

УДК 536.631

ВЛИЯНИЕ АДсорбЦИОННО-ДЕсорбЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ЭФФЕКТ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ В ПЛЕНКЕ VO₂

С. Ю. Виниченко, Н. Л. Левшин, С. Ю. Поройков

(кафедра общей физики для химического факультета)

Исследовалось влияние адсорбции донорных и акцепторных молекул на эффект переключения в пленках двуокиси ванадия. Обнаружено, что напряжение переключения возрастает при адсорбции донорных молекул и снижается в результате УФ-облучения.

Экспериментальные и теоретические исследования S-образных вольт-амперных характеристик (ВАХ) пленок двуокиси ванадия были проведены в [1—3]. В соответствии с моделью «критической температуры» [1] при приложении к образцу VO₂ электрического напряжения по нему протекает электрический ток, плотность которого выше в дефектных областях, обладающих повышенной проводимостью. Эти области сильнее разогреваются током, их проводимость растет и, наконец, при достижении критической температуры происходит фазовый переход полупроводник—металл, который и приводит к переключению. Эффект переключения в пленках VO₂ получил практическое применение при разработке новых типов генераторов, терморезисторов и т. д. [4]. Ранее нами было обнаружено влияние адсорбции донорных молекул на фазовый переход полупроводник—металл в пленках VO₂ [5]. Поэтому адсорбционно-десорбционные процессы на поверхности образца могут оказывать существенное влияние на эффект переключения и, следовательно, на работу различных устройств на основе двуокиси ванадия. Все предыдущие исследования эффекта переключения были проведены на воздухе. В настоящей работе мы провели исследование влияния адсорбционно-десорбционных процессов на напряжение переключения в пленке VO₂ в вакууме.

Исследовались поликристаллические пленки VO₂ толщиной ~0,3 мкм на сапфировых подложках. Для проведения электрофизических измерений на пленку VO₂ были напылены алюминиевые контакты; расстояние между ними составляло 7 мм. Для ограничения токов через образец в момент переключения последовательно с образцом включалось балластное сопротивление R_b=56 кОм. ВАХ изучались в квазиравновесных условиях. Увеличение постоянного напряжения, подаваемого на образец и балластное сопротивление, происходило со скоростью 5 В·мин⁻¹. Напряжение на образце измерялось вольтметром В7-16. Исследования проводились в вакууме ~10⁻⁵ мм рт. ст. Температура образца во время измерений поддерживалась равной 300±±0,01 К. В качестве модельных адсорбатов были выбраны донорные молекулы H₂O, NH₃, CH₃OH, ацетилацетон и акцепторные молекулы кислорода. Все адсорбаты перед напуском в рабочую ячейку тщательно очищались от примесей. После прогрева в вакууме в течение 1 ч при температуре T₁=390 К или T₂=440 К образец остывал до комнатной температуры, затем проводился напуск паров адсорбата в рабочую ячейку на 15—20 ч. Перед измерением ВАХ образец вакуумировался в течение 1 ч.

На рис. 1 представлены типичные ВАХ пленок VO₂. Исходная ВАХ была получена после длительного выдерживания пленки VO₂ в парах воды. Прогревы в вакууме при T₁ и T₂, приводящие к десорбции с поверхности образца молекул воды, снижали напряжение переключения U_n соответственно на 3 и 6 В. По данным, полученным с помощью эффекта поля, на поверхности исследованных пленок с объемной проводимостью n-типа присутствовал слой инверсионной проводимости p-типа. Аналогичные ВАХ были получены после выдерживания дегидратированного образца в парах других донорных молекул и последующего прогрева пленки в вакууме при температурах T₁ и T₂. Выдерживание образца в атмосфере акцепторных молекул кислорода не влияло на величину U_n, что коррелирует с данными работы [5], где адсорбция кислорода также не оказывала влияния на фазовый переход полупроводник—металл в пленке VO₂. Увеличение температуры прогрева образца с T₁ до T₂ увеличивало влияние ад-

сорбции на напряжение переключения (ΔU_n) в полтора раза в случае не только молекул H_2O (рис. 1), но и других донорных молекул.

Рост ΔU_n , по-видимому, связан с более полным удалением адсорбированных в пленке молекул при повышении T и, следовательно, с увеличением концентрации активных центров адсорбции. В соответствии с [5] ВАХ не полностью восстанавливалась гидратацией после прогрева в вакууме при температуре T_2 (рис. 1). Максимальная гидратация поверхности образца достигалась при напуске паров H_2O под давлением 2 мм рт. ст. Снижение давления паров адсорбата приводило к уменьшению величины ΔU_n .

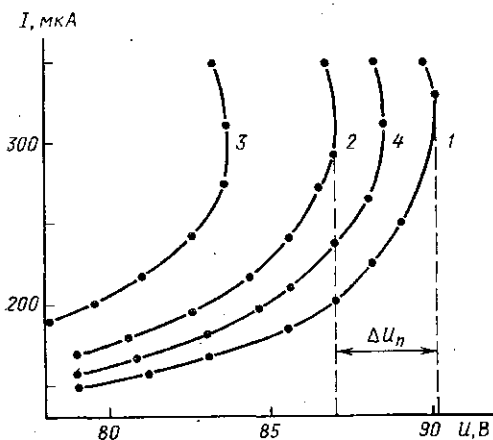


Рис. 1. ВАХ пленки VO_2 после гидратации образца (1), прогрева в вакууме при $T_1 = 390$ К (2) и $T_2 = 440$ К (3), гидратации образца после прогрева при T_2 (4)

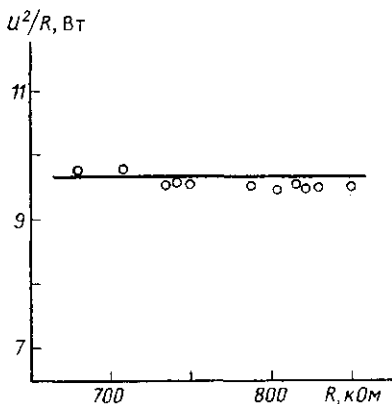


Рис. 2. Зависимость мощности переключения пленки VO_2 от сопротивления образца после различных обработок поверхности

В работе [6] мы показали, что УФ-облучение влияет на фазовый переход в VO_2 благодаря образованию кислородных вакансий в пленке. После УФ-облучения пленки дозой $D = 3 \cdot 10^{19}$ фотон·см $^{-2}$ с энергией квантов $h\nu = 3-6$ эВ при температуре 400 К произошло необратимое уменьшение сопротивления образца и сдвиг величины U_n на 2 В в сторону меньших значений. Гидратация и дегидратация поверхности облученных образцов приводили к такому же изменению величины ΔU_n , как и в случае необлученных образцов.

Адсорбция всех использованных донорных молекул повышала сопротивление пленки VO_2 независимо от величины константы диссоциации и дипольных моментов. Это связано с одинаковым механизмом молекулярной (недиссоциативной) адсорбции этих молекул — образованием донорно-акцепторных связей с координационно ненасыщенными атомами ванадия на поверхности [7]. Зависимость U_n от начального (на линейном участке ВАХ) сопротивления образца приблизительно соответствовала соотношению $U_n^2/R = \text{const}$ (рис. 2), что указывает на тепловой характер переключения. Одинаковый характер влияния адсорбции донорных молекул на эффект переключения (U_n) и на фазовый переход [5], отсутствие этих эффектов при адсорбции акцепторных молекул O_2 явно указывают на роль поверхности в инициировании этих процессов. То же относится и к влиянию УФ-облучения, которое полностью поглощается в слое толщиной менее 20 нм. Поверхность образца является наиболее дефектной его частью, поэтому шнур электрического тока, по-видимому, начинает образовываться на поверхности. Сопротивление образца после переключения составляло ~ 10 кОм, что в 300 раз больше, чем при температуре, превышающей температуру фазового перехода. Из этих данных можно оценить размеры шнура электрического тока в эффекте переключения: канал переключения составлял 1/300 часть объема пленки VO_2 . Многократная воспроизводимость ВАХ позволяет утверждать, что нагрев пленки в области шнура электрического тока, как и в [4], происходил до температуры фазового перехода.

Авторы благодарят В. Ф. Киселева за интерес к работе и полезные замечания.

[1] Duchene J. C., Terrailon M. M., Pailly M., Adam G. V.//IEEE Trans. El. Dev. 1971. ED-18, N 12. P. 1151. [2] Васильев Г. П., Сербинов И. А., Рябова Л. А.//Письма в ЖТФ. 1977. 3, № 8. С. 342. [3] Serbinov I. A., Rybova L. A., Savitskaya Ya. S.//Thin Solid Films. 1975. 27. P. 171. [4] Бугаев А. А., Захарченя Б. П., Чудновский Ф. А. Фазовый переход металл—полупроводник и его применения. Л., 1979. [5] Киселев В. Ф., Козлов С. Н., Левшин Н. Л., Смирнов Н. И.//ФТТ. 1988. 30, № 3. С. 924. [6] Левшин Н. Л., Порошков С. Ю.//Вестн. Моск. ун-та. Физ. Астрон. 1990. 31, № 1. С. 93. [7] Киселев В. Ф., Крылов О. В. Адсорбционные процессы на поверхности полупроводников и диэлектриков. М., 1978.

Поступила в редакцию
04.01.90

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3, ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ. 1990. Т. 31. № 4

ДЕПОНИРОВАНИЕ

Об аномальном поведении магнитострикции никелевого гексаферрита, легированного хромом/Антошина Л. Г., Кондратьева Е. Г.

Изучена магнитострикция образцов систем $\text{Ba}_2\text{Ni}_2\text{Fe}_{12-x}\text{Cr}_x\text{O}_{22}$ ($x=0,0; 1,5; 3,0$). У образцов, содержащих хром, обнаружено аномальное соотношение $|\lambda_{\parallel}| < |\lambda_{\perp}|$. Предполагается, что это обусловлено объемной магнитострикцией положительного знака, связанной с прямым отрицательным обменным взаимодействием $\text{Cr}^{3+}-\text{Cr}^{3+}$.
Деп. ВИНТИ № 1978-В90 от 10.04.90