

07;12

© 1991

ТОНКИЕ ПЛЕНКИ VO_2 С ВЫСОКИМ
ОПТИЧЕСКИМ КОНТРАСТОМФ.А. Егоров, Ю.Ш. Темиров,
В.Ф. Дворянкин, В.Т. Остапов,
А.А. Соколовский

Пленки диоксида ванадия (VO_2) благодаря значительным изменениям оптических свойств при фазовом переходе ($ФП, T_c \sim 68^\circ C$) типа полупроводник-металл представляют большой интерес для создания устройств оптоэлектроники [1], в том числе волоконно-оптических датчиков [2]. Для получения высоких технических характеристик таких устройств требуются пленки VO_2 с высоким контрастом оптических свойств. Этим, в частности, объясняется интенсивный поиск новых и оптимизация известных технологий получения пленок VO_2 , исследование и разработка многослойных структур на основе этих пленок [3]. Так, нанесение на пленку VO_2 слоя металла-отражателя позволяет получить контраст на отрезке $R_s/R_m \approx 16-40$, где $R_{s,m}$ - коэффициенты отражения такой структуры соответственно, в полупроводниковой (s) и металлической (m) фазах [4, 5]. Времена переключения пленки из одного состояния в другое существенно зависят от ее эффективной теплоемкости (учитывающей скрытую теплоту ФП), которая пропорциональна объему пленки. Поэтому для повышения быстродействия целесообразно использовать тонкие слои VO_2 .

В данной работе представлены некоторые результаты исследования тонких пленок VO_2 (толщиной $\sim 100-200 \text{ \AA}$) на которых наблюдается высокий оптический контраст на отражение.

Пленки VO_2 получались на торце многомодового световода из кварцевого стекла в 2 этапа. В отличие от [6], пиролиз ацетилацетоната ванадила использовался нами на первом этапе для получения слоев V_6O_{13} (образование V_6O_{13} подтверждалось электронографически). На втором этапе полученные таким образом слои V_6O_{13} отжигались в атмосфере азота в течение 5-10 мин и при этом восстанавливались до VO_2 . Оба этапа, как процесс осаждения слоя V_6O_{13} , так и процесс восстановления его до VO_2 , непрерывно контролировались по отраженному от слоя излучению. Для этого использовался многомодовый волоконно-оптический „Y”-ответвитель, в одну ветвь которого вводилось излучение полупроводникового излучателя ИЛПН-301-1 ($\lambda = 0.85 \text{ мкм}$), а по другой ветви отраженный сигнал принимался фотоприемником; пленка V_6O_{13} осаждалась на торце общего канала ответвителя.

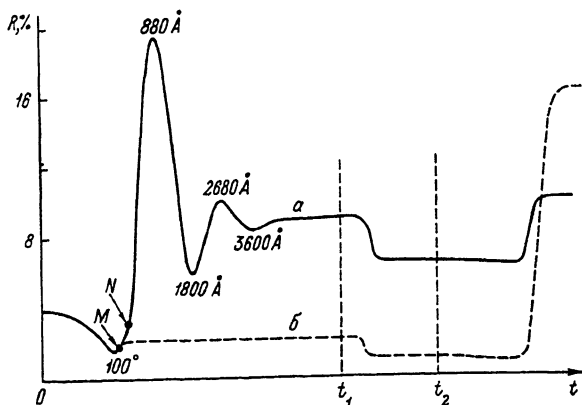


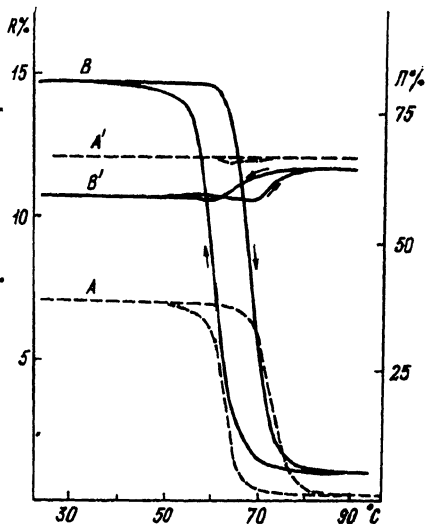
Рис. 1. Временные зависимости коэффициентов отражения $R(t)$ на длине волны $\lambda = 0.85$ мкм на стадиях роста V_6O_{13} ($0-t_1$); восстановления $V_6O_{13} \rightarrow VO_2$ и отжига (t_1-t_2); остывания (t_2-t). Кривая а - для „толстых“ пленок, б - для тонких (150–200 Å) пленок.

На рис. 1 приведены временные зависимости коэффициента отражения $R(t)$, записанные на двухкоординатном потенциометре в процессе роста слоя V_6O_{13} и восстановления его до VO_2 . Видно, что кривая $R(t)$ (рис. 1, а) имеет ряд интерференционных экстремумов, уменьшающихся по мере нарастания слоя и исчезающих при толщинах, превышающих 5000 Å (случай „толстых“ пленок). Калибровку измерительной схемы проводили по известному значению $R = 4\%$ от границы стекло-воздух. Совокупность экстремальных и предельных значений $R(t)$ интерференционной кривой на стадии роста V_6O_{13} позволила вычислить оптические показатели слоев ($n = 2.35$; $k = 0.70$), а также их толщины в точках экстремума, показанные на кривой а. Примечательно, что найденные таким образом значения n и k для слоев V_6O_{13} хорошо согласуются с измеренными значениями их для монокристалла V_6O_{13} [7]. В соответствии с рис. 1, рост слоя V_6O_{13} происходит практически линейно во времени со скоростью ≈ 500 Å/мин.

Поскольку плотности V_6O_{13} и VO_2 известны [8], то для определения толщины полученных пленок VO_2 достаточно знать R слоя V_6O_{13} в момент прекращения его осаждения. При этом, по нашим оценкам, ошибка в определении толщины не превышает 10%. Приведенные на рис. 1 кривые $R(t)$ показывают, что превращение $V_6O_{13} \rightarrow VO_2$ сопровождается резким и значительным изменением R , а последующий отжиг в течение 5–10 мин. практически не изменяет R , что свидетельствует о стабилизации фазы и окончании процесса превращения. На полученных таким образом пленках VO_2 ФП (с контрастом $R_s/R_m \sim 2-3$) наблюдался при достаточно малых толщинах (≈ 100 Å), что согласуется с [9]. Более тонкие пленки

Рис. 2. Температурные зависимости коэффициентов отражения $R(T)$ (А, В) и пропускания $\Pi(T)$ (А', В') для пленок VO_2 с толщинами: кривые А и А' - 150 Å, В и В' - 200 Å.

VO_2 в настоящей работе не исследовались. Наибольший контраст R_S/R_m наблюдался на пленках VO_2 при завершении процесса осаждения V_6O_{13} на участке MN кривой a , соответствующем толщинам 150–200 Å, и составлял $R_S/R_m \approx 15-25$. Кривая б на рис. 1 представляет типичную зависимость $R(t)$ для таких пленок.



Температурные зависимости коэффициентов отражения $R(T)$ и пропускания $\Pi(T)$, характерные для рассматриваемых пленок VO_2 , представлены на рис. 2. Видно, что пленки VO_2 имеют довольно высокое пропускание $\Pi \sim 60\%$, которое при ФП изменяется незначительно. Температурный гистерезис и температурная протяженность ФП составляют соответственно $\sim 10^\circ C$ и $10^\circ C$. Численные расчеты величин R и Π для рассматриваемых структур (при толщинах пленок VO_2 , приведенных на рис. 2) в зависимости от оптических показателей n и k пленок показывают, что совпадение вычисленных и измеренных значений R и Π имеет место при следующем выборе оптических показателей: $n_s \approx 3,1$; $k_s \approx 0,4$ и $n_m \approx 2,1$; $k_m \approx 0,6$. Полученные нами значения оптических показателей являются промежуточными между данными для пленок стехиометричной VO_2 [10], и нестехиометричной, содержащей небольшое количество $\frac{1}{2}O_5$, наличие которой, согласно [11], повышает контраст оптических показателей. Возможно, в полученных нами пленках также присутствует некоторое количество $\frac{1}{2}O_5$, которое, вероятно, образуется при термической обработке V_6O_{13} .

Таким образом, в настоящей работе показана возможность получения на торце волоконных световодов пленок VO_2 , обладающих высоким оптическим контрастом на отражение - R_S/R_m 15–25, $\lambda = 0,85$ мкм весьма малой толщины и без нанесения дополнительных промежуточных слоев.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Гарбузов Д.З., Зайцев С.В., Пташник В.Б., Тарасов И.С., Чудновский Ф.А. // ЖТФ. 1989. Т. 59. В. 10. С.83–87.

- [2] Дворянкин В.Ф., Егоров Ф.А., Потапов В.Т., Соколовский А.А., Темиров Ю.Ш. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. В. 12. С. 46-50.
- [3] Бочоришвили Н.Ф. Управляемое лазерное зеркало на основе двуокиси ванадия. Автореф. дис. Л., 1990.
- [4] V a l b e r g I., T r a k t m a n S. // J Appl. Phys. 1975. V. 46. N 5. P. 2111-2119.
- [5] Чудновский Ф.А. Фазовый переход металл-полупроводник в окислах ванадия. Автореф. дис. Л., 1978.
- [6] Сербинов И.А. Получение, свойства и применение пленок окислов. Автореф. дис. М., 1977.
- [7] V a n H a v e W., C l a u s P., V e n n i k J. // Solid State Commun. 1980. V. 33. N 1. P. 11-16.
- [8] R a l p h W.G., Wyckoff - Crystall structure. Interscience Publishers, New York, London, Sydney. 1969. V. 1, 2.
- [9] Горшунов Б.П., Репина И.И., Стефанович Г.Б., Терман М.Ю., Чудновский Ф.А. // ЖТФ. 1986. Т. 56. В. 9. С. 1845-1849.
- [10] H a u s W. V e r l e u r , B a r k e r A.S., B e r g l u n d C.N. // Phys. Rev. 1968. V. 172. N 3. P. 788-798.
- [11] Беляков В.И., Дмитриев В.А., Корнетов В.Н., Мокроусов В.В., Орлов Л.А. // Автометрия. 1981. № 5. С. 114-118

Поступило в Редакцию
19 июля 1990 г.

В окончательной редакции
21 марта 1991 г.

Письма в ЖТФ, том 17, вып. 8

26 апреля 1991 г.

01; 02; 05

© 1991

СОУДАРЕНИЕ МАКРОСКОПИЧЕСКОГО ОБЪЕМА АНТИВЕЩЕСТВА С ВЕЩЕСТВОМ

Я.И. Азимов, М.Я. Амусья,
М.Л. Шматов

Показано, что при ударе твердого тела из антиводорода (\bar{H}) с характерными размерами порядка 1 мм о поверхность твердого водорода со скоростью порядка 10 км/с произойдет быстрая аннигиляция значительной части \bar{H} , масса которой составляет десятки процентов от первоначальной. Это связано с высокой прозрачностью \bar{H} для продуктов аннигиляции, расталкивающих вещество и антивещество.