

- [1] Клиш В. П., Нам Б. П., Павлов В. Т. и др. // Электронная техника Сер. Материалы 1981. Вып. 12 (161). С. 19—21.
 [2] Малоземов А., Слонзуски Дж. Доменные стенки в материалах с цилиндрическими магнитными доменами. М.: Мир, 1982. 382 с.
 [3] Губарев А. П., Рандошкин В. В., Сигагачев В. Б. и др. // ЖТФ. 1985. Т. 55. Вып. 7. С. 1393—1399.
 [4] Ануфриев А. Н., Кожухарь А. Ю., Летюк Л. М. и др. // Электронная техника. Сер. Материалы. 1987. Вып. 1 (222). С. 24—27.
 [5] Ануфриев А. Н., Бондарь С. А., Кожухарь А. Ю. и др. // ЖТФ. 1985. Т. 55. Вып. 5. С. 945—948.

Московский институт
стали и сплавов

Поступило в Редакцию
2 октября 1987 г.
В окончательной редакции
24 марта 1987 г.

05; 06; 07; 12

Журнал технической физики, т. 59, в. 2, 1989 г.

ИОННЫЙ ОБМЕН В КРИСТАЛЛАХ СЕЛЕНИДА ЦИНКА

А. О. Александян, В. А. Ганьшин, Ю. Н. Коркишко, В. З. Петрова

Одним из перспективных направлений интегральной оптики является разработка интегрально-оптических устройств на единой подложке полупроводниковых соединений A^2B^6 [1]. В настоящее время применяются два метода получения световодных монокристаллических слоев A^2B^6 : 1) диффузия в монокристаллы A^2B^6 из газовой фазы с образованием слоя твердых растворов переменного состава типа $CdS_{1-x}Se_x$ [2], $Cd_xZn_{1-x}Se$ [3], $ZnS_{1-x}Se_x$ и др. [4]; 2) эпитаксиальный рост слоев A^2B^6 на различных подложках [5].

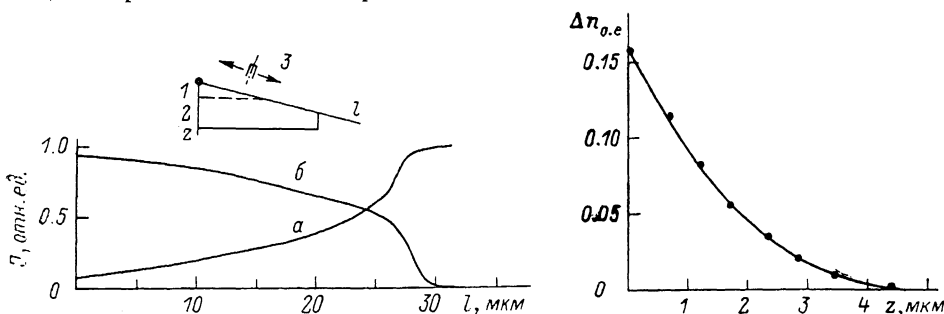


Рис. 1. Схема анализа и распределение относительной интенсивности рентгеновских сигналов, соответствующих цинку (а) и кадмию (б) по длине косо шлифа.

1 — световодная область $Cd_xZn_{1-x}Se$, 2 — подложка $ZnSe$, 3 — микрозонд.

Рис. 2. Профиль показателей преломления обыкновенного и необыкновенного лучей в ионообменном $Cd : ZnSe$ световоде.

Сплошная линия — функция вида (1), $d=2.86$ мкм,

Нами установлена возможность протекания процесса ионного обмена $Cd^{2+} \rightleftharpoons Zn^{2+}$ в кристаллах $ZnSe$ в многокомпонентных расплавах солей, содержащих ионы Zn^{2+} и Cd^{2+} , при температурах ниже $400^\circ C$. В экспериментах использовались химически полированные пластины монокристаллов селенида цинка, выращенные из паровой фазы.

Для исследований использовались методы рентгеновского микроанализа по косому шлифу (установка РЭМ-100-У) и волноводно-оптического измерения эффективных показателей преломления (ЭПП), включая восстановление профиля показателя преломления (ППП) методом кусочно-линейной аппроксимации в ВКБ приближении с учетом одноосной распределенной анизотропии поверхностных слоев.

На рис. 1 представлены результаты исследований распределения элементов в поверхностной области кристалла. Необходимо отметить, что глубина анализируемой области сравнима

с глубиной ионообменного слоя, поэтому относительная интенсивность рентгеновского сигнала, соответствующего исследуемому элементу, непропорциональна его концентрации. Характер профилей распределения сигналов указывает на ионообменный механизм процесса. Кроме того, условия процессов обуславливают наличие в расплавах ионов Cd^{2+} и отсутствие ионизированных атомов кадмия. Поэтому для обеспечения электронейтральности кристалла необходимо равенство диффузионных потоков ионов Cd^{2+} из расплава в кристалл и ионов Zn^{2+} из кристалла в расплав.

В процессе указанного ионного обмена формируется область с повышенными значениями показателей преломления обыкновенного (o -) и необыкновенного (e -) лучей, что обеспечивает волноводное распространение мод TE и TM поляризаций. Точность измерения ЭПП на длине волны 633 нм не позволила разделить восстановленные ППП o - и e -лучей. На рис. 2 показан профиль показателя преломления, соответствующий лучам обоих типов. Восстановленные ППП o - и e -лучей хорошо описываются уравнением вида

$$\Delta n_{o,e}(z) = (n_{o,e}(0) - n_{o,e}(\infty)) \operatorname{erfc}\left(\frac{z}{d}\right), \quad (1)$$

где z — расстояние от поверхности кристалла, $\Delta n_{o,e}(z)$ — функция приращения показателя преломления, $n_{o,e}(0)$ — показатель преломления на поверхности кристалла, $n_{o,e}(\infty)$ — показатель преломления подложки o - и e -луча соответственно.

Согласно [6, 7], уравнение, описывающее процесс ионообменной диффузии, имеет вид

$$\frac{du}{dt} = \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{D_a}{1 - \alpha u} \frac{\partial U}{\partial z} \right), \quad (2)$$

где $U = C_a/C_a + C_b$, C_a и C_b — концентрации, D_a и D_b — коэффициенты диффузии ионов Cd^{2+} и Zn^{2+} соответственно, $\alpha = (D_b - D_a)/D_b$.

Видно, что при $\alpha \approx 0$ уравнение (2) переходит в уравнение второго закона Фика, решением которого при диффузии из бесконечного источника является функция типа (1), где $d = 2\sqrt{D_a t}$. Очевидно, в предположении пропорциональности ППП и профиля концентрации в ионообменных $Cd:ZnSe$ световодах $D_a \approx D_b$. В условиях проведения процесса получения $Cd:ZnSe$ световода, ППП которого представлен на рис. 2, $D_a = 3.8 \cdot 10^{-12}$ см²/с. Варьируемые параметры процесса позволяют формировать одно- и многомодовые световоды.

Известные ранее процессы ионного обмена в монокристаллах относятся к ниобату и танталату лития. В них могут принимать участие одновалентные ионы H^+ , K^+ , Cu^+ , Ag^+ , Tl^+ [8, 9]. Наши исследования показали возможность участия в ионообменных процессах двухвалентных ионов. Представленные в работе результаты показывают возможность эффективного получения при низких температурах в расплавах солей ионообменных световодов на основе твердых растворов $Cd_xZn_{1-x}Se$ с широким диапазоном приращения показателя преломления.

В других кристаллах класса A^2B^6 также возможно протекание ионообменных процессов, в которых могут принимать участие различные двухвалентные катионы. О результатах этих исследований будет сообщено в дальнейших работах.

Авторы выражают благодарность С. В. Седову за проведение рентгеновского микроанализа.

Литература

- [1] Семенов А. С., Смирнов В. Л., Шмалько А. В. // Квант. электр. 1987. Т. 14. Вып. 7. С. 1319—1360.
- [2] Taylor H. F., Martin W. E., Hall D. B., Smiley V. N. // Appl. Phys. Lett. 1972. Vol. 21. N 2. P. 95—98.
- [3] Воеводина В. Г., Давыдова Т. А., Морозов А. Н. и др. // Тез. докл. VII конф. по процессам роста и синтеза полупроводниковых кристаллов и пленок. Новосибирск, 1986. С. 67—68.
- [4] Берченко Н. Н., Кривс В. Е., Средин В. Г. Полупроводниковые твердые растворы и их применение. М.: Воен. изд-во, 1982. 210 с.
- [5] Калинин И. А., Алесковский В. Б., Симашкевич А. В. Эпитаксиальные пленки соединенный $A^{II}B^{VI}$. Л., 1978. 310 с.
- [6] Begun G. M., Fletcher W. H. // J. Chem. Phys. 1958. Vol. 28. N 3. P. 418—425.
- [7] Wilkinson C. D. W., Walker R. // Electron. Lett. 1978. Vol. 14. N 18. P. 599—600.
- [8] Ганьшин В. А., Коркишко Ю. Н., Петрова В. З. // Обзоры по электронной технике. Сер. II. Лазерная техника и оптоэлектроника. 1978. Вып. 2 (1174). С. 56.
- [9] Ганьшин В. А., Иванов В. Ш., Коркишко Ю. Н., Петрова В. З. // ЖТФ. 1986. Т. 56. Вып. 7. С. 1354—1362.