

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

Т а б л и ц а 1

VO ₂	1	(HKL)	111 $\bar{1}$	011	10 $\bar{2}$	20 $\bar{2}$	21 $\bar{2}$	210
	2	<i>d</i> , нм	0,3309	0,3198	0,2678	0,2431	0,2141	0,2132
V ₂ O ₃	3	(HKL)				110	1 $\bar{2}$ 3	
	4	<i>d</i> , нм				0,2465	0,2177	

Продолжение табл. 1

VO ₂	1	(HKL)	012	30 $\bar{2}$	31 $\bar{1}$	220	3 $\bar{2}$ 2	20 $\bar{2}$
	2	<i>d</i> , нм	0,2024	0,1875	0,1728	0,1651	0,1443	0,1333
V ₂ O ₃	3	(HKL)			2 $\bar{2}$ 5		3 $\bar{1}$ 4	028
	4	<i>d</i> , нм			0,1694		0,1464	0,1348

пленок двуокиси ванадия, содержащих незначительные количества трехокиси или пятиокиси этого металла.

Пленки двухфазных окисных систем ванадия получались методом катодного реактивного распыления [3] при содержании кислорода в аргонокислородной распыляющей смеси 5%. Слои осаждались на стеклянные подложки и имели толщину 50—170 нм. Образование второй фазы в двуокиси ванадия достигалось изменением одного из параметров распыления: напряжения на мишени, давления газа в распыляющей смеси или температуры подложки. Фазы идентифицировались с помощью электронографического анализа по методу «на отражение».

Расчет межплоскостных расстояний проводился по параметрам элементарной ячейки, взятым для двуокиси ванадия из [4], а для трехокиси и пятиокиси — по данным [5]. В табл. 1 из всего спектра межплоскостных расстояний двуокиси и трехокиси ванадия приведены значения, отвечающие наблюдавшимся экспериментальным отражениям от пленок. Экспериментальные значения межплоскостных расстояний отличались от расчетных не более чем на 0,005 нм. При данной точности многие линии V₂O₃ и VO₂ совпадают, что позволяет по увеличению их интенсивности судить о появлении V₂O₃ в слоях двуокиси ванадия. Следует отметить, что именно эти линии фазы V₂O₃ являлись самыми интенсивными при электронографическом исследовании слоев трехокиси ванадия [6]. Подтверждением присутствия трехокиси ванадия в пленке служило также уменьшение на 1—2 порядка величины ее электрического сопротивления по сравнению с чистой двуокисью.

Пятиокись ванадия в двухфазной системе была обнаружена по присутствию на электронограммах слабых линий, соответствующих межплоскостным расстояниям, указанным в табл. 2.

Определение оптических констант *n* и *k* проводилось по экспериментальным данным отражения, пропускания и толщины пленки с помощью номограмм, подобных применяемым в эллипсометрии [7]. Эти номограммы были рассчитаны с привлечением ЭВМ и построены в координатах отражение — пропускание с параметрами *n* и *k*. Каждая номограмма соответствовала заданной длине волны света в интервале 440—760 нм с шагом 40 нм и определенной толщине пленки.

Спектральные зависимости оптических констант пленок двуокиси ванадия для полупроводникового (П) и металлического (М) состояний с примесью трехокиси и пятиокиси этого металла приведены на рис. 1 и 2 соответственно. Из рис. 1, а и 2, а видно, что пленки двуокиси ванадия, содержащие трехокись этого металла, в красной и оранжевой частях спектра имеют больший скачок показателя преломления *n* при фазовом переходе, чем слои VO₂ с примесью пятиокиси ванадия. В этих пленках скачок показателя преломления превышает также аналогичную величину в чистой двуокиси ванадия [8]. Слои с примесью пятиокиси ванадия имеют довольно большие изменения *n* в голубой, синей и фиолетовой областях. Изменение показателя поглощения (см. рис. 1, б и 2, б) при фазовом переходе невелико во всей видимой области спектра.

Т а б л и ц а 2

V ₂ O ₅	(HKL)	3 $\bar{1}$ 0	3 $\bar{2}$ 0	1 $\bar{2}$ 1	2 $\bar{2}$ 1	2 $\bar{1}$ 2	1 $\bar{3}$ 0	3 $\bar{3}$ 0
	<i>d</i> , нм	0,2883	0,1898	0,1838	0,1772	0,1586	0,1445	0,1362

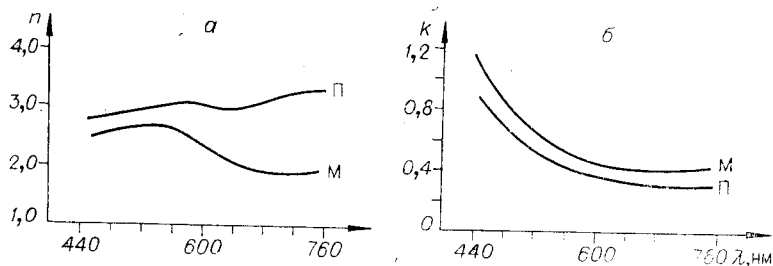


Рис. 1.

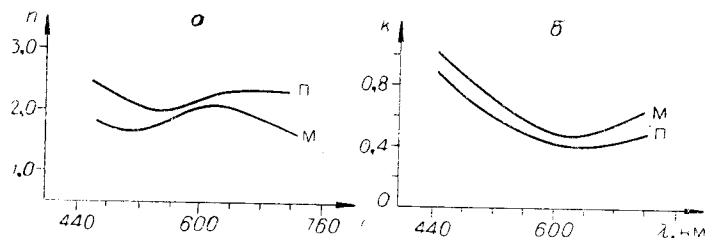


Рис. 2.

Таким образом, результаты настоящей работы показывают, что для оптической записи информации в видимой области спектра интерес представляют пленки двуокиси ванадия, содержащие примесь трехокси этого металла. Наибольший контраст записанного изображения на этих пленках будет иметь место вблизи длины волны 760 нм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисов Б. С. и др. Электрические и оптические свойства VO_2 при фазовом переходе полупроводник—полуметалл.— ФТТ, 1970, т. 12, № 8.
2. Verleur H. W., Barker A. S., Berglund C. N. Optical Properties of VO_2 between 0,25 and 5 eV.— Phys. Rev., 1968, vol. 172, N 3, p. 788—798.
3. Мокроусов В. В., Чирков В. Г. О получении тонких пленок двуокиси ванадия катодным реактивным распылением и исследовании их электрических свойств.— В кн.: Труды МЭИ. Полупроводниковые приборы. Вып. 142. М.: изд. МЭИ, 1972, с. 96—101.
4. Anderson G. Studies on Vanadium Oxides. II. The Crystal Structure of Vanadium Dioxide.— Acta Chem. Scand., 1956, vol. 10, p. 623—628.
5. Клецовская В. В., Хитрова В. И. Исследование фазообразования в тонких пленках V—O.— В кн.: Строение, свойства и применение металллов. М.: Наука, 1974, с. 153—158.
6. Ryabova L. A., Serbinov I. A., Darevsky A. S. Preparation and Properties of Pyrolysis of Vanadium Oxide Films.— J. Electrochem. Soc., 1972, vol. 119, p. 427—429.
7. Горшков М. М. Эллипсометрия. М.: Сов. радио, 1974.
8. Сербинов И. А., Канаев И. Ф., Малиновский В. К., Рябова Л. А. Оптические свойства пиролитических пленок VO_2 .— Микроэлектроника, 1973, т. 2, № 6.

Поступило в редакцию 22 декабря 1980 г.

УДК 621.396

Д. И. БИЛЕНКО, В. А. ЛОДГАУЗ, И. И. ЛЯСКОВСКИЙ
(Саратов)

РАЗРЕШАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ НОСИТЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ МАТЕРИАЛОВ С ФАЗОВЫМ ПЕРЕХОДОМ МЕТАЛЛ — ПОЛУПРОВОДНИК

Сильная зависимость коэффициентов отражения и пропускания от температуры в области фазового перехода металл — полупроводник (ФПМП), наблюдаемая, например, в двуокиси ванадия, в сочетании с памятью воздействия позволяет применять