

Отзыв

на автореферат диссертации Баранова Глеба Владимировича
«Эффекты пространственного распределения дефектов и примесных атомов в
слоистых структурах на основе Si при ионной имплантации», представленной на
соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности
05.27.01 – твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты,
микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах

Тема диссертации Г.В. Баранова весьма актуальна. Ионная имплантация в кремний является ключевой технологией микроэлектроники, что определило огромное количество работ, посвященных этому методу. Однако, на современном этапе перед технологами и исследователями встали новые задачи, связанные с уменьшением проектных норм на размеры элементов интегральных схем (ИС) и с возрастающим применением гетерогенных, в том числе слоистых, структур. В этих условиях весьма важно принимать во внимание особенности распределений имплантированных примесей с учетом их взаимодействия с диффузионными потоками точечных дефектов и с границами раздела фаз, силовых полей и других факторов, связанных с переходом масштабов структур в область наноразмеров.

В работе убедительно показано, что, используя закономерности пространственного разделения вакансий (V) и собственных междоузельных атомов (I) кремния в системе SiO_2/Si при ионной имплантации, можно эффективно управлять потоками и степенью диффузионного размытия профилей примесей Sb и As. Найдены и реализованы условия, при которых диффузия примесей может быть существенно ослаблена, либо усилена. Это весьма важно для технологии ИС и ее дальнейшего развития.

Интерес представляют полученные автором экспериментальные данные о влиянии покрытия кремния различными диэлектриками на распределение и знак деформации решетки кремния вблизи границы раздела фаз при ионном облучении, а также выполненные в работе расчеты распределений локальных напряжений в подложке кремния под вскрытым окном в маске SiO_2 .

Работа Г.В. Баранова, будучи в основном экспериментальной, содержит довольно большое количество теоретических оценок и расчетов, что повышает ее научный уровень. Диссертация вносит существенный вклад в развитие физических основ ионной имплантации микроструктур, создаваемых на базе кремния.

Вместе с тем, можно отметить некоторые недостатки.

1) В автореферате не уточняется принятая автором физическая модель, которая объясняет механизм разделения профилей V и I. Судя по тексту стр.10 автореферата (а также тексту самой диссертации), предполагается, что в качестве первопричины разделения служат динамические процессы при атомных столкновениях. Между тем, расчеты по программе SRIM не дают достаточных оснований для такой модели, даже с учетом рекомбинации V и I области перекрытия распределений, так как эти распределения (без учета диффузии) практически совпадают.

2) На стр. 18 приведено распределение электрического поля в структуре непосредственно после облучения. Желательно было бы обсудить изменения этой картины при отжигах (когда, собственно, и формируются легированные области). Это относится и к полю упругих напряжений. Кроме того, желательно оценить верхний предел доз, при которых


приведенные расчеты электрического поля еще справедливы (понятие «малые дозы» слишком растяжимо), для разных степеней легирования исходного кремния.

3) Допущены некоторые неточности и ошибки. Так, на стр. 10 дается определение параметра Δ , как «глубины разделения максимумов I и V». По-видимому, в действительности имеется в виду не глубина, а расстояние между максимумами распределений I и V. Там же сказано, что «снижение энергии имплантации сопровождается приближением границы к области дефектообразования». Но это утверждение справедливо лишь при значениях R_D , превышающих толщину пленки (R_D – глубина максимума распределения V). В подписях к осям абсцисс на рис. 9 вместо слова «Глубина» должно стоять «Расстояние от центральной оси окна»: глубина там фиксирована и равна R_p – см. подпись к рисунку. Не расшифрован смысл параметра ω в формуле (3).

Эти недостатки не умаляют в целом высокой оценки данной работы, которая содержит комплекс важных результатов и свидетельствует о высокой научной квалификации автора. Диссертация удовлетворяет всем требованиям ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор Баранов Г.В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.27.01 – твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах.

22.11.2018

Тетельбаум Давид Исаакович,
доктор физико-математических наук, профессор,
ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского
физико-технического института (НИФТИ)
Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского
Почтовый адрес: 603950, Нижний Новгород, пр. Гагарина, дом 23, корп. 3
Номер телефона: 8 (960) 1711942
Адрес электронной почты: tetelbaum@phys.unn.ru


(Тетельбаум Д.И.)

Подпись Тетельбаума Д.И. заверяю:



