ВЛИЯНИЕ ТЕРМООБРАБОТКИ НА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ $Cu_{2-x}Te$-CdTe СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

С.М.Отажонов, С.Тухтасинова
Ферганского государственного университета

Аннотация: В данной работе рассмотрено механизм изменения свойств $Cu_{2-x}Te$-CdTe солнечных элементов под действием термообработки.Установлено, что атомы меди из раствора CuCi в процессе создания гетероперехода химическим способом проникают в базовой слой CdTe по границам зерен через слой $Cu_{2-x}Te$. В процессе термообработки шунтирующие р-п-перехода атомы меди проникают в глубь базового слоя, образовав компенсирующие акценторные уровни в CdTe.

Ключевые слова: термообработка, гетеропереход, атомы меди, объёмная заряд, туннелирования носителей заряда.

Получено термическим испарением и химическим способом гетероструктуры на основы $Cu_{2-x}Te$-CdTe. Сразу же после получения гетероперехода базовый слой n-CdTe ещё недостаточно конденсирован медью, чем обусловлено узкая область объёмного заряда. Кроме того известно, что атомы меди из раствора CuCi в процессе создания гетероперехода химическим способом проникают в базовой слой CdTe по границам зерен через слой $Cu_{2-x}Te$. При внезапном прекращена химической реакции некоторая часть атомов меди, не связанных с CdTe, остаётся на границе раздела гетероперехода. Эти атомы меди образуют на границе раздела шунтирующие каналы. Узкая область объёмная заряда и наличия шунтирующих каналов на границе раздела дают возможность туннелирования носителей заряда через эти каналы. Туннельные токи через шунтирующие каналы на границе раздела уменьшают эффективную высоту потенциального барьера и тем самым-значение напряжения холостого хода.

Образцы из партии С и К характеризуются меньшими размерами кристаллитов по сравнению с образцами из партии П. поскольку, как уже отмечались выше, атомы меди проникают в базовой слой CdTe по границам кристаллитов, то , очевидно, что плотность свободных (не связанных с CdTe) атомы меди (шунтирующих р-п-переход) в образцах из партии С и К выше, чем в образцах из партии П. В свете вышеизложенного становятся ясными низкие исходные значения параметров элементов партии С и К сразу же после их получения.

В процессе термообработки шунтирующие р-п-перехода атомы меди проникают в глубь базового слоя, образовав компенсирующие акценторные уровни в CdTe. Образования акцепторные уровней приводит к расширению области объёмного заряда[1-8].

Оба этих взаимосвязанных процесса уменьшают вероятность туннелирования носителей заряда на границе раздела и тем самым увеличивают эффективную высоту потенциального барьера. Следовательно, происходит возрастания напряжения холостого хода. Об уменьшением плотности шунтирующих каналов также свидетельствует уменьшение значения обратного тока насыщение поле ТО. Уменьшение плотности шунтирующих каналов также свидетельствует уменьшении значения обратного тока насыщения поле ТО. Уменьшение плотности граничных состояний увеличивает значение шунтирующего сопротивления р-п-перехода.

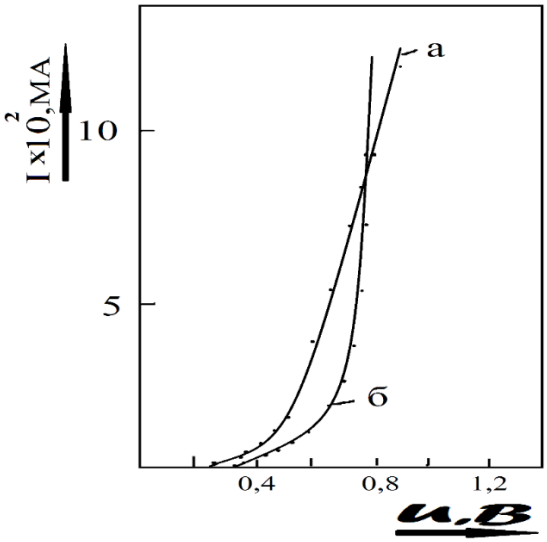

Рис. 1 Прямые ветви ВАХ $Cu_{2-x}Te$-CdTe солнечных элементов до (а) и после (б) ТО

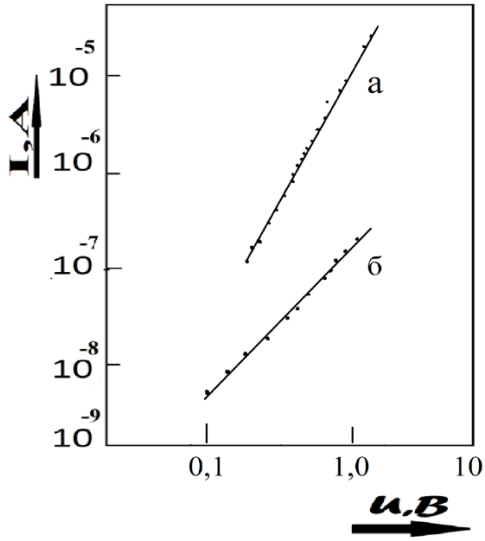

Рис.2 Обратные ветви ВАХ $Cu_{2-x}Te$-CdTe солнечных элементов до (а) и после (б) ТО

Таким образом, при термообработке происходит, с одной стороны, уменьшение плотности граничных состояний и, с другой стороны, расширение области объёмного заряда. Известно, что увеличения шунтирующего сопротивлениям способствует росту коэффициента заполнения нагрузочной характеристики. При длительной термообработке параметры образцов уменьшается особенно ярко это выражено в уменьшении. В свете развитых представлений уменьшенке при длительной термообработке можно объяснит двумя причинами.

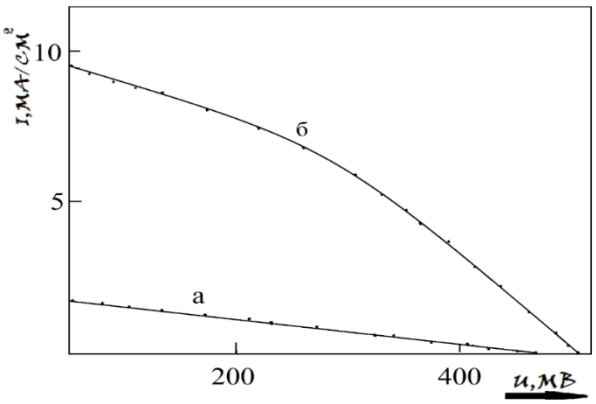

Рис. 3 Нагрузочные характеристики $Cu_{2-x}Te$-CdTe солнечных элементов до (а) и после (б) ТО

Поскольку термообработки образцов происходит на воздухе, поверхность их негерметизирована, то возможно образования на поверхности теллурида меди окисного слоя, например, аналогично тому, что наблюдается в элементах типа Cu_2-S-Cd Se. Так как окись меди – является более широкозонным материалом, то возможно уменьшение поверхностной рекомбинации, которое приводит к росту значения фототока.

Заключения. Во-первых, медь может диффундироваться в слой CdTe как из медных закороток, так и из слоя теллурида меди, изменяя при этом стехиометрии слоя теллурида меди. При изменения состава $Cu_{2-x}Te$ заменяется и параметры решёток. Несоответствии параметров

кристаллической решётки $Cu_{2-x}Te$ и CdTe является причиной возникновения механических напряжений на границе раздела p-n-перехода. Под влиянием механических напряжений на границе раздела происходит обрыв связей между $Cu_{2-x}Te$ и CdTe, что приводит к возникновению энергетических уровней в запрошенной зоне. Следовательно, уменьшается выходные параметры фотоэлемента. Во-вторых, при длительной термообработке происходит глубокие проникновение атомов меди в CdTe и, следовательно, чрезмерное расширение области объёмного заряда.

С расширением области объёмного заряда уменьшается напряжённость электрического поля p-n-перехода. В свою очередь уменьшение напряженности электрического поля приводит к уменьшению коэффициента собирания и тока короткого замыкания согласно выражению:

$$Q = \frac{\mu_n \, E}{S + \mu_n \, E}$$

где S – скорость поверхностной рекомбинации на границе раздела, μ_n – подвижность электронов, E-напряжённость электрического поля p-n-перехода.

Использованные литературы.

1. L. Leontie, V. Nedeff, I. Evtodiev, M Stamate. Photoelectric properties of Bi2O3/GaSe heterojunctions. February 2009Applied Physics Letters 94(7):071903-071903-3. DOI:10.1063/1.3035854
2. V. N. Katerynchuk, Z. D. Kovalyuk, Z. Kudrynskyi. Photoelectric properties of n-ITO/p-GaTe heterojunctions. May 2015Semiconductors 49(5):600-603. DOI:10.1134/S1063782615050085
3. SM Otajonov, RN Ergashev, T Axmedov, Ya Usmonov, B Karimov. Photoelectric properties of solar cells based on pCdTe-nCdS and pCdTe-nCdSe heterostructures. Journal of Physics: Conference Series. 2022/12/1. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2388/1/012062/meta
4. SM Otazhonov, RN Ergashev, KA Botirov, BA Qaxxorova, MA Xudoynazarova, NA Abdukarimova. Influence of thickness and temperature on photoelectric properties of p-CdTe-nCdS and pCdTe-CdSe heterostructures. Journal of Physics: Conference Series. (2022, December). https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2388/1/012001
5. I. Karimov S.M. Otajonov, R.N. Ergashev. Electrophysical and surface active properties of p-CdTe-nCDS and pCdTe-CdSe heterostructures with deep impurity levels. Modern trends in the development of semiconductor physics: achievements, problems and prospects. © Research Institute of FPM, 2022.
6. R.N. Ergashev, M.M. Bakhramov. Transparent conductive Sn based. Horizon: Journal of Humanity and Artificial Intelligence. 2023/5/31. http://univerpubl.com/index.php/horizon/article/view/1882
7. T Akhmedov, SM Otajonov, Y Usmonov, MM Khalilov, N Yunusov, .Optical properties of polycrystalline films of lead telluride with distributed stichiometry// Journal of Physics: Conference Series 1889 (2), 022052; 50; 2021
8. SM Otazhonov, KA Botirov, MM Khalilov, N Yunusov // IN PHOTOSENSITIVE THIN FILMS CdTe: Ag AND PbTe // Science and World International scientific journal 6 (94), 11-16;