

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Оборина Е.И., Остапенко С.С., Шейнкман М.К. // Письма в ЖЭТФ. 1987. Т. 46, В. 11. С. 449-451.
- [2] Nojima S., Asahi A., Ikoma T. // J. Appl. Phys. 1987. V. 61. N 3. P. 1073-1078.
- [3] Marakas J.N., Porod W., Johnson D.A., Ferry D.K. // Physica. 1985. V. 134B, N 1. P. 276-282.
- [4] Martin J.M., Markram-Ebeid S. Mid-gap donor level EL2 in GaAs, in book "Deep Centers in Semiconductors", ed. S.Pantalidas, N.-J., 1985. p.399.
- [5] Пожел Ю.К. Плазма и токовые неустойчивости в полупроводниках, М.: Наука, 1977. 367 с.

Институт полупроводников АН УССР,
Киев

Поступило в Редакцию
30 августа 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 2

26 января 1990 г.

06.2; 11

© 1990

ПОВЕРХНОСТЬ АРСЕНИДА ГАЛЛИЯ,
ЛЕГИРОВАННОГО ИЗОВАЛЕНТНОЙ ПРИМЕСЬЮ - СУРЬМОЙ

А.А. Аристархова, Ю.Ф. Бирюпин,
С.С. Волков, В.Н. Каряев,
М.Ю. Тимашев

Исследование влияния изовалентных примесей (ИВП) на объемные свойства соединений $A^{3}B^{5}$ показало возможность их воздействия на ряд характеристик полупроводниковых материалов через ансамбль собственных точечных дефектов монокристаллов и эпитаксиальных слоев [1, 2]. Следует отметить практическое отсутствие работ, направленных на исследование поверхностных свойств бинарных соединений, легированных ИВП. Очевидно, что именно особенности поверхности $A^{3}B^{5} < \text{ИВП} >$ должны в значительной степени влиять на формирование характеристик явлений, связанных и свойствами свободной поверхности и гетерограниц.

Именно эти обстоятельства обусловили цель данной работы - исследование элементного состава и стехиометрии поверхности эпитаксиальных слоев арсенида галлия, нелегированных и легированных ИВП сурьмой.

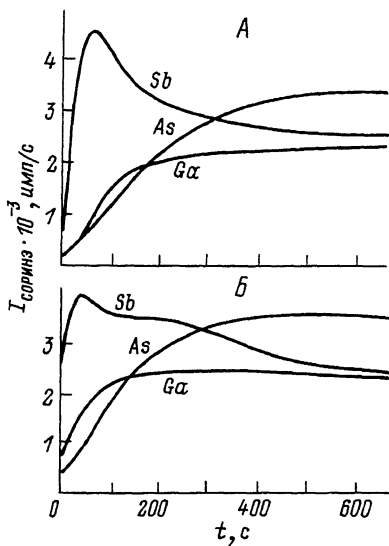


Рис. 1. Распределение концентрации сурьмы, мышьяка и галлия в зависимости от времени травления ионным пучком в приповерхностной области образца $GaAs_{0.955}Sb_{0.045}$. Время травления 500 с соответствует глубине анализа $\sim 50-70 \text{ \AA}$.

а - образец до прогрева, б - образец после прогрева до $650 \text{ }^\circ\text{C}$.

Исследования проводились с помощью поверхностно чувствительной методики спектроскопии обратного рассеяния ионов низких энергий (СОРИНЭ) [3] с привлечением для сравнения и анализа результатов, полученных ранее на этих же образцах методами низкотемпературной фотолюминесценции (НТФЛ) [4] и гальвано-магнитных измерений (ГМИ) [5]. Кроме того, анализировалась на предмет загрязнений исходная сурьма марки $Sb 99.999$. Распределение элементов по толщине $50-100 \text{ \AA}$ приповерхностного слоя $GaAs\langle Sb \rangle$ получали методом СОРИНЭ с применением ионного травления. Погрешность количественных оценок состава поверхности в методе СОРИНЭ составляла $\sim 10\%$.

Исследовавшиеся образцы арсенида галлия, нелегированного и легированного сурьмой, были получены в идентичных условиях методом жидкофазной эпитаксии с понижением температуры по стандартной технологии [6]. Толщины слоев составляли $10-20 \text{ мкм}$. Элементный состав в объеме на глубину $1-2 \text{ мкм}$ (глубина возбуждения) определялся методами рентгеноспектрального микроанализа (РСМА) и НТФЛ.

Результаты проведенных сопоставительных исследований поверхностей арсенида галлия, нелегированного и легированного ИВП сурьмой, сводятся к следующим фактам.

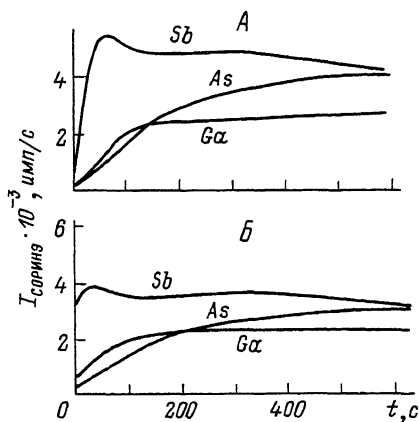


Рис. 2. Распределение концентрации сурьмы, мышьяка и галлия в зависимости от времени травления ионным пучком в приповерхностной области образца $GaAs_{0.895}Sb_{0.105}$. а - образец до прогрева, б - образец после прогрева до 600 °С.

Т а б л и ц а 1

Образец	Глубина анализа, Å	Состав, ат. %		
		Sb	Ga	As
Нелегир. GaAs	0	-	49,9	50,1
GaAs < Sb >	0	26,5	55,7	17,8
GaAs < Sb >	50-100	11,3	49,6	38,9

1. Содержание сурьмы в первом монокристаллическом слое $GaAs < Sb >$ (после удаления ионной бомбардировкой типичных для эпитаксиального арсенида галлия поверхностных загрязнений - углерода и кислорода) составляет 25-40 ат. %, что в несколько раз (до порядка) превышает концентрацию Sb в объеме твердой фазы (см. рис. 1, а) и слабо зависит от содержания сурьмы в объеме (которое для разных образцов варьировалось в несколько раз в пределах от единицы до десяти ат. %). Поэтому для образцов с меньшим содержанием сурьмы в объеме градиент ее концентрации в приповерхностной области значительно выше (рис. 1, а; 2, а). Возможное завышение значений концентрации сурьмы при больших временах травления и размывание ее профиля концентрации обусловлено влиянием эффекта кратера при ионном травлении [7].

2. Стехиометрия поверхности $GaAs < Sb >$ смещена в пользу избытка галлия и дефицита элементов У группы (или избытка вакансий мышьяка).

Т а б л и ц а 2

Образцы	Состав, ат. %					
	$Sb_{ж}$	$Ga_{ж}$	$As_{ж}$	$Sb_{ТВ}$	$Ga_{ТВ}$	$As_{ТВ}$
$GaAs_{0.955}Sb_{0.045}$	15,0	82,3	2,7	2,2	49,8	48,0
$GaAs_{0.895}Sb_{0.105}$	29,4	68,5	2,2	5,2	50,5	44,3

яка) по отношению к стехиометрии $GaAs\langle Sb \rangle$ на глубине 50–100 Å и к стехиометрии поверхности нелегированного арсенида галлия (см. табл. 1). Этот факт подтверждает сделанный нами ранее вывод об изменении объемной стехиометрии арсенида галлия, легированного ИВП сурьмой, в пользу вакансий мышьяка [4].

3. Прогрев образцов в вакууме до температур 550–650 °C приводит к появлению миграционной „волны” сурьмы, направленной в объем от поверхности (рис. 1, б, 2, б).

Сопоставление результатов исследований объема и поверхности позволяет сделать вывод о существенном различии в элементном составе и стехиометрии приповерхностной области и объема слоев $GaAs\langle Sb \rangle$. Это определяется, по-видимому, следующими причинами. С одной стороны, несмотря на наличие ограниченной области растворами сурьмы в $GaAs$, решетка кристалла препятствует вхождению Sb в твердую фазу и оттесняет ее к границе роста вследствие ее большего атомного радиуса по отношению к мышьяку. С другой стороны, концентрация сурьмы в жидкой фазе значительно превышает ее значение в объеме твердой фазы (см. табл. 2), что способствует захвату сурьмы в твердую фазу на фронте кристаллизации и появлению градиента ее концентрации в приповерхностной области. Эти выводы сходны с результатами исследований, проведенных на эпитаксиальных слоях арсенида галлия, легированного другой ИВП – висмутом [8].

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Баженов В.К., Фистуль В.И. // ФТП. 1984. Т. 18. Т. 8. С. 1345–1362.
- [2] Соловьева Е.В., Мильвидский М.Г., Рытова Н.С. // В кн.: Рост полупроводниковых кристаллов и пленок. / Под ред. Ф.А. Кузнецова, Новосибирск, 1984. С. 102–115.
- [3] Аристархова А.А., Волков С.С., Исаева Т.Н., Машкова Т.М., Тимашев М.Ю. // Электронная промышленность. 1987. В. 5 (163). С. 47–49.
- [4] Бирюлин Ю.Ф., Ганина Н.В., Чалдышев В.В., Шмарцев Ю.В. // ФТП. 1985. Т. 19. В. 6. С. 1104–1107.
- [5] Соловьева Е.В., Мильвидский М.Г., Ганина Н.В. // ФТП. 1982. Т. 16. В. 10. С. 1810–1815.

- [6] Каряев В.Н., Голубев Л.В., Шмарцев Ю.В., Шуппина И.Л., Веремеенко М.Д., Кригель В.Г. // Электронная техника, сер. Материалы. 1982. В. 8. С. 32-37.
- [7] Протопопов О.Д. Обзоры по электронной технике. Сер. 7. Технология, организация производства и оборудование. 1985, вып. 10 (1117).
- [8] Аристархова А.А., Бирюлин Ю.Ф., Волков С.С., Новиков С.В., Тимашев М.Ю., Шмарцев Ю.В. // Письма в ЖТФ. 1988. Т. 14. В. 19. С. 1794-1799.

Физико-технический
институт им. А.Ф. Иоффе
АН СССР,
Ленинград

Поступило в Редакцию
10 августа 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 2

26 января 1990 г.

05.3; 07

© 1990

АНИЗОТРОПНОЕ ЛОКАЛЬНОЕ ПЛАВЛЕНИЕ ИМПЛАНТИРОВАННОГО КРЕМНИЯ: СТРУКТУРНЫЕ И ТЕРМОПЛАСТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ

Я.В. Фаттахов, Т.Н. Васильева,
И.Б. Хайбулли

В последнее время большое внимание уделяется исследованию важного физического эффекта — анизотропного локального плавления поверхности полупроводников при облучении мощными импульсами света [1-3]. Интерес к эффекту обусловлен следующим. Во-первых, изучение механизма и закономерностей локального плавления позволяет получить ценную физическую информацию о свойствах полупроводника и процессах, протекающих в образце во время и после действия мощного импульса света. Во-вторых, эти исследования непосредственно связаны с решением важной прикладной проблемы — оптимизацией режимов импульсного светового отжига (ИСО) ионно-легированных слоев (ИЛС), а также кристаллизацией аморфных слоев на изолирующей подложке.

В настоящей работе впервые проведены систематизированные экспериментальные исследования локального плавления имплантированного кремния: влияния мощности и длительности светового импульса, дозы и энергии имплантации, типа иона на плотность, размеры и форму локальных областей плавления (ЛОП).