кристалле, проведенном с помощью масс-спектрометра МС 7201-М, обнаружено содержание лития в концентрациях, превышающих  $3 \cdot 10^{17}$  см<sup>-3</sup>.

Мы считаем, что в случае предварительного насыщения кристалла вакансиями цинка повышается вероятность нахождения атомов лития в узлах кристаллической решетки. Легирование литием из расплава селена препятствует компенсации вводимой примеси путем образования собственных доноров  $V_{\text{Se}}$ .

Выяснение природы образующихся в кристалле дефектов и достижение оптимальных режимов обработки требуют проведения дальнейших исследований.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Dean P. J., Fitzpatrick B. J., Bhargava R. N. // Phys. Rev. B. 1982. V. 26. N 4. P. 2016—2035.
- [2] Chadi D. J., Chang K. J. // Appl. Phys. Lett. 1989. V. 55. N 6. P. 575—577.
- [3] Merz J. L., Nassau K., Shiever J. W. // Phys. Rev. B. 1973. V. 8. N 4. P. 1444—1452.
- [4] Агельменов М. Е., Георгобиани А. Н., Илюхина З. П., Клейбанов М. С., Левит А. Д., Лепнев Л. С. // Изв. АН СССР. Неорг. матер. 1989. Т. 25. В. 5. С. 731—736.
- [5] Пегов А. А. // Автореф. канд. дис. Тарту, 1988.
- [6] Недеогло Д. Д., Симашкевич А. В. Электрические и люминесцентные свойства селенида цинка. Кишинев, 1984. 150 с.

Одесский государственный университет  
И. И. Мечникова

Получено 24.12.1991  
Принято к печати 13.02.1992