

ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЯ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ CdO-CdTe-Mo В ДЛИННОВОЛНОВОЙ ЧАСТИ СПЕКТРА ПОГЛОЩЕНИЯ

О.К. Атабоев^{1,2*},

Р.Р. Кабулов³,

Д.Р. Кодиров¹,

М.Н. Жуманиёзов (бакалавр)¹

¹Нукусский филиал Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада аль-Хоразми

²Нукусский филиал Навоийского государственного горного института

³Физико-технический институт НПО АН РУз

*E-mail: omonboy12@mail.ru

Аннотация: Работа посвящена исследованиям влияния монохроматического излучения длинноволновой области спектра поглощения и величины сопротивления внешней нагрузки на время жизни неравновесных носителей заряда в фоточувствительной структуре на основе CdO-CdTe-Mo. Исследование зависимости времени жизни неравновесных носителей заряда при длинах волн 630 нм и 800 нм от величины сопротивления нагрузки показало, что изменения могут быть связаны с перезарядкой дефектных состояний в фото-активной части слоя теллурида кадмия, под действием фотогенерированных и инжектированных носителей заряда.

Ключевые слова: гетероструктура, фотоприемник, фототок, сопротивление нагрузки, время жизни неосновных носителей заряда, светодиоды.

INVESTIGATION OF THE TRANSIENT PERIOD OF THE PHOTO- SENSITIVE STRUCTURE OF CdO-CdTe-Mo IN THE LONG-WAVE PART OF THE ABSORPTION SPECTRUM

O.K. Ataboev^{1,2*},

R.R. Kabulov³,

D.R. Kodirov¹,

M.N. Jumaniyozov (bachelor)¹

¹Tashkent University of Information Technologies Nukus branch
named after Mukhammad al-Khorazmy

²Nukus branch of Navoi State mining institute

³Physical-Technical Institute of SPA «Physics-Sun» ASUZ

Abstract. The work is devoted to the study of the influence of monochromatic radiation in the long-wavelength region of the absorption spectrum and the value of the resistance of an external load on the lifetime of nonequilibrium charge carriers in a photosensitive structure based on CdO-CdTe-Mo. The investigation of the dependence of the lifetime of nonequilibrium charge carriers at wavelengths of 630 nm and 800 nm on the load resistance showed that the changes can be associated with the recharging of defect states in the photoactive part of the cadmium telluride layer under the action of photogenerated and injected charge carriers.

Keywords: heterostructure, photodetector, photocurrent, load resistance, minority carrier lifetime, LEDs.

Одним из важных параметров фоточувствительных структур, определяющих коэффициент преобразования электромагнитной энергии, является время жизни неосновных фотогенерированных

носителей заряда (τ). Так как данная физическая величина сильно влияет на выходные энергетические параметры любых фоточувствительных структур.

Исследование релаксационных характеристик фотоприемников (ФП), таких как, затухание величины фототока (J_{ph}), при освещении прерывистым светом, дает возможность оценить величину времени жизни и установить механизм фотогенерации неравновесных носителей заряда, а также процессы их рекомбинации. Известно, что величина фототока зависит от концентрации фотогенерированных носителей заряда – (n) [1].

Релаксационная зависимость концентрации носителей заряда, при освещении прерывистым излучением, описывается соотношением [1]:

$$n = n_0 \exp(-t/\tau) \quad (1)$$

n_0 - квазистационарное максимальное значение концентрации фотогенерированных носителей заряда, t - текущее время релаксации после прекращения воздействия импульсного светового сигнала на структуру.

Для определения времени жизни неосновных носителей заряда экспериментальным путем необходимо построить в полулогарифмическом масштабе зависимость величины фототока от времени. Наклон полученной прямой даст величину времени жизни неосновных носителей в фотоактивной части фоточувствительной структуры.

Для проведения исследований были изготовлены фоточувствительные гетероструктуры на основе $In-n-CdO/p-CdTe-Mo$ [2], в которых в качестве фронтального буферного слоя использовались прозрачно – проводящие слои CdO n -типа проводимости, с шириной запрещенной зоны (E_g) равной $2.7 \pm 0,05$ eV, толщиной 100-200 nm. Прозрачно-проводящий слой $n-CdO$ наносился на поверхность $p-CdTe$ с $E_g \approx 1.5 \pm 0,05$ eV, методом магнетронного распыления на постоянном токе в атмосфере аргона и кислорода [3]. В качестве мишени использовался чистый металлический кадмий. Базовым материалом для структур, как указывалось выше, служили пленки $p-CdTe$, выращенные методом сублимации в потоке водорода на поверхности подложки из молибдена [2]. Удельное сопротивление $p-CdTe$ пленок составляло $\rho \approx 10^3 \div 10^4$ Ohm·cm, а толщина $d \approx 50$ μm . Подложки из молибдена толщиной 500 μm служили, так же, тыльным электрическим собирающим контактом. Верхним, собирающим электрическим контактом для фотогенерированных электронов, служил металлический индий, нанесенный методом вакуумного термического напыления на поверхность слоя $n-CdO$, через шаблон – маску в виде гребенки.

На рис. 1 представлена конструкция созданной фоточувствительной структуры $In-n-CdO/p-CdTe-Mo$ и схема ее установки для измерения времени жизни носителей заряда.

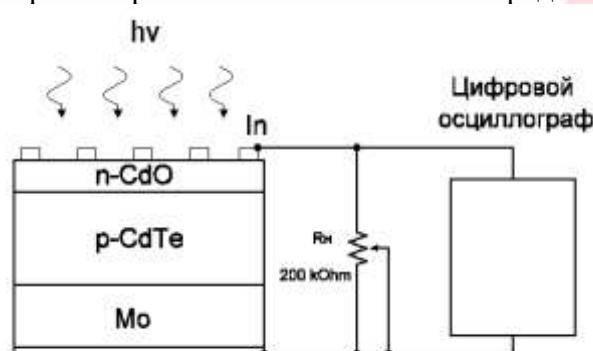


Рис. 1. Конструкция созданной гетероструктуры $In-n-CdO/p-CdTe-Mo$ и схема установки для измерения времени жизни.

В качестве источника модулирующего электромагнитного излучения использовались LED светодиоды, с длиной волн ($\lambda_1 = 800$ nm, $h\nu \approx 1,55$ eV и $\lambda_1 = 630$ nm, $h\nu \approx 1,97$ eV) мощностью 40 mW. На излучающие светодиоды с генератора прямоугольных импульсов Г5-54 подавались

нормированные по длительности импульсы напряжения величиной 5 V, длительностью 100 μ s, частотой следования 2 kHz и скважностью равной 5.

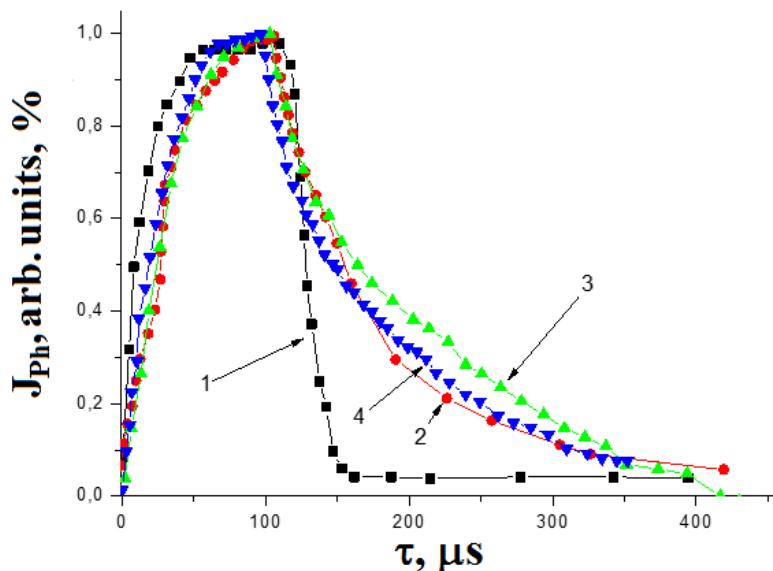


Рис. 2. Релаксационные кривые, снятые с нагрузочных сопротивлений различной величины: 1-82 Ohm, 2-417 Ohm, 3-51 kOhm, 4-200 kOhm, при освещении светодионом, с длиной волны $\lambda_1 = 630$ nm.

Созданная гетероструктура, нагружалась на переменное сопротивление R_L , импульсный отклик со структуры подавался на вход цифрового осциллографа RIGOL-1102E, с функцией оцифровки и сохранения в цифровой форме данных.

На рис. 2 представлены результаты измерения релаксационных кривых, зафиксированных с нагрузочных сопротивлений различной величины от 82 Ohm до 200 kOhm при освещении светодионом, с длиной волны $\lambda_1 = 630$ nm.

На рис. 3 представлены экспериментальные результаты зависимости времени жизни фотогенерированных носителей заряда – τ от R_L , исследованные в гетероструктуре CdO-CdTe-Mo, при освещении монохроматическим излучением с максимумами на длинах волн $\lambda_1 = 630$ nm и $\lambda_2 = 800$ nm.

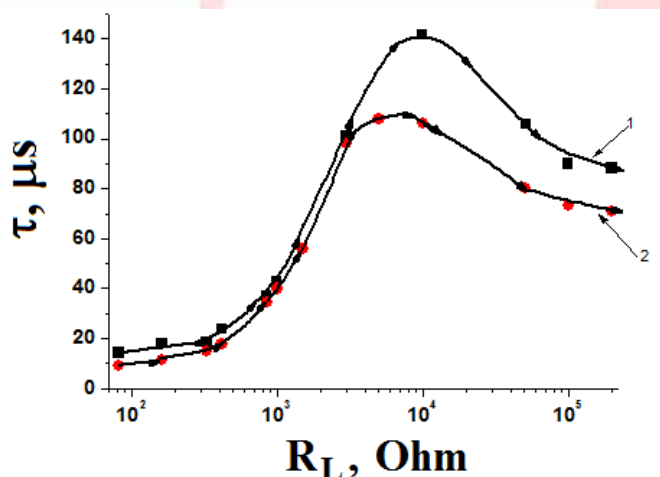


Рис. 3. Зависимости времени жизни фотогенерированных носителей заряда от R_L , при освещении монохроматическим электромагнитным излучением с $\lambda_1 = 630$ nm (1) и $\lambda_2 = 800$ nm (2).

Из рис. 3. следует, что зависимость времени жизни фотогенерированных носителей заряда в исследованном диапазоне R_n , в гетероструктуре имеет более высокие значения при освещении светом с $\lambda_1 = 630$ nm, чем при $\lambda_2 = 800$ nm. Во первых это связано с тем, что излучение с длинной волны $\lambda_1 = 630$ nm проходя слой n -CdO, в основном поглощается в объемной – квазинейтральной части слоя p -

CdTe, которая является малодефектной области по отношению к граничной части гетероперехода n -CdO/ p -CdTe, где рекомбинация фотогенерированных носителей относительно мала и величина фототока больше $J_{ph}(\lambda_1) > J_{ph}(\lambda_2)$. Во втором случае, кванты излучения поглощаются, как в объемной – квазинейтральной части слоя p -CdTe, так и в слое p -CdTe, вблизи области тыльного молибденового контакта, где скорость рекомбинации намного больше, из-за близости границы с молибденом и $J_{ph}(\lambda_1) < J_{ph}(\lambda_2)$. Из-за разницы постоянной кристаллической решетки, контактирующих материалов CdTe и Mo, образуются дислокации несоответствия и рекомбинационные центры. Рекомбинация неравновесных носителей заряда в них уменьшает время жизни носителей заряда [4]. Как видно из рис. 3 время жизни, сначала растет с увеличением R_H от 80 Ohm до 10^4 Ohm. В дальнейшем изменение времени жизни с ростом R_L замедляется и наблюдается его уменьшение.

Дальнейшее увеличение $R_L > 10^4$ Ohm, приводит к уменьшению времени жизни. Так как в гетероструктуре In- n -CdO/ p -CdTe-Mo генерированный фото-ток и инжекционный темновой ток направлены в противоположные стороны.

Литература

1. S.M. Sze, K.Ng. Kwok. Physics of Semiconductor Devices. John Willey and Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2007, p.763.
2. Sh. A. Mirsagatov, R. R. Kabulov, and M. A. Makhmudov. Injection Photodiode Based on an n -CdS/ p -CdTe Heterostructure. Semiconductors// 2013, Vol. 47, No. 6, pp. 825–830.
3. К. Чопра, С. Дас, Тонкопленочные солнечные элементы (Мо: „Мир, 1986,-222 с).
4. A.Yu. Leiderman, M.M. Kashaev. “Lifetime specifics of nonequilibrium carriers in photoelectric cells based on gallium arsenide obtained via the Czochralski method”. Applied Solar Energy, Vol. 49, No. 4, pp. 244-247, 2013.