

УДК 621.315.592

**К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ
ВОСПРОИЗВОДИМОСТИ ПАРАМЕТРОВ И ХАРАКТЕРИСТИК
СОЛНЕЧНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ СЛОИСТЫХ
КРИСТАЛЛОВ СОЕДИНЕНИЙ A_3B_6**

АБДИНОВ А.Ш., БАБАЕВА Р.Ф.*, ИСМАЙЛОВ Р.М., РЗАЕВ Р.М.**

Бакинский Государственный Университет,

**Азербайджанский Государственный Экономический Университет,*

*** Сумгаитский Государственный Университет*

В работе приводятся результаты, полученные при исследовании фотолюминесценции солнечных фотоэлементов на основе $InSe:PЗЭ$ и $GaSe:PЗЭ$ с различным процентным содержанием ($N_{PЗЭ} \approx 10^{-5} \div 10^{-1}$ ат.%) вводимой примеси (гадолия, гольмия или диспрозия). На основе статистического анализа полученных результатов установлено, что воспроизводимость величины и спектрального распределения фотолюминесценции при этом, заметным образом, зависит от $N_{PЗЭ}$ – наилучшие результаты наблюдаются в районе $N_{PЗЭ} \approx 10^{-3} \div 10^{-2}$ ат.%. Предполагается, что зависимость воспроизводимости параметров и характеристик солнечных преобразователей на основе слоистых кристаллов $InSe$ и $GaSe$ от $N_{PЗЭ}$ связана с внедрением атомов PЗЭ в слои (при относительно малых $N_{PЗЭ}$) и в межслойное пространство (при более высоких $N_{PЗЭ}$).

Монокристаллы соединения A_3B_6 со слоистой структурой, в частности, селениды индия ($InSe$) и галлия ($GaSe$) уже давно известны как полупроводники с весьма интересными электронными свойствами, а также как перспективные материалы для солнечной энергетики [1]. Однако, при их исследовании и применении часто возникает проблема, связанная с относительно низкой воспроизводимостью отдельных параметров и характеристик.

Анализ результатов проведенных к настоящему времени различными авторами исследований позволяет сказать, что среди основных причин этой проблемы немаловажную роль играет как слоистость структуры монокристаллов $InSe$ и $GaSe$, так и сильная анизотропия химических связей в них в различных кристаллографических направлениях [2]. В частности, предполагается, что в процессе изготовления отдельных образцов и в ходе проведения измерений, из-за слабости межслойных связей происходят в различной степени (порой значительные) отклонения структуры образцов от идеальности. В результате чего, в разных образцах, а также в одном и том же образце при различных условиях на изучаемые явления помимо внешних, существенно влияют и определенные внутрикристаллические факторы – скорее всего, неконтролируемые и хаотически распределенные в объеме образцах неоднородности. Поскольку электронные процессы очень чувствительны к таким неоднородностям, а их концентрация и размеры от образца к образцу могут заметно меняться, то при различных циклах одного и того же типа измерений проявляются заметные расхождения в значениях отдельных параметров и ходе их характеристических зависимостей. Поэтому, можно предполагать, что для обеспечения высокой степени воспроизводимости физических параметров и характеристик слоистых монокристаллов соединений A_3B_6 , а также солнечных преобразователей на их основе, прежде всего, необходимо увеличить силы межслойных связей в них.

В ранних работах [3, 4] сказано о возможности управления степенью пространственной неоднородности этих материалов путем легирования их редкоземельным элементом (РЗЭ) диспрозия (Dy). В частности, при этом установлено, что с изменением уровня легирования редкоземельным элементом Dy, амплитудное значение основных параметров, связанных с пространственной неоднородностью в монокристаллах InSe и GaSe, меняется немонотонно. Это объяснялось тем, что при легировании, атомы введенной примеси (Dy), во-первых, приводят к упорядочению кристаллов внутри отдельных слоев, во-вторых, меняют силы межслойных связей в них. Хорошее согласование сделанных предположений с экспериментальными результатами, полученными при исследовании некоторых электрических и фотоэлектрических свойств монокристаллов InSe<Dy> и GaSe<Dy>, предсказывает о возможности управления также степенью воспроизводимости электронных параметров и характеристик солнечных преобразователей на основе этих материалов путем их легирования различными редкоземельными элементами.

С этой целью в представленной работе исследована зависимость степени воспроизводимости параметров и характеристик фотолюминесценции от типа и процентного содержания введенной примеси РЗЭ из группы лантана (гадолиния, гольмия и диспрозия) в монокристаллах селенидов индия и галлия.

Изучаемые образцы срезались из выращенных методом Бриджмена крупных слитков InSe и GaSe с различным процентным содержанием ($N_{\text{РЗЭ}} \approx 10^{-5} \div 10^{-1}$ ат.%) введенной примеси РЗЭ (Gd, Ho, Dy). Технологии синтеза и легирования соединений, а также выращивания изучаемых материалов были идентичны с ранее описанными в [5].

Исследовано влияние легирования РЗЭ на численное значение и спектр яркости фотолюминесценции. Снимались кривые спектрального распределения фотолюминесценции в образцах InSe<РЗЭ> и GaSe<Dy> с различным $N_{\text{РЗЭ}}$ и примесным материалом, а также на одном и том же образце через определенные промежутки времени (50, 100, 200 часов) при 77 К. Проверялись также степени повторяемости результатов после воздействия светового, теплового и электрического импульсов с большой мощностью. С этой целью, изучаемые образцы при прочих одинаковых условиях предварительно, или длительное время (~ 20-30 минут) подвергались воздействию интенсивного фотоактивного света, или нагревались до ~350 К с последующим резким охлаждением, путем погружения в жидкий азот, или же держались под большим (вплоть до 200 В) внешним напряжением. После каждой такой процедуры через 1-2 часа повторялись измерения основных параметров и характеристик фотолюминесценции.

На основе статистического анализа полученных при измерениях результатов установлено, что величина яркости ($V_{\text{фл}}$), а также степени воспроизводимости хода кривых её спектрального распределения, заметным образом, зависят от количества введенной примеси. Причем, эти зависимости имеют немонотонный характер. В частности, независимо от типа материала введенной примеси РЗЭ, с ростом $N_{\text{РЗЭ}}$, величина, а также воспроизводимость $V_{\text{фл}}$ и её спектральное распределение сначала (при $N_{\text{РЗЭ}} \leq 5 \cdot 10^{-3}$ ат.%) ухудшаются, далее (с ростом $N_{\text{РЗЭ}}$), помимо увеличения яркости свечения, улучшается и степень воспроизводимости численного значения и спектрального распределения $V_{\text{фл}}$. В районе $N_{\text{РЗЭ}} \approx (10^{-3} \div 10^{-2})$ ат.% наблюдаются наибольшая $V_{\text{фл}}$, а также наилучшая степень воспроизводимости его численного значения и спектрального распределения. При дальнейшем росте уровня легирования (при увеличении $N_{\text{РЗЭ}}$ до ~ 10^{-1} ат.%) опять наблюдаются уменьшение $V_{\text{фл}}$, а также ухудшение степени воспроизводимости значений и хода характерных кривых спектрального распределения $V_{\text{фл}}$.

Предполагается, что обнаруженные зависимости $V_{\text{фл}}$, а также степени воспроизводимости его спектральной характеристики от количества и типа введенной примеси РЗЭ, прежде всего, обусловлены изменением качества самого

полупроводникового материала, а не структурными особенностями (электронной конфигурацией) легирующих элементов (Gd, Ho, Dy). Потому что, обнаруженные в случае разных РЗЭ примесей результаты при одинаковых значениях $N_{\text{РЗЭ}}$ и внешних условий почти не отличаются.

Это может объясняться на основе изменения степени пространственной упорядоченности слоистых монокристаллов соединений A_3B_6 с изменением содержания введенной примеси РЗЭ. Причем изменения степени пространственной упорядоченности могут быть как за счет изменения амплитуды энергетических флуктуаций, вследствие внутрислоевого залечивания кристалла, так и за счет изменения сил межслойных связей – вследствие добавления к исходной молекулярной связи, ещё и ковалентной, созданной между редкоземельными ионами, находящимися в соседних слоях, при $5 \cdot 10^{-3} \leq N_{\text{РЗЭ}} \leq 10^{-2}$ ат.% и осуществления интеркаляции атомов РЗЭ в межслоевое пространство при $N_{\text{РЗЭ}} > 10^{-2}$ ат.%. В последнем случае (при $N_{\text{РЗЭ}} > 10^{-2}$ ат.%) межслойная связь резко ослабляется и в результате этого $V_{\text{фл}}$, а также воспроизводимость её значения и характеристик уменьшаются.

Эти предположения качественно хорошо объясняют почти все полученные нами экспериментальные результаты.

Таким образом, в заключении можно сказать, что на основе легированных РЗЭ элементами Gd, Ho или Dy с $N_{\text{РЗЭ}} \approx (10^{-3} \div 10^{-2})$ ат.% монокристаллов соединений A_3B_6 можно создать солнечные преобразователи с более стабильными (воспроизводимыми) параметрами и характеристиками.

-
1. Абдинов А.Ш., Бабаева Р.Ф., Рзаев Р.М., Эйвазова Г.Х. Проблемы энергетики. 2001. -Т.2. - №1. -С. 66-71.
 2. Абрикосов А.Н., Банкина В.Ф., Порецкая Л.В., Скудная Е.В., Чижевская С.Н. Полупроводниковые халькогениды и сплавы на их основе.М.:“Наука”-1975. – 219 с.
 3. Абдинов А.Ш., Бабаева Р.Ф. Неорганические материалы. - 1994. - Т.30. - №3. С. 339-341.
 4. Абдинов А.Ш., Бабаева Р.Ф., Джафаров М.А., Рзаев Р.М., Рагимова Н.А. Неорганические материалы. -1999. - Т. 35. - № 4. - С. 410-412.
 5. Abdinov A.Sh., Guseinov A.M., Nurullayev Yu.G. Phys. Stat. Sol. A., - 1989. - V. 116. P. 173-177.
 6. Абдинов А.Ш., Бабаева Р.Ф., Нуруллаев Ю.Г. Неорганические материалы. - 1996. - Т. 32. - № 12. - С. 1446-1448.
 7. Абдинов А.Ш., Бабаева Р.Ф. Неорганические материалы. -1995. -Т.31. - №8. - С.1020-1022.
 8. Абдинов А.Ш., Бабаева Р.Ф. Неорганические материалы. - 1995. - Т. 31. - № 7. - С. 896-898.

LAYLI QURULUŞLU A_3B_6 BİRLƏŞMƏLƏRİNİN MONOKRİSTALLARI ƏSASINDA HAZIRLANMIŞ GÜNƏŞ ÇEVİRİJİLƏRİNİN PARAMETR VƏ XARAKTERİSTİKALARININ TƏKRARLANMA DƏRƏJƏSİNİN YÜKSƏLDİLMƏSİ MÜMKÜNLÜYÜ HAQQINDA

ABDİNOV Ə.Ş., BABAYEVA R.F., İSMAYILOV R.M., RZAYEV R.M.

İşdə müxtəlif miqdarda ($N_{\text{NTE}} = 10^{-5} \div 10^{-1}$ ат.%) nadir torpaq elementləri (NTE) ilə aşqarlanmış InSe:NTE və GaSe:NTE əsasında hazırlanmış günəş fotoelementlərində fotoluminessensiyanın tədqiqi zamanı alınmış nəticələr təqdim olunmuşdur. Aşqar maddəsi

kimi qadolinium, holmium və disprozium elementləri götürülmüşdür. Statistik təhlil əsasında müəyyənləşdirilmişdir ki, fotoluminessensiyanın parlaqlığının ədədi qiymətinin və spektral paylanma əyrisinin təkrarlanma dərəcəsi nəzərəcarpajaq dərəcədə N_{NTE} -dən asılıdır. Ən yaxşı nəticələr $N_{NTE} \approx 10^{-3} \div 10^{-2}$ at.% qiymətlərində müşahidə olunur. Fərz olunur ki, InSe və GaSe kristalları əsasında günəş çevirijilərinin parametr və xarakteristikaların təkrarlanma dərəcəsinin N_{NTE} -dən asılılığı NTE atomlarının nisbətən kiçik miqdarlarında laylar daxilinə, böyük miqdarlarında isə laylar arasına girməsi ilə əlaqədardır.

TO A QUESTION ON AN OPPORTUNITY OF INCREASE OF REPRODUCIBILITY OF THE PARAMETERS AND CHARACTERISTICS OF SOLAR CONVERTERS ON THE BASIS OF A³B⁶ LAYERED CRYSTALS

ABDINOV A.Sh., BABAYEVA R.F., ISMAILOV R.M., RZAYEV R.M.

In this work the results obtained at investigation of photoluminescence of the solar cells on a basis of InSe:RE and GaSe:RE with various percentage ($N_{RE} \approx 10^{-5} \div 10^{-1}$ at.%) of entered impurity (Gd, Ho or Dy) are reported. On the basis of the statistical analysis of the obtained results is established, that the reproducibility of size and spectral distribution of the photoluminescence depends on RE - best results are observed in $N_{RE} \approx 10^{-3} \div 10^{-2}$ at.% area. It is supposed, that the dependence reproducibility of parameters and characteristics of solar converters on the basis of InSe and GaSe layered crystals on RE is connected to introduction of RE atoms in layers (at rather small RE) and in interlayer space (at higher RE).