

ВЛИЯНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА НА СКОРОСТЬ ДЕГРАДАЦИИ ПАРАМЕТРОВ P-P-ПЕРЕХОДА

М.Я. Бакиров, Р.С. Мадатов, С.И. Таиров,
И.А. Кабулов, К.А. Джафаров,
А.М. Аплахвердиев

При облучении полупроводниковых приборов проникающей радиацией вследствие уменьшения времени жизни носителей заряда, обусловленного введением в область базы радиационных дефектов, происходит деградация их параметров [1-5]. При этом под воздействием облучения возможно направленное перемещение примесных атомов, приводящее к перераспределению примесей. В связи с этим можно ожидать, что облучение образцов, содержащих неравномерное распределение легирующей примеси, в направлении и противоположно направлению градиента концентрации примеси, должно по разному изменять концентрационный профиль примеси и тем самым влиять на скорость деградации параметров р-р-переходов.

В настоящей работе приводятся результаты исследования влияния направления электронного пучка на скорость деградации параметров р-р-переходов в фотоэлементах с двусторонней чувствительностью, связанной с изменением концентрационного профиля легирующей примеси излучением.

В качестве объекта исследования использовались фотоэлементы с двусторонней чувствительностью, с двумя р-р-переходами (p^+-p^+), созданными симметрично с обеих сторон плоскопараллельных пластин монокристалла твердого раствора *Ge-Si*. Р-р-переходы создавались диффузией сурьмы ($T=850^\circ\text{C}$, $t=40$ мин) в р-тип кристаллы с исходной концентрацией дырок $5.6 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$. Глубина залегания р-р-переходов, выявленная травлением торцевых поверхностей образцов в СР-4, составляла около 4 мкм. Образцы подвергались облучению электронами с энергией 5 МэВ при комнатной температуре. При облучении образцы располагались относительно электронного пучка таким образом, чтобы направление пучка было перпендикулярно плоскости р-р-переходов. При этом в переднем р-р-переходе направление градиента концентрации сурьмы совпало с направлением электронного пучка, а в тыльном было противоположно направлению электронного пучка.

На рис. 1 приведены нагрузочные вольт-амперные характеристики обоих р-р-переходов, снятых при идентичных условиях ($T=300\text{K}$, $P=100 \text{ мВт/см}^2$) до и после облучения. Видно, что скорость деградации $J_{\text{из}}$ и $U_{\text{ох}}$ однозначно зависит от направления облучения. Более значительное ухудшение параметров наблюдается в р-р-переходе, в котором направление градиента концентрации сурьмы совпадает с направлением электронного пучка. С увеличением интеграль-

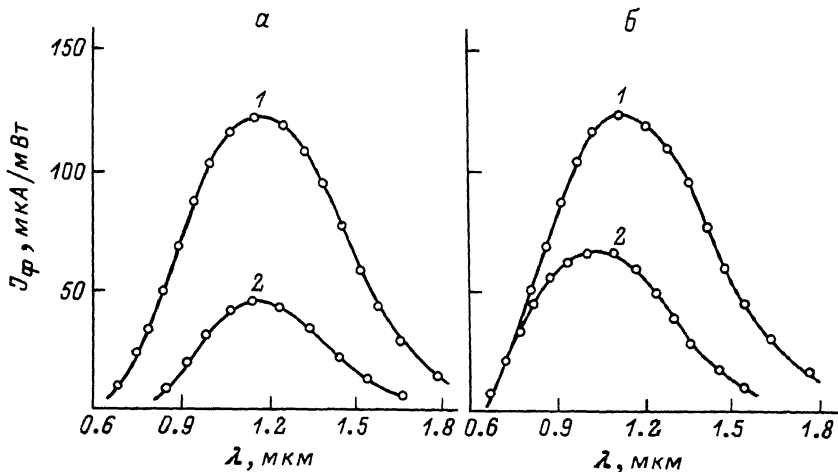


Рис. 1. Вольт-амперные характеристики фотоэлементов на основе $Ge-Si$ с двусторонней чувствительностью до (1) и после (2) облучения электронами с энергией 5 МэВ в дозе 10^{16} см^{-2} . а) Направление электронного пучка совпадает с направлением градиента концентрации легирующей примеси. б) Направление электронного пучка противоположно направлению градиента концентрации легирующей примеси.

ного потока электронов зависимость скорости деградации параметров р-п-переходов от направления электронного пучка ослабевает.

Измерение спектрального распределения fotocувствительности показало, что в р-п-переходе, подвергнутом облучению электронами, направление движения которых совпадало с направлением градиента концентрации легирующей примеси, fotocувствительность после облучения уменьшается во всем рабочем диапазоне длин волн (рис. 2, а), а в р-п-переходе, облученном электронами, направление движения которых было противоположно направлению градиента концентрации примеси, уменьшение чувствительности наблюдается в длинноволновой части спектра и в области максимума (рис. 2, б).

Значение коэффициента β , характеризующего рекомбинационно-генерационные процессы в слое объемного заряда, определяемое по наклону графика $I_{\phi} J_{K3}$ от U_{xx} , показывает, что для обоих р-п-переходов до облучения $\beta = 1.67$. При облучении р-п-перехода, для которого направления электронного пучка и градиента концентрации сурьмы были противоположны, значение β не изменялось, а в р-п-переходе, для которого направление градиента концентрации сурьмы совпало с направлением электронного пучка после облучения, β увеличивалась (3.3).

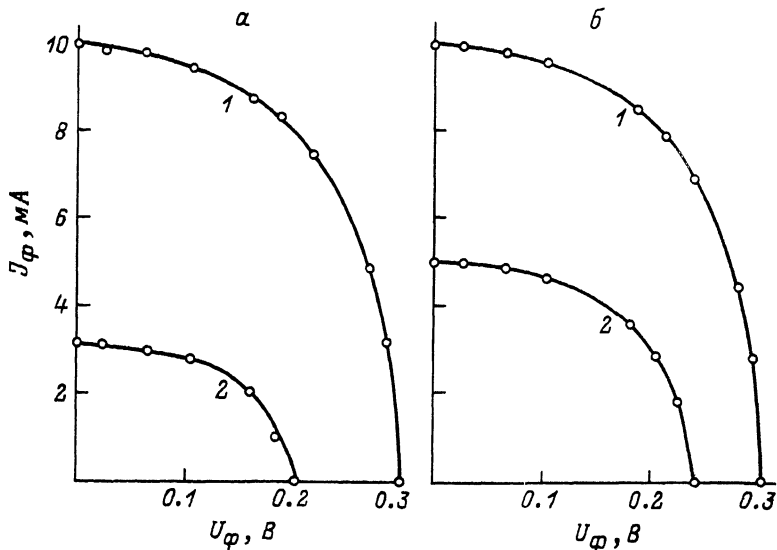


Рис. 2. Спектральные характеристики фотоэлементов на основе $Ge-Si$ с двусторонней чувствительностью до (1) и после (2) облучения электронами с энергией 5 МэВ в дозе 10^{16} см^{-2} . а) Направление электронного пучка совпадает с направлением градиента концентрации легирующей примеси. б) Направление электронного пучка противоположно направлению градиента концентрации легирующей примеси.

Спад фоточувствительности во всем рабочем диапазоне и увеличение коэффициента β при облучении р-п-переходов, для которых направление электронного пучка совпадает с направлением градиента легирующей примеси, показывают, что под действием облучения происходило изменение в слое объемного заряда.

Емкостные измерения показали, что ширина р-п-перехода, в котором направление градиента концентрации сурьмы совпало с направлением электронного пучка, при облучении значительно увеличивалась.

Полученные результаты объясняются в предположении, что при совпадении направлений градиента концентрации легирующей примеси и электронного пучка возможно увеличение примесных атомов электронами [6, 7]. В состоянии равновесия электрическое поле р-п-перехода уравновешивает диффузионный поток легирующей примеси. В процессе облучения поле р-п-перехода уменьшается (в следствие генерации электронно-дырочных пар и компенсации пространственных зарядов), что приводит к увеличению диффузионного потока примеси в области р-п-перехода. На этот процесс дополнительно накладывается направленный поток примесных атомов, обусловленный передачей импульса электронами атомам примеси.

Таким образом, на примере фотоэлементов с двусторонней чувствительностью с двумя р-п-переходами обнаружена зависимость скорости деградации параметров р-п-переходов от направления облучения. Наблюдаемый эффект влияния направленности облучения связан с передачей импульса быстрыми частицами примесным атомам, приводящий к увеличению примесных атомов, а тем самым и к расширению р-п-перехода.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] В а в и л о в В.С., У х и н Н.А. Радиационные эффекты в полупроводниках и полупроводниковых приборах. М.: Атомиздат, 1969. 311 с.
- [2] К о р ш у н о в Ф.П., Г а т а л ь с к и й Г.В., И в а н о в Г.М. Радиационные эффекты в полупроводниковых приборах. Минск: Наука и техника, 1978. 231 с.
- [3] Г р и г о р ь е в а Г.М., К р е н и н Л.Б., Л а н д с м а н А.П. // Гелиотехника. 1971. № 5. С. 3-16.
- [4] А р и ф о в У.А., А р с е н и н В.В., К у л а ч и н А.И., Ч и р в а В. // Гелиотехника. 1978. № 1. С. 80-84.
- [5] Г е р а с и м о в Е.М., Г р и г о р ь е в а Г.М., Ч е т в е р и к о в а Г.А. // Гелиотехника. 1977. № 2. С. 3-8.
- [6] С е р я г и н В.Г., С е р я г и н а П.В., С м и р н о в Л.С., Р о м а н о в С.И., О б о д н и к о в В.И. // ФТП. 1973. Т. 1. В. 1. С. 183-185.
- [7] Д ж а ф а р о в Т.Д. Тез. докл. 1 Всес. семинара „Низкотемпературное легирование полупроводниковых и многослойных структур микроэлектроники“. Устинов, 1987. С. 14.

Поступило в Редакцию
21 декабря 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 5
06.3; 07

12 марта 1989 г.

ГЕНЕРАЦИЯ ВТОРОЙ ГАРМОНИКИ В МНОГОСЛОЙНОМ ОПТИЧЕСКОМ ВОЛНОВОДЕ ИЗ СВЕРХТОНКИХ АМОРФНЫХ ПЛЕНОК

В.Е. Сотин, В.И. Анкинин, А.Ю. Агапов, В.М. Шевцов

В настоящее время внимание исследователей, работающих в области нелинейной интегральной оптики, привлекают, наряду с традиционными градиентными планарными и канальными волноводными структурами, нелинейные пленочные волноводы [1]. Для достижения