

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПИРОЛИТИЧЕСКИХ ПЛЕНОК ОКИСИ ИНДИЯ, ЛЕГИРОВАННОЙ ОЛОВОМ

Л. А. Рябова, В. С. Салун и И. А. Сербинов

Прозрачные проводящие покрытия на основе окиси индия, легированной оловом, привлекают внимание исследователей, поскольку таким покрытиям свойственна большая прозрачность в видимой области спектра, сочетающаяся с высокой проводимостью [1]. В то же время оптические свойства таких пленок, особенно в инфракрасной области спектра, изучены еще недостаточно. В данной работе исследовались оптические свойства пленок окиси индия, легированной оловом, полученные термическим разложением при 400° С смеси паров ацетилацетонатов индия и олова в токе азота. Подложками служили пластины сапфира толщиной 0.5 мм. Согласно данным рентгеновского микроанализа, отношение атомных концентраций индия и олова в осажденных пленках равнялось 12.2 : 1. После термической обработки в вакууме 10⁻² Тор при температуре 400° С в течение 30 минут такие пленки имели удельное сопротивление 1.6·10⁻⁴ Ом·см при высокой прозрачности в видимой части спектра.

Для определения коэффициента поглощения из спектра пропускания T обычно пользуются [2] формулой

$$T = (1 - R)^2 \exp(-\alpha d), \quad (1)$$

которая справедлива при условии

$$\exp(2\alpha d) \gg R^2, \quad (2)$$

где R — коэффициент отражения, а d — толщина пленки. Измеряя пропускание двух слоев с толщинами d_1 и d_2 , можно исключить R и определить α из отношения

$$\alpha = \frac{\ln \frac{T_1}{T_2}}{d_2 - d_1}. \quad (3)$$

Для определения α по формуле (3) мы действовали следующим образом. При измерении пропускания T_1 , пленка толщиной d_1 находилась между двумя подложками. Это достигалось тем, что к пленке прижималась чистая подложка. При измерении пропускания T_2 две пленки, каждая толщиной d_1 , складывались друг с другом, образуя между двумя подложками слой толщиной $d_2 = 2d$. Формула (3) при этом приобретала вид

$$\alpha = \frac{1}{d_1} \ln \frac{T_1}{T_2}. \quad (4)$$

(Под пропусканием T в нашем случае понимается отношение интенсивности света, прошедшего через пленку с подложками, к интенсивности света, прошедшего через чистые подложки.) Нами были получены пленки толщиной $d = 0.15, 0.30$ и 0.95 мкм. Для каждой из указанных толщин измерялось пропускание одинарного и удвоенного слоев в области длин волн $0.3 \div 1.4$ мкм. Спектральная зависимость пропускания слоев различной толщины между двумя сапфировыми подложками показана на рис. 1. При вычислении α по формуле (4) сравнивались значения α для трех указанных толщин. Близость значений α для различных толщин считалась критерием применимости формулы (4). В тех областях спектра, где значения α сильно различались, более близкими к истинным предполагались, учитывая условие (2), значения для более толстых слоев.

Анализ экспериментальных данных показал, что значения α в области $\lambda = 0.30 - 0.33$ мкм можно аппроксимировать функцией

$$\alpha_1 = 7 \cdot 10^4 (h\nu - \Delta E_1)^{1/2}, \quad (5)$$

в области $\lambda = 0.34 - 0.43$ мкм — функцией

$$\alpha_2 = 10^4 (h\nu - \Delta E_2)^2, \quad (6)$$

а в области $\lambda = 0.55 - 1.1$ мкм — функцией

$$\alpha_3 = 3.72 \cdot 10^3 \lambda^2, \quad (7)$$

где ΔE_1 и ΔE_2 равны 3.78 и 2.6 эВ, соответственно. Полученные результаты представлены на рис. 2, где точками отмечены значения α , вычисленные по фор-

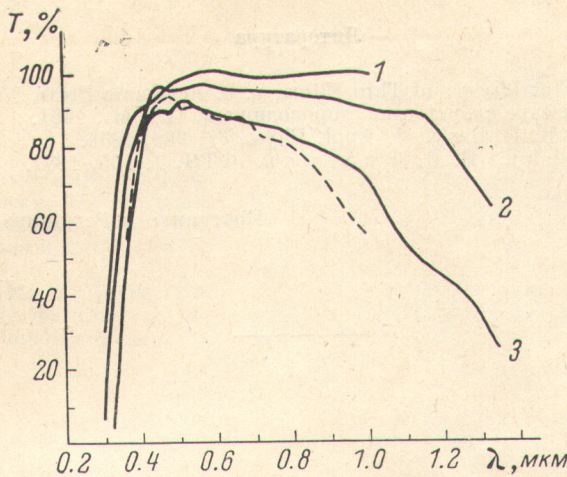


Рис. 1. Спектральная зависимость пропускания пленок $\text{In}_2\text{O}_3\text{-Sn}$ различной толщины.
1 — $d = 0.15$ мкм, 2 — $d = 0.30$ мкм, 3 и 4 — $d = 0.95$ мкм.

муле (4) из данных по пропусканию слоев различной толщины, а сплошной линией показана функция

$$f(\lambda) = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3. \quad (8)$$

Как известно, зависимости вида (5), (6) и (7) характерны для поглощения света соответственно при прямых межзонных переходах, непрямых переходах и для

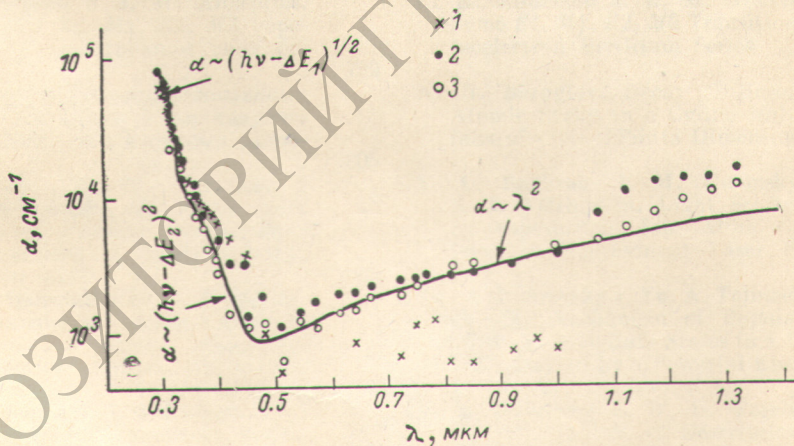


Рис. 2. Спектральная зависимость коэффициента поглощения.

1 — значения α , вычисленные из данных по пропусканию пленок с $d = 0.15$ мкм; 2 — $d = 0.30$ мкм; 3 — $d = 0.95$ мкм. $\Delta E_1 = 3.78$ эВ; $\Delta E_2 = 2.6$ эВ.

поглощения света на свободных носителях [2]. Значения ΔE_1 и ΔE_2 в (5) и (6) находятся в хорошем соответствии с сообщенными ранее [3] значениями энергий для прямых (3.75 эВ) и непрямых (2.691 эВ) межзонных переходов в In_2O_3 , а также со значениями энергий для прямых переходов в In_2O_3 , в различной степени легированной Sn [4].

Следует отметить, что пропускание слоя между двумя подложками отличается от пропускания пленки на подложке из-за различия коэффициентов отражения на границе пленка—сапфир и пленка—воздух. Для сравнения на

рис. 1 штриховой линией показан спектр пропускания системы пленка—подложка. То, что отражение на границе пленка—сапфир меньше, чем отражение на границе пленка—воздух, по-видимому, расширяет спектральный диапазон применимости (4) при использовании метода удвоения слоев.

Авторы благодарят В. И. Фистуля и А. Б. Ормонта за полезное обсуждение результатов.

Литература

- [1] J. L. Vossen. In: Physics of Thin Films, v. 9. Academic Press, New York, 1977.
- [2] Т. Мосс. Оптические свойства полупроводников. ИЛ, М., 1961.
- [3] P. L. Weiher, R. P. Leu. J. Appl. Phys., 37, 299, 1966.
- [4] В. М. Вайнштейн, В. И. Фистуль. ФТП, 1, 135, 1967.

Поступило в Редакцию 6 октября 1981 г.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ имени Ф. Скорины