

UDK 538.911, 935, 315.621.592

**ОСОБЕННОСТИ ПОВЫШЕНИЯ МОЩНОСТИ
ФОТОВОЛЬТАИЧЕСКИХ ПЛЕНОЧНЫХ СТРУКТУР
ХАЛЬКОГЕНИДОВ КАДМИЯ**

доцент Полвонов Б.З., Насиров М.Х., Полвонов О.З., Туйчибаев Б.К.

Ферганский политехнический институт

bakhtiyor@mail.ru

mardonbeknasirov1992@gmail.com

АННОТАЦИЯ

Обнаружена корреляция между спектром фотолюминесценции и аномальными фотовольтаическими свойствами косонапыленных поликристаллических пленок CdTe, CdTe : In. В спектрах чистых образцов наряду краевой дублетной полосой доминирует полоса собственной люминесценции, обусловленной наличием потенциальных барьеров на границах зерен. Легирование примесью приводит к тушению дублетной полосы, а дальнейшая термическая обработка - к резкой активации собственной полосы, полуширина которой связана. максимальным значением генерируемого фотонапряжения $V_{ДФН} = 10^3$ В/см .

Ключевые слова: Тонкая поликристаллическая пленка, теллурид кадмия, примеси, легирование, термическая обработка, аномальные фотовольтаические свойства, спектр фотолюминесценции, потенциальные барьеры, границы зерен.

**FEATURES OF INCREASING THE POWER OF PHOTOVOLTAIC
FILM STRUCTURES OF CADMIUM CHALCOGENIDES**

dots. PhD Polvonov.B.Z., Nasirov.M.X., Polvonov.O.Z., To'ychiba yev.B.Q.

Fergana Polytechnic Institute

bakhtiyor@mail.ru

mardonbeknasirov1992@gmail.com

ABSTRACT

Correlation between spectrum of the low temperature ($T \square 4.2$ K) photoluminescence and anomalous photovoltages properties of slanting evaporating polikrySTALLIN thin films CdTe, CdTe : In is discovered. In spectrum undoped sample on a number double-acting by band dominated the band to own luminescence,

conditioned presence potential barrier on border of grains. Alloyage an impurity In brings about stewing double-acting bands, but the most further thermal processing - to cutting the activations of the own band, full width on half maximum which is bound by maximum value photo generated voltage $V_{AFV} = 10^3 V / sm$.

Keywords: *Polycrystalline thin films, telluride cadmium, impurity, alloyage, thermal processing, anomalous photovoltages properties, spectrum of photoluminescence, the potential barrier, the border of grains.*

ВВЕДЕНИЕ

Посвящена проблеме повышения мощности аномально фотовольтаических пленочных структур на основе поликристаллических пленочных структур $CdTe$, $CdTe:In$, $CdTe/CdS$ в качестве солнечных фотопреобразователей и фотогенераторов напряжения. Исследования относятся к области физике полупроводников и получения материалов оптоэлектроники и гелиотехники, в частности, к технологии получения тонких пленок и пленочных структур, генерирующих аномально большое фотонапряжение [1-3] ($A\Phi H$) на основе халькогенидов кадмия.

Разработана технология изготовления тонких ($d \leq 1,0$ мкм) аномально фотовольтаических (АФВ) пленок $CdTe:In$ методом вакуумного испарения, позволяющая 10^3 раз увеличить мощности фотогенератора напряжения. Это достигнуто за счет повышения эффективности генерации фотонапряжения пленкой $CdTe$ с помощью легирования её примесью индия во время выращивания методом термического испарения в вакууме $10^{-3} - 10^{-5}$ мм. рт. ст. путем испарения $CdTe$ и In из отдельных тиглей. При этом исходная масса напыляемой примеси составляла 3–7 вес. % от массы основного полупроводникового соединения. Температура стеклянной подложки варьировалась в пределах 250–300 °С. Свежеприготовленные поликристаллические образцы $CdTe:In$ с толщиной $d \approx 0,8 - 1,0$ мкм и площадью 5×20 мм², со скоростью конденсации $v_k \approx 1,5 - 2,0$ нм/с, углом напыления 40–50°, оказались более низкоомными и относительно слабо выражались аномальными фотовольтаическими свойствами ($V_{A\Phi H} = 50 - 100$ В). В результате термической обработки (ТО) на воздухе в присутствии паров соактиватора $CdCl_2$ при температуре 250–300 °С в течение 2–4 мин образцы $CdTe:In$ при комнатной температуре генерировали максимальное фотонапряжение до значений $(2 - 4) \cdot 10^3$ В, т.е. на порядок больше, чем

специально нелегированные образцы $CdTe$ (где $V_{АФН} = 200 - 600 В$). При этом фототок короткого замыкания увеличивался более чем на два порядка и достигал до значения $I_{к.з.} \approx 10^{-8} А$. Световые сопротивления при интенсивности света $L \approx 10^3 лк$ пленок $CdTe$, $CdTe:In$ –свежеприготовленной и $CdTe:In$ – термообработанной имели значения $R_{св} = 2 \cdot 10^{12}$, $3 \cdot 10^{10}$ и $2 \cdot 10^{11} Ом$, соответственно. Они генерировали $V_{АФН} \approx 200 В$, $60 В$ и $2000 В$, следовательно, [4-6] мощности этих фотогенераторов, пропорциональной $V_{АФН}^2 / R_{св}$, относились как, 2:12:2000. Таким образом, мощность легированной In АФВ пленок $CdTe:In$ после $ТО$ увеличивается более чем на два порядка, а по сравнению с нелегированной пленкой - в 10^3 раза. Это объясняется тем, что атомы замещения In во время $ТО$ пленки в результате термополевой миграции (диффузии) увеличивают асимметрию потенциальных барьеров на границе кристаллических зерен, что повышает эффективность генерации АФН пленкой $CdTe:In$. Показано, что электрофизические и АФВ свойства термообработанных пленок $CdTe:In$ существенно стабилизируются.

ОБСУЖДЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Экспериментально исследована форма спектров низкотемпературной фотолюминесценции косонапыленных поликристаллических пленок $CdTe$, $CdTe:In$ с АФВ свойствами. Эксперимент проводился в геометрии нормального освещения и почти нормального излучения и установлено следующие. Спектр фотолюминесценции (ФЛ) поликристаллической пленки с АФВ свойством и монокристалла $CdTe$ качественно отличаются. Основной вклад в ФЛ пленки дает излучательная рекомбинация $e-h$ свободных носителей (A -линия с полушириной $14,2 \pm 0,1 мэВ$) и краевая люминесценция с широкой дублетной структурой (B - и C – линии с полуширинами $18,5 \pm 0,1 мэВ$ и $32,2 \pm 0,1 мэВ$). Максимумы A - и B - линий излучения отличаются на энергию продольно оптического фонона $\hbar\omega_{LO} = 0,021 эВ$. Значит симметричная B -линия является LO -повторением собственной полосы излучения A , которая отсутствовала в спектре монокристалла при заданной интенсивности лазерного возбуждения $\sim 0,44 Вм/см^2$. Пологий максимум C -линии излучения отстает от A -линии более чем на $2\hbar\omega_{LO}$ и она формируется в результате рекомбинации зона-зона с излучением $2LO$, $3LO$ и т.д. фононов. Анализом спектра ФЛ легированной In пленки $CdTe$ без $ТО$ показано, что введение примесных атомов индия сильно деформирует спектр ФЛ: во-первых, существенно

сужается полуширина A -линии (до 6 мэВ), что и коррелируется падением (почти на порядок) максимального значения $V_{\text{АФН}}$ у свежеприготовленной пленки CdTe:In ; во-вторых, полоса краевой люминесценции (B - и C - линии), также как и канал горячей ФЛ исчезают; в-третьих, резкая красная граница собственного излучения сдвигается в длинноволновую сторону на $\approx 3 \text{ мэВ}$. Донорные примеси замещения In_{Cd} создают мощный канал безызлучательной рекомбинации, тем самым, сильно уменьшают роль LO -фононов и увеличивают электропроводность пленки CdTe:In , чем и определяется ухудшение её АФВ свойства. После оптимальной ТО пленки CdTe:In спектр ФЛ качественно не претерпевает сильного изменения [7-10].

ВЫВОД

Однако ТО приводит к уширению линии A почти в три раза (полуширина достигает значения $\sim 17 \text{ мэВ}$, а значение $V_{\text{АФН}}$ - почти $3 \cdot 10^3 \text{ В}$). Процесс ТО стимулирует наряду с АФВ свойством легированной пленки, также и её собственной полосы ФЛ. Таким образом, наблюдается четкая корреляция между АФВ свойством и формой полосы собственной ФЛ косоапыленных пленок CdTe , при легировании In и ТО спектр ФЛ сильно трансформируется в соответствии с изменением АФВ свойств пленки. Это позволяет целенаправленно управлять технологией изготовления фотовольтаических пленочных структур методом изотемпературной фотолюминесценции. Полученные результаты представляют интерес для пленочной оптоэлектроники и гелиотехники.

REFERENCES

- [1]. Akhmadaliev, B. J., Mamatov, O. M., Polvonov, B. Z., & Yuldashev, N. K. (2017). Low-Temperature Photoluminescence of Fine-Grained CdTe Layer in n-CdS/p-CdTe Film Heterostructure. *International Journal of Modern Physics and Application*, 4(5), 28-33.
- [2]. Akhmadaliev, B. J., B. Z. Polvonov, and N. Kh Yuldashev. "On the low-temperature photoluminescence and photovoltaic properties of fine-grained CdTe films." *Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques* 10.6 (2016): 1173-1178.
- [3]. Polvonov B. Z., Yuldashev N. K. Spectra of low-temperature photoluminescence in thin polycrystalline CdTe films //Semiconductors. – 2016. – Т. 50. – №. 8. – С. 1001-1004.

- [4]. Ахмадалиев, Б. Ж., Каримов, М. А., Полвонов, Б. З., & Юлдашев, Н. Х. (2010). Низкотемпературная фотолюминесценция тонких пленок CdTe, CdTe: In с аномальным фотовольтаическим свойством. *Физическая инженерия поверхности*.
- [5]. Axmadaliev, B. J., B. Z. Polvonov, and N. X. Yuldashev. "Povernnostno-radiatsionnye mody va prodolnye eksitony v spektr nizkotem temperaturnoy fotolyminestsentsi." FIP, 2010.
- [6]. Barnokhon R., Bakhtiyor P. THE FORMATION OF CREATIVE THINKING IN TEACHING PHYSICS //International Engineering Journal For Research & Development. – 2020. – Т. 5. – №. ICIPPS. – С. 5-5.
- [7]. Nasirov, M.X., Axmadjonov, M. F., Nurmatov, O.R., Abdullayev, Sh.Sh. O‘LCHAMLI KVANTLASHGAN STRUKTURALARDA KVAZIZARRALAR // ORIENSS. 2021. №11.
- [8]. Nurmatov, O.R., Yulchiyev, I.I., Axmadjonov, M.F., Xidirov, D.Sh., Nasirov, M.X. TALABALARGA “MATEMATIK MAYATNIKNING TEBRANISH QONUNI” MAVZUSINI MATEMATIK USULLAR BILAN TUSHUNTIRISH // ORIENSS. 2021. №11.
- [9]. Arislanovna Y. S., Bakhtiyorvich G. B. Marketing And Information Support In Public Sector //European Journal of Molecular & Clinical Medicine. – 2021. – Т. 8. – №. 1. – С. 940-947.
- [10]. Nasirov, M.X., Tolaboyev, D.X., Yulchiyev, I.I. INSON SO‘LAGINING KRISTALLOGEN XUSUSIYATLARINI BAHOLASH // ORIENSS. 2021. №11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/inson-so-lagining-kristallogen-xususiyatlarini-baholash> (дата обращения: 20.12.2021).