

06.2

© 1990

РАЗМЕРНЫЙ ЭФФЕКТ ПРИ ХИМИЧЕСКОМ ТРАВЛЕНИИ СУБМИКРОННЫХ ПЕРИОДИЧЕСКИХ КАНАВОК В  $GaAs$ 

Ю.М. Дикаев, М.Л. Ясен

Гофрированные периодические структуры на поверхности  $GaAs$  находят применение в устройствах микроэлектроники, например, в лазерных диодах с распределенной обратной связью [1]. Анизотропным химическим травлением через фоторезистивную решетчатую маску получают канавки с формой трапеции [2]. Ширина канавки определяется размером окна в фоторезистивной маске, через которую вытравливается поверхность  $GaAs$ . Разумно полагать, что при технологических процессах глубина канавки не зависит от размера этого окна, а определяется линейной скоростью химического растворения материала. Замечено уменьшение линейной скорости химического травления поверхности  $GaAs$  при уменьшении размера окна, но не дано объяснение происходящим при этом физическим процессам [3].

В данной работе показано экспериментально, что с уменьшением размера окна в фоторезистивной решетчатой маске линейная скорость химического травления поверхности  $GaAs$  увеличивается. Введением понятия объемной скорости травления материала объясняется такой размерный эффект при вытравливании канавок с периодом в диапазоне от 0.5 до 1.5 мкм.

Для исследования использовались подложки из  $GaAs$  ориентации (100). Фоторезистивная решетчатая маска формировалась на поверхности голографическим методом при экспонировании излучением от аргонового лазера. Получаемые маски из фоторезиста имели размер окна  $A$ , приблизительно равный половине периода  $\Lambda$  (рис. 1, а). Далее химическим травлением в растворе  $HCl - KBrO_3 - H_2O$  вытравливались канавки в  $GaAs$  через фоторезистивную маску, а затем маска смывалась. Травление происходило по направлениям кристаллографических плоскостей (100) и (111). Боковыми стенками полученных канавок являются плоскости (111), образующие угол 35 град с нормалью к поверхности (100), что и наблюдали по поперечному сколу решетки в  $GaAs$  с помощью растрового электронного микроскопа. Глубина полученных канавок, имеющих профиль трапеции, оценивалась по измерению эффективности в первом порядке дифракции лазерного излучения на таких решетках [4]. На рис. 1, б представлены расчетные значения глубины  $h$  от времени  $t$  анизотропного химического травления. При этом средние значения линейной скорости химического травления, рассчитанные из рис. 1, б для периодов 1.5, 1, 0.7 и 0.5 мкм, равны соответственно

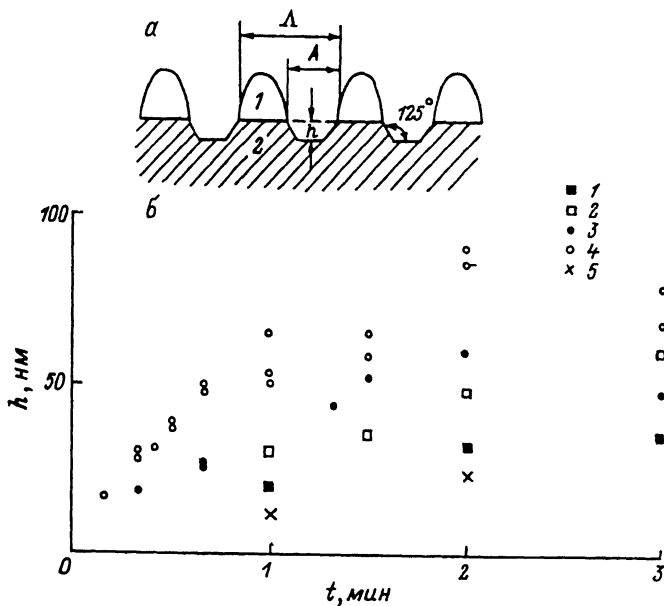


Рис. 1. а - профиль вытравленных через фоторезистивную решетчатую маску (1) трапециевидных канавок в  $GaAs$  (2), б - значения  $h$  глубины канавок для времени  $t$  анизотропного химического травления в растворе  $HCl - KBrO_3 - H_2O$  с периодом канавок  $L = 1.5$  мкм (1), 1 мкм (2), 0.7 мкм (3), 0.5 мкм (4); (5) - значения для ступеньки (полубесконечной канавки).

20, 30, 40 и 65 нм/мин. При измерении скорости травления на ступеньке (полубесконечной канавке) она составила 12 нм/мин. Отклонение от линейности для периодов решетки 0.7 мкм и 0.5 мкм при  $t > 2$  мин связано с изменением геометрической формы канавок за счет бокового подтравливания. Таким образом, имеем: с уменьшением периода гофрированной решетки линейная скорость химического травления  $GaAs$  заметно увеличивается. При уменьшении периода структуры до 0.3 мкм наблюдалось уменьшение скорости химического травления, как и в [3]. Это, вероятно, связано с тем, что в данном случае капиллярный эффект преобладает над размерным и возникают затруднения для проникновения водного раствора травителя в зазор, образованный гидрофобным фоторезистом. Если ввести понятие объемной скорости травления материала [5, 6] и по оси ординат отложить не глубину  $h$  (рис. 1, Б), а площадь поперечного сечения канавки  $S$ , то экспериментальные значения группируются вдоль некоторой линии под углом  $1.6 \cdot 10^4$  нм<sup>2</sup>/мин, как показано на рис. 2. Произведение площади  $S$ , единицы длины вдоль канавки и плотности материала соответствует массе вещества, вытравленного за время  $t$ . Таким образом, скорость трав-

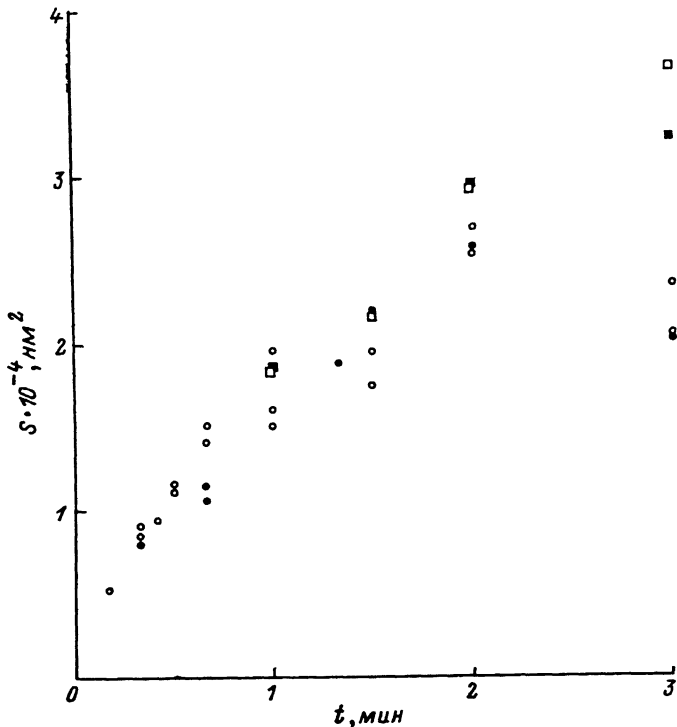


Рис. 2. Площадь  $S$  поперечного сечения канавки, вытравленной за время  $t$ . Обозначения, как на рис. 1.

лента гофрированной решетки с периодами 0.5–1.5 мкм определяется объемной массой  $G_{As}$ , вытравленной за единицу времени.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Goldstein B., Evans G., Connolly J., Dinkel N., Kirk J. // Appl. Phys. Lett. 1988. V. 53. N 7. P. 550–552.
- [2] Физико-химические методы обработки поверхности полупроводников / Под ред. Луфт Б.Д. М.: Радио и связь, 1982. 136 с.
- [3] Tsang W.-T., Wang S. // Appl. Phys. Lett. 1976. V. 28. N 1. P. 44–46.
- [4] Карпов С.Ю., Мизеров М.Н., Портной Е.Л., Смирницкий В.Б. // ЖТФ. 1984. Т. 54. В. 10. С. 1942–1947.
- [5] Gutfield R.J., Hodgson R.T. // Appl. Phys. Lett. 1982. V. 40. N 4. P. 352–354.

Институт радиотехники  
и электроники АН СССР,  
Фрязинская часть

Поступило в Редакцию  
14 февраля 1990 г.  
В окончательной редакции  
с 13 июня 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 16

28 августа 1990 г.

05.4

© 1990

## ПРИМЕНЕНИЕ ФОТОЛИТОГРАФИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ $Y-Va-Si-O$

А.В. Багуля, И.П. Казаков,  
А.Р. Микертумянц, М.А. Негодаев,  
В.А. Ромашин, В.И. Цехош,  
А.Н. Юрков

Для решения ряда научных и технических задач криоэлектроники требуются пленочные сверхпроводящие структуры сложной конфигурации. С появлением высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) возникла необходимость в исследованиях возможностей традиционных методов нанесения рисунка с высоким разрешением на пленки ВТСП, в частности состава  $Y-Va-Si-O$ .

В работах [1, 2] для формирования рисунка на таких пленках использовались методы лазерного и ионно-лучевого травления. Одним же из наиболее распространенных и доступных методов литографии является метод фотолитографии с проявлением в водных растворах.

В литературе неоднократно обсуждалось отрицательное влияние влаги на свойства ВТСП системы  $Y-Va-Si-O$  [3]. Однако исследования по химическому полированию ВТСП состава  $Y-Va-Si-O$ , выполненные в работе [4], показали возможность кратковременного травления в водных растворах без нарушения сверхпроводящих свойств на глубинах  $h > 0.1$  мкм (работа была выполнена на керамических образцах и монокристаллах). В работе [5] с помощью фотолитографии был сформирован рисунок с шириной линии 25 мкм с сохранением сверхпроводящих свойств полученной структуры.

Возможность деградации пленок состава  $Y-Va-Si-O$  при проявлении в водных растворах приводит к жестким требованиям микро- и макронеоднородности пленок, а также к степени шероховатости поверхности пленок, к составу межзеренных границ, раз-