

трация примеси для n -слоя (ZnO) составляла $5 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$, для p -слоя (poly-Si) – $5 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$. Наиболее высокие значения КПД достигнуты при значениях толщины n -слоя (ZnO) – 0,3–0,35 мкм, толщины p -слоя (poly-Si) – 0,55–0,7 мкм.

Для рассматриваемой структуры ПСЭ эти значения можно считать оптимальными. Модель может быть применена и к другим однопериодным структурам ПСЭ различного типа, что позволит оптимизировать их конструкцию для улучшения выходных характеристик.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мейтин М. Фотовольтаика: материалы, технологии, перспективы // Электроника: наука, технология, бизнес. – 2000. – № 6. – С. 40-46.
2. Немчинова Н.В., Клец В.Э., Непомнящих А.И. Кремний в XXI веке // Фундаментальные исследования. – 2006. – № 12. – С. 14-16.
3. Luque A., Hegedus S. Handbook of Photovoltaic Science and Engineering. – John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England, 2003. – P. 100-117.
4. Гременок В.Ф. Солнечные элементы на основе полупроводниковых материалов / В.Ф. Гременок, М.С. Тиванов, В.Б. Залесский. – Минск: Изд. центр БГУ, 2007. – С. 60.
5. Tung-Te Chu, Huilin Jiang, Liang-Wen Ji, Wei-Shun Shih, Jingchang Zhong, Ming-Jie Zhuang. Grain size effect of nanocrystalline ZnO on characteristics of dye-sensitized solar cells // Microelectronics Journal. – 2009. – № 40. – P. 50-52.

Статью рекомендовал к опубликованию д.ф.-м.н. А.М. Кармоков.

Кушнир Вячеслав Викторович

Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: v.v.kushnir@gmail.com.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 88634371611.

Кафедра технологии микро- и нанoeлектронной аппаратуры; аспирант.

Kushnir Viacheslav Viktorovich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: v.v.kushnir@gmail.com.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: +78634371611.

The Department of Micro- and Nanoelectronics; Postgraduate Student.

УДК 621.78:544.3

С.П. Авдеев, С.Н. Гаранжа, Е.В. Луговой, С.Н. Петров

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОБРАЗОВАНИЯ МЕТАБОРАТА ЛАНТАНА В ПРОЦЕССЕ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ОБРАБОТКИ СТЕКОЛ

Проведен термодинамический анализ формирования в стекле СТК119 метабората лантана при электронно-лучевой обработке с использованием молекулярного квантово-химического расчета потенциала Гиббса в интервале рабочих температур ЭЛО. Результаты показывают, что образование метабората лантана идет в определенном диапазоне температур. Верхняя граница (1600 К) определяется процессом распада молекулы $\text{La}(\text{BO}_2)_3$, а нижняя (800 К) подвижностью молекулы окиси бора и окиси лантана.

Электронно-лучевая обработка (ЭЛО); метаборат лантана ($\text{La}(\text{BO}_2)_3$); боролантановое стекло.

S.P. Avdeev, S.N. Garanzha, E.V. Lugovoy, S.N. Petrov

THE THERMODYNAMIC ANALYSIS OF LANTHANUM METABORATE FORMATION IN THE PROCESS OF ELECTRON-BEAM TREATMENT OF GLASSES

In work the thermodynamic analysis of lanthanum metaborate formation in glass CTK119 at electron beam treatment with use of molecular quantum-chemical calculation of Gibbs potential in the interval operating temperature of electron beam treatment is carried out. The results show, that lanthanum metaborate formation goes in a certain band of temperatures. The high bound (1600 K) is defined by process of disintegration of $\text{La}(\text{BO}_2)_3$ molecule, and the lower (800 K) – by the mobilities of a boron oxide and lanthanum oxide molecule.

Electron beam treatment; lanthanum metaborate ($\text{La}(\text{BO}_2)_3$); boron-lanthanum glass.

Технический уровень оптико-электронного прибора в определяющей степени зависит от качества входящих в его состав оптических деталей. Оптические свойства применяемых при изготовлении деталей стекол (показатель преломления, коэффициент дисперсии и др.) являются определяющим и при выборе марки стекла и достижении наилучших оптических характеристик прибора, минимизации аберраций. Однако нередко уникальные оптические свойства стекол соседствуют с невысокими технологическими показателями – низкой химической устойчивостью, механической прочностью и т.д. Как правило, это обуславливается химическим составом самого стекла, наличием в нем нестойких стеклообразующих компонентов. К таким стеклам относятся стекла боролантановой группы.

Механическая прочность и химическая устойчивость зависит как от стеклообразующих компонентов материала, так и от состояния поверхности оптического стекла, которая формируется на технологических операциях изготовления оптико-электронного прибора.

Вследствие этого появляется необходимость в дополнительных методах обработки поверхности для повышения ее устойчивости к воздействию окружающей среды и стабилизации оптических характеристик деталей.

С целью улучшения характеристик оптико-электронных приборов предлагается осуществлять подготовку поверхности оптических деталей из стекла СТК119 в вакууме ленточным электронным лучом [1].

Ранее в работе [2] предполагалось, что при ЭЛО формируется локальная область с изменением фазового состава стекла, которая проявлялась в увеличении показателя преломления на 3 %.

Обработка оптических деталей электронным лучом проводилась в специализированной вакуумной установке при энергии электронного ленточного луча 2–2,5 кэВ и плотности тока 50–100 мА/см².

В состав стекла СТК119 входят 51,29 % B_2O_3 , 12,53 La_2O_3 % молярных долей (80% B_2O_3 в системе B_2O_3 - La_2O_3), что примерно соответствует по составу метаборату лантана $\text{La}(\text{BO}_2)_3$. Поскольку состав близок к эвтектическому, то обе фракции в процессе остывания затвердевают одновременно. Поэтому термодинамический анализ проводился для реакции образования метабората лантана.

О направлении процесса образования или распада метабората лантана можно судить по изменению энергии Гиббса. Поскольку в справочниках отсутствуют данные о термодинамических величинах метабората лантана, то анализ производился с использованием квантово-химической программы GAUSSIAN-03 [3].

Расчет энтропии, внутренней энергии и теплоемкости вычислялся с учетом трансляционного, электронного, вращательного и вибрационного движения. Для расчета энтальпии и энергии Гиббса использовались выходные данные частотных вычислений из результатов программы.

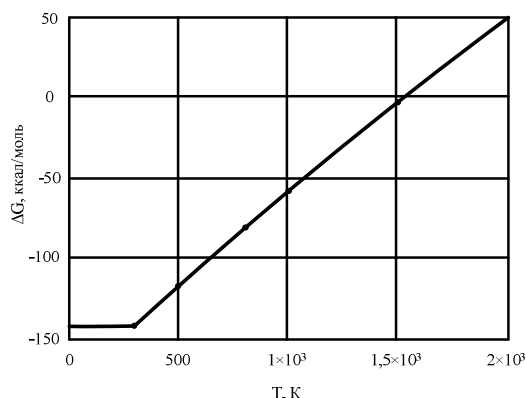


Рис. Зависимость энергии Гиббса от температуры

Из графика (см. рис.) видно, что с увеличением температуры величина энергии Гиббса возрастает, при температуре 1600 К значение энергии становится положительной.

Таким образом, при температурах выше 1600 К имеет место реакция распада метабората лантана. Реакция образования метабората лантана имеет место в определенном диапазоне температур. Верхняя граница определяется изменением знака энергии Гиббса, нижняя граница обусловлена подвижностью молекулы окиси бора и окиси лантана и равна 800 К, что соответствует вязкости 10^6 Пуаз.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авдеев С.П., Петров С.Н., Серба П.В., Гусев Е.Ю. Повышение механической и химической устойчивости поверхности оптического стекла боролантановой группы // Прикладная физика. – 2010. – № 3. – С. 140-142.
2. Луговой Е.В., Петров С.Н., Серба П.В. Расчет оптических характеристик стекол, модифицированных электронным лучом // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 6 (107). – С. 211-215.
3. James V. Foresman, A Eleen Frisch Exploring chemistry with electronic structure methods. – Gaussian Inc. Pitsburg, PA, 1993. – 302 p.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н. Е.А. Рындин.

Авдеев Сергей Петрович

Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: avdeev@tsure.ru.

347928, г. Таганрог, ул. Шевченко, 2.

Тел.: 88634371611.

Кафедра технологии микро- и нанoeлектронной аппаратуры; к.т.н.; доцент.

Луговой Евгений Владимирович

E-mail: euglugovoy@yandex.ru.

Тел.: +79604695926; 88634371940.

Кафедра технологии микро- и нанoeлектронной аппаратуры; аспирант.

Гаранжа Сергей Николаевич

ОАО "Научно-производственное предприятие космического приборостроения "Квант".

E-mail: coordinator3@mail.ru.

344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Мильчакова, 7.

Тел.: 8632240656.

Начальник оптической лаборатории.

Петров Сергей Николаевич
E-mail: sinoptic60@mail.ru.
Тел.: 8632240656; +79885100614.
Главный технолог.

Avdeev Sergey Petrovich
Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.
E-mail: avdeev@tsure.ru.
2, Shevchenko Street, Taganrog, 347928, Russia.
Phone: +78634371611.
The Department of Micro- and Nanoelectronics; Associate Professor.

Lugovoy Evgeny Vladimirovich
E-mail: euglugovoy@yandex.ru.
Phone: +79604695926; +78634371940.
The Department of Micro- and Nanoelectronics; Postgraduate Student.

Garanzha Sergey Nikolaevich
“Scientific production association of space device making "Kwant".
E-mail: coordinator3@mail.ru.
7, Milchakova Street, Rostov-on-Don, 344090, Russia.
Phone: 8632240656.
Chief of Optical Laboratory.

Petrov Sergey Nicolaevich
E-mail: sinoptic60@mail.ru.
7, Milchakova street, Rostov-on-Don, 344090, Russia.
Chief of Technological Department.

УДК 621.891

А.С. Кужаров, А.А. Кужаров, Ю.С. Державец, С.И. Рыжов

СИНТЕЗ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ НАНОКЛАСТЕРОВ ЦИНКА ТРИБОТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ*

Целью работы является синтез и исследование размеров нанокластеров цинка триботехнического назначения современными методами седиментационного анализа. Выявлено, что особенности электронного строения атомов даже двух рядом стоящих в таблице элементов проявляются не только в размерах их кластеров, но и в виде кривой распределения. Установлено, что седиментационный анализ размера частиц в разных по своей природе ультрадисперсных системах может быть использован для выявления нюансов нанотехнологических эффектов, в том числе и при трении в присутствии нанокластеров цинка.

Нанокластеры цинка; трение и износ; седиментация.

A.S. Kuzharov, A.A. Kuzharov, Yu.S. Derzhavec, S.I. Ry'zhov

SYNTHESIS AND DETERMINATION OF THE SIZE OF ZINC NANOCCLUSERS OF TRIBOTECHNICAL PURPOSE

The purpose of work is synthesis and studying of the size of zinc nanoclusters in the modeling of friction contact by modern methods of sedimentation. The features of the electronic structure of atoms, even the two standing near in the table of elements are differ not only in the size of their clusters, but also in the form of the distribution curve are revealed. The sedimentation anal-

* Работа выполнена в НОЦ «Нанотехнологии» и МРЦКП ДГТУ.