

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И
ИННОВАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ФЕРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЮЖНО-КАЗАХСТАНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.АУЭЗОВА

ФЕРГАНСКИЙ МЕДИЦИНСКИЙ ИНСТИТУТ ОБЩЕСТВЕННОГО
ЗДРАВООХРАНЕНИЕ

МАТЕРИАЛЫ

Международной научной конференции

**“ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ФИЗИКИ КОНДЕНСИРОВАННЫХ
СРЕД”**

Фергана, 24-май, 2024 год.

$\varphi(0) + E_s < E_f$ bo'lganda $f = 1$, $\varphi(0) = \frac{e^2 g^2 N_s^2}{8 \epsilon \epsilon_0 N_d}$. Bunda

$$N_s < \sqrt{\frac{8 \epsilon \epsilon_0 N_d (E_F - E_s)}{e^2 g^2}} = N_s^* \quad (3)$$

va to'siq 1a-rasmdagidek ko'rinishda bo'ladi.

(1.3) shart buzilsa, $N_s < N_s^*$, $\varphi(0)$ ni (1.1) va (1.2) tenglamalarni birgalikda yechish orqali izlash zarur. Birlamchi yaqinlashishda yechish

$$\varphi_0 \approx E_F - E_s + kT \ln \left(\frac{N_s}{N_s^*} - 1 \right), \quad (4)$$

ko'rinishda bo'lib, uning ko'rinishi 1b-rasmdagidek bo'ladi.

Agar sirt holatlari konsentratsiyasi katta bo'lsa shunday vaziyat sodir bo'ladi.

Fermi sathi va sirt holatlari kT darajadagi aniqlikda o'zaro "bog'lanadi".

XULOSA

Eksperimental tadqiqotlardan olingan natijalarni interpretatsiya qilish va kristallitlar chegarasi strukturasi bilan aniqlanmaydigan nanostrukturali yupqa pardalarning xususiyatlarini maqsadli boshqarish uchun ularning atom modeli ishlab chiqiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Zaynolobidinova, S. M. (2023). POLIKRISTALL YUPQA PARDALAR XUSUSIYATLARIGA CHET KIRISHMALARINING TA'SIRI. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, 3(3), 283-288.
2. Onarkulov, K. E., Naymanbayev, R., Yuldashev, A. A., & Yuldashev Sh, A. (2021). Халкогенид бирикмалари устида тадқиқотлар. *Eurasian journal of academic research*, 1(6), 136-137.
3. Онарқулов, К., & Юлдашев, А. (2017). ВИСМУТ-СУРМА ТЕЛЛУРИД ЮПҚА ПАРДАЛАРНИНГ ЭЛЕКТРОФИЗИК ХОССАЛАРИГА ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁННИНГ ТАЪСИРИ. *Scientific journal of the Fergana State University*, (2), 2-2.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПЛЕНОК НА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ХАЛЬКОГЕНИДОВ КАДМИЯ

К.Э. Онаркулов, С.О. Тожибоева, А.Б. Курбонов

Ферганский государственный университет

Аннотация. Рассмотрена вольт - амперная характеристика диода Шоттки. Показано, что с ростом прямого смещения наблюдается значительное увеличение прямого тока, а также заметное увеличение обратного тока при обратном смещении. Начальный участок прямой характеристики при напряжениях до 10 В является линейным и присущ барьерам Шоттки, однако при высоких напряжениях характеристика становится нелинейной. Нелинейность вольт -амперной характеристики барьера Шоттки в достаточно широком диапазоне приложенного напряжения связана с эффектом границы зерен в поликристаллических пленках. А именно, при увеличении приложенного напряжения до определенного значения плотность ловушечных состояний в области границы кристаллита уменьшается, т.е. дырки начинают заполняться, что обычно наблюдается в полупроводниках, содержащих проводящие частицы в непроводящей матрице.

Ключевые слова: халькогенид кадмия, барьер Шоттки, теллурид кадмия, кристаллиты, проводимость, пленка, энергия активации, межзёрненные границы, вакуумная установка.

Показано, что с ростом толщины пленок теллурида кадмия от 0,4 до 1 мкм удельное сопротивление уменьшается от $8 \cdot 10^8$ до $8,1 \cdot 10^7$ Ом·см, что равносильно возрастанию проводимости от $1,25 \cdot 10^{-9}$ до $1,23 \cdot 10^{-8}$ Ом⁻¹·см⁻¹. При толщинах выше 1 мкм удельное сопротивление и проводимость меняются слабо.

Поликристаллические пленки соединений A_2B_6 , главным образом, халькогенидов кадмия, всё шире используются в основных областях электронной техники, микроэлектронике, оптоэлектронике, солнечной энергетике. Возможность получать поликристаллические пленки с различным удельным сопротивлением, отличающимся на несколько порядков по величине, а также технологические преимущества сделали их очень перспективным материалом для использования во многих дискретных приборах (диоды, транзисторы, солнечные батареи, лазеры) и интегральных схемах. Тонкие

пленки халькогенидов кадмия являются подходящим материалом для создания фотоэлектрических преобразователей, поскольку их ширина запрещенной зоны близка к диапазону теоретически возможного максимального значения коэффициента полезного действия (КПД). Высококачественные поликристаллические пленки уже используются для создания высокоэффективных солнечных элементов.

Повышенный интерес к солнечным преобразователям породил спрос на тонкие пленки с высокими коэффициентами поглощения в видимой области спектра. Важнейшим параметром полупроводников с точки зрения использования в фотоэлектрических преобразователях является ширина запрещенной зоны E_g . В халькогенидах Cd можно регулировать ширину запрещенной зоны в пределах $1,4 \leq E_g \leq 2,4$ эВ, что обеспечивает разумное перекрытие энергии солнечного спектра [1,2].

Тонкие пленки халькогенидов кадмия могут быть получены различными технологиями. Эмпирически установлено, что толстые поликристаллические пленки теллурида кадмия (до 200 мкм и более) можно получить при температуре подложки 493 К и скорости роста пленки $(40 \div 132)$ нмс⁻¹. Полученные пленки являются высокоомными и их удельное сопротивление составляет $(5,2 \div 9,0) 10^9$ Ом·см. Для получения тонких (до 2 мкм) и толстых (до 300 мкм) плёнок используется квазизамкнутая рабочая камера. Многочисленные опыты позволили подобрать оптимальную температуру подложки и оптимальную скорость напыления плёнок [3].

Активные пленки теллурида кадмия на разных подложках получали при вакууме 10^{-5} мм.рт.ст. и температуре подложки 493 К на установке ВУП-5М. Скорость роста плёнок составлял для толстых $(40 \div 132)$ нмс⁻¹, для тонких $(0,5 \div 20)$ нмс⁻¹.

Электрические измерения проводили при помощи модернизированного нановольтамперметра Р341, который позволял измерять ток в пределах 0,5 нА -

50 мкА. При помощи встроенных делителей можно было расширять пределы измерения до 250 мкА.

В таблице 1 приведены значения удельного сопротивления пленок разной толщины. Видно, что с увеличением толщины пленки от 0,4 до 1 мкм удельное сопротивление уменьшается с $8 \cdot 10^8$ до $8,1 \cdot 10^7$ Ом·см, что эквивалентно увеличению проводимости с $1,25 \cdot 10^{-9}$ до $1,23 \cdot 10^{-8}$ Ом⁻¹·см⁻¹. При толщинах более 1 мкм ρ изменяется незначительно.

Таблица 1

Толщины пленок Д, мкм	Размеры кристаллитов h _k , Ф	Интенсивность реф. (002) I _m , усл. ед.	Удельное сопротивление ρ, Ом·см
0,4	70	52	$8 \cdot 10^8$
0,6	100	70	$4,8 \cdot 10^8$
0,8	130	115	$8,2 \cdot 10^7$
1,0	135	120	$8,1 \cdot 10^7$

Как видно из таблицы, с увеличением толщины пленок размеры кристаллитов и интенсивность рефлекса заметно увеличиваются вплоть до 0,8 мкм. Из анализа данных измерений и удельной проводимости следует, что проводимость пленок теллурида кадмия зависит от совершенства кристаллической структуры: улучшение кристаллической структуры способствует увеличению проводимости пленок.

Низкая удельная проводимость ($\sigma \sim 10^{-8}$ Ом⁻¹·см⁻¹) и значительная энергия активации проводимости (0,4 эВ) свидетельствуют о том, что проводимость тонких пленок теллурида кадмия определяется межкристаллитными барьерами [4].

Важнейшими характеристиками тонких пленок с точки зрения использования в фотоэлектрических устройствах являются удельная проводимость и возможность создания барьерного слоя на границе металл — полупроводник.

На рисунке 1 приведена ВАХ структуры (Al-CdTe) на основе поликристаллической пленки CdTe. Из рисунка видно, при увеличении прямого

смещения происходит значительное увеличение прямого тока, а также заметное увеличение обратного тока при обратном смещении. Начальный участок прямой характеристики при напряжениях до 10 В линейный, что присуще барьерам Шоттки [5]. При больших напряжениях характеристика становится нелинейной.

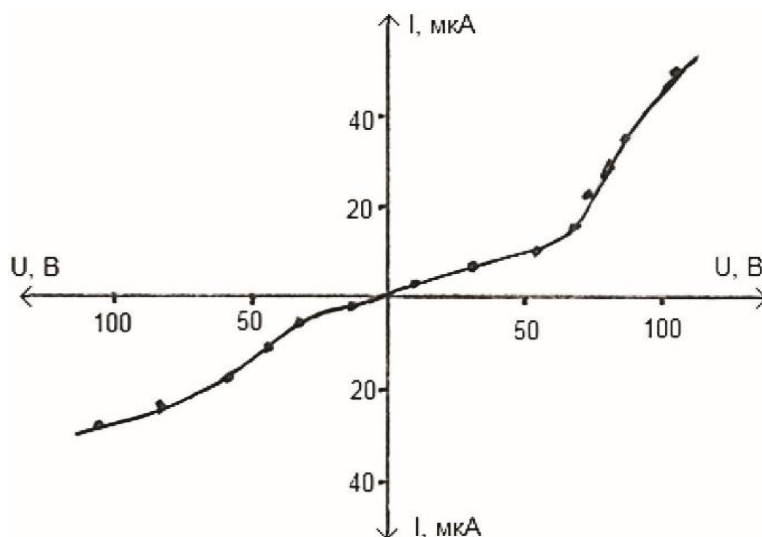


Рис. 1. Характеристики барьера Шоттки на границе Al-CdTe

Заключение

Нелинейность вольтамперной характеристики в достаточно широком диапазоне приложенного напряжения связана с эффектом границы зерен в поликристаллических пленках. При увеличении приложенного напряжения до определенного значения плотность ловушечных состояний в области границы кристаллита уменьшается, т.е. дырки начинают заполняться. Это явление обычно наблюдается в полупроводниках, содержащих проводящие частицы в непроводящей матрице. Высота барьера Шоттки на границе Al/CdTe и коэффициент идеальности составили 0,66 эВ и 1,16 соответственно. На основе анализа данных измерения и удельной проводимости установлено, что проводимость пленок теллурида кадмия сильно зависит от совершенства кристаллической структуры: совершенствование кристаллической структуры способствует возрастанию проводимости пленок.

Установлено, что нелинейность вольтамперной характеристики в достаточно широких пределах приложенного напряжения связана с эффектом

границы зерен в пленках, которые часто сравнимы со средней длиной свободного пробега основных носителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Клевков Ю.В., Колосов С.А., Плотников А.Ф. Транспорт носителей заряда в отожженных крупно- и мелкозернистых поликристаллах CdTe.// ФТП, 2006, N9(40).- с.1028-1032.
2. Клевков Ю.В., Колосов С.А., Плотников А.Ф. Электрофизические свойства нелегированных высокоомных поликристаллов n-CdTe.// ФТП, 2007, N6(41).- с.670-673.
3. Naymonboyev R, Onarqulov K.E., Yuldashev A.A., Yuldashev Sh.A., Yuldasheva Sh.A. Preparation of photo elements from chalcogenide thin curtains. ELECTRONIC JOURNAL OF ACTUAL PROBLEMS OF MODERN SCIENCE, EDUCATION AND TRAINING. JULY, 2021-7/2.
4. Атакулов Ш.Б., Онаркулов К.Э. О перколяционной проводимости фоточувствительных химически осажденных слоев сернистого свинца. ФТП.1985.Т.19.В.7.
5. Султонов Н., Акобиров А.Т., Хамрокулов Р.Б., Наимов У.Р. Определение высоты барьера Шоттки на контакте металл — пленка CdTe // Наука и инновация. 2014. № 1. С. 65–69.

МОРФОЛОГИЯ ПОВЕРХНОСТИ ГЕТЕРОСТРУКТУР p-CdTe-SiO₂-Si-Al ПОЛУЧЕННЫХ КЛАССИЧЕСКОМ МЕТОДОМ НАПЫЛЕНИЯ В ВАКУУМЕ.

Отажонов С.М., Алимов Н.Э., Камолиддинов Н.С., Рибчановский А.М.

Ферганский государственный университет,

email: alimov.nodir.esonaliyevich@gmail.com

В данной работе приводится изучение морфологии и электрических свойств тонких плёнок теллурида кадмия p-типа проводимости, полученных методом вакуумного напыления на подложки из монокристаллического селенида цинка и CdTe-SiO₂. Особое внимание уделено влиянию термообработки на структуру и поверхностное электросопротивление плёнок, а также изучению адсорбционных процессов, происходящих на их поверхности. Высокая степень очистки, способствует формированию качественных плёнок с минимальным количеством дефектов.