



Beynəlxalq Konfrans "Fizika-2005" International Conference "Fizika-2005" Международная Конференция "Fizika-2005"

iyun
7 - 9 June 2005
Июнь

səhifə
№190 page 719-721
стр.

Bakı, Azərbaycan

Baku, Azerbaijan

Баку, Азербайджан

ИССЛЕДОВАНИЕ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ ГЕТЕРОПЕРЕХОДОВ $p-Si/n-Cd_{0.3}Zn_{0.7}S_{0.8}Se_{0.2}$ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ ОСАЖДЕННЫХ ИЗ РАСТВОРА

АБДИНОВ А.Ш., МАМЕДОВ Г.М., АМИРОВА С.И.

Бакинский Государственный Университет, ул. З.Халилова-23,
370148, г. Баку, Азербайджан

E-mail: mhhuseyng@yahoo.com, Tel: 99412-39-73-73

Изучено влияние режима термической обработки на электрические и фотоэлектрические свойства гетеропереходов $p-Si/n-Cd_{0.3}Zn_{0.7}S_{0.8}Se_{0.2}$, полученных методом электрохимического осаждения. Установлено, что термическая обработка структур на воздухе приводит не только к увеличению тока короткого замыкания, а также к качественным изменениям вольтамперной характеристики, что свидетельствует об изменении механизма переноса носителей заряда через гетеропереходы. Определен оптимальный режим термической обработки ($T = 360^\circ\text{C}$, $\tau = 7$ мин) при которой обеспечивается максимальное значение эффективности исследованных солнечных элементов. Для лучших гетеропереходов значение фотоэдс и тока короткого замыкания достигает до ~ 0.45 В и $\sim 11 - 14$ мА/см², соответственно. Сделаны выводы о возможностях использования полученных гетеропереходов в качестве преобразователей солнечной энергии.

ВВЕДЕНИЕ

К настоящему времени в мировой научной литературе имеется достаточное количество экспериментальных работ, посвященных получению и исследованию контактов полупроводниковых соединений A_2B_6 с кремнием [1-8]. Эффективность фотопреобразователей на основе этих полупроводников уже достигнута до 14-17% [1] и дальнейший выбор состава соединений A_2B_6 и режима термической обработки (ТО) в различных средах позволяет надеяться на дальнейшее повышение их эффективности.

Однако, развитие оптоэлектроники направлено на повышение степени стабильности параметров и снижение себестоимости фотопреобразователей.

С этой точки зрения некоторые методы используемые для изготовления солнечных фотоэлементов из-за трудностей управления и непростоизводительности технологического процесса постепенно теряют свои актуальность. Одним из возможных решений в этом направлении является изготовление гетерофотопреобразователей методом электрохимического осаждения, благодаря своей простоте и низкой стоимости [9].

В настоящей работе исследованы и выявлены пути практического применения гетеропереходов $p-Si/n-Cd_{0.3}Zn_{0.7}S_{0.8}Se_{0.2}$, осажденных электрохимическим методом из водного раствора.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Изучаемые нами пленки $n-Cd_{0.3}Zn_{0.7}S_{0.8}Se_{0.2}$ получены методом электрохимического осаждения из раствора, содержащего соли кадмия ($CdCl_2$), цинка ($ZnCl_2$), натрия ($Na_2S_2O_3$) и оксид селена (SeO_2). В процессе осаждения в качестве подложек (катода) брались $p-Si$ с толщиной $0.4 \div 0.6$ мм, а материалом для анода служили молибденовые пластинки или угольные палочки. Концентрация свободных носителей при комнатной температуре в $p-Si$ составляла $(4 \div 8) \cdot 10^{16}$ см⁻³. Перед погружением в раствор подложки сначала протравливались в смеси $KOH + KNO_3$ (1:3) в течение 40 – 50 часов при комнатной температуре, а далее тщательно промывались проточной бидистиллированной водой и после этого сразу погружались в химический раствор. Процесс электрохимического осаждения проводился при комнатной температуре. При этом катод-анодное расстояние составляло 2 – 3 см, а катодный потенциал осаждения и плотность тока в растворе менялись в пределах $U_k = -0.7$ В и $j = 12 - 20$ мА/см², соответственно. Толщина осажденных пленок $Cd_{0.3}Zn_{0.7}S_{0.8}Se_{0.2}$ варьировалась от 2 до 9 мкм, в

зависимости от длительности процесса осаждения. Состав пленок контролировался химическим, спектральным, термическим и рентгенофазовым анализами. Пленки имели n-тип проводимости, который определялся как по знаку термо-э.д.с, так и коэффициента Холла. Концентрация свободных носителей заряда, определенная по коэффициенту Холла, составляла $(4 \div 8) \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ в зависимости от состава пленок. Площади полученных гетеропереходов находились в пределах $0.04 \div 2 \text{ см}^2$. Материалами омических контактов к Si и $\text{Cd}_{0.3}\text{Zn}_{0.7}\text{S}_{0.8}\text{Se}_{0.2}$ служили металлический индий или серебряная паста. Омичность контактов проверялась по вольтамперным характеристикам (ВАХ).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

ВАХ исследованных гетеропереходов при комнатной температуре обладали четко выраженным выпрямлением (рис. 1).

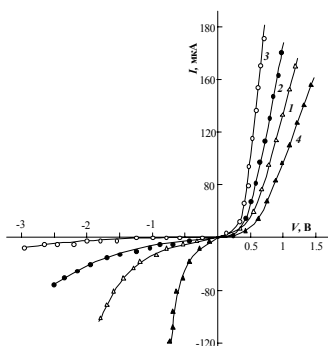


Рис.1. Темновые ВАХ гетеропереходов $p\text{-Si}/n\text{-Cd}_{0.3}\text{Zn}_{0.7}\text{S}_{0.8}\text{Se}_{0.2}$ при $T = 300 \text{ К}$ в зависимости от режима ТО, $T, ^\circ\text{C}$: 1 – 0; 2 – 200; 3 – 360; 4 – 500 $\tau_{\text{отж}}$, мин: 1 – 0; 2 – 3; 3 – 7; 4 – 12

На свежизготовленных структурах отношение прямого и обратного токов $I_{\text{пр.}} / I_{\text{обр.}}$ при $T = 300 \text{ К}$ и $V = 1 \text{ В}$ достигало 180. При этом прямая ветвь соответствовала отрицательному потенциалу на пленке $\text{Cd}_{0.3}\text{Zn}_{0.7}\text{S}_{0.8}\text{Se}_{0.2}$. Характер и величина прямого тока сильно зависели от режима термической обработки. Максимальное значение выпрямление ($\kappa = 1500$) наблюдается после ТО на воздухе при температуре $T_0 = 360^\circ \text{C}$ в течение $\tau_0 = 7 \text{ мин}$ (рис.1, кривая 3). При этом шунтирующее сопротивление гетеропереходов резко уменьшается, что указывает на интенсивную кристаллизацию пленок $\text{Cd}_{0.3}\text{Zn}_{0.7}\text{S}_{0.8}\text{Se}_{0.2}$ и формированию перехода. Однако, слишком длительная ТО при высоких температурах ($T_0 \geq 450^\circ\text{C}$, $\tau_0 \geq 11 \text{ мин}$) приводит к уменьшению значения коэффициента выпрямления (рис.1, кривая 4).

Экспоненциальный участок ВАХ гетеропереходов в области напряжений до 0.5 В достаточно хорошо описывается уравнением $I = I_0 \exp(eV/\beta kT)$, с $\beta = 2.5$, что указывает на генерационно-рекомбинационные процессы в области пространственного заряда. Из линейной части ВАХ

определен величина напряжения отсечки для гетеропереходов, которое составляет $V_d = 0.53 \text{ В}$.

В обратном направлении, при относительно низких напряжениях ($V \leq 1 \div 3 \text{ В}$) ВАХ изучаемых структур подчиняется линейному закону, а при больших обратных напряжениях ВАХ соответствует экспоненциальному закону $I \cong (V_d - V) \exp[A/\sqrt{V_d - V}]$, где А – некоторая константа, зависящая от параметров полупроводника.

При освещении гетеропереходов фотоактивным светом обнаруживается фотовольтаический эффект. На рис. 2. представлены характерные кривые спектральной зависимости тока короткого замыкания в подвергнутых ТО гетеропереходах $p\text{-Si}/n\text{-Cd}_{0.3}\text{Zn}_{0.7}\text{S}_{0.8}\text{Se}_{0.2}$ при температуре 300 К.

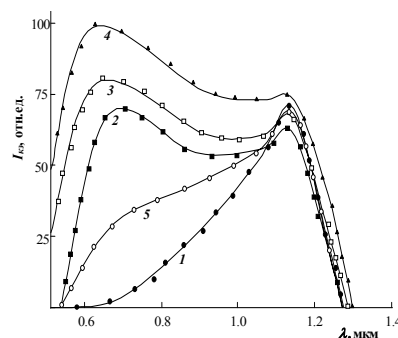


Рис. 5. Спектральные характеристики тока короткого замыкания в гетеропереходах $p\text{-Si}/n\text{-Cd}_{0.3}\text{Zn}_{0.7}\text{S}_{0.8}\text{Se}_{0.2}$ после ТО.

При освещении со стороны:

1 – Si, 2,3,4,5 – $\text{Cd}_{0.3}\text{Zn}_{0.7}\text{S}_{0.8}\text{Se}_{0.2}$.

$T, ^\circ\text{C}$: 1, 2 – 0; 3 – 200; 4 – 360; 5 – 500

$\tau_{\text{отж}}$, мин: 1, 2 – 0; 3 – 3; 4 – 7; 5 – 12

Как видно из этого рисунка при освещении гетеропереходов со стороны подложек длинноволновой край фоточувствительности определяется межзонным переходом в них (рис.2, кривая 1).

Освещение изучаемых гетеропереходов со стороны пленок приводит к росту полной ширины спектрального распределения тока короткого замыкания (рис.2, кривая 2). Следует отметить, что наиболее широкополосная фоточувствительность достигается в гетеропереходах, полученных при толщине пленок $\text{Cd}_{0.3}\text{Zn}_{0.7}\text{S}_{0.8}\text{Se}_{0.2}$, $d = 5 \text{ мкм}$.

Как видно из рисунка, после ТО спектральное распределение тока короткого замыкания изучаемых структур значительно изменяется – спектр расширяется и наблюдается увеличение фототока почти в 5 – 6 раза. Увеличение температуры отжига до $350 \div 360^\circ\text{C}$ приводит к резкому увеличению фоточувствительности гетеропереходов в широком спектральном диапазоне $0.8 - 1.34 \text{ мкм}$ (рис. 2, кривая 4). Долговременный отжиг ($\tau_0 \geq 11 \text{ мин}$) гетеропереходов при температурах выше 450°C приводит к ухудшению параметров и наконец разрушению изучаемых структур (рис. 2, кривые 5).

Следует отметить, что при рассмотренных выше условиях, значение тока короткого замыкания

изучаемых структур немонотонно зависит не только от температуры, но и от длительности ТО. Для термически-обработанных на воздухе при $T_0 = 360$ °С в течение $\tau_0 = 7$ мин, гетеропереходов значение фотоэдс и тока короткого замыкания достигает до ~ 0.45 В и $\sim 11 - 14$ мА/см², соответственно. Наблюдаемые изменения после ТО в параметрах изучаемых гетеропереходов объясняются возможностью электронно-молекулярного взаимодействия поверхности изучаемых структур с кислородом [10 – 12].

Следует отметить, что параметры подвергнутых ТО гетеропереходов $p-Si/n-Cd_{0.3}Zn_{0.7}S_{0.8}Se_{0.2}$, полученные нами методом электрохимического осаждения, не подвергались деградации при длительном хранении их (более 8 ÷ 9 месяцев) при условиях комнатной температуры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, из проведенных исследований следует, что путем выбора режима для ТО, можно изготовить фоточувствительные гетероструктуры $p-Si/n-Cd_{0.3}Zn_{0.7}S_{0.8}Se_{0.2}$ в видимой области спектра, с целенаправленно управляемыми параметрами, которые могут быть успешно использованы в оптоэлектронике.

-
- [1]. F.A.Abouelfotouh, R.Al.Avadi, and M.M.Abd-Elnaby, *Thin Solid Films*, 96 (1982) 169.
- [2]. H.Okimura, and R.Kondo, *Japanese J. Applied Physics*, 9 (1970) 274.
- [3]. T.M.Razykov, B.Kh.Kadyrov, and A.Khodyaeva, *Phys. Stat. Sol. (a)*, 91 (1985) K87.
- [4]. V.F.Gremenok, N.N.Koren, V.V.Kindyak, V.V.Moiseenko, and K.P.Grigorev, *Phys. Stat. Sol. (a)*, 97 (1986) K205.
- [5]. R.R.Arya, P.M.Sarro, and J.J.Loferski, *Appl. Phys. Letters*, 41 (1982) 355.
- [6]. D.Nesheva, *Solid-State Electronics*, 30 (1987) 173.
- [7]. M.E.Moussa, M.Y.Fetcha, and M.F.Hassan, *Renewable Energy*, 23 (2001) 361.
- [8]. E.Liang, Ch.Lin, T.Su, W.Huang, and H.Hsich, *Proc. SPIE*, 4996 (2003) 46.
- [9]. N.B.Chaure, Sh.Chaure, and R.K.Pandey, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 81 (2004) 39.
- [10]. A.Sh.Abdinov, H.M.Mamedov, H.A.Hasanov, *European Materials Research Society Spring Meeting, Strasbourg, France, 2004*, p.36.
- [11]. H.M.Mamedov, H.A.Hasanov, XVIII Международная конференция по фотоэлектронике и приборам ночного видения, 2004, стр.196-197, Москва, Россия.
- [12]. A.Sh.Abdinov, H.M.Mamedov, H.A.Hasanov, *Fouth Inter. Conf. on Inorganic Mater., Antwerp, Belgium, 2004*, p.306.