

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/см². В качестве электролитов использовались растворы HF:C₂H₅OH = 2:1, HF:C₂H₅OH = 1:1, HF:C₂H₅OH = 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 C₂H₅OH 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.

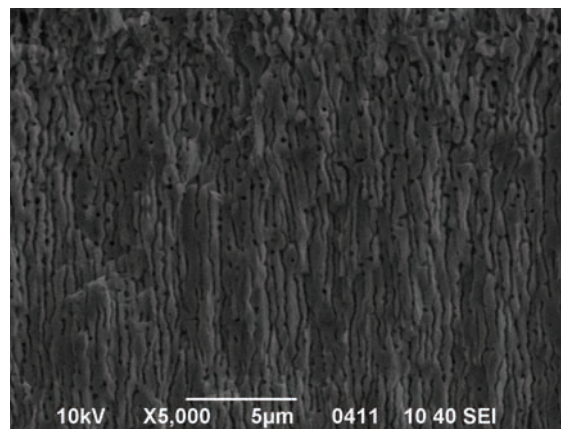


Рис. 1. СЭМ-изображение поперечного сечения пористого образца *n*-GaAs (001), полученного методом анодного электрохимического травления, плотность тока 180 мА/см², время травления — 10 мин

Структуры, с периодическими слоями, показанные на рис. 2, были получены путем изменения приложенного напряжения с 12 В до 5 В. Сила тока при значениях 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.

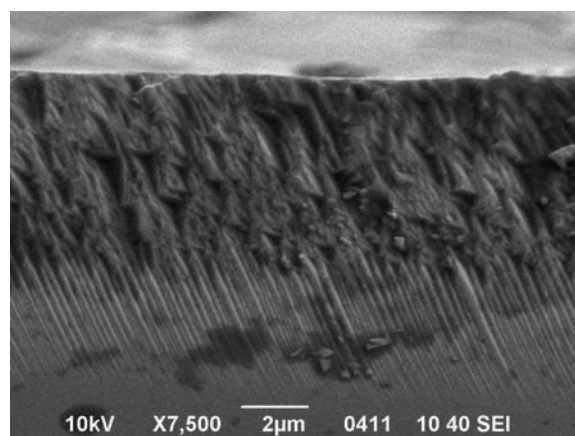


Рис. 2. СЭМ-изображение поперечного сечения пористого образца *n*-GaAs (001), полученного методом анодного электрохимического травления, приложенное начальное напряжение $U = 12$ В, общее время травления — 4 мин

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.