

## ПОЛУЧЕНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКИХ СЛОЕВ GaAs МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ТРАВЛЕНИЯ

**А. Ф. Дяденчук, В. В. Кидалов**

*Бердянский государственный педагогический университет,  
Бердянск, Украина*

Поступила в редакцию 20.10.2014

В данной работе методом анодного электрохимического травления была получена периодическая пористая структура полупроводника GaAs (001) *n*-типа проводимости. Поперечное сечение полученной структуры изучалось на сканирующем электронном микроскопе.

**Ключевые слова:** электрохимическое травление, поперечное сечение, периодические слои разной пористости.

## ОТРИМАННЯ ПЕРІОДИЧНИХ ШАРІВ GaAs МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ТРАВЛЕННЯ

**А. Ф. Дяденчук, В. В. Кідалов**

У даній роботі методом анодного електрохімічного травління була отримана періодична пориста структура напівпровідника GaAs (001) *n*-типу провідності. Поперечний переріз отриманої структури вивчався на скануючому електронному мікроскопі.

**Ключові слова:** електрохімічне травлення, поперечний переріз, періодичні шари різної пористості.

## OBTAINING PERIODIC LAYERS GaAs BY ELECTROCHEMICAL ETCHING

**A. F. Dyadenchuk, V. V. Kidalov**

In this study, the method of anodic electrochemical etching was received periodic porous structure semiconductor GaAs (001) *n*-type conductivity. The cross section of the resultant structure was studied by SEM.

**Keywords:** electrochemical etching, and the cross-section periodic layers of different porosities.

### ВВЕДЕНИЕ

Интерес к полупроводниковым сверхрешеткам возник еще в 1970 г. в связи с выдвинутой Есаки и Цу идеей создания в кристалле путем изменения легирования или состава твердого раствора одномерного периодического потенциала с периодом, меньшим длины свободного пробега электрона [1]. С тех пор было предпринято немало попыток по изготовлению данных структур — исследовательские группы изготавливали композиционные сверхрешетки, сверхрешетки типа полуметалл-полупроводник, сверхрешетки на основе кремния и МДП-структур и т. д.

Композиционные сверхрешетки, представляющие собой эпитаксиально выращенные периодически чередующиеся тонкие слои полупроводников с близкими постоянными решетки, являются наиболее изученными [2]. Однако работ, описывающих

полупроводниковые сверхрешетки полученные методом электрохимического травления, не так много. Ранее пористые сверхрешетки с большим разнообразием пористости были получены путем периодического изменения плотности тока травления либо концентрации легирующей примеси подложки [3—7]. В работе [8] получены пористые сверхрешетки *n*-типа (100) InP методом электрохимического травления за счет периодического изменения приложенного тока или потенциала. Полученные структуры состояли из стопки двух переменных слоев с различными морфологиями и пористостью.

В данной работе описывается возможность получения периодических слоев на основе полупроводника группы  $A_3B_5$  (GaAs) методом электрохимического травления.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В работе изучалась пористая структура полупроводника GaAs (001) *n*-типа проводимости. Пористая поверхность получалась методом анодного электрохимического травления во фторопластовой ячейке. В качестве катода использовалась пластина платины. Перед каждым экспериментом, образцы полировались и обезжиривались этиловым спиртом с последующей промывкой в дистиллированной воде. В конце этапа подготовки образцы высушивали в потоке  $N_2$ . Далее, часть образца и платины, подключенные к источнику питания, погружались в электролит. Плотности токов варьировали в диапазоне от 30 до 270 мА/см<sup>2</sup>. В качестве электролитов использовались растворы HF:C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH = 2:1, HF:C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH = 1:1, HF:C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH = 1:2 в течение временного промежутка от 2 до 15 мин.

В конце электрохимической обработки, поверхность образца была промыта этанолом и дистиллированной водой, а затем просушена в потоке атомарного азота. Все эксперименты проводились при комнатной температуре.

Полученные образцы исследовались на сканирующем электронном микроскопе JSM-6490.

В начале была исследована возможность получения пористого слоя GaAs.

Раствор электролита подбирался таким образом, чтобы получить максимальную глубину проникновения пор и минимальный их размер. Наиболее подходящие результаты были получены при использовании электролита, состоящего из этилового спирта C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH и плавиковой кислоты HF в соотношении 1:1.

На рис. 1 приведена микрофотография поперечного сечения пористого образца GaAs, полученного методом анодного электрохимического травления. Очевидно, анодирование приводит к образованию пор, проникая от поверхности в объем полупроводника.

Размер пор составил в среднем 100 нм.

Следующим этапом исследований рo-GaAs было получение периодических слоев путем периодической смены напряжения. На рис. 2 четко наблюдаются различия

структуры и морфологии между альтернативными слоями. Таким образом, элементарная периодическая структура может быть получена путем модуляции применяемого напряжения. Структура пор зависит от приложенного напряжения во время процесса.

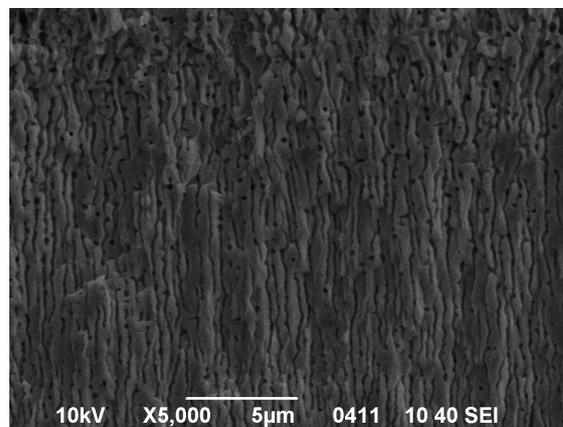


Рис. 1. СЭМ-изображение поперечного сечения пористого образца *n*-GaAs (001), полученного методом анодного электрохимического травления, плотность тока 180 мА/см<sup>2</sup>, время травления — 10 мин

Структуры, с периодическими слоями, показанные на рис. 2, были получены путем изменения приложенного напряжения с 12 В до 5 В. Сила тока при значении напряжения  $U = 12$  В в начале опыта составляла 75 мА. По истечению 50 секунд — время переключения напряжения на  $U = 5$  В — сила тока возросла и приняла значение 85 мА. После изменения напряжения сила тока упала до значения 20 мА. В конце эксперимента ( $t = 210$  с) сила тока была равна  $I = 5$  мА.

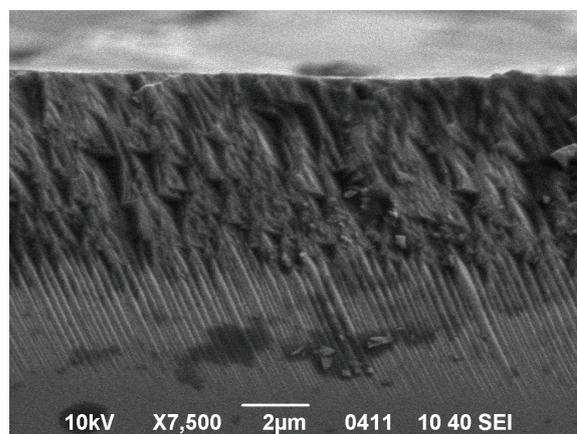


Рис. 2. СЭМ-изображение поперечного сечения пористого образца *n*-GaAs (001), полученного методом анодного электрохимического травления, приложенное начальное напряжение  $U = 12$  В, общее время травления — 4 мин

Поперечное сечение пористой структуры полученного полупроводника исследовалось на сканирующем электронном микроскопе.

Образованные поры в первом слое составляют в среднем 50 нм, во втором — 100 нм. При значениях напряжения  $U = 12$  В форма и размер пор разнообразнее, чем при значениях  $U = 5$  В приложенного напряжения. При  $U = 12$  В границы между порами становятся тоньше, пористая структура растет глубже, при проникновении вглубь материала количество ветвления снижается.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе показана возможность получения периодических слоев на основе полупроводника группы  $A_3B_5$  (GaAs) методом электрохимического травления путем изменения приложенного напряжения. Получена структура с двумя слоями разной пористости. Дальнейшие исследования должны быть направлены на получение периодических слоев с толщиной пористого слоя меньше длины свободного пробега электрона в GaAs и количество периодических пористых слоев должно быть не менее 100.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Херман М. Полупроводниковые сверхрешетки: Пер. с англ. — М.: Мир, 1989. — 240 с.
2. Силин А. П. Полупроводниковые сверхрешетки // Успехи физических наук. — 1985. — Т. 147, вып. 3. — С. 485—521.
3. Lehmann V., Stengl R., Luigart A. On the morphology and the electrochemical formation mechanism of mesoporous silicon // Mater. Sci. Eng. B. — 2000. — Vol. 69—70. — P. 11—22.
4. Vincent G. Optical properties of porous silicon superlattices // Appl. Phys. Lett. — 1994. — Vol. 64. — P. 2367—2369.
5. Chan S., Li Y., Rothberg L. J., Miller B. L., Fauchet P. M. Nanoscale silicon microcavities for biosensing // Mater. Sci. Eng. C. — 2001. — Vol. 15. — P. 277—282.

6. Chan S., Fauchet P. M. Silicon microcavity light emitting devices // Opt. Mater. — 2001. — Vol. 17. — P. 31—34.
7. Frohnhoff St., Berger M. G., Thonissen M., Dicker C., Vescan L., Munder H., Luth H. Formation techniques for porous silicon superlattice // Thin Solid Films. — 1995. — Vol. 285. — P. 59—62.
8. Tsuchiya H., Hueppe M., Djenizian Th., Schmuki P., Fujimoto Sh. Morphological characterization of porous InP superlattices // Science and Technology of Advanced Materials. — 2004. — Vol. 5. — P. 119—123.

### LITERATURA

1. Herman M. Poluprovodnikovye sverhreshetki: Per. s angl. — М.: Мир, 1989. — 240 p.
2. Silin A. P. Poluprovodnikovye sverhreshetki // Uspehi fizicheskikh nauk. — 1985. — Vol. 147, vyp. 3. — P. 485—521.
3. Lehmann V., Stengl R., Luigart A. On the morphology and the electrochemical formation mechanism of mesoporous silicon // Mater. Sci. Eng. B. — 2000. — Vol. 69—70. — P. 11—22.
4. Vincent G. Optical properties of porous silicon superlattices // Appl. Phys. Lett. — 1994. — Vol. 64. — P. 2367—2369.
5. Chan S., Li Y., Rothberg L. J., Miller B. L., Fauchet P. M. Nanoscale silicon microcavities for biosensing // Mater. Sci. Eng. C. — 2001. — Vol. 15. — P. 277—282.
6. Chan S., Fauchet P. M. Silicon microcavity light emitting devices // Opt. Mater. — 2001. — Vol. 17. — P. 31—34.
7. Frohnhoff St., Berger M. G., Thonissen M., Dicker C., Vescan L., Munder H., Luth H. Formation techniques for porous silicon superlattice // Thin Solid Films. — 1995. — Vol. 285. — P. 59—62.
8. Tsuchiya H., Hueppe M., Djenizian Th., Schmuki P., Fujimoto Sh. Morphological characterization of porous InP superlattices // Science and Technology of Advanced Materials. — 2004. — Vol. 5. — P. 119—123.