

07; 11; 12

© 1993

ЛАЗЕРНОЕ ОСАЖДЕНИЕ ПЛЕНОК ДИОКСИДА ВАНАДИЯ

В.Н. Андреев, М.А. Гурвич,
В.А. Климов, И.А. Хахаев,
Ф.А. Чудновский

В данной работе исследована возможность получения стехиометричных пленок VO_2 при использовании техники лазерного осаждения. Осаждение производилось при импульсном испарении мишени из металлического ванадия в присутствии кислорода. Проведена оптимизация температуры подложки и давления окружающего кислорода. Исследования электрических свойств пленок показали, что в результате получены стехиометричные пленки VO_2 .

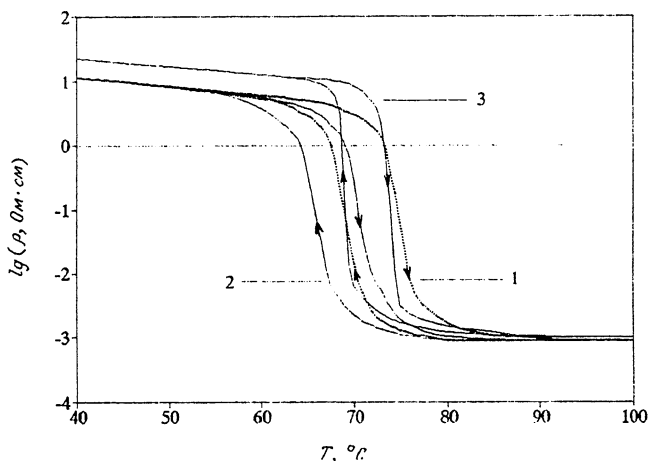
Метод лазерного осаждения получил широкое распространение в связи с успехами синтеза эпитаксиальных пленок ВТСП, поскольку он легко обеспечивает необходимое соотношение компонент в сложных соединениях. Кроме того, метод позволяет легко варьировать давление участвующего в реакции кислорода [1-3].

В связи с этим привлекательна возможность использования данного метода для получения высококачественных пленок других соединений, в частности, высокостехиометричных пленок диоксида ванадия. Как известно [4], важнейшей особенностью VO_2 является происходящий при 340 К фазовый переход типа «диэлектрик-металл», сопровождающийся резким и имеющим гистерезисный характер изменением электрических и оптических свойств. В монокристаллах VO_2 изменение удельного сопротивления ρ_s/ρ_m достигает 10^5 (ρ_s, ρ_m - удельные сопротивления низкотемпературной (диэлектрической) и высокотемпературной (металлической) фаз соответственно). Ширина петли гистерезиса ΔT в монокристаллах составляет около 2 К [5]. Вследствие сильной зависимости величин ρ_s/ρ_m и ΔT от стехиометрии пленок [6] они являются хорошими параметрами для оптимизации процессов синтеза.

Возможность варьирования давления кислорода в широких пределах играет большую роль для синтеза диоксида ванадия вследствие узости области давлений кислорода, при которых образуется фаза VO_2 при данной скорости осаждения [7].

Для получения пленок был использован технологический твердотельный лазер на алюмоиттриевом гранате с неодимом. Длина волны генерации составляла 1,06 мкм, энергия импульса 0,2 Дж, длительность импульса 20 нс. Частота следования импульсов составляла 50 Гц.

Осаждение производилось при использовании стандартной техники лазерного осаждения путем импульсного испарения лазерным пучком мишени из металлического ванадия. Скорость осаждения



Температурные зависимости удельного сопротивления для пленок на подложках из поликристаллического Al_2O_3 (кривая 1), (101)-сапфира (кривая 2) и (200)- YSZ (кривая 3).

составляла $0.5 \text{ \AA}/\text{с}$. Осаждение пленок толщиной 1000 \AA производилось на подложки из поликристаллического Al_2O_3 , монокристаллического сапфира с высоким качеством поверхности ориентацией (101) и стабилизированного иттрием диоксида циркония (YSZ) ориентацией (200). Подложки крепились на держателе с нагревателем на расстоянии 40–50 мм от мишеней. Для получения пленок с максимальным скачком проводимости варьировались как температура подложки (от 450 до 550 °C), так и давление окружающего кислорода (от 30 до 60 мТор). Основным критерием для подбора параметров процесса осаждения являлся скачок сопротивления, происходящий в VO_2 при фазовом переходе типа «диэлектрик-металл» при температуре около 67 °C.

После окончания напыления производилось охлаждение образцов со скоростью $\sim 10 \text{ K}/\text{мин}$, сопровождающееся постепенным повышением давления кислорода в вакуумной камере до атмосферного.

Полученные пленки демонстрировали скачок сопротивления более 10^4 с шириной петли гистерезиса $\Delta T \sim 4 \text{ K}$. Характерное изменение удельного сопротивления составило от $\rho_s \sim 2 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ до $\rho_m \sim 10^{-3} \text{ Ом}\cdot\text{см}$.

Температурные зависимости удельного сопротивления для полученных пленок показаны на рисунке. Пленка на поли- Al_2O_3 (кривая 1) демонстрирует более плавное изменение сопротивления с температурой, чем пленка на сапфире (кривая 2). Наиболее резкий переход наблюдается для пленки на YSZ (кривая 3). Из приведенных зависимостей видно, что в металлической фазе сопротивление пленок не зависит от температуры. Такая ситуация, согласно [5], соответствует случаю минимальной металлической проводимости вследствие андерсоновской локализации носителей.

На основании величины ρ_s/ρ_m в совокупности со значением ΔT и температурным ходом сопротивления в металлической фазе можно сделать вывод о том, что полученные пленки имеют состав VO_x , где x лежит в пределах от 1.997 до 2.002 [6].

Таким образом, использование техники реактивного лазерного осаждения позволяет получать высокостехиометричные пленки диоксида ванадия, что важно для их применения в устройствах с оптическим и электрическим переключением.

Авторы благодарят В.М. Степанова за предоставленные подложки.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] D i j k k a m p D., V e n k a t e s a n T. // Appl. Phys. Lett. 1987. V. 51. N 14. P. 619-621.
- [2] K o r e n G., P o l t u r a k E., F i s h e r B. et al. // Appl. Phys. Lett. 1988. V. 53. N 23. P. 2330-2332.
- [3] C h a r K., F o r k D.K., G e b a l l e T.H. // Appl. Phys. Lett. 1990. V. 56. N 8. P. 785-787.
- [4] C h u d n o v s k i i F.A. // Sov. Phys. Tech. Phys. 1978. V. 20. N 8. P. 999-1012.
- [5] М о т т Н.Ф. Переходы металл-изолятор. / Пер.с англ., М.: Наука, 1979. 344 с.
- [6] B r u k n e r W., M o l d e n h a u e r W. et al. // Phys. Stat. Sol. A. 1975. V. 29. N 1. P. 63-70.
- [7] R o g e r s K.D., C o a t h J.A., L o v e l l M.C. // J. of Appl. Phys. 1991. V. 70. N 3. P. 1412-1415.

Физико-технический
институт им. А.Ф. Иоффе
РАН, С.-Петербург.

Поступило в Редакцию
14 апреля 1993 г.