

ответственно, а $\gamma_2 = (4\pi/\lambda) k_2 d_2$, k_2 — показатель поглощения пленки, d_2 — толщина пленки.

Отметим, что первое приближение для n_2 находится при пренебрежении поглощением в экстремуме с нечетным порядком интерференции m . Поскольку определяются константы n_2 и k_2 при четных m , а нечетным m соответствуют другие длины волн, при расчете пользовались интерполяционной кривой, плавно соединяющей экстремумы с нечетным m .

Расчет оптических констант по интерференционным спектрам пропускания методом последовательных приближений проводился численно на персональной ЭВМ РС/ХТ. Полученные значения n , k , α , а также вещественной ϵ_1 и мнимой ϵ_2 составляющих комплексной диэлектрической проницаемости тонких пленок на подложке BaF_2 приведены в таблице.

ν , см ⁻¹	m	n	k	$\alpha = 4\pi k/\lambda \cdot 10^3$, см ⁻¹	$\epsilon_1 = n^2 - k^2$	$\epsilon_2 = 2nk$
900	2	5.23	0.22	2.49	27.1	2.3
1800	4	4.33	0.15	3.39	18.6	1.3
2680	8	4.13	0.09	3.03	17.00	0.7

Таким образом, впервые определены оптические константы n , k и α монокристаллических слоев GeS , а значения диэлектрической проницаемости тонких пленок ϵ_1 и ϵ_2 хорошо совпадают с приведенными в [5] данными для объемных кристаллов.

Список литературы

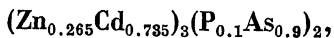
- [1] Пилянкевич А. Н., Быковский Ю. А., Лощинин М. Б. Лазерное напыление тонких пленок. Киев, 1980. 84 с.
- [2] Koren N. N., Gremenok V. F., Kindyak V. V. // Phys. St. Sol. (a). 1985. V. 90. P. K121—K123.
- [3] Корень Н. Н., Моисеенко В. В., Киндяк В. В., Иванов В. А. // Тез. докл. Всес. конф. по халькогенидам германия. Ужгород, 1988. С. 349.
- [4] Корень Н. Н., Моисеенко В. В., Киндяк В. В., Гременок В. Ф. // Тез. докл. Всес. совещ. по фотоэлектрическим явлениям в полупроводниках. Ташкент, 1989. С. 105.
- [5] Wiley J. D., Buckel W. J., Schmidt R. L. // Phys. Rev. B. 1976. V. 13. N 6. P. 2489—2495.
- [6] Раков А. В. Спектрофотометрия тонкопленочных полупроводниковых структур. М., 1975. 175 с.

Институт физики твердого тела
и полупроводников АН БССР
Минск

Получено 18.12.1990
Принято к печати 14.05.1991

ФТП, том 25, вып. 9, 1991

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК



ПОЛУЧЕННЫХ ИМПУЛЬСНЫМ ЛАЗЕРНЫМ ИСПАРЕНИЕМ

Матяс Э. Е., Гременок В. Ф., Трухан В. М.

Соединения группы $\text{A}_3^{\text{IV}}\text{B}_2^{\text{V}}$ обладают рядом уникальных физических свойств и используются в полупроводниковой и квантовой электронике [1]. В частности, на арсениде кадмия изготовлены датчики Холла и ИК приемники.

Практическое применение материалов и растущие требования промышленности вызывают особый интерес к твердым растворам $\text{A}_3^{\text{IV}}\text{B}_2^{\text{V}}$, где непрерывное

изменение концентрации определяет плавное изменение свойств, что предоставляет широкие возможности выбора материалов с заданными параметрами. Кроме того, твердые растворы в ряде случаев устраняют недостаток, присущий соединениям $A_3^{II}B_2^V$ — полиморфизм, который ухудшает воспроизводимость свойств и ограничивает температурный диапазон использования. При изготовлении устройств наиболее перспективна пленочная технология.

В настоящей работе использованы тонкие слои системы $Cd_3P_2-(Cd, Zn)_3As_2$ в той области составов, в которой отсутствуют полиморфные превращения.

Сплавы для получения пленок были синтезированы из смеси порошков исходных соединений в вакуумированных до 10^{-4} мм рт. ст. кварцевых ампулах в течение 2 ч при температурах 1070—1180 К в условиях низкочастотной вибрации. Полученные сплавы подвергались гомогенизирующему отжигу в течение 10 сут при температуре на 20 К ниже температур синтеза и охлаждались до комнатной температуры со скоростью 50 К/ч.

Для контроля полученных сплавов и пленок использовались микроструктурный и рентгенофазовый анализы.

Получение пленок сложных соединений связано со значительными трудностями. Это обусловлено диссоциацией этих соединений и отклонением состава пленок от стехиометрии.

Традиционные методы напыления здесь малопригодны, а для получения слоев используют дискретные методы испарения. К та-

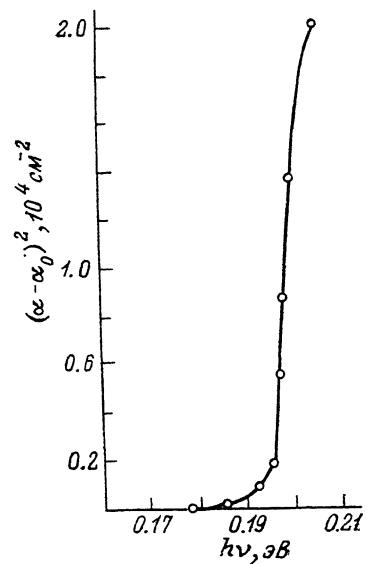


Рис. 1. Спектр поглощения пленки $(Zn_{0.265}Cd_{0.735})_3 \times (P_{0.1}As_{0.9})_2$ на сапфировой подложке.

ким методом относится импульсное лазерное испарение [2], представляющее собой относительно новую технологию получения пленок соединений $A_3^{II}B_2^V$.

Напыление пленок проводилось в вакуумной камере при давлении $(4-6) \cdot 10^{-5}$ мм рт. ст. с помощью лазера, работающего в режиме свободной генерации с длиной волны 1.06 мкм и энергией импульса 100—130 Дж. Лазерное излучение с помощью линзы с $f=500$ мм фокусировалось на поверхности мишени, расположенной под углом 45° к направлению луча. Пленки наносились как на изотропные (стекло, плавленый кварц), так и монокристаллические (сапфир, BaF_2 , MgO) подложки, температура которых могла изменяться от 290 до 573 К. Толщина слоя, осаждаемого за один акт испарения, была 0.10—0.20 мкм. Скорость осаждения при этом составляла $10^6-2 \cdot 10^6$ Å/с.

Исследованы спектры поглощения и отражения пленок указанной системы в области 2—25 мкм. Измерения проводены на двухлучевом спектрометре UR-20 при комнатной температуре. Толщина пленок составляла 1.5—1.8 мкм.

Наиболее ярко выражены особенности в оптических спектрах пленок, осажденных на монокристаллический сапфир. Пленки были прозрачны в спектральной области 6.6—11.8 мкм.

На рис. 1 приведен оптический спектр пленки $(Zn_{0.265}Cd_{0.735})_3(P_{0.1}As_{0.9})_2$ в области фундаментальной полосы поглощения. Длинноволновая граница поглощения обозначена четко.

Ширина запрещенной зоны, определенная по положению края основной полосы поглощения, оказалась равной 0.196 эВ для указанного выше состава.

Спектры оптического отражения исследовались в области плазменного минимума (рис. 2, а). Полученные данные были использованы для определения показателя преломления n исследованных пленок.

Если пренебречь вкладом решетки в диэлектрическую проницаемость ϵ , можно записать стандартное выражение [3]

$$\varepsilon = \varepsilon_{\infty} - \frac{Ne^2}{4\pi c^2 \varepsilon_0 m^*} \lambda^2,$$

где λ — длина волны оптического излучения, e — заряд электрона, c — скорость света, m^* — эффективная масса электрона.

Путем экстраполяции значения $\varepsilon = n^2$, найденного из спектров отражения, к $\lambda = 0$ было определено значение ε_{∞} высокочастотной диэлектрической проницаемости (рис. 2, б).

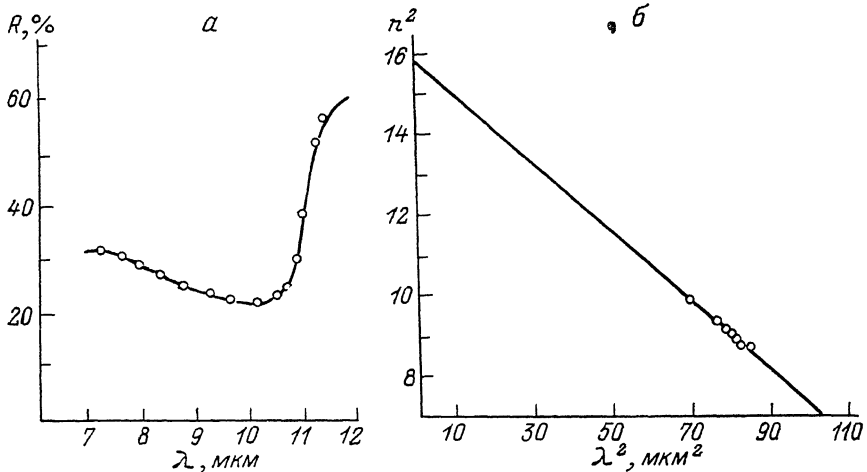


Рис. 2.

а — спектр отражения пленки $(\text{Zn}_{0.285}\text{Cd}_{0.715})_2(\text{P}_{0.1}\text{As}_{0.9})_2$ в области плазменного минимума; б — зависимость n^2 от λ^2 , определенная из данных, приведенных на рис. 2, а.

Для указанного выше состава показатель преломления равен 3.16 для $\lambda = 7.9$ мкм, а высокочастотная диэлектрическая проницаемость имеет значение 15.7.

Список литературы

- [1] Лазарев В. Б., Шевченко В. Я., Гринберг Я. Х., Соболев В. В. Полупроводниковые соединения группы A^2B^5 . М., 1978. 170 с.
- [2] Пиляквич А. Н., Быховский А. Ю., Лощинский М. Б. Лазерное напыление тонких пленок. Киев, 1980. 84 с.
- [3] Цидильковский И. М. Электроны и дырки в полупроводниках. М., 1972. 586 с.

Институт физики твердого тела
и полупроводников
АН БССР
Минск

Получено 28.01.1991
Принято к печати 14.05.1991

ФТП, том 25, вып. 9, 1991

ЭЛЕКТРОННЫЕ ЛОВУШКИ, НАВЕДЕННЫЕ В n -GaP ИОННЫМ ЛЕГИРОВАНИЕМ ФОСФОРОМ

Иващенко А. И., Копанская Ф. Я., Соломонов А. И., Тарченко В. П.

В литературе можно найти значительное число работ, в том числе обзорного характера, посвященных вопросам ионного легирования полупроводников A^3B^5 [1]. Особое место в ряду этих исследований занимают работы, в которых