

Получение пористого ZnSe методом электрохимического травления

А.Ф. Дяденчук, В.В. Кидалов

Бердянский государственный педагогический университет

(Получено 29.01.2013; опубликовано online 17.10.2013)

В работе описываются особенности получения пористого слоя на поверхности монокристаллического селенида цинка *n*-типа. Исследована структура поверхности, представлены микрофотографии пористых слоев обработанного кристалла ZnSe. Рассмотрен процесс образования мозаичной структуры в зависимости от времени травления. Рассчитано значение потенциала плоских зон, в применении к использованному электролиту.

Ключевые слова: Электрохимическое травление, ZnSe, Потенциал плоских зон.

PACS numbers: 61.43Gt, 78.30Fs, 78.55m

1. ВВЕДЕНИЕ

В последнее время возрос интерес к пористым полупроводникам, которые активно применяются при производстве оптоэлектронных устройств ИК-диапазона, в качестве антиотражающих покрытий солнечных батарей, микроэлектронных сенсорах, а также в качестве активных сред компактных перестраиваемых полупроводниковых лазеров и т.д., что делает исследование свойств пористых полупроводниковых материалов актуальной задачей.

Из подобных структур к настоящему времени наиболее подробно изучены бинарные соединения A_3B_5 [1-3]. Большое число публикаций посвящено исследованию свойств этих соединений, однако работы по выяснению механизма формирования пористых полупроводниковых соединений A_2B_6 пока остаются малоизученными [4-6].

Таким образом, исследование морфологических особенностей пористых A_2B_6 , разработка методов формирования наноструктур A_2B_6 являются актуальными проблемами, решение которых позволит создавать электронные и оптоэлектронные устройства с высокими техническими характеристиками.

2. ОБРАЗЦЫ И ТЕХНИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

В работе представлены результаты исследования морфологии пористого селенида цинка, полученные с помощью сканирующего электронного микроскопа.

Пористый селенид цинка получали путём электрохимической обработки монокристаллического селенида цинка, являющегося анодом. В качестве электролита использовали смеси плавиковой, соляной и азотной кислот. Для экспериментов в качестве анода были использованы образцы селенида цинка *n*-типа проводимости с полированной поверхностью, в качестве катода – платина, которые размещаются параллельно друг другу. Само травление осуществлялось в электрохимической ячейке. В процессе экспериментов изменялись следующие параметры: время воздействия, начальная сила тока, концентрация кислот.

Пористые слои формировались во фторопластовой ячейке при подаче положительного потенциала на образец, в качестве катода использовалась платина. Нами исследовано порообразование в селениде

цинка *n*- ZnSe при анодном травлении в электролитах $HF : HNO_3 : HCl = 2 : 3 : 3$ и $HF : HNO_3 : HCl = 2 : 3 : 2$ в течение временного промежутка от 10 до 30 мин, при указанных составах и концентрациях компонентов электролитов плотности токов варьировали в диапазоне от 30 до 270 мА/см². Эксперимент проводился при комнатной температуре.

Процесс травления проводился в несколько этапов:

1. полировка поверхности, обезжиривание;
2. непосредственно сам процесс электрохимического травления;
3. очистка поверхности от продуктов травления.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА И ОБСУЖДЕНИЕ

На рис. 1 (электролит $HF : HNO_3 : HCl = 2 : 3 : 3$, время травления составляло 20 мин) и рис. 2 (электролит $HF : HNO_3 : HCl = 2 : 3 : 2$, время травления составляло 20 мин) представлены микрофотографии пористых слоев обработанного кристалла ZnSe ориентации (100). На поверхности четко видно образование пор и распределены более-менее регулярно по всей поверхности кристалла. Пористость образца увеличивается при увеличении плотности тока от 10 до 200 мА/см².

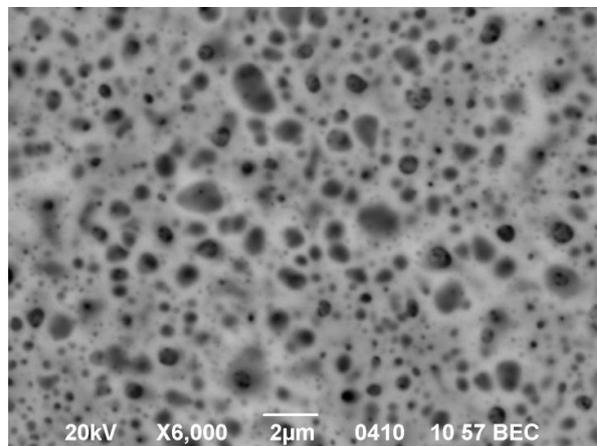


Рис. 1 – СЭМ-изображение поверхности пористого *n*-ZnSe, $t = 20$ мин

Фотографии морфологии пористого слоя селенида цинка были получены при помощи сканирующего электронного микроскопа JSM-6490.

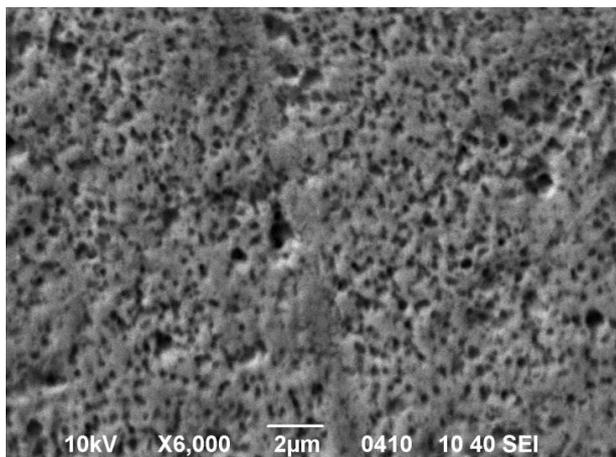


Рис. 2 – СЭМ-изображение поверхности пористого n -ZnSe, $t = 20$ мин

Электронно-микроскопические исследования демонстрируют мозаичную структуру поверхности образца в виде многочисленных пор. Поры имеют четкие очертания и расположены приблизительно на одинаковом расстоянии друг от друга. Наблюдаются две характерные области. Одна – область зарождающихся пор, другая – в основном сформировавшихся. Размеры пор лежат в пределах от 50 до 100 нм, расстояние между которыми составляет несколько нм.

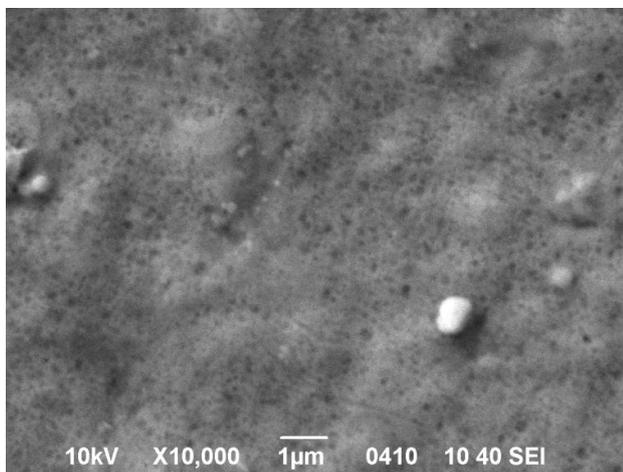


Рис. 3 – СЭМ-изображение поверхности пористого n -ZnSe, $t = 15$ мин

Представляет интерес рассмотрение процесса образования мозаичной структуры в зависимости от времени травления. При малых временах травления (15 мин.) мозаичная структура на протравленной

поверхности наблюдается слабо (рис. 3).

При травлении в течение 30 минут на протравленной поверхности наблюдается более четкое зарождение мозаичной структуры. Следовательно, мозаичная структура начинает проявляться при временах травления 30 мин и более.

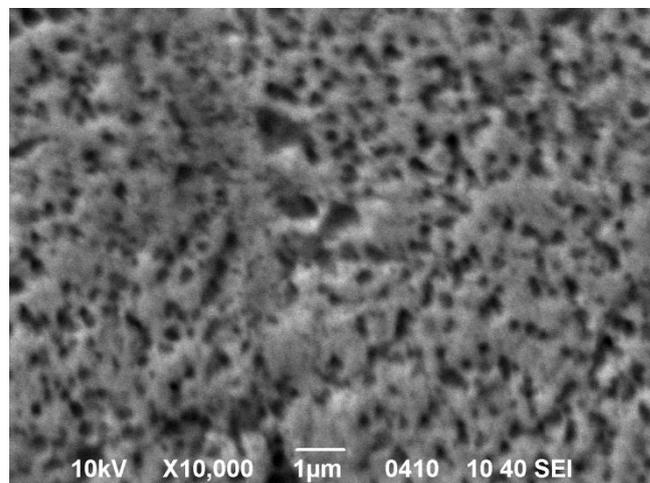


Рис. 4 – СЭМ-изображение поверхности пористого n -ZnSe, $t = 30$ мин

Рассмотрев процесс порообразования на границе раздела полупроводник/раствор электролита, определим потенциал плоских зон.

Для определения потенциала плоских зон наиболее распространенным является метод измерения дифференциальной емкости. Измерив экспериментально емкость и представив ее в зависимости от электродного потенциала в координатах $C^{-2}(U)$ получим график Мотта – Шоттки, который является прямой линией. Экстраполяция этой прямой до пересечения с осью и дает значение потенциала плоских зон [7]. Однако, такое определение значения потенциала плоских зон основано на ряде предположений. Во избежание недостатков теории рассчитали значение потенциала плоских зон по методике описываемой в [8] в применении к нашему электролиту. Значение потенциала плоских зон составило 0,5 В.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты контроля позволили регулировать технологические процессы формирования пористых слоев. Полупроводник ZnSe может иметь широкий диапазон пористости (2-85 %) и, как следствие, многообразие микроструктур и электрических свойств.

Production of Porous ZnSe by Electrochemical Etching Method

A.F. Dyadenchuk, V.V. Kidalov

Berdyansk State Pedagogical University, 4, Shmydta Str., 71100 Berdyansk, Ukraine

Here we describe the production features of a porous layer on the surface of *n*-type single-crystalline zinc selenide. The surface structure is investigated and the photomicrographs of porous layers of the treated ZnSe crystal are represented. Process of the mosaic structure formation depending on the etching time is considered. The value of the flat-band potential with respect to the used electrolyte is calculated.

Keywords: Electrochemical etching, ZnSe, Flat-band potential.

Отримання поруватого ZnSe методом електрохімічного травлення

А.Ф. Дяденчук, В.В. Кідалов

Бердянський державний педагогічний університет, вул. Шмідта, 4, 71100 Бердянськ, Україна

У роботі описуються особливості отримання пористого шару на поверхні монокристалічного селеніду цинку *n*-типу. Досліджена структура поверхні, представлені мікрофотографії пористих шарів обробленого кристалу ZnSe. Розглянуто процес утворення мозаїчної структури залежно від часу травлення. Розраховано значення потенціалу плоских зон в застосуванні до використаного електроліту.

Ключові слова: Електрохімічне травлення, ZnSe, Потенціал плоских зон.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Y. Kang, J. Jorne, *J. Electrochem. Soc.* **140**, 2258 (1993).
2. A. Valance, *Phys. Rev. B* **52**, 8323 (1995).
3. М.Е. Компан, И.Ю. Сениченков, И.Ю. Шабанов, Я. Салонен, Электронный журнал "Исследовано в России", 1, (1999).
4. S. Zimin, V. Vasin, E. Gorlachev, E. Buchin, V. Naumov. *phys. status solidi c* **8**, 1918 (2011).
5. Ed. Monaico, A. Ubrieta, P. Fernandez, J. Piqueras, I.M. Tiginyanu, V.V. Ursaki, R.W. Boyd, *Moldavian J. Phys. Sci.* **6** No2, (2007).
6. Д.Д. Крамущенко, И.В. Ильин, В.А. Солтамов, П.Г. Баранов, В.П. Калинушкин, М.И. Студеникин, В.П. Данилов, Н.Н. Ильичев, П.В. Шапкин, *ФТТ* **55**, No2, 234 (2013). (D.D. Kramushchenko, I.V. Ilyin, V.A. Soltamov, P.G. Baranov, V.P. Kalinushkin, M.I. Studenikin, V.P. Danilov, N.N. P'ichev, P.V. Shapkin, *Phys. Solid. State* **55**, 262 (2013)).
7. Ю.Я. Гуревич, Ю.В. Плесков, *Успехи химии*, **52** No4, 563 (1983).
8. А.А. Гарибов, Н.И. Гусейнов, Р.С. Мадатов, *Fizika-riyaziyyat və texnika elmləri seriyası*, **2** No5, 35 (2003).