

INTERNATIONAL CONFERENCE
ON ION IMPLANTATION
IN SEMICONDUCTORS
Budapest - 1975

- 282 -

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИАЦИОННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ В КРЕМНИИ, ОБЛУЧЕННОМ
ИОНАМИ ФОСФОРА И АРГОНА

Г. Гетц, К.-Д. Клинге, Ф. Швабе

Университет им. Ф. Шиллера, Йена, ГДР

Г. А. Гуманский, В. С. Соловьев, И. С. Ташлыков

Научно-исследовательский институт прикладных физических
проблем белгосуниверситета им. В. И. Ленина, Минск, СССР

Ориентационная зависимость выхода обратного рассеяния /ОР/ высокоэнергетичных протонов или ионов гелия позволяет производить количественную оценку числа дефектов, а также получать их распределение по глубине в имплантированных монокристаллах.

В настоящей работе метод ОР ионов He^+ был применен для анализа профиля нарушений в кремнии, облученном ионами P^+ и Ar^+ с энергией 200 кэВ и дозой $5 \cdot 10^{15}$ ион/см² при температурах мишени 20 и 200°С. С целью получения более подробной информации о глубинном разупорядочении использовался метод послойного травливания анодноокисленных слоев. Применение анодного окисления позволяет не только осуществлять хорошо контролируемое удаление слоев, но и получать очень ровную и чистую поверхность, что чрезвычайно важно при инометрических исследованиях.

На предыдущем совещании в Люблине /ПНР/ мы частично уже сообщали о результатах этих исследований [1, 2,]. Там же подробно описана методика эксперимента и расчетов. Здесь будут представлены дополнительные данные, позволяющие сравнить более детально степень и характер разупорядочения в кремнии, облученном ионами разного сорта.

Рис. 1 иллюстрирует вид спектров ОР от образца кремния после внедрения ионов фосфора, отжига и послойного травливания; остальные спектры во многом похожи на таковые, полученные в случае имплантации аргона и приведенные в [1].

Поэтому экспериментальные результаты, в основном, представлены кривыми профилей нарушений, полученными на основании спектров ОР /рис. 2-6/.

Внедрение ионов P^+ при $20^\circ C$ приводит, как и при имплантации ионов Ag^+ , к образованию сплошного аморфного слоя вблизи поверхности и возникновению остаточного глубинного разупорядочения. Интересно отметить, что несмотря на практически одинаковую толщину аморфных слоев, степень разупорядочения на глубине в случае имплантации аргона больше; особенно это проявляется в области $0,4 - 0,7$ мк. Заметим, что мы осуществляли "неориентированное" облучение большими потоками, когда доля каналированных ионов пренебрежимо мала, и эффектом каналирования невозможно объяснить наличие остаточного глубинного разупорядочения. На наш взгляд здесь имеет место миграция точечных дефектов вглубь кристалла в процессе имплантации, и образование достаточно устойчивых комплексов. Кроме того, при внедрении аргона, видимо, происходит также и заметная миграция самой примеси с последующим образованием скоплений. Именно этим обстоятельством можно объяснить довольно высокую степень разупорядочения на глубине $0,4 - 0,7$ микрон. Трудно сказать, однако, чем вызван процесс миграции аргона. Вероятно, здесь оказываются и химическая природа примеси, и влияние внутренних напряжений, возникающих на границе сильно нарушенный слой - подложка, и возможное действие самого ионного пучка, в результате чего предыдущие атомы аргона, останавливающиеся большей частью в междоузлиях, как бы "заталкиваются" вглубь кристалла.

В гораздо большей степени различие в химической природе примеси проявляется при отжиге, когда аргон имеет тенденцию к образованию газовых пузырьков, а фосфор стремится занять позиции замещения. Остаточные нарушения на глубине отсутствуют, однако, существуют весьма сильные дальнедействующие упругие напряжения, вызванные наличием остаточных нарушений в приповерхностных слоях. Эпитаксиальная рекристаллизация аморфного слоя при отжиге вызывает миграцию аргона к поверхности. Несколько неожиданным является

наличие значительного остаточного разупорядочения в слоях, легированных фосфором, несмотря на то, что при таких температурах отжига большая часть атомов фосфора, как показывают электрические измерения [3], должна входить в узлы решетки. Повидимому, после отжига в легированном слое формируются вторичные дефекты типа дислокационных петель и стержнеобразных дефектов, предположительно связанных с выделениями фосфора [4].

Обратимся теперь к результатам, характеризующим процесс имплантации при 200°C и последующий отжиг. Незначительное различие в степени разупорядочения после имплантации можно объяснить разницей в массах ионов аргона и фосфора, в результате чего количество дефектов, создаваемых одним ионом аргона, больше. Следует отметить исключительно сильное влияние поверхности в процессе динамического отжига во время имплантации; в слое толщиной $0,15$ мк возле поверхности очень мало остаточных нарушений. После внедрения ионов фосфора и удаления достаточно совершенного поверхностного слоя $0,15$ мк также, как и в случае аргона [1], наблюдается эффект увеличения концентрации дефектов в области пика. Этот факт мы связываем с перераспределением внутренних напряжений в образце.

После удаления слоев в $0,5$ мк не удается обнаружить остаточное глубинное разупорядочение с помощью метода ОР.

После удаления слоев в $0,5$ мк не удается обнаружить остаточное глубинное разупорядочение с помощью метода ОР.

Отжиг приводит к более существенному различию в степени разупорядочения и профиле нарушений в образце, облученных ионами аргона и фосфора, что можно объяснить химической природой примеси, хотя в обоих случаях близость

поверхности стимулирует процессы отжига, а эксперименты с послойным стравливанием показывают, что возникает заметное остаточное разупорядочение на глубинах более 0,5 мк. Вероятно, наличие "захороненного" дефектного слоя и связанные с ним сильные внутренние напряжения приводят к пластической деформации решетки при отжиге в глубинных слоях.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- [1] Г. Гетц, К.-Д.Клинге, Ф.Швабе, Г.А.Гуманский, В.С.Соловьев, И.С.Ташлыков.
Материалы Международного совещания по внедрению ионов в полупроводники, Люблин /ПНР/, 1974, /в печати/.
- [2] Ф.Айхорн, Г.Гетц, Ю.Кройсслиж, Ф.Швабе, Г.А.Гуманский, В.С.Соловьев, там же.
- [3] Дж.Мейер, Л.Эрикссон, Дж.Дэвис, Ионное легирование полупроводников, пер. с англ., "Мир", Москва, 1973
- [4] K. Seshan, J.Washburn, Radiat. Eff., 14, № 3 4, 267, 1972

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

- Рис. 1. Спектры ОР ионов He^+ с $E_0 = 1,1 \text{ мэВ}$ от кристалла Si.
 $\Phi_{\text{P}^+} = 5 \cdot 10^{15} \text{ ион/см}^2$, Тимпл. = 20°C , Тотж. = 800°C .
Толщина снятых слоев указана на рис.
Спектр " 0,5 мк" совпадает с исходным.
- Рис. 2. Профили остаточных нарушений после имплантации Ag^+
и отжига. Тимпл. = 20°C .
- Рис. 3. Профиль остаточных нарушений после имплантации P^+ .
Тимпл. = 20°C .
- Рис. 4. Профили нарушений после имплантации P^+ и отжига.
Тимпл. = 20°C .
- Рис. 5. Профили нарушений после имплантации Ag^+ /а/ и отжига
/б/ Тимпл. = 200°C .
- Рис. 6. Профили нарушений после имплантации P^+ /а/ и отжига
/б/ Тимпл. = 200°C .

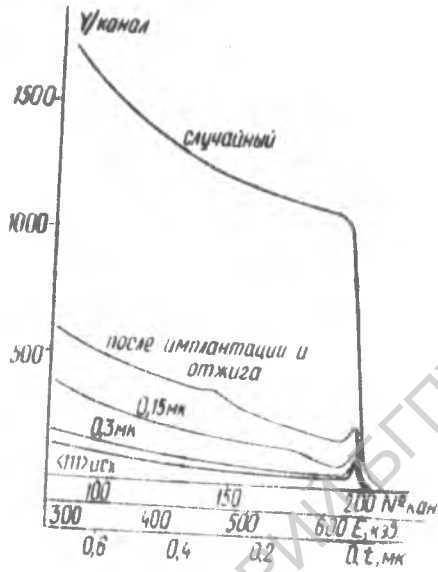


Рис. 1.

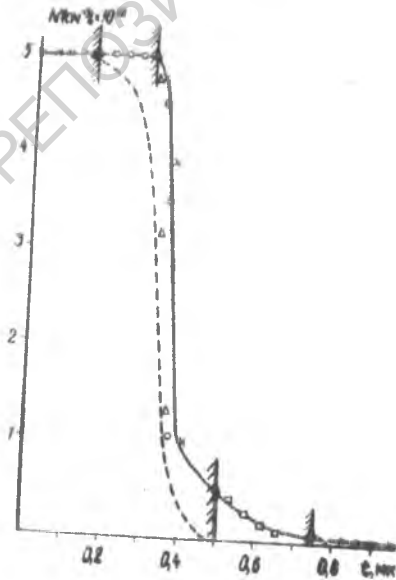


Рис. 2.

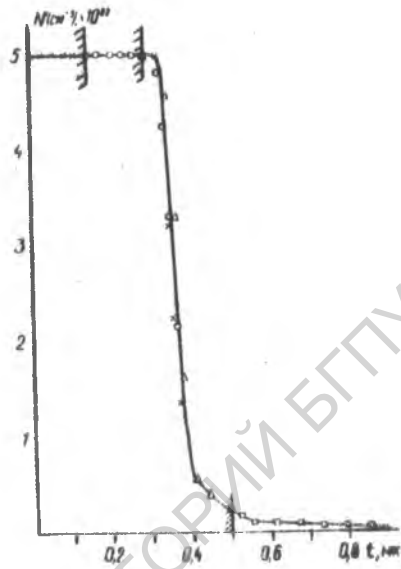


Рис. 3

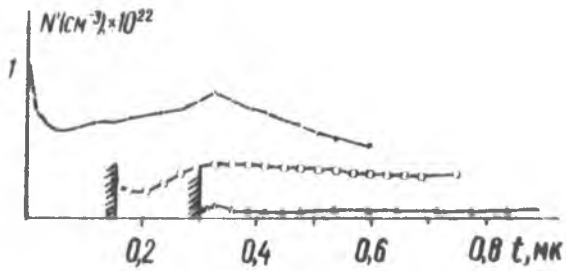


Рис. 4

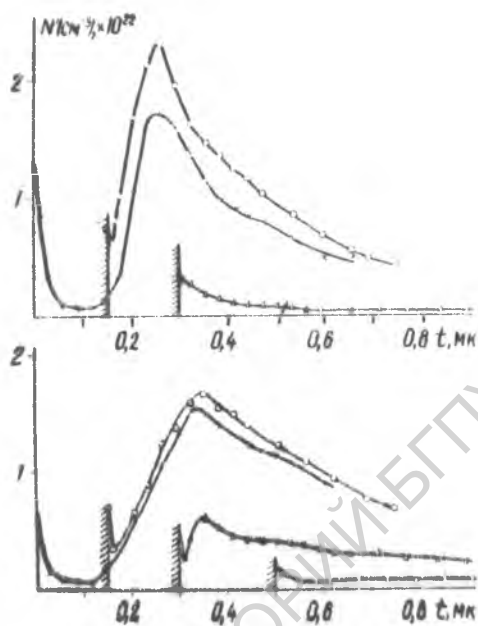


Рис. 5

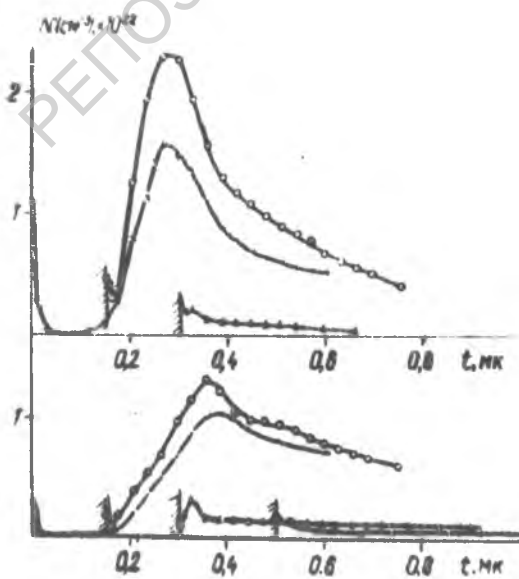


Рис. 6