

Краткие сообщения

05;06;12

Исследование выпрямляющих и фотоэлектрических свойств барьерных структур на основе теллурида кадмия, легированного ванадием

© С.Ю. Паранчич, Л.Д. Паранчич, В.Н. Макогоненко, Ю.В. Танасюк, Р.Н. Юрценюк

Черновицкий национальный университет им. Ю. Федьковича,
58012 Черновцы, Украина
e-mail: rektor@chnu.cv.ua

(Поступило в Редакцию 18 июля 2002 г.)

Термическим напылением хрома на высокоомные подложки теллурида кадмия, легированного ванадием (CdTe:V) с концентрацией примеси $5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, получены структуры типа диодов Шоттки. На барьерных структурах Cr-CdTe:V исследованы вольт-амперные и спектральные характеристики и оценены их выпрямляющие свойства.

Введение

Теллурид кадмия, несмотря на широкое применение, не перестает вызывать к себе интерес. В последнее время особое внимание уделяется тем возможностям его использования, при которых важная роль отводится полупрозрачным свойствам данного материала. Спектроскопия рентгеновских и гамма-излучений, электрооптическая модуляция и фоторефракция — вот несколько из тех сфер научно-исследовательской деятельности, в которых ведется интенсивный поиск новых конкурентоспособных материалов и способов их применения. Именно полупроводниковые кристаллы CdTe, легированные элементами переходных металлов группы железа, относятся к наиболее перспективным материалам для ближней инфракрасной (ИК) области спектра. Легирование теллурида кадмия ванадием открывает еще одну возможность его использования в качестве фоторефрактивного материала для систем записи оптической информации и передачи ее посредством волоконно-оптических линий связи [1,2]. Именно поэтому число работ, посвященных новым технологиям и изучению электрических и фотоэлектрических процессов в разного рода структурах на основе чистого и легированного теллурида кадмия, постоянно возрастает [3–5].

Данная работа посвящена изготовлению барьерных структур Cr-CdTe:V и исследованиям их электрических и спектральных характеристик.

Методика эксперимента

Контакты металл-полупроводник с барьером Шоттки создавались на основе подложек, изготовленных из монокристаллических слитков n-CdTe:V с концентрацией ванадия $N_V = 5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$. Монокристаллы были получены вертикальным методом направленной кристаллиза-

ции при неизменном свободном объеме над расплавом и скоростью охлаждения 10 К/ч. Заметим, что два последних фактора существенно влияют на оптическое качество кристалла и его электрическую однородность.

Пластины подложек вырезали из средней части монокристаллического слитка CdTe:V перпендикулярно направлению роста. Согласно проведенным исследованиям электрических и гальваномагнитных свойств, кристалл в данной его части обладал концентрацией свободных носителей $n_e \approx 5 \cdot 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ и удельным сопротивлением $\rho \approx 10^9 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$, а следовательно, был полупрозрачным. Плоскопараллельные пластины обрабатывали обычными механическими методами и тщательно промывали в этиловом спирте.

Перед непосредственным напылением хрома, подготовленные подложки подвергали ионной очистке в атмосфере аргона на протяжении 7–8 min, затем на одну сторону пластин методом термического напыления в вакууме ($P = 6.7 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}$) наносили пленку хрома. При этом температура подложки поддерживалась равной 190–200°C. Толщина образовавшейся металлической пленки d составляла приблизительно 15 μm. Полученные таким образом пластины механически разрезали на элементы размером 2 × 3 mm, к которым в качестве омических контактов с помощью контактола подсоединяли медные проводочки. На полученных образцах структур Cr-CdTe:V исследовались стационарные вольт-амперные характеристики (ВАХ) и спектральные зависимости fotocувствительности.

Результаты и обсуждение

На рис. 1 представлена вольт-амперная характеристика, типичная для исследуемых структур Cr-CdTe:V. Из данной зависимости видно, что изготовленные контакты металл-полупроводник (КМП) обладают ярко

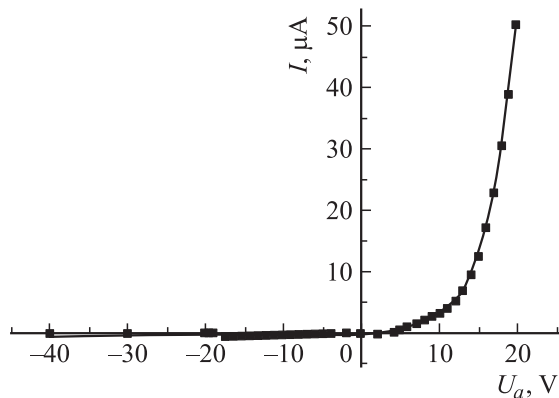


Рис. 1. Вольт-амперная характеристика структур Cr-CdTe:V с $N_V = 5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$.

выраженными выпрямляющими свойствами. Так, при напряжениях смещения порядка 20 В для таких структур прямой ток превышает обратный на три порядка. Начальный отрезок ВАХ данных контактов описывается диодным уравнением, тогда как в области напряжений $> 20 \text{ V}$ прямая ветка характеристики описывается соотношением [4,6].

$$U = U_0 + R_0 I.$$

Объемное сопротивление R_0 , найденное из наклона прямолинейного участка ВАХ, составляет порядка $10^7 \Omega$, а напряжение отсечки для различных образцов — 14–15 В.

На основе результатов измерений вольт-амперных характеристик были построены полулогарифмические зависимости прямого тока от приложенного напряжения, одна из которых приведена на рис. 2. Наличие прямолинейного отрезка на представленной кривой подтверждает предположение о том, что ток через ступицу изменяется по экспоненциальному закону [7].

$$I = I_s \left[\exp \left(\frac{qU_a}{nkT} \right) - 1 \right], \quad (1)$$

где $I_s = AST^2 \exp(-\phi_B/kT)$ — ток насыщения, U_a — величина приложенного напряжения, n — коэффициент неидеальности, A — константа Ричардсона, S — площадь контакта, ϕ_B — высота потенциального барьера образованной структуры.

Экстраполируя прямолинейный участок кривой до нулевого значения напряжения смещения, согласно формуле (1), можно определить величину тока насыщения, соответствующее выражение для которого позволяет определить высоту потенциального барьера. Если в качестве константы Ричардсона принять ее значение для свободного электрона $120 \text{ A} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{K}^{-2}$, то величина ϕ_B для различных образцов находится в пределах 0.7–0.75 eV, что приблизительно соответствует половине ширины запрещенной зоны теллурида кадмия — критерию качественного выпрямляющего контакта. Заметим, что

подобные данные для структур Cr-CdTe в литературе не приводятся [7,8].

Исследования фоточувствительности контактов Cr-CdTe:V показали, что при освещении полученных структур со стороны кристалла (так как металлическая пленка была непрозрачной для излучения) в них возникает фотовольтаический эффект. Для наилучших структур напряжение холостого хода достигало значений $\sim 0.5 \text{ V}$. На рис. 3 представлены спектральные зависимости фоточувствительности для некоторых из исследуемых структур. Из рисунка следует, что структуры Cr-CdTe:V фоточувствительны в области $0.85\text{--}2.5 \mu\text{m}$. Формирование коротковолнового края спектральной фоточувствительности обусловлено граничной чувствительностью материала подложки и соответствует электронным переходам типа зона-зона. При этом протяженность спектральной зависимости в область длинных волн объясняется как наличием глубокого уровня в запрещенной зоне, обусловленной ванадием ($E_V = 0.72\text{--}0.8 \text{ eV}$ [9]), так и фотоэмиссией горячих электронов из металла в полупроводниковую базовую область. Различие в фоточувствительности в области $1.5 \mu\text{m}$ для образцов 1 и 2 можно объяснить

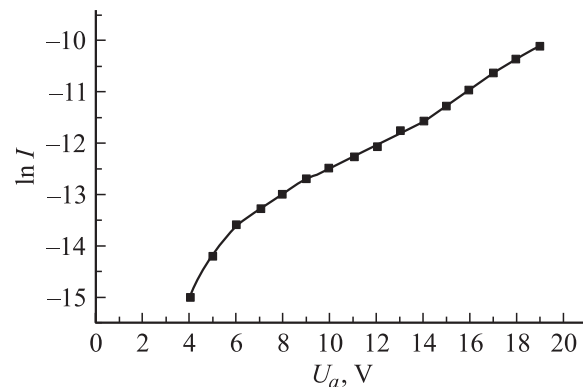


Рис. 2. Полулогарифмическая зависимость прямого тока от приложенного напряжения для контактов Cr-CdTe:V с $N_V = 5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$.

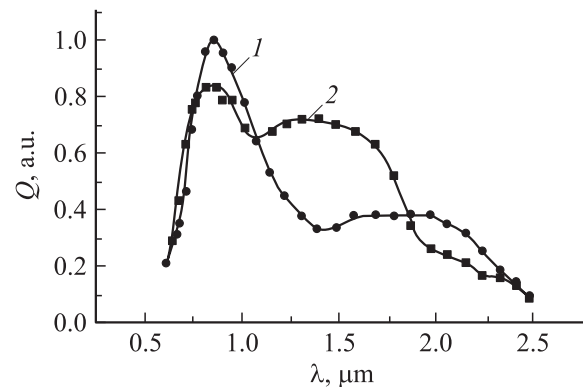


Рис. 3. Спектральная зависимость фоточувствительности структур Cr-CdTe:V с $N_V = 5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, полученных из краевой (1) и средней (2) частей монокристаллической подложки.

сегрегацией ванадия, поскольку они изготовлены из различных участков пластины.

Таким образом, из проведенных экспериментальных исследований можно заключить, что на основе полупроводящих кристаллов CdTe:V методом термического напыления пленки Cr могут быть получены диоды Шоттки, обладающие качественными выпрямляющими свойствами и фоточувствительностью.

Использование высокоомного материала (CdTe:V) при изготовлении барьерных структур позволяет расширить спектральный диапазон их чувствительности; такие структуры представляют интерес для эффективного разделения носителей заряда, образующихся ионизирующими частицами различных энергий.

Работа выполнена при поддержке УНТЦ (грант № 2004).

Список литературы

- [1] *Zha M., Gorog T., Zappettini A. et al. // J. Crystal Growth. 2002. Vol. 234. P. 184–189.*
- [2] *Гнатенко Ю.П., Гамерник Р.В., Фарина И.А. и др. // ФТТ. 1998. Т. 40. № 7. С. 1216–1220.*
- [3] *Sochinskii N.V., Munoz V., Perez J.M. et al. // Appl. Phys. Lett. 1998. Vol. 72. N 16. P. 2023–2025.*
- [4] *Ильчук Г.А., Иванов-Омский В.И., Рудь В.Ю. и др. // ФТП. 2000. Т. 34. Вып. 9. С. 1099–1102.*
- [5] *Kosyachenko L.A., Sklyarchuk V.M., Sklyarchuk Ye.F. et al. // Semicond. Sci. Technol. 1999. Vol. 14. P. 373–377.*
- [6] *Косяченко Л.А., Раренко И.М., Боднарчук О.А. и др. // ФТП. 1999. Т. 33. Вып. 12. С. 1438–1442.*
- [7] *Милнс А., Фойхт Д. Гетеропереходы и переходы металл-полупроводник. М., 1975. 432 с.*
- [8] *Ponpon J.P. // Sol. St. Electron. 1985. Vol. 28. N 7. P. 689–706.*
- [9] *Selber H.R., Peka P., Schultz H.-J. et al. // Semicond. Sci. Technol. 1999. Vol. 14. P. 521–527.*