

КРЕМНИЙ С НАНОРАЗМЕРНЫМИ ОБЛАСТЯМИ РАЗУПОРЯДОЧЕНИЯ

Богатов Н.М., Коваленко М.С.

Кубанский государственный университет, bogatov@phys.kubsu.ru

Краснодар, Россия

Использование активных областей с размерами менее 100 нм – одна из основных тенденций развития современных полупроводниковых технологий, т.к. полупроводниковые структуры с такими областями приобретают новые свойства. Облучение потоком ионизирующих частиц – один из методов изменения свойств материалов и структур. Этот метод позволяет осуществлять локальное воздействие на кремний и изменять его свойства в наноразмерных областях.

Радиационное дефектообразование традиционно рассматривается как причина деградации параметров кремния и приборов на его основе. С научной и практической точек зрения представляет интерес поиск положительных сторон в этом процессе: обнаружение новых свойств, обусловленных радиационными дефектами, создание материалов и приборов, использующих эти свойства. Исследование механизмов образования радиационных дефектов – актуальная задача современной физики. Наиболее полно изучены свойства точечных дефектов и их комплексов. Эти дефекты создают искажения кристаллического поля размером несколько периодов решётки. Более крупные образования – области разупорядочения с радиусом от 10 до 100 нм исследованы не столь полно. Их можно рассматривать как вкрапления аморфной фазы. С этой точки зрения структура переменного состава с наноразмерными областями разупорядочения является материалом, обладающим новыми свойствами.

Образование областей разупорядочения в кремнии под действием потока электронов или протонов рассчитано численно на основе модели [1]. Полученные зависимости среднего радиуса области разупорядочения R_{do} и числа неаннигилировавших вакансий N_{vdo} , из которых она формируется, от энергии ионизирующих частиц показаны на рис. 1, рис. 2. Эти результаты показывают, что области разупорядочения являются наномасштабными объектами с радиусом от 10 до 100 нм, в которых достигается высокая плотность нарушенных валентных связей, обуславливающих энергетические состояния в запрещённой зоне, аналогично поверхностным состояниям. Эти состояния могут служить центрами захвата неравновесных электронов или дырок.

Рассмотрены процессы взаимодействия электромагнитного излучения и транспорта носителей заряда в структурах с n-p-переходами и областями разупорядочения. Выдвинута гипотеза о возникновении наноразмерных центров неравновесного объёмного заряда. Если

эти центры находятся в области пространственного заряда p-p-перехода, то его электрофизические свойства изменяются, появляются дополнительные механизмы нелинейности вольтамперной характеристики.

Кремний с наноразмерными областями разупорядочения предлагается использовать для создания оптических элементов памяти, использующих эффект накопления неравновесного объёмного заряда в области пространственного заряда p-p-перехода. В единой матрице кристалла создаются ячейки, содержащие наномасштабный p-p-переход. В n-области расположены области разупорядочения. Падающий на ячейку луч света приводит к генерации электронно-дырочных пар. Нарушенные валентные связи наноразмерных областей разупорядочения захватывают носители заряда определённого типа. Таким образом, заряд в p-p-переходе меняется. Изменение интенсивности падающего луча света позволяет варьировать захватываемый заряд. Время существования такого заряда 10 и более секунд. Поэтому информацию, переданную излучением, можно считывать достаточно долгое время.

Принципиальным эффектом от разработки новых элементов оптоэлектроники, основанных на данном эффекте, является достижение сверх большой пропускной способности оптических каналов передачи информации, например, мегаразрядной и гигааразрядной оптической шины.

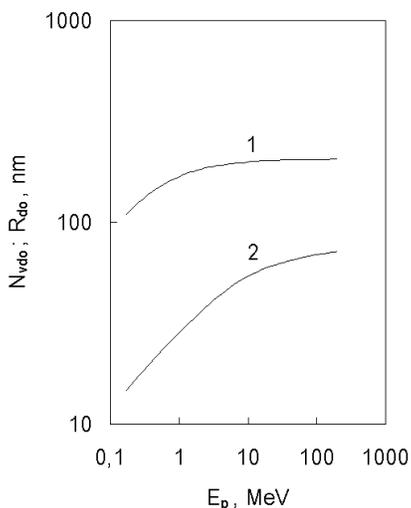


Рис. 1. Зависимость параметров области разупорядочения от энергии налетающих протонов: 1 – N_{vdo} ; 2 – R_{do}

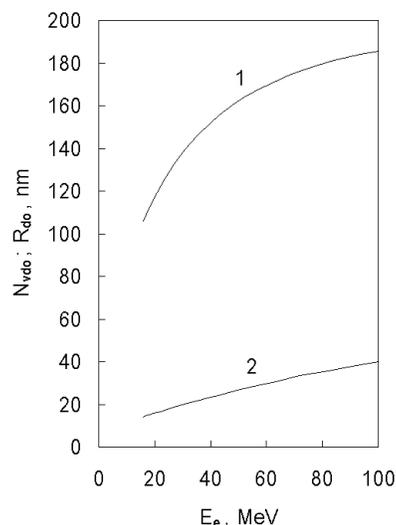


Рис. 2. Зависимость параметров области разупорядочения от энергии налетающих электронов: 1 – N_{vdo} ; 2 – R_{do}

1. Богатов Н.М. Радиационные дефекты в кремнии, выращенном методом Чохральского. // Поверхность. 1999. №3. С. 72 - 78.