

УДК 546.65, 535.376

ВЛИЯНИЕ ПОСТИМПЛАНТАЦИОННОГО ОТЖИГА В ПОТОКЕ АТОМАРНОГО КИСЛОРОДА НА ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЮ МОНОКРИСТАЛЛОВ СЕЛЕНИДА ЦИНКА, ИМПЛАНТИРОВАННЫХ ЭРБИЕМ

А. Н. Георгобиани, М. Б. Котляревский¹, У. А. Аминов, В. В. Кидалов¹, И. В. Рогозин¹

Методами люминесценции исследовано расположение ионов эрбия в кристаллической решетке монокристаллических слоев ZnSe, полученных методом радикало-лучевой гетерирующей эпитаксии. Установлено, что в зависимости от технологических условий формируются центры люминесценции в виде междоузельного эрбия в подрешетке цинка, эрбия на месте селена и эрбия на месте цинка. Селениду цинка с дырочной проводимостью соответствуют ионы эрбия, замещающие цинк и окруженные четырьмя ближайшими ионами Se²⁻ и двенадцатью следующими за ними ионами Zn²⁺.

Ионная имплантация эрбия в ZnSe *n*-типа с последующим отжигом радиационных дефектов в вакууме при температурах 250 – 600°С была изучена в работе [1]. В ней показано, что в зависимости от условий отжига Er образует три типа центров: Er в междоузлиях подрешетки цинка (А-центр), Er, замещающий селен (В-центр), и Er на месте цинка (С-центр).

Целью нашей работы являлось определение технологических режимов метода радикало-лучевой гетерирующей эпитаксии (РЛГЭ) для получения монокристаллических слоев ZnSe *p*-типа. Ионы эрбия использованы нами в качестве люминесцентных

¹Бердянский государственный педагогический институт, Бердянск, Украина.

”зондов” для определения преобладающих дефектов. Метод РЛГЭ позволяет контролировать содержание собственных дефектов и инвертировать тип проводимости кристаллов путем отклонения их от стехиометрического состава в сторону избытка металлоида с формированием акцепторных центров – вакансий металла. Сущность этого метода состоит в термической обработке монокристаллических подложек соединений П-VI в потоке атомарного металлоида VI группы [2].

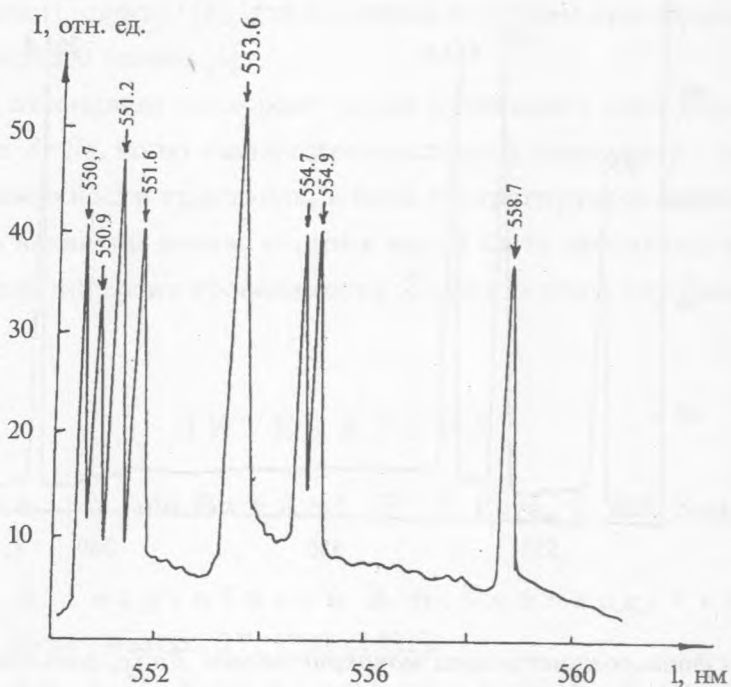


Рис. 1. Спектры фотолюминесценции монокристаллов $ZnSe$, имплантированных эрбием и отожженных в потоке молекулярного кислорода.

Ионы эрбия Er с энергией $E = 80$ кэВ, плотностью тока $j = 0,2$ мкА \cdot см² и дозой $D = 10^{15}$ см⁻² были имплантированы в монокристаллы $ZnSe$ при комнатной температуре. Постимплантационный отжиг радиационных дефектов производился в потоке атомарного кислорода. В спектре фотолюминесценции (ФЛ) при 4,2 К, возбуждаемой светом азотного лазера ЛГИ-21 ($\lambda_B = 337,1$ нм), имеются четыре группы полос, группирующихся около 500, 530, 550 и 670 нм. Согласно схеме термов ионов эрбия все эти полосы связаны с переходами электрона из возбужденных состояний $^4F_{7/2}$, $^2H_{11/2}$, $^3S_{3/2}$ и $^3F_{9/2}$ в основное состояние $^4I_{15/2}$.

В данной работе приводятся результаты исследования зависимости спектров ФЛ, относящихся к переходу ${}^4S_{3/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$, от условий отжига в потоке атомарного кислорода.

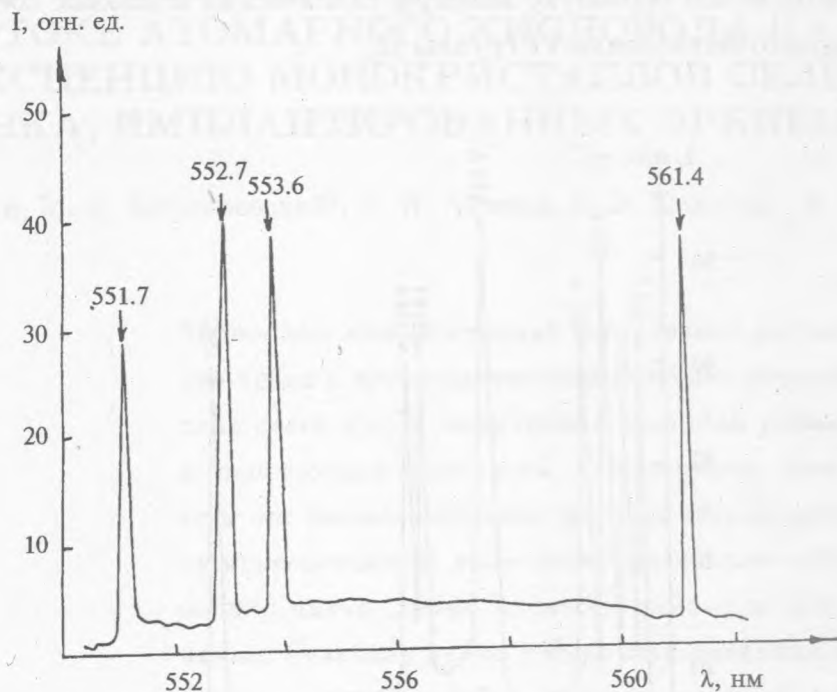


Рис. 2. Спектры фотолуминесценции монокристаллов $ZnSe$, имплантированных эрбием и отожженных в потоке атомарного кислорода.

Часть монокристаллических образцов $ZnSe:Er$ была обработана в потоке молекулярного кислорода при давлениях $10^{-1} - 10^{-3}$ мм рт.ст. при температуре $600^\circ C$. Спектр их ФЛ содержит узкие линии с максимумами при 550,7; 550,9; 551,2; 551,6; 553,6; 554,7; 554,9 и 558,7 нм (рис. 1), соответствующие переходу ${}^4S_{3/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$. Согласно [1] набор этих линий свидетельствует о наличии двух типов люминесцентных центров: ионы Er^{3+} , занимающие междоузельные состояния подрешетки цинка (*A*-центр), и ионы, замещающие селен (*B*-центр).

В [3] было установлено, что термообработка $ZnSe$ в атмосфере молекулярного кислорода ведет к образованию на его поверхности пленки ZnO , формируемой в результате замещения селена кислородом, диффундирующим в объем кристалла. Этот процесс, протекающий по диффузионному механизму, принципиально отличается от процесса

РЛГЭ, в основе которого лежит экстракция металлического компонента из объема кристалла, ведущая к инверсии типа проводимости.

Другая часть монокристаллических образцов $ZnSe:Er$ была обработана в потоке атомарного кислорода (метод РЛГЭ), образуемого в высокочастотном разряде при давлениях $10^{-1} - 10^{-3}$ мм рт.ст. и температуре $600^\circ C$. В спектре ФЛ в этом случае преобладающими являются линии с максимумами при 551,7; 552,7; 553,6 и 556,4 нм (рис. 2) также соответствующие переходам $^4S_{3/2} \rightarrow ^4I_{15/2}$ ионов Er^{3+} , но теперь находящихся в узлах цинка (С-центр) [3]. Эти же линии получены при обработке кристаллов $ZnSe$ в потоке атомарного селена [4].

При обработке в атомарном кислороде также происходит рост пленки ZnO на поверхности кристалла $ZnSe$, но по квазиэпитаксиальному механизму – атомы кислорода адсорбируются на поверхности кристалла, а цинк экстрагируется из его объема [3], что ведет к образованию вакансий цинка, которые могут быть заполнены ионами эрбия. В этом случае произошла инверсия проводимости $ZnSe$ к p -типу, что было определено по термо-ЭДС.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Abolhassani N. and Bryant F. J. Phys., C: Sol. State Phys., **20**, 207 (1987).
- [2] Бутхузи Т. В., Георгобидани А. Н., Котляревский М. Б. Изв. АН СССР, сер. Неорг. матер., **17**, 1153 (1981).
- [3] Георгобидани А. Н., Котляревский М. Б., Rogozin И. В., Кидалов В. В. Неорг. матер., **29**, 1399 (1993).
- [4] Георгобидани А. Н., Котляревский М. Б., Rogozin И. В., Кидалов В. В. Неорг. матер., **31**, 1357 (1995).

Поступила в редакцию 7 апреля 1997 г.