

УДК 542.943:546.48'49'24

АНОМАЛИЯ СОСТАВА СОБСТВЕННОГО ОКИСЛА, ВЫРАЩЕННОГО НА ПОВЕРХНОСТИ КРТ С РАЗЛИЧНОЙ ОРИЕНТАЦИЕЙ**З. И. Гусева, О. Н. Евсеева, Ю. С. Мезин**Государственное унитарное предприятие «Научно-производственное объединение «Орион»»,
Москва, Россия**В. Г. Средин**Военная академия ракетных войск стратегического назначения им. Петра Великого,
Москва, Россия

Проведены исследования зависимости состава собственного окисла, выращенного на поверхности монокристаллов $Cd_xHg_{1-x}Te$, от ориентации поверхностей кристаллов. Выполненный методом ЭСХА послойный анализ состава анодного окисла показал, что для плоскостей (111) и (100) состав окисла плавно изменяется от подложки к поверхности окисного слоя. В окисле же на поверхности (110) обнаружена прослойка неокисленного теллура. В работе обсуждается связь обнаруженных эффектов с физико-химическими свойствами поверхностей кристалла.

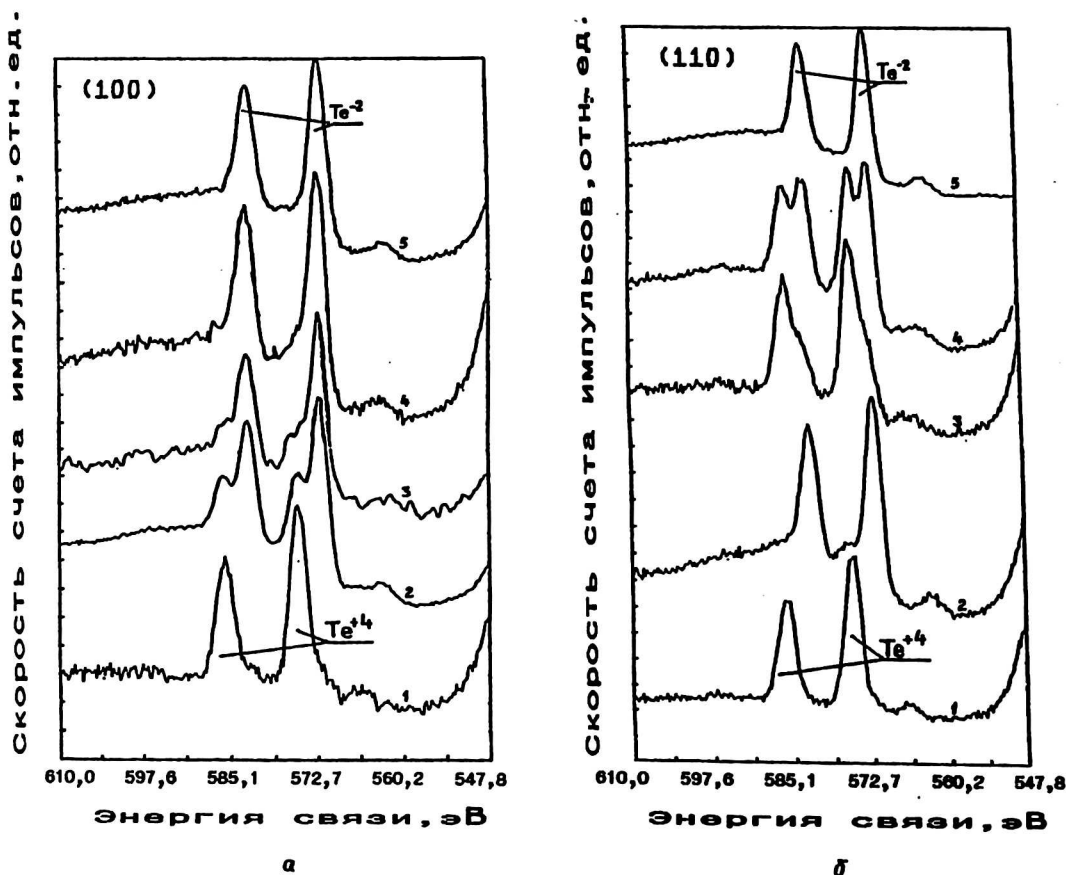
Свойства полупроводниковых приборов существенным образом зависят от качества поверхностных диэлектрических слоев, которые во многих случаях по аналогии с Si создают путем окисления поверхности кристалла. Получаемые таким образом слои для сложных полупроводников вследствие различной скорости окисления элементов, образующих кристалл, представляют собой смесь разных по химическому составу окислов. Это приводит к сильной зависимости физических свойств как самих окислов, так и границ раздела окисел-полупроводник от технологии окисления и исходного состояния поверхности. Кроме того, для некоторых полупроводниковых материалов поверхностные окислы неустойчивы из-за химических реакций, протекающих в твердой фазе в самих слоях и при контакте с поверхностью кристалла, в результате чего в окисле могут появиться либо элементы, из которых образован полупроводник, либо их соединения. Более подробно эти вопросы рассмотрены в работах [1, 2].

Ранее было показано, что у кристаллов твердого раствора $Cd_xHg_{1-x}Te$, кристаллизующегося в структуре сфалерита, существует определенная зависимость свойств поверхностных анодных окислов от кристаллографической ориентации поверхности, на которую окислы наращены [3]. Так, скорость роста окисла на поверхности (110) минимальна по сравнению с поверхностями с ориентацией (100) и (111). Максимальное различие скоростей роста достигает 40 % для ориентаций (111) и (110).

В данной работе предпринята попытка прямого сравнения химического состава анодных окисных слоев, выращенных на ориентированных поверхностях монокристаллов твердых растворов $Cd_xHg_{1-x}Te$ с составом $x = 0,19$. Для исследований отбирались образцы с близкими электрофизическими свойствами (дырочный тип проводимости с концентрацией носителей порядка $8 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ и подвижностью порядка $3 \cdot 10^2 \text{ см}^2 \text{ В}^{-1} \text{ с}^{-1}$ при 77 К). По данным рентгенографических измерений, ориентация плоскостей поверхности кристаллов совпадала с кристаллографическими плоскостями (100), (110) и (111) с отклонением не более 6 град. Слои окислов наращивались в строго идентичных условиях на предварительно протравленные в стандартных химических травителях поверхности моно-

кристаллов путем анодирования в 0,1 N растворе KOH в этиленгликоле. Толщина всех окисных слоев составляла 110—130 нм.

Исследования состава окисла проводились методом ЭСХА в условиях сверхвысокого вакуума (менее 10^{-9} мм рт. ст.) на двухкамерной установке МИКРОЛАБ МК II (фирма "Вакуум Дженерайтос", Великобритания). Возбуждение характеристических электронов осуществлялось рентгеновским излучением с энергией фотонов 1253,6 эВ (Mg анод). Для удаления адсорбированных на воздухе примесей с поверхности анодного окисла образцы перед исследованием подвергались кратковременному травлению однократно ионизированными атомами аргона с энергией 10 кэВ непосредственно в камере подготовки установки, предварительно откачанной также до уровня менее 10^{-9} мм рт. ст. В процессе исследования осуществлялось последовательное травливание части окисного слоя ионами Ag^+ с последующей регистрацией спектров ЭСХА (шаг 0,25 эВ, энергия прохождения 10 эВ). Режим ионного травления позволял зарегистрировать в пределах толщины слоя пять спектров. Основные результаты измерений представлены на рисунке а, б.



Эволюция спектров ЭСХА для теллурида по толщине слоя окисла:
 а — для ориентации (100); б — для ориентации (110)
 (Нумерация спектров 1—5 приведена от поверхности окисного слоя к подложке)

В спектрах регистрировались линии, связанные с возбуждением фотоэлектронов основных состояний ионов Cd, Hg и Te. Наибольший химический сдвиг, связанный с изменением окружения иона, демонстрирует Te: ему соответствует

линия состояния $3d_{5/2}$ с энергиями 576,1 эВ для Te^{+4} в окислах TeO_2 , $CdTeO_3$ и $HgTeO$ и 572,6 эВ для Te^{-2} в кристалле. Химические сдвиги для катионов в данном материале очень малы и изменение окружения катионов в окислах в сравнении с подложкой проявляется лишь в уширении линий $Hg4f_{7/2}$ и $Cd3d_{5/2}$ (с 1 до 1,5 эВ для Hg и с 1,2 до 1,5 эВ — для Cd).

В целом полученные нами результаты совпадают с данными работ [4, 5], однако исследования изменения состава окислов по глубине позволили установить существование определенного ориентационного эффекта. Как показали наши измерения, состав окислов на поверхностях (111) и (100) монотонно изменяется от подложки до поверхности (см. рисунок, а), в то время как в окисле, выращенном на поверхности (110), наблюдается выделение в середине слоя неокисленного Te (см. рисунок, б, кривые 3 и 4).

Таким образом, наши измерения показали сходство состава анодных окислов поверхностей (100) и (111) и отличие от них состава окисла поверхности (110), причем существует некоторая корреляция между свойствами окислов и их составами.

Ранее в работе [3] обнаружена в два раза более высокая плотность встроенного поверхностного заряда окисла на плоскости (110). Анализ формы вольт-фарнадных характеристик позволяет предположить, что встроенный заряд сконцентрирован в основном в самом окисле и, следовательно, определяется свойствами окисла, а не поверхностными состояниями кристалла.

Появление же неокисленного теллура в слое окисла может быть результатом различных реакций в твердой фазе в силу разной степени нестабильности окисла на плоскостях различной кристаллографической ориентации материала со структурой сфалерита. В этой структуре кристаллографическая плоскость (110) является плоскостью спайности и имеет нулевую поверхностную плотность электростатического заряда, что влияет на ее химическую активность.

Плоскость же (111) полярна и построена из ионов одного типа, следствием чего является как максимальная скорость роста кристаллов со структурой сфалерита именно в этом направлении, что было обнаружено для многих материалов A_2B_6 , так и максимальная скорость окисления этой поверхности. Повышенная плотность встроенного в окисел заряда для поверхности (110), по-видимому, коррелирует с наличием в слое обнаруженного нами включения фазы неокисленного теллура.

Литература

1. Hill C. // J. Vac. Sci. Technol. 1990. V. A8. № 2. P. 1778.
2. Войцеховский А. В., Давыдов В. Н. Фотоэлектрические МДП-структуры из узкозонных полупроводников. — Томск: Радио и связь, 1990. — 327 с.
3. Среди́н В. Г., Ланская О. Г., Поповнин В. М. // Физика и техника полупроводников. 1996. Т. 30. № 3. С. 385.
4. Wager J., Rhiger D. R. // J. Vac. Sci. Technol. 1985. V. A3. № 1. P 212.
5. Аигина Н. Р., Берченко Н. Н. // Зарубежная электронная техника. 1986. № 10 (305). С. 3.

COMPOSITION ANOMALIES OF INTRINSIC OXIDE GROWN ON DIFFERENT ORIENTATION CdHgTe SURFACE

Z. I. Guseva, O. N. Evseeva, Y. S. Mezin

The State Unitary Enterprise «RD&P Centre "Orion"», Moscow, Russia

V. G. Sredin

Peter the Great Military Missile Academy, Moscow, Russia

Dependence of composition of intrinsic oxide grown on Cd_xHg_{1-x}Te monocrystal surface on a crystal surface orientation was studied. One layers at a time analysis of the anode oxide composition made by ESXA method showed that for (111) and (100) surfaces an oxide composition changes smoothly from a substrate to a surface of the oxide layers. An interlayer of a non-oxidized tellurium was found on (110) in the oxide. Connection of discovered effects with physical and chemical features of crystal surfaces is discussed.