

В. И. БЕЛЯКОВ, Ю. А. МУХИН, Л. А. ОРЛОВ, В. Г. ЧИРКОВ
(Москва)

ИЗУЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКОЙ МОДУЛЯЦИИ В ТОНКИХ СЛОЯХ СЕЛЕНИДА КАДМИЯ

Известно несколько способов амплитудной модуляции излучения. Из них значительное внимание уделяется методу, использующему эффект изменения коэффициента оптического поглощения основной полосы абсорбции под действием электрического поля. Электрооптическая модуляция поглощения излучения изучена на целом ряде материалов (Ge, Si, GaAs, CdSe, CdS и т. д.) [1, 2]. Однако сведений о спектральной и полевой зависимости параметров модуляции как в монокристаллических образцах, так и в тонких слоях приводится крайне мало.

Нами были проведены исследования этих параметров в тонких пленках селенида кадмия, осажденных в вакууме на слюдяные подложки методом квазизамкнутого объема. Kontakтами к образцам, толщина которых составляла 0,3—1,5 мкм, служили слои алюминия, нанесенные планарно с зазором 20 мкм. Зависимость оптического пропускания образцов от напряженности внешнего электрического поля исследовалась при температуре 80 К. Величина напряженности электрического поля находилась в пределах $(0,1-5) \cdot 10^4$ В/см.

По изменению интенсивности прошедшего через образец света глубина m и эффективность η электрооптической модуляции вычислялись по формулам:

$$m = (I_1 - I_2) / (I_1 + I_2), \quad \eta = (I_1 - I_2) / I_0, \quad (1)$$

где I_0 — интенсивность света, падающего на зазор между контактами образца; I_1 и I_2 — интенсивность прошедшего через образец света при отсутствии и наличии внешнего поля соответственно. Выразим I_1 и I_2 через интенсивность падающего света:

$$I_1 = I_0 \exp(-\alpha d), \quad I_2 = I_0 \exp[-(\alpha + \Delta\alpha)d]. \quad (2)$$

Здесь α — коэффициент поглощения в пленке при отсутствии внешнего электрического поля; $\Delta\alpha$ — изменение коэффициента поглощения, вызванное внешним электрическим полем; d — толщина пленки (предполагается, что коэффициент отражения изменяется незначительно). Тогда для коэффициентов глубины и эффективности модуляции имеем

$$m = [1 - \exp(-\Delta\alpha d)] / [1 + \exp(-\Delta\alpha d)], \quad (3)$$

$$\eta = \exp(-\alpha d) [1 - \exp(-\Delta\alpha d)].$$

Из выражения (3) следует, что коэффициент глубины модуляции растет монотонно с увеличением толщины пленки, в то время как коэффициент эффективности модуляции достигает своего максимального значения при

$$d = d_m = (1/\Delta\alpha) \ln [\alpha / (\alpha + \Delta\alpha)]. \quad (4)$$

Это означает, что оптимальная (для достижения наибольшей эффективности модуляции) толщина пленки определяется как начальным значением коэффициента поглощения в пленке, так и амплитудой его изменения под действием электрического поля. На рис. 1 представлены зависимости d_m , максимальных значений η и соответствующих им значений m от $\Delta\alpha/\alpha$ для различных α . Кривая 1 построена для $\alpha = 0,5 \cdot 10^4$ см⁻¹, а каждое последующее значение α вдвое больше предыдущего. По этим зависимостям, зная коэффициент поглощения материала на рабочей длине вол-

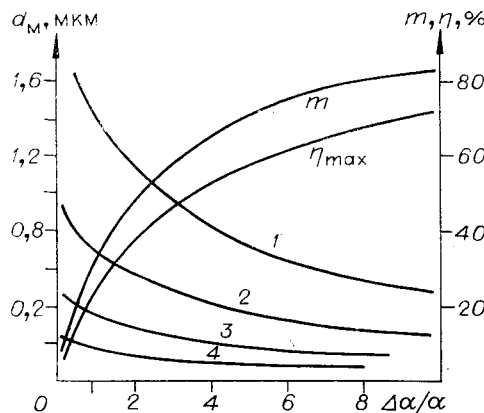


Рис. 1.

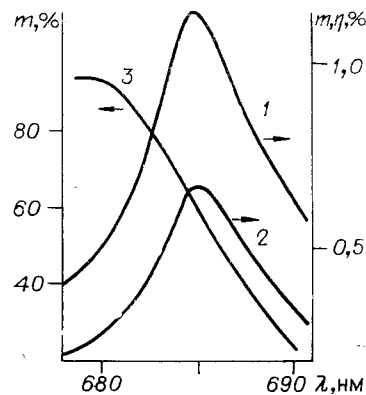


Рис. 2.

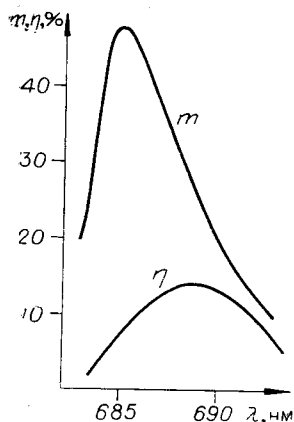


Рис. 3.

электрическое поле рассеивается главным образом на межкристаллитных барьерах. Этот слой вносит вклад лишь в общий уровень поглощения и ухудшает крутизну края поглощения в целом. С увеличением толщины слоев наблюдается укрупнение кристаллитов, повышается совершенство пленки непосредственно на границе с подложкой. Так, при толщине пленки 1—2 мкм размеры кристаллитов составляют несколько десятков микрометров, а оптические и электрические свойства образцов в этом случае приближаются к свойствам монокристаллов, что позволяет получить на относительно толстых пленках ($d \geq 1$ мкм) большие изменения интенсивности прошедшего света при напряженностях поля на порядок меньше пробойных.

На рис. 2 приведены спектральные зависимости коэффициентов глубины и эффективности электрооптической модуляции в селениде кадмия при толщине пленки 0,3 (кривые 1, 2 соответственно) и 1,5 мкм (кривая 3). Как видно из рис. 2, коэффициент глубины модуляции в образце толщиной 1,5 мкм приближается к 100% уже при напряженности поля $\varepsilon = 2 \cdot 10^4$ В/см, однако ввиду высокой оптической плотности эффективность модуляции составляет лишь десятые доли процента (на графике не показано). В образцах толщиной 0,3 мкм электрооптический эффект проявляется довольно слабо. Наиболее удовлетворительные результаты удалось получить при толщине образцов $\sim 0,6$ мкм. Для них достаточно высокая глубина модуляции ($m = 45\%$) наблюдалась при эффективности $\sim 13\%$ (рис. 3).

Нами были исследованы также спектральные зависимости электропоглощения для двух взаимно перпендикулярных направлений вектора поляризации излучения. В обоих случаях вектор поляризации был нормален оси C кристаллитов (лежал в плоскости подложки) и направлен вдоль или перпендикулярно вектору напряженности электрического поля. При этом различий в изменении пропускания не наблюдалось.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кордона М. Модуляционная спектроскопия. М.: Мир, 1972.
2. Носов Ю. Р. Оптоэлектроника. М.: Сов. радио, 1977.
3. Franz W. Der Einfluß der Electricchen Feldes auf die Optische Absorption Einer Halbleiter.— Natur Forsch., 1958, Bd 13a, S. 484—488.
4. Меркулов И. А. Влияние экситонного эффекта на электропоглощение в полупроводниках.— ЖЭТФ, 1974, т. 66, вып. 6.

Поступило в редакцию 22 декабря 1980 г.

УДК 621.382

В. И. БЕЛЯКОВ, В. А. ДМИТРИЕВ, В. Н. КОРНЕТОВ, В. В. МОКРОУСОВ, Л. А. ОРЛОВ
(Москва)

ОПТИЧЕСКИЕ КОНСТАНТЫ ДВУХФАЗНЫХ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ ДВУОКИСИ ВАНАДИЯ

Спектральные зависимости оптических констант монокристаллов двуокиси ванадия были определены в работе [1], а соответствующие зависимости действительной и мнимой частей диэлектрической проницаемости этого материала — в [2]. Цель настоящей работы — определение в видимой области спектра оптических констант