

О влиянии температуры облучения на эффективность образования радиационных дефектов в кремнии *n*- и *p*-типа

Медведева И.Ф.¹⁾, Мурин Л.И.²⁾, Литвинко А.Г.³⁾, Маркевич В.П.⁴⁾, Гусаков В.Е.²⁾,
Ластовский С.Б.²⁾

medvedeva@iftp.bas-net.by

¹⁾ Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск, Республика Беларусь

²⁾ ГО «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по материаловедению», г. Минск, Республика Беларусь

³⁾ Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь

⁴⁾ The University of Manchester, Manchester M60 1QD, United Kingdom

Процессы радиационного дефектообразования в кремнии изучены достаточно хорошо. Однако, даже для случая облучения кристаллов Si быстрыми электронами и γ -квантами ^{60}Co , ряд вопросов радиационной физики остается открытым до сих пор. Это относится и к пониманию механизмов влияния температуры облучения на эффективность введения дефектов. В частности, хорошо известно, что с повышением температуры облучения ($T_{\text{обл}}$) вакансии и междоузельные атомы (собственные и примесные) образуют все более устойчивые комплексы между собой и с примесями. Как правило, такие же комплексы образуются в процессе отжига кристаллов кремния, облученных при более низких температурах. Однако низкотемпературное облучение с последующим отжигом не **равноценно** облучению при более высоких температурах: эффективности введения одних и тех же радиационных дефектов (РД) в обоих случаях могут резко отличаться [1]. Настоящая работа посвящена выяснению возможных причин данного явления.

Нами исследовались промышленные кристаллы кремния *n*- и *p*-типа, полученные методом Чохральского и методом зонной плавки в вакууме, с удельным сопротивлением 2-1000 Ом·см. Образцы облучались γ -квантами ^{60}Co ($T_{\text{обл}} = 78 - 473 \text{ K}$) и быстрыми электронами ($E = 4$ и 6 МэВ , $T_{\text{обл}} = 78 - 773 \text{ K}$). Изохронные отжиги проводились в интервале температур 78 – 773 К. Положение энергетических уровней РД и их концентрация определялись методами эффекта Холла и DLTS.

В результате исследований проведена идентификация основных электрически активных РД в исследуемых кристаллах. Получены зависимости эффективности их образования от температуры облучения в кристаллах Si с различным уровнем легирования и различным примесно-дефектным составом. Сделано заключение, что наблюдаемые изменения эффективности введения радиационно-индуцированных центров в области их термической устойчивости обусловлены преимущественно первичными процессами, т.е. изменением скорости генерации свободных вакансий (*V*) и собственных междоузельных атомов кремния (*I*). Установлено, что скорости генерации свободных *V* и *I* при облучении γ -квантами ^{60}Co и быстрыми электронами существенно зависят как от положения уровня Ферми в кристаллах Si, так и непосредственно от температуры облучаемых кристаллов.

Проведен теоретический анализ влияния температуры облучения на скорость формирования вторичных радиационно-индуцированных центров в Si. Показано, что увеличение скорости формирования вторичных РД с ростом $T_{\text{обл}}$ преимущественно обусловлено увеличением вероятности разделения пар Френкеля. Выполнены количественные оценки увеличения скорости формирования РД с ростом $T_{\text{обл}}$, которые согласуются с экспериментальными данными по "горячему" облучению кристаллов Si.

Литература

1. В.В. Емцев, Т.В. Машовец. *Примеси и точечные дефекты в полупроводниках*. (М., Радио и связь, 1981) с. 248.