

РАДИАЦИОННЫЕ ДЕФЕКТЫ В ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЁНОКАХ CDTE С ГЛУБОКИМИ ПРИМЕСНЫМИ УРОВНЯМИ

Абдуллаев Ш.Ш

Ферганский политехнический институт, Узбекистан

Отажонов С.М

Алимов Н.Э

Ферганский государственный университет, Узбекистан

Аннотация: В данной работе рассматривается влияние имплантации бора, на спектры глубоких уровней поликристаллических пленок CdTe: Ag. Установлено, что при имплантации образуются радиационные дефекты в области близок к поверхности 0,2 мкм. Определено, место нахождения глубоких уровней $E_v-1,15\text{эВ}$, которые находятся в межкристалльных барьерах.

Abstract: In this paper the effect of boron implantation, on the deep level spercture of polycrystalline CdTe: Ag films is considered. It is found that implantation produces radiation defects in the region close to the surface of 0.2 μm . The location of deep levels, which are located in the intercrystalline barriers and in the volume of crystallites, has been determined.

Keywords: Polycrystalline film, deep levels, CdTe: Ag, vacancy, implantation, intercrystalline barrier.

ВВЕДЕНИЕ

Скопление дефектов и примесей в барьерных областях приводит к существенному изменению свойств пленок. Большая концентрация таких дефектов на поверхности полупроводника создается ионной имплантацией [1]. Свойства на поверхности пленок CdTe: Ag изменялись путем ионной имплантации бора. Ионы бора, хотя и являются электрически пассивной примесью для соединений A_2B_6 , при столкновении с атомами CdTe создают радиационные дефекты, а именно, междоузельные атомы и вакансии [2]. При энергии имплантируемых ионов 115 кэВ путь торможения (область, где создаются радиационные дефекты) близок к 0,2 мкм. Имплантация проводилась при дозах $9 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$. При таких дозах, как отмечено в работе [3], следующие друг за другом каскады ионных потоков сильно перекрываются, что может приводить к иному положению ионов в решетке. Изменения могут также происходить в результате взаимодействия имплан-тированных атомов с точечными дефектами, которые всегда присутствуют и находятся в движении во время облучения.

Методика.

Измерения спектральных зависимостей фотопроводимости (ФП), тока короткого замыкания ($I_{кз}$) проводились методами постоянной фотопроводимости на установке, блок-схема которой приведена в работе[]. Помещенный в криостат образец освещался лампой типа КИМ через монохроматор ИКМ-1. Для уменьшения влияния рассеянного света (при измерении в ИК области) использовались кремниевые и германиевые фильтры. Регистрация сигнала проводилась электрометром ЭД-05М. Когда он подключался к нагрузочному сопротивлению, замыкающему образец, измерялся ток короткого замыкания, а когда в цепь включался источник электрического напряжения, то измерялся суммарный сигнал, зависящий как от фотопроводимости, так и от фото-ЭДС. Проводя измерения при включении источника в противоположных напряжениях, получаем, что разность сигналов пропорциональна фото-ЭДС, а сумма – фотопроводимости.

Экспериментальные результаты и их обсуждения.

С целью исследования спектра глубоких уровней и потенциальных барьеров в зависимости от технологии изготовления образцов, были измерены спектры $I_{кз}$ (рис.1,2). Длинноволновый край спектров анализировался так, как только экспериментальные результаты сравнивались с теоретическими зависимостями СЗФ, рассчитанными по формуле[4] .

На рис. 1, 2. представлены спектры $I_{кз}$ слоев CdTe: Ag, полученных на стеклянных подложках до и после имплантации соответственно. В не имплантированных слоях

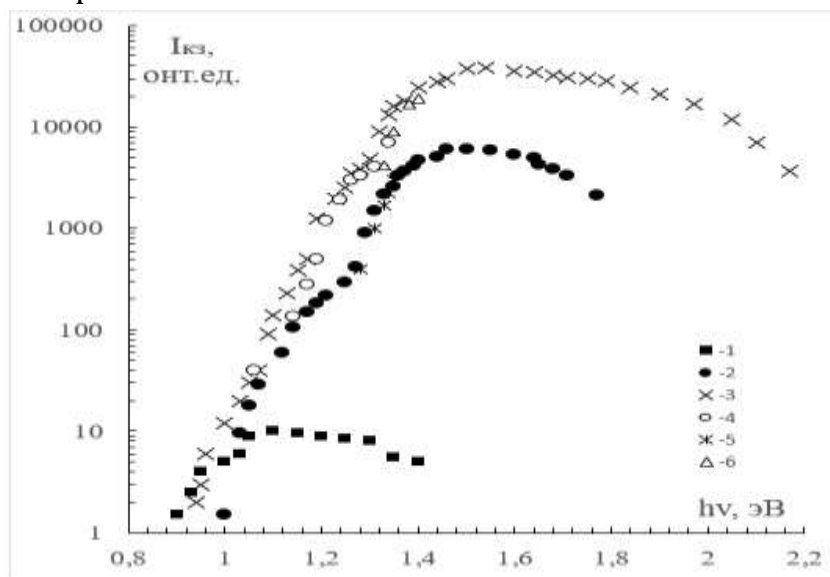


Рис.1. Спектры $I_{кз}$ пленки CdTe:Ag на стеклянной подложке до (1) и после (2) имплантации. • , x -эксперимент ; ■ , о , * , Δ - точки получены графическим анализом; Пунктир – теория. T=300K

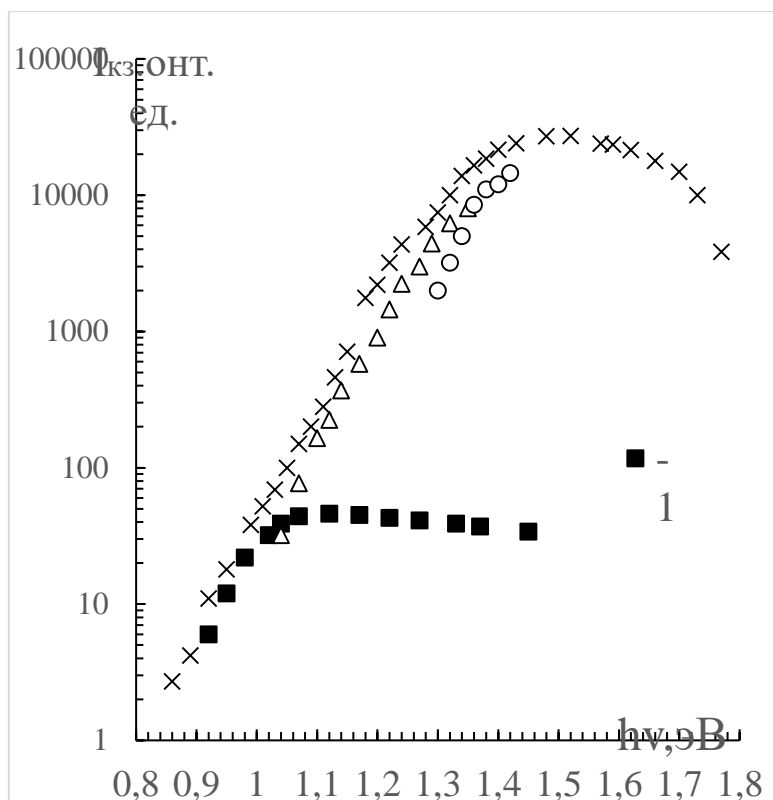


Рис.2. Спектры I_{kz} имплантированных пленок CdTe:Ag на стеклянной подложке после термообработки в вакууме. x –эксперимент; ■ , Δ, o – графический анализ; - Пунктир теория.

Во время имплантации ионов коэффициент диффузии может сильно увеличиться [5]. Ускоренная диффузия обусловлена тем, что повышаются равновесные значения концентрации вакансий и междоузельных атомов. Соответственно этому увеличиваются коэффициенты диффузии по вакансиям и междоузлиям.

При термической обработке имплантированных слоев в вакууме в течение 30 мин, при температуре 100⁰С влияние уровня E_5 и E_1 увеличивается, а E_3 – восстанавливается (рис. 1.2,). Это говорит о том, что дефект, дающий глубокий уровень в CdTe со значением E_3 , E_1 , а также E_5 , находится непосредственно в области потенциальных барьеров. Последнее особенно относится к уровню E_5 , который всегда не так ярко проявляется в спектрах ФП по сравнению со спектрами I_{kz} [6]. После термической обработки I_{kz} во всем спектре растет, что указывает на восстановление барьеров в имплантированном слое (растет ρ прослойки) и возрастает концентрация уровней E_1 , E_3 и E_5 , но пленка, образовавшаяся на поверхности, отличается своей структурой, из-за которой уменьшается фото-ЭДС при собственном возбуждении, причем влияние уровня E_6 уменьшается. Нужно отметить, что связь имплантированных атомов в полупроводниках со структурными дефектами решетки часто настолько сильна, что замедляет переход системы к начальному положению даже в случае

сильной диффузии. По этой причине может быть уменьшение фото-ЭДС при собственном возбуждении (рис.1.). Прогрев в тех же самых условиях не имплантированных слоев не оказывает влияния на форму спектров $I_{кз}$ в примесной области поглощения, а только увеличивает в собственной области его величину в 1,4 раза, а ФП уменьшает в 1,6 раза по всей области спектра, т.е. прогрев улучшает барьеры, а спектр примесей в не имплантированных слоях остается без изменений.

Полученные результаты показывают, что глубокие уровни с оптической энергией ионизации $E_{опт} = 1,13 \div 1,16$ эВ находятся в области потенциальных барьеров.

Как отмечалось раньше, пленки теллурида кадмия были специально легированы серебром, которое быстро диффундирует в CdTe [7] и может создать глубокие уровни с энергией активации $E_v + 0,30 \div 0,35$ эВ [8]. Благодаря миграции атомов серебра по межкристаллитным границам (это энергетически предпочтительно) в глубь пленки вдоль границ кристаллитов образуются поверхностные центры акцепторного типа $E_c - 1,15$ эВ. Изменение зарядовых состояний таких уровней приводит к дополнительному изменению высоты барьера в области изгиба зон и образованию однотипных потенциальных барьеров в глубине пленки. Поскольку глубокие уровни типа $E_c - 1,15$ эВ локализованы лишь в межкристаллитной области как видно из рис. 2, вклад этих уровней в ФП пренебрежимо мал по отношению к вкладу остальных уровней. В исследованных пленках могла оказаться так же медь, как неконтролируемая примесь, создающая центры с почти той же энергией активации [9]. Во время имплантации концентрация включений теллура увеличивалась, и атомы меди и серебра могли гетерироваться этими включениями, а термообработка способствовала обратной диффузии этих атомов в области потенциальных барьеров (в [10] наблюдалось освобождение атомов меди из включений теллура при 100°C), т.е. уровни E_5 создавались комплексами атомов серебра или меди, поэтому их локализация на поверхности кристаллитов более предпочтительна. При ионной имплантации эти комплексы могут разрушаться и снова образовываться при термической обработке. Созданные в процессе термообработки дефекты становятся подвижными. Они мигрируют к ловушкам (поверхности, границы зерен), рекомбинируют друг с другом (например, междоузельный атом рекомбинирует с вакансией) или образуют новые дефекты, объединяясь между собой или с дефектами другого типа (или примесями). Глубокие уровни с оптической энергией активации $E_v + 0,35$, $E_c - 0,70$ и $E_v + 0,95$ эВ были найдены в монокристаллах CdTe, легированных хлором во время выращивания и термообработки в парах Te.

Отметим, что наблюдаемые глубокие уровни 0,4; 0,7 эВ, в CdTe:Ag на подложке SiO₂-Si, по-видимому, связаны со спецификой образования зародышей кристаллита на SiO₂, и эти центры расположены преимущественно на той стороне барьера, где время жизни носителей меньше, на что указывает обратный знак фото-ЭДС при возбуждении из уровней по сравнению с генерацией зона-зона [11].

Дефекты, обусловленные изолированными атомами меди и серебра в узлах кадмия, дают уровни, расположенные соответственно около 0,15 и 0,11 эВ выше валентной зоны [12]. По-видимому, уровень $E_v + 0,30 \pm 0,35$ эВ является комплексом акцептора, обусловленного атомами меди или серебра, замещающими кадмий, с донором.

Таким образом, путем модификации свойств с имплантации поверхности слоев теллурида кадмия можно выявить глубокие уровни, расположенные в межкристаллитных барьерах и в объеме кристаллитов, и еще нужно отметить, что возникающие радиационные дефекты при имплантации взаимодействуют с центрами на поверхности кристаллитов и образуют комплексы, распадающиеся при низко температурном отжиге.

ЛИТЕРАТУРА:

1. E Gaubas, T Čerponis, D Dobrovolskas, J Mickevičius, J Pavlov, Otazhonov, S.M., N Alimov, // Study of polycrystalline CdTe films by contact and contactless pulsed photo-ionization spectroscopy// Thin Solid Films 2018, 660, pp.231-235.
2. Otazhonov, S.M., Khalilov, M.M., ...Mamadzhanov, U., Zhuraev, N.M.// Effective dielectric permeability and electrical conductivity of polycrystalline PbTe films with disturbed stoichiometry //Journal of Physics: Conference Series, 2021, 2131(5), 052008
4. Akhmedov, T., Otajonov, S.M., Usmonov, Y., ...Yunusov, N., Amonov, A.K.//Optical properties of polycrystalline films of lead telluride with distributed stoichiometry// Journal of Physics: Conference Series, 2021, 1889(2), 022052
5. Вайткус Ю.Ю. Отажонов С.М. Взаимосвязь фотоэлектрических свойств пленок CdTe со структурой, обладающей примесной аномальным фотонапряжением, //КРИСТАЛЛОГРАФИЯ № 2 1992 г. С 474-478
6. Vaitkus J. Rasulov R Otajonov S. Photoconductivity of polycrystalline CdTe-Ag films in the impurity optical absorption region,// AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS S 1063-7826 (96) 02808-6, 1996 г. P-817-820.
7. Отажонов С.М. Фотоприемник в ближней ИК-области поглощения на основе CdTe-SiO₂-Si, // Прикладная физика. Научно-технический журнал. Москва, Россия 2005, № 1. С. 95-97

8. Отажонов С.М. Фотодетектор для регистрации рентгеновского и ультрафиолетового излучений на основе гетероструктур CdTe-ZnSe, // Прикладная физика. Научно-технический журнал. Москва, Россия 2005, № 2. С. 42-45.

9. Otajonov S.M, Ergashev R.N, Axmedov T., Usmonov Y., Karimov B. //Photoelectric properties of solar cells based on pCdTe-nCdS and pCdTe-nCdSe heterostructures// Journal of Physics: Conference Series 2388 (1), 012062 . 2022

10. Alimov N.E., Vaitkus J.V., Otajonov S.M., Botirov K. //Investigation of the surface recombination rate in polycrystalline films from the A6B6 compound by the MW-PC method// Journal of Physics: Conference Series 2388 (1), 012006.2022

11. Otazhonov S.M., Ergashev R.N., Botirov K.A., Qaxxorova B.A.,// Influence of thickness and temperature on photoelectric properties of p-CdTe-nCdS and pCdTe-CdSe heterostructures// Journal of Physics: Conference Series 2388 (1), 012001.2022