

- [3] Дашевский М. Я., Докучаева А. А., Корляков Д. Н., Салманов А. Р., Хашимов Ф. Р., Изв. АН СССР. Неорг. матер. 1988. Т. 24. В. 9. С. 1413—1418.  
 [4] Мизрухин Л. В., Мильвидский М. Г., Хируненко Л. И., Шаховцов В. И., Шинкаренко В. К., Горбачева Н. И. // ФТП. 1986. Т. 20. В. 9. С. 1647—1653.  
 [5] Хируненко Л. И., Шаховцов В. И., Шинкаренко В. К. // ФТП. 1986. Т. 20. В. С. 2222—2225.  
 [6] Кустов В. Е., Критская Т. В., Трипачко Н. А., Шаховцов В. И. // ФТП. 1988. Т. 22. В. С. 313—315.  
 [7] Faulkner R. A. // Phys. Rev. 1969. V. 184. N 3. P. 713—721.  
 [8] Navarro H., Griffin J., Weber J., Genzel L. // Sol. St. Commun. 1986. V. 58. N 3. P. 151—155.

Институт физики АН УССР  
Киев

Получено 22.01.1990  
Принято к печати 31.01.1990

ФТП, том 24, вып. 6, 19

## ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ИОННАЯ ИМПЛАНТАЦИЯ МЫШЬЯКА В КРЕМНИЙ

Александров П. А., Баранова Е. К., Бударагин В. В., Демаков К. Д.,  
Котов Е. В., Новиков А. П., Шемардов С. Г.

Решаемая в настоящее время задача создания захороненных инверсионных слоев требует разработки новых технологических режимов введения примеси и специальных методов ионного легирования. Метод высокотемпературной ионной имплантации (ВТИИ) использует повышение температуры мишени в процессе имплантации вплоть до температур, близких к температурам плавления мишени.

Впервые метод ВТИИ был применен для получения захороненного слоя при имплантации Тl в кремний [1]. Впоследствии он был также применен для легирования кремния мелкими примесями, в частности бором [2], галлием [3] и др. Во всех работах, как правило, указывается на глубокое проникновение примеси, высокую степень электрической активации и структурное совершенство получаемых слоев. В настоящей работе с целью изучения возможности получения заглубленного профиля распределения As в Si исследовалось влияние температуры

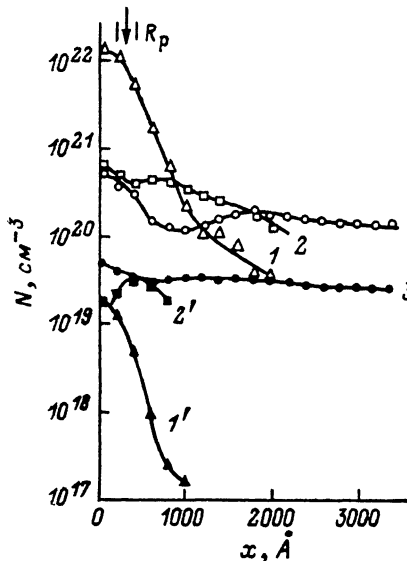


Рис. 1. Распределения внедренного (1—3) и электрически активного (1'—3') As в Si при различных температурах облучения, полученных методами ОРР и эффекта Холла.

$T, ^\circ\text{C}: 1, 1' - 20, 2, 2' - 600, 3, 3' - 1200.$

облучения ( $T_{\text{обл}}$ ) на проникновение и электрическую активацию мышьяка а также на структуру имплантированного слоя.

Мышьяк имплантировали в монокристаллический кремний марки КДБ-4.5 (Ш) на установке ИЛУ-17/4. Энергия ионов 40 кэВ, плотность ионного тока 40 мкА/см², дозы  $10^{17}$  и  $2 \cdot 10^{17}$  ион/см². Температуры мишени при облучении изменялись в диапазоне от 20 до 1200 °С.

Профили распределения внедренной примеси исследовались методом обратного резерфордского рассеяния (ОРР) ионов He<sup>+</sup> с энергией 1.5 МэВ в режима

каналирования, а профили распределения электрически активных атомов — методом измерения слоевой проводимости и эффекта Холла совместно с послойным травлением имплантированного слоя при электролитическом окислении. Кристаллическое состояние поверхности исследовалось методом рентгенографии.

На рис. 1 представлены профили распределения атомов после имплантации, рассчитанные по спектрам ОРР. Анализ концентрационных профилей показал, что количество внедренной примеси, отнесенное к дозе облучения, уменьшается с ростом температуры  $T_{обл}$ . Сравнение концентрационных кривых и распределений электрически активных атомов As позволяет сделать вывод о степени активации внедренной примеси и влиянии на нее температуры мишени в процессе имплантации. Видно, что при  $T_{обл} = 20^\circ\text{C}$  количество электрически активного мышьяка на 2 порядка меньше, чем при  $T_{обл} = 1200^\circ\text{C}$ .

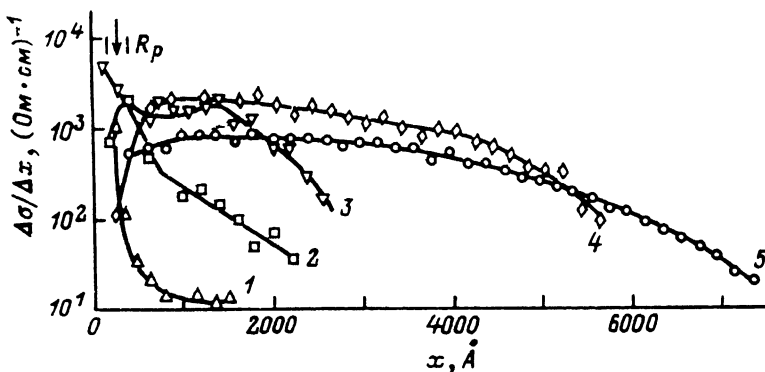


Рис. 2. Профили дифференциальной слоевой проводимости при различных температурах имплантации As в Si.

$T, ^\circ\text{C}$ : 1 — 20, 2 — 600, 3 — 850, 4 — 1050, 5 — 1200.

На рис. 2 приведены профили распределения слоевой проводимости созданных имплантацией инверсионных слоев. Они коррелируют с распределениями мышьяка (рис. 1). Существенное углубление профилей происходит при температурах выше  $850^\circ\text{C}$ . Это явление, по-видимому, определяется радиационно-ускоренной диффузией атомов As в течение имплантации. Приблизительная оценка энергии активации радиационно-ускоренной диффузии, произведенная из кривых  $\sigma(x)$  при различных  $T_{обл}$ ,  $E_a = 1.2$  эВ, при литературных значениях — 4.2 эВ [4].

Исследования имплантированного слоя показали идеальную кристаллическую структуру при  $T_{обл} > 850^\circ\text{C}$ , что позволяет сделать вывод о том, что данный режим может быть одношаговым, заменяющим имплантацию с последующим послеимплантационным отжигом.

Таким образом, метод ВТИИ позволяет получать проникновение As на расстояния, на порядок превышающие  $R_p$ , с образованием в одношаговом режиме инверсионных слоев совершенной кристаллической структуры.

#### Список литературы

- [1] Alexandrov P. A., Baranova E. K., Beloshitskii V. V., Demakov K. D., Starostin V. A. // Rad. Eff. 1986. V. 88. N 3-4. P. 249—267.
- [2] Качурин Г. А., Тыщенко И. Е., Фельсков М. // ФТП. 1987. Т. 21. В. 7. С. 1177—1193.
- [3] Качурин Г. А., Тыщенко И. Е., Степина Н. П., Федина Л. И. // Поверхность. Физика, химия, механика. 1987. № 4. С. 90—93.
- [4] Hadjicantis V., Londo C. A., Eptaxias K. // Phys. St. Sol. (a). 1988. V. 105. N 2. P. K87—K92.

Получено 23.01.1990  
Принято к печати 31.01.1990