

ГЕТЕРОПЕРЕХОДЫ НА ОСНОВЕ
СОЕДИНЕНИЙ $\text{CuGaSe}_{0.65}\text{Te}_{1.35}$ И ZnO

Д.А. ТАЛЫБОВА

Медицинский Государственный Университет

Методом термического испарения в вакууме, получены изотипные гетероструктуры $\text{CuGaSe}_{0.65}\text{Te}_{1.35}\text{-ZnO}$ и исследованы вольт-амперные, вольт-фарадные характеристики и фотоэлектрические свойства гетероперехода на границе раздела тонких слоев. Определены основные параметры гетероструктуры и показаны перспективы создания высокоэффективных солнечных преобразователей на основе данной структуры.

1. Введение

Сложные халькогенидные соединения привлекают все больший интерес в связи с тем, что они обладают комплексом исключительно важных свойств и находят широкое применение в различных областях современной техники. Всесторонние исследования физических свойств и разработка стандартной технологии синтеза, выращивания монокристаллов и получения тонких пленок каждого из этих соединений, позволяют полностью раскрыть их практическую значимость и перспективы их внедрения в производстве электронных приборов [1,2]. Получено, что на разрезе квазибинарной системы $\text{CuGaSe}_2 - \text{CuGaTe}_2$ существует состав $\text{CuGaSe}_{0.65}\text{Te}_{1.35}$, который можно рекомендовать как эффективный преобразователь солнечной энергии.

2. Экспериментальные результаты и их обсуждение

Твердые растворы соединений $\text{CuGaSe}_2 - \text{CuGaTe}_2$ обладают кристаллической структурой типа халькопирита [3,4] с шириной запрещенной зоны 1,63 и 1,0 эВ, соответственно. Ширина запрещенной зоны твердого раствора, соответствующего стехиометрической формуле $\text{CuGaSe}_{0.65}\text{Te}_{1.35}$, по расчетам авторов [5] составляет 1,4 эВ, что в расчете для создания эффективных солнечных элементов это значение теоретически является самым оптимальным. Однако, наряду с критерием в расчетах значения ширины запрещенной зоны, необходимо также учитывать параметры кристаллической структуры кристаллов и коэффициенты соответствия между ними. При этом самой подходящей парой кристалла $\text{CuGaSe}_{0.65}\text{Te}_{1.35}$ среди известных полупроводников является окись цинка, обладающая структурой вюрцита.

Тонкие пленки соединения окиси цинка с толщиной 0,8-1 мкм осаждены

на монокристаллическую кремниевую подложку с ориентацией нормали поверхности в направлении [111]. Эпитаксия окиси цинка обладает структурой несколько деформированной по отношению к нормальному вюрцититу. Нарастивание на такой поверхности слоя соединения $\text{CuGaSe}_{0.65}\text{Te}_{1.35}$ позволяет в определенной мере согласовать кристаллическую структуру окиси цинка, второй раз осажденного сверху пленки твердого раствора. Таким образом, полученная гетероструктура соединения $\text{ZnO} - \text{CuGaSe}_{0.65}\text{Te}_{1.35}$ удовлетворяет некоторым требованиям, предъявляемым к парам для создания эффективных солнечных элементов. Технологический цикл эпитаксиального нарастивания тонких слоев проводился при температуре монокристаллической кремниевой подложки 210 С. Соединение $\text{CuGaSe}_{0.65}\text{Te}_{1.35}$ испарялось из кварцевого тигля при температуре 1300 С, а ZnO - из стеклографитового тигля при температуре 1400 С.

Омические контакты со слоем окиси цинка создавали нанесением аквадага на поверхность ZnO в форме контура вдоль границы поверхности. Первый слой окиси цинка использован в качестве омического контакта со слоем соединения $\text{CuGaSe}_{0.65}\text{Te}_{1.35}$. Омический контакт между твердым раствором и окиси цинка был получен следующим образом. После выращивания эпитаксиального слоя окиси цинка на кремниевой подложке, графитовый тигель нагревали до 1900 С, тогда десорбированные атомы углерода, попадая на поверхность ZnO , легировали его и тем самым сильно снижали сопротивление пленки. Такой низкоомный слой окиси цинка создает омический контакт с $n - \text{CuGaSe}_{0.65}\text{Te}_{1.35}$.

Гетеропереход на границе раздела двух слоев $\text{CuGaSe}_{0.65}\text{Te}_{1.35}$ и ZnO (второй слой) является изотипным, ввиду того, что полученные пленки имеют электронную проводимость.

ВАХ подобных переходов при темноте и освещении солнечным светом при атмосферной массе равной 1, представлены на рис.1. Прямая ветвь характеристики описывается выражением типа

$$I \sim \exp\left(\frac{qV}{\alpha kT}\right),$$

где α -величина равная 1. При освещении гетероперехода возникает фото-э.д.с., полярность которой совпадает с полярностью внешнего напряжения в случае приложения положительного полюса к первому слою ZnO , т.е. к слою $\text{CuGaSe}_{0.65}\text{Te}_{1.35}$. Напряжение холостого хода V_{oc} равно 0,34

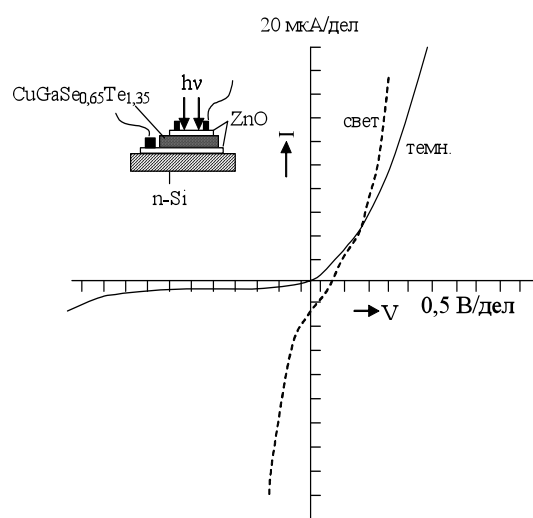


Рис.1 ВАХ изотипного гетероперехода $n\text{-ZnO-n-CuGaSe}_{0.65}\text{Te}_{1.35}$, выращенного на монокристаллической кремниевой подложке при темноте и освещении солнечным светом

В, а ток короткого замыкания $I_{sc} = 23$ мкА. Эти значения для данного гетероперехода являются насыщенными по отношению к интенсивности освещения. Фактор заполнения характеристики при условии освещения АМ 1 составляет [6]:

$$ff = \frac{P_m}{I_{sc} \cdot V_{oc}} = 0,27,$$

здесь P_m -максимальная удельная мощность.

С учетом этого эффективность преобразования солнечного излучения определяется по формуле:

$$\eta_s = |P_m| / P_s \cdot S,$$

где P_s -полная удельная мощность поступающего солнечного излучения на эффективную поверхность элемента. Полагая, что при условии АМ 1 согласно стандартам для географической широты, где расположен город Баку $P_s = 83$ мВт/см², площадь поверхности гетероперехода $S=0,75$ см² находим:

$$\eta = \frac{7,48 \cdot 10^{-6}}{83 \cdot 0,25 \cdot 10^{-5}} \cdot 100\% = 3,6\%$$

Таким образом, для изготовления изотипного гетероперехода $CuGaSe_{0,65}Te_{1,35} - ZnO$, полученное значение КПД можно считать весьма удовлетворительным, т.к. если получить анизотипные гетероструктуры, то КПД можно многократно увеличить. С другой стороны, КПД можно увеличить за счет уменьшения сопротивления перехода и увеличения шунтирующего сопротивления. Эти параметры сильно влия-

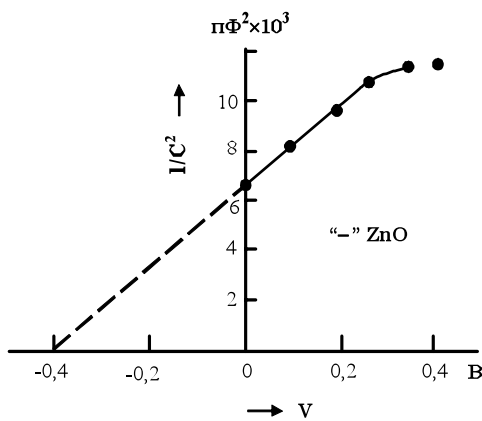


Рис.2. Вольт-фарадная характеристика гетероперехода n-ZnO-p-CuGaSe_{0,65}Te_{1,35}, выращенного на монокристаллической кремниевой подложке.

ют на фактор заполнения характеристики. Истинное значение высоты потенциального барьера можно определить из ВФХ. На рис.2 представлена зависимость $I/C^2 \sim V$. Экстраполяцией прямолинейного участка до пересечения с осью напряжения, можно найти высоту потенциального барьера: $V_{oc} = 0,4 \pm 0,02$ В. При этом барьер для электронов проводимости получается со стороны полупроводника $CuGaSe_{0,65}Te_{1,35}$.

Спектр фото-э.д.с. гетероперехода представлен на рис.3. Резкий подъем длинноволнового края спектра, свидетельствует о возбуждении межзонным оптическим переходом, электронов в этих энергиях кванта. Ширину перехода следует определить из энергии расположения максимума $\Delta E_s = 1,28$ эВ свойственного для $CuGaSe_{0,65}Te_{1,35}$.

Изменение знака фото-э.д.с. происходит при 1,95 эВ. Выше этой энергии,

кванты поглощаются слоем ZnO . Спектр гетероперехода охватывает довольно широкую область энергии кванта $1\div 2,2$ эВ. Следовательно, гетеропереходы $CuGaSe_{0,65}Te_{1,35} - ZnO$ открывают большие перспективы в изготовлении эффективных солнечных элементов.

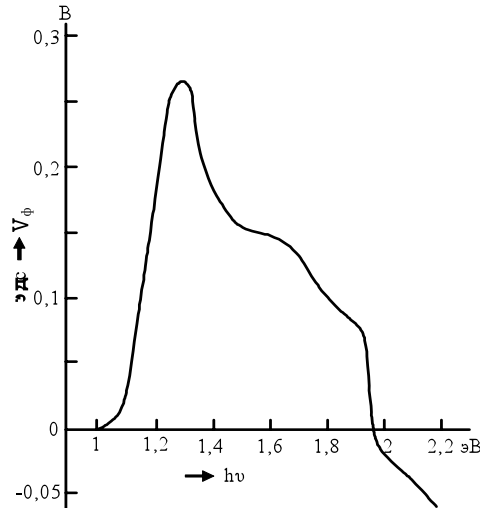


Рис. 3. Спектр фото-эдс изотипного гетероперехода $n-ZnO-n-CuGaSe_{0,65}Te_{1,35}$, выращенного на монокристаллической кремниевой подложке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Shafarman W.N. and Zhu J. // Mater. Res Soc. Symp. Proc. 668,2001, p. H2.3.
2. Медведкин Г.А., Столыт Л., Веннерберг Л., // ФТП, 1999, т. 33, вып. 9, с. 1137–1140.
3. Харрисон У. // М. Мир. 1968
4. Heath J.T., Cohen J.D. and Shafarman W.N. // Thin Solid Films, 2003, V. 431-432, p. 426-430
5. Gombia E., Leccabue F., Panizzieri R., Pelosi C. // Progress in Crystal Growth and Characterization, 2002, v.10, 15-17 August, p. 167-173 .
6. Фаренбрух А., Бьюб Р. // М. Энергоатомиздат, 1987, с. 280.

$CuGaSe_{0,65}Te_{1,35}$ VƏ ZnO BİRLƏŞMƏLƏRİ ƏSASINDA HETEROKEZİDLƏR

D.A.TALİBOVA

XÜLASƏ

Vakuumda termik buxarlanma üsulu ilə $CuGaSe_{0,65}Te_{1,35} - ZnO$ izotip heterostrukturuları alınmış və nazik təbəqələrin ayrım sərhədində volt – amper, volt-farat xarakteristikaları, heterokezidin fotoelektrik xassələri tədqiq edilmişdir. Verilmiş struktur əsasında heterostrukturun əsas parametrləri müəyyən edilmiş və yüksək effektivli günəş zəvircilərinin yaranması perspektivləri göstərilmişdir.

**HETEROSTRUCTURES ON THE BASE OF COMPOSITION AND
CuGaSe_{0.65}Te_{1.35} AND ZnO**

D.A.TALIBOVA

SUMMARY

By method of thermal evaporation in vacuum there have been received isotype heterostructures CuGaSe_{0.65}Te_{1.35}-ZnO.

Current- voltage, capacity-voltage and photoelectric characteristics of the heterostructures on the interface of thin layers have been investigated.

Basic parameters of the heterostructure have been determined. There have been shown the perspectives of creation of high effective solar converters on the base of the given structure.