

МЕХАНИЗМ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ КОНТАКТОВ TiN_x-GaAs

Р.В.Конакова¹⁾, В.В.Миленин¹⁾, Д.И.Войцеховский¹⁾, О.Д.Смиян²⁾

¹⁾Институт физики полупроводников НАНУ, Украина, 252028, г.Киев, пр. Науки, 45, тел.(044) 265-61-82; факс: (38044) 268-83-42; e-mail: kонаkova@eee.semicond.kiev.ua

²⁾Институт электросварки им. Е.О.Патона НАНУ, Украина, 252650, г.Киев, ул. Боженко, 11; тел. (044) 227-47-02; факс: (044) 268-04-86

Исследована устойчивость структур к воздействию γ -радиации ^{60}Co . В качестве контактирующего с GaAs слоя использованы фазы внедрения на основе аморфных и поликристаллических пленок TiN_x, полученных методом магнетронного напыления. Обсуждается механизм радиационной деградации контактов в диапазоне доз $10^4 - 5 \times 10^5$ Р, обусловленный планарной неоднородностью слоя металлизации.

I. Введение

Изучение влияния γ -облучения ^{60}Co на физико-химические характеристики контактных структур с монокристаллическими слоями металлизации на GaAs показали, что, вне зависимости от природы поликристаллического монокристаллического слоя металла, можно добиться улучшения электрофизических параметров контактов и уменьшить их параметрический разброс подбором дозы радиационной обработки [1].

В последние годы большой интерес вызывают работы, связанные с исследованием характеристик контактов, включающих в состав металлизации слои на основе сплавов внедрения (нитриды, бориды, карбиды переходных металлов), сочетающих свойства материалов с ковалентными связями (высокие температуры плавления, твердость, термостабильность) и в то же время по электрическим и оптическим свойствам приближаются к металлам. Такое сочетание свойств этих сплавов позволило создать на их основе контакты с повышенной термостойкостью. Однако устойчивость таких контактных структур к радиационным воздействиям практически не изучалась. Данная работа ставит целью восполнить этот пробел.

II. Основная часть

Исследования проводились на образцах, изготовленных магнетронным напылением слоев нитридов титана на химически очищенную (100) поверхность n-GaAs ($n \approx 1 \times 10^{16} - 8 \times 10^{16} \text{ см}^{-3}$). Использование такой технологии позволило получить пленки как в аморфном, так и поликристаллическом состояниях (рис. 1). Контроль атомной структуры пленок осуществлялся с помощью рентгенофазного анализа. Для изучения распределения элементов в контактных структурах использовался послойный Оже-анализ. Данные об электрофизических свойствах контактов получали из исследований вольтамперных характеристик.

Изготовленные гетероструктуры подвергались облучению γ - квантами ^{60}Co (скорость набора 300 Р/сек) в диапазоне доз $10^4 - 5 \times 10^5$ Р.

На рис. 2 представлены результаты послойного Оже-анализа контактов TiN_x-GaAs для аморфного (1,а) и поликристаллического (1,б) состояния сплава внедрения.

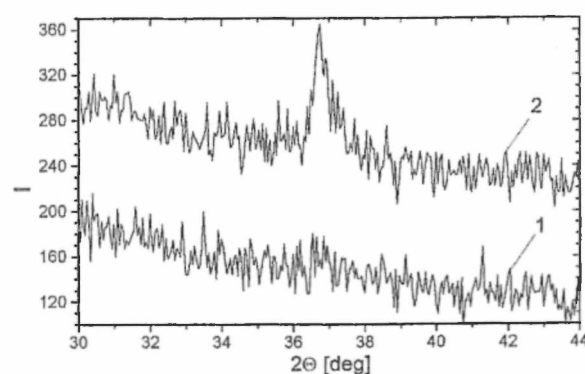


Рис. 1. Спектры рентгеновской дифракции аморфного (1) и поликристаллического (2) TiN_x.

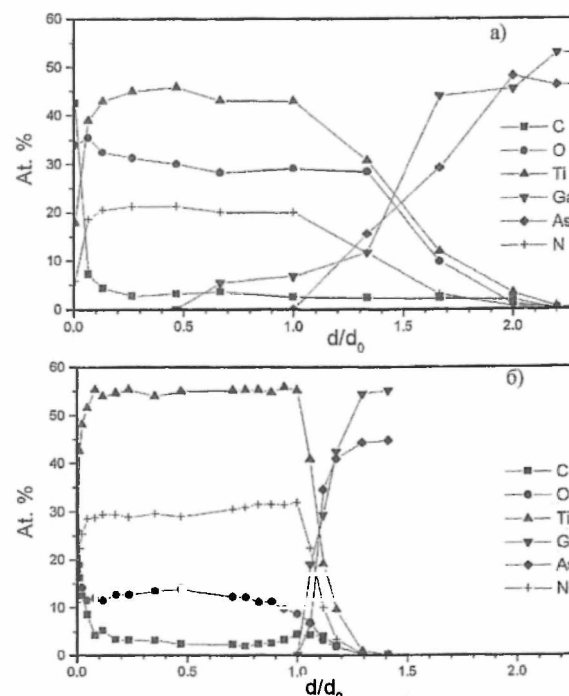


Рис. 2. Оже профили контактов TiN_x-GaAs с аморфным (а) и поликристаллическим (б) слоями TiN_x.

Данные рис.2 позволяют сделать следующие выводы о химических отличиях в формировании контактов, которые могут оказывать существенное влияние на их электрофизические параметры и их устойчивость к внешним воздействиям.

Хотя синтезированные слои не являются двухкомпонентными, они однородны по химическому составу. Если предположить, что примеси кислорода и углерода располагаются в подрешетке азота, то фазовый состав поликристаллической пленки можно представить как $Ti(N_{0,67}O_{0,28}C_{0,05})_{0,9}$ т.е. имеет место образование докстехиометрической фазы.

Содержание примесей кислорода в аморфных слоях в 2-2,5 раза больше, чем в поликристаллических. Причем повышение содержания примесей кислорода сопровождается снижением концентрации азота.

В контактах с аморфными слоями границы раздела с полупроводником более размыты и имеет место глубокое проникновение компонент нитридной пленки в GaAs. Для структур с поликристаллическими слоями распределение компонент гетеропары на границе раздела такое как если бы атомные распределения формировались по "обменному" механизму диффузии.

Таким образом, в зависимости от состояния синтезированных пленок нитрида титана изменяются условия их встраивания в полупроводник и, следовательно, должны иметь место отличия в механизмах токопереноса для анализируемых пар.

На рис. 3, 4 представлены их ВАХ до и после облучения γ -квантами Co^{60} .

Видно, что ВАХ обоих типов контактов отличаются от идеальных (обусловленных чисто термоэлектронной эмиссией), что может быть следствием физико-химической неоднородности контактов. Причем степень такой неоднородности для контактов с поликристаллическими слоями выражена сильнее, чем для аморфных. Полученные результаты находятся в противоречии с данными приведенными на рис. 2. Учитывая, что встраивание поликристаллических пленок в решетку полупроводника сопровождается менее выраженными межфазными взаимодействиями, следовало бы ожидать формирование в этих условиях более однородного контакта, так как это наблюдается в структурах с монокристаллическими слоями металлов. По-видимому, установление физической взаимосвязи между взаимодействиями на границе и электрическими характеристиками контактов для данных объектов должно учитывать не только степень размытия границы раздела, но и присутствие в синтезированных слоях химически активных примесей и их фазовую неоднородность (содержание оксинитридов, оксидов титана и т.д.). Учет этих факторов, обуславливающих структурно-химическую неоднородность контакта, влияет не только на вид ВАХ (доминирующий механизм токопрохождения), но и степень отклонения этих характеристик для разных контактов. В таком случае можно полагать, что характер изменений электрофизических характеристик при облучении будет зависеть как от предыстории контактной структуры, так и дозы обработки. Как следует из

рис. 3, 4 для контактов образованных аморфными слоями имеет место более сильный разброс по величине обратных токов, их степенная зависимость от обратного смещения выражена значительно слабее, чем в случае контактов с поликристаллическими пленками. Для контактов с аморфными слоями уже доза облучения 10^4 Р оказывает заметное влияние на их деградацию. Это проявляется в уменьшении протяженности линейного участка $\ln I$ от V , увеличении обратного тока контактных структур и возрастании количества приборных структур с ВАХ отличающейся от среднестатистической на исходных структурах. С повышением дозы облучения деградационные процессы усиливаются и контакты теряют свои барьерные свойства.

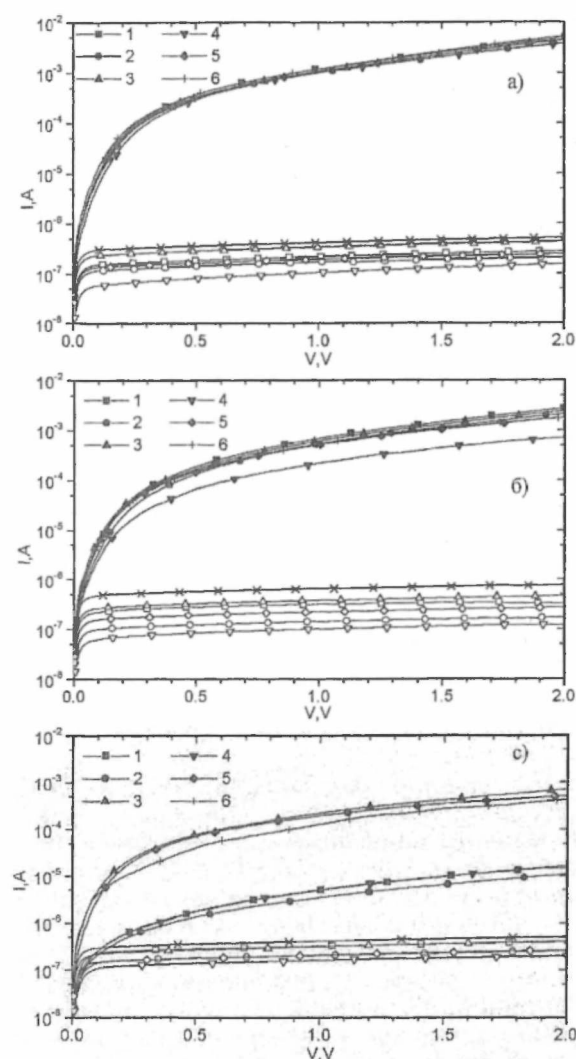


Рис 3. Прямая (сплошные маркеры) и обратная (полые маркеры) ветви ВАХ контактов $TiN_x - GaAs$ с аморфным слоем TiN_x : а) – исходный образец; б), в) – после облучения дозами 10^4 и 5×10^5 Р соответственно.

Для контактных структур с поликристаллическими слоями величины доз радиации, при которых наблюдаются эффекты деградации, сдвигаются к большим значениям ($\sim 5 \times 10^5$ Р), а измене-

ния их ВАХ носят четко выраженный пороговый характер.

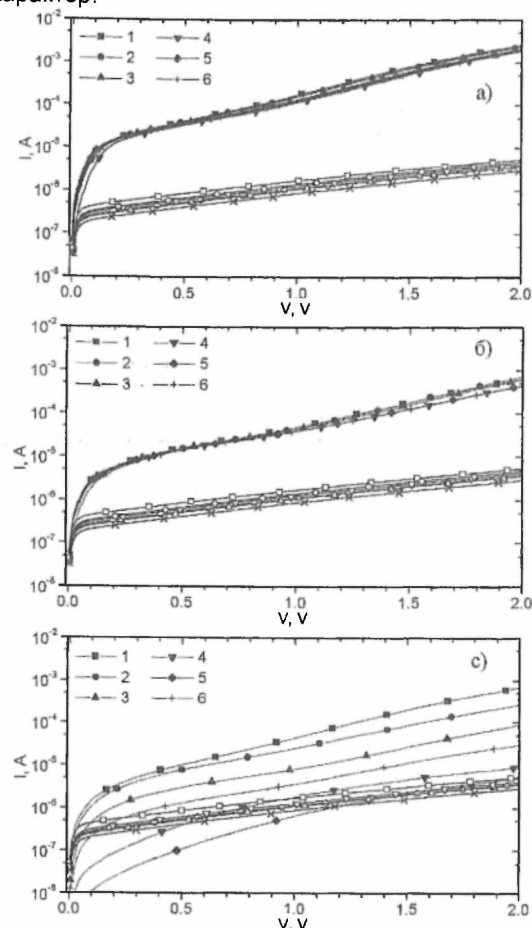


Рис 4. Прямая (сплошные маркеры) и обратная (полые маркеры) ветви ВАХ контактов TiN_x – GaAs с поликристаллическим слоем TiN_x : а) – исходный образец; б), в) – после облучения дозами 10^4 и 5×10^5 Р соответственно.

Такое поведение контактов при облучении можно понять, если предположить, что изготовленные структуры являются планарно неоднородными. Это приводит к тому, что параллельно основному механизму токопрохождения действуют другие через участки с меньшей площадью и пониженной величиной потенциального барьера. Причем степень неоднородности (количество каналов) для структур с поликристаллическими слоями больше, чем с аморфными.

Известно, что γ -облучение GaAs приводит к появлению глубоких уровней с различной энергией ионизации в запрещенной зоне полупроводника. Часть из них может принимать участие в компенсации полупроводникового материала, что приводит к ограничению тока за счет роста сопротивления базы. Другая часть может принимать участие в токопрохождении через межфазную границу способствуя включению дополнительных механизмов в токоперенос. Можно полагать, что γ -облучение практически не оказывает заметного воздействия на локальные участки неоднородностей, возникающих при формировании контактных структур. Их вклад в токопрохождение в облученных структурах не изменяется. В то же время основной канал токопереноса претерпевает существенную трансформацию. Она может быть обусловлена скорее всего не результатом прямой генерации дефектов (слишком мала доза облучения), а стимулированного γ -обработкой перераспределения дефектов и примесей, приводящего к увеличению их локальной плотности, а, следовательно, возрастанию вклада в токопрохождение составляющих связанных с генерационно-рекомбинационными и/или туннельными механизмами. Локальный характер деградации контактных структур со слоями нитрида титана отмечался и в работах по изучению их устойчивости к термовоздействиям, причины которого связывались с дефектными областями в слое нитрида. Межфазные взаимодействия контактирующих пар в этих областях могут существенно изменяться вследствие больших напряжений сжатия локализованных на этих участках [2]. Их релаксация при облучении может быть одной из причин усиления локальной неоднородности при контактного слоя полупроводника [1].

III. Заключение

Приведенные экспериментальные результаты по воздействию γ -радиации ^{60}Co на электрические характеристики контактов TiN_x – GaAs с поликристаллическими и аморфными слоями TiN_x показывают, что более радиационно-стойкими являются контакты с использованием поликристаллических слоев TiN_x . Это может быть объяснено планарной неоднородностью контактных систем.

Работа поддержана Украинским Научно-Технологическим центром, проект № 464.

Список литературы

1. Belyaev A.E. et al. Radiation resistance of GaAs-based microwave Schottky-barrier devices. - Kiev Interpress Ltd. - 1998. - 128 p.
2. Il'in I.Yu. et al. // Functional materials. - 1996. - v.3. - P.18.

MECHANISM OF RADIATION TOLERANCE OF TiN_x -GaAs CONTACTS

R.V.Konakova¹⁾, V.V.Milenin¹⁾, D.I.Voitsikhovskiy¹⁾, O.D.Smijan²⁾

¹⁾Institute of Semiconductor Physics NASU45 pr. Nauki, 252028 Kiev, Ukraine

Tel.: (38044) 265-61-82; Fax: (38044) 268-83-42; e-mail: konakova@eee.semicond.kiev.ua

²⁾E.O. Paton Electric Welding Institute NASU 11 ul. Bozhenko, 252650 Kiev, Ukraine

Tel.: (38044) 227-47-02; Fax: (38044) 268-04-86

We have investigated the effect of ^{60}Co γ -irradiation in the 10^2 - $5 \cdot 10^5$ Gy range on the I - V curves of TiN_x -GaAs contact structures. Both the amorphous and polycrystalline TiN_x layers were deposited using magnetron sputtering. It was shown that for contacts of both types the I - V curves differ from the ideal ones. This may result from the physico-chemical nonuniformity of the contacts studied. The degree of nonuniformity for the contacts with polycrystalline TiN_x layers is higher than that for the ones with amorphous TiN_x layers. For the former contacts degradation appears at higher (5×10^5 Gy) doses of γ -irradiation, and changes in the I - V curves are of threshold type. One may suppose that the mechanism of the radiation stability for the contacts studied is related to their planar nonuniformity.

3-я международная конференция «Взаимодействие излучений с твердым телом», 6-8 октября 1999 г. Минск, Беларусь
3-d International Conference «Interaction of Radiation with Solids» October 6-8, 1999, Minsk, Belarus



This document has been edited with Infix PDF Editor - free for non-commercial use.

To remove this notice, visit: www.iceni.com/unlock.htm