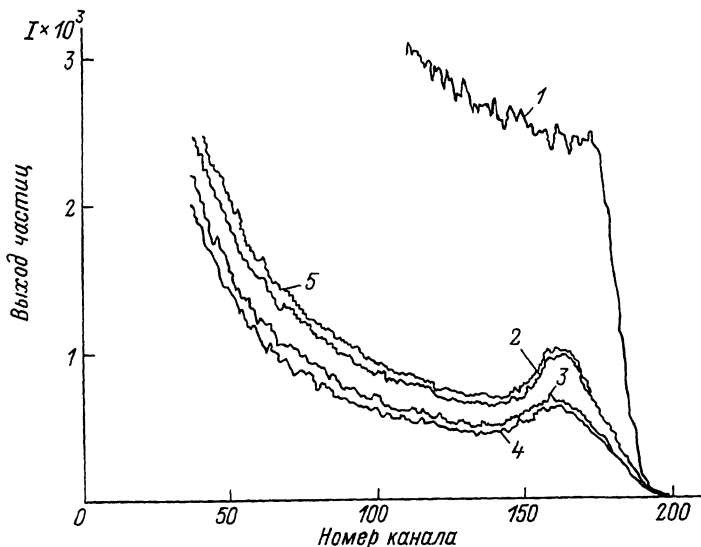


ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ РАДИАЦИОННЫХ
ДЕФЕКТОВ ПРИ ИОННОЙ БОМБАРДИРОВКЕ
КРЕМНИЯ В УСЛОВИЯХ ФОТОВОЗБУЖДЕНИЯА.Б. Д а н и л и н, Ю.Н. Е р о х и н,
В.Н. М о р д к о в и ч

Установлено, что облучение светом в процессе ионной имплантации оказывает существенное влияние на процесс накопления радиационных нарушений в кремнии [1]. Известно также, что по мере роста дозы имплантации наблюдается усложнение структуры дефектов (например, увеличение количества вакансий в составе дефектного комплекса) [2]. В связи с этим возникает вопрос, в какой мере эффекты фотозобуждения связаны с природой радиационных дефектов.

С этой целью мы исследовали влияние фотозобуждения на разных стадиях имплантации на концентрацию дефектов в кремнии. В опытах использовался кремний р-типа с концентрацией основных носителей $1.5 \cdot 10^{15}$ и $2 \cdot 10^{17}$ см⁻³ и ориентацией (111). Имплантация проводилась при комнатной температуре ионами фосфора с энергией 90 кэВ и дозой $3 \cdot 10^{14}$ см⁻². Плотность ионного тока составляла 50 нА·см⁻². Данная величина обеспечивала отсутствие радиационного разогрева и минимальный уровень возбуждения электронной подсистемы кристалла за счет неупругих потерь энергии ионов. Часть образцов в процессе имплантации подвергалась дополнительному ионизирующему воздействию света ртутной лампы высокого давления. Плотность мощности светового потока на поверхности образцов составляла 60 мВт·см⁻². При этом ряд образцов облучался светом только в процессе набора первой половины дозы, другие – во второй, образцы из третьей группы – на протяжении



Спектры ионов гелия, рассеянных на монокристаллах кремния.

1 - неориентированный пучок, 2 - имплантация без фотовозбуждения, 3 - с фотовозбуждением в течение набора полной дозы, 4 - с фотовозбуждением в течение набора первой половины полной дозы, 5 - с фотовозбуждением в течение набора второй половины полной дозы.

всего процесса. Контрольные образцы имплантировались без дополнительной подсветки. Исследование дефектности облученного ионами слоя осуществлялось методом резерфордского обратного рассеяния с каналированием. В качестве анализирующего пучка использовался пучок ионов He^{++} с энергией 800 кэВ. Регистрировались частицы, рассеянные на угол 160° .

На рисунке приведены спектры резерфордского рассеяния в образцах с концентрацией основных носителей $2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$. Из полученных экспериментальных данных можно сделать вывод о том, что освещение кремния на начальном этапе имплантации заметно уменьшает концентрацию радиационных дефектов. В то же время фотовозбуждение только при больших дозах облучения приводит к некоторому увеличению дефектности слоя. Значительной разницы в дефектности слоев кремния в зависимости от исходного уровня легирования кристаллов обнаружено не было. Очевидно, что для проявления стимулирующего действия света необходимо присутствие в кристалле неравновесных носителей заряда обоих типов. Действительно, при наших условиях фотовозбуждения количество рожденных светом электронно-дырочных пар таково, что число актов генерации-реком-

бинации составляет величину порядка $10^{21} \text{ см}^{-3} \text{ с}^{-1}$. Это свидетельствует о значительном локальном выделении энергии в дефектном слое в процессе рекомбинации.

По всей вероятности, дополнительная энергия, выделяющаяся на дефектных центрах, способна стимулировать отжиг простых по структуре дефектов, образующихся на ранней стадии формирования разупорядоченной области (например, дивакансий). В то же время этой энергии не достаточно, чтобы вызвать отжиг более сложных вакансионных комплексов. Этим, по-видимому, объясняется существенное уменьшение концентрации радиационных дефектов при освещении образцов на начальной стадии имплантации и некоторое увеличение дефектности в случае освещения при больших дозах облучения. Известно [2], что процесс формирования устойчивых радиационных дефектов в кремнии, подвергнутом ионной бомбардировке, включает как квазихимические реакции в области каскада соударений, приводящие к формированию разупорядоченной области, включающей сложные дефектные комплексы, так и образование более простых по структуре дефектов за пределами этой области. Вызванный фото-возбуждением распад последних должен стимулировать конденсацию подвижных вакансий на сложные комплексы в пределах разупорядоченной области, что приводит к увеличению интегральной дефектности слоя. Такой механизм соответствует модели аморфизации, основанной на накоплении многовакансионных комплексов путем конденсации подвижных вакансий на зародышах [3].

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Е р о х и н Ю.Н., И т а л ь я н ц е в А.Г., М о р д к о в и ч В.Н. // Письма в ЖТФ. 1988. Т. 14. № 9. С. 835-838.
- [2] Физические процессы в облученных полупроводниках / Под ред. Л.С. Смирнова. Новосибирск: Наука. 1977. 256 с.
- [3] D a n i l i n A.B., M o r d k o v i c h V.N. // International Conference on Ion Implantation in semiconductors and other materials. Sept. 12-17. 1988. Lublin. Poland. P. 52.

Институт проблем технологии
микроэлектроники и
особочистых материалов,
АН СССР Черноголовка

Поступило в Редакцию
7 июля 1989 г.