

ВЛИЯНИЕ РАДИАЦИИ НА ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ФОТОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ Ge—Si

Аллахвердиев А. М., Бакиров М. Я., Мадатов Р. С., Кабулов И. А.

Благодаря специфическим особенностям твердые растворы в последние годы используются для изготовления преобразователей длинноволнового солнечного излучения [1-3]. Перспектива широкого использования этих фотопреобразователей, в том числе в условиях воздействия жестких излучений делает необходимым исследование их радиационной стойкости.

В настоящей работе приводятся некоторые результаты исследования действия электронного облучения с энергией 5 МэВ и протонного облучения с энергией 200 кэВ на фотоэлектрические параметры фотопреобразователей

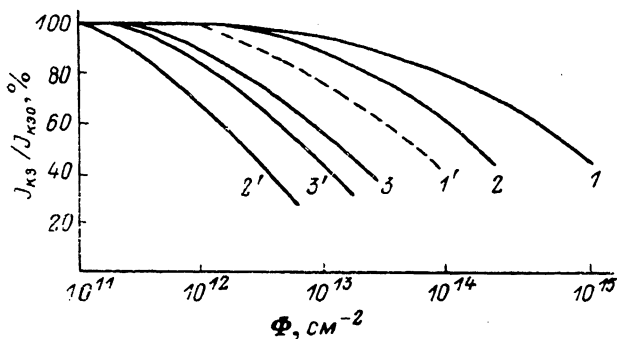


Рис. 1. Дозовая зависимость фототока короткого замыкания для фотопреобразователей на основе $\text{Ge}_{0.88}\text{Si}_{0.12}$ (1—1'), Si (3—3'), GaAs (2—2') для электронов с энергией 5 МэВ (1—3), для протонов с энергией 200 кэВ (1'—3').

на основе твердого раствора 88 ат% Ge+12 ат% Si. Исследуемые образцы были изготовлены диффузией сурьмы в кристаллы *p*-типа с исходной концентрацией дырок $4.6 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$. Толщина базы была ~ 300 мкм, а глубина залегания ~ 2 мкм.

При условии AM1 эти преобразователи давали фототок холостого хода 0.3 В и фототок короткого замыкания 30 мА/см^2 .

Облучение образцов производилось потоками электронов от 10^{11} до 10^{15} и протонов от 10^{10} до 10^{15} см^{-2} при комнатной температуре.

Исследование дозовой зависимости фототока показало, что при одинаковых условиях облучения деградация фототока в образцах на основе твердого раствора $\text{Ge}_{0.88}\text{Si}_{0.12}$ значительно слабее, чем в кремниевых и арсенид-галлиевых фотопреобразователях (рис. 1). Критический интегральный поток электронов ($\Phi_{\text{к}}$) для фотопреобразователей на основе твердого раствора $\text{Ge}_{0.88}\text{Si}_{0.12}$ составляет $4 \cdot 10^{14}$, а для кремниевых и арсенид-галлиевых $6 \cdot 10^{12}$ и $8 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-2}$ соответственно. В случае протонного облучения $\Phi_{\text{к}}$ для фотопреобразователей на основе $\text{Ge}_{0.88}\text{Si}_{0.12}$ равен 10^{13} см^{-2} , а для кремниевых и арсенид-галлиевых $2 \cdot 10^{12}$ и $8 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2}$ соответственно.

Большая стабильность $I_{\text{к}}$ в фотопреобразователях на основе $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ под действием облучения обусловлена двумя причинами: низкой скоростью введения радиационных дефектов в монокристаллы $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ *p*-типа и односторонним сборением носителей, приводящим к снижению коэффициента сбора только в длинноволновой области спектральной чувствительности, что доказано снятием спектральной характеристики до и после облучения.

При этом наблюдалось уменьшение чувствительности главным образом в области максимума и длинноволновой части спектра, обусловленной образованием радиационных дефектов в области базы (рис. 2, кривая 2). Одностороннее собрание носителей доказано также измерением дозовой зависимости $I_{\text{к}}$.

и $U_{\text{эл}}$. Было установлено, что в исследуемых образцах при электронном и протонном облучении уменьшение фототока короткого замыкания происходит сильнее, чем спад фотонапряжения холостого хода.

Измерение времени жизни показало, что с увеличением дозы облучения время жизни неосновных носителей заряда в базе $p-n$ -перехода монотонно уменьшается. Найдено, что величина коэффициента деградации времени жизни в исследуемых образцах составляет $6.2 \cdot 10^{-7}$ см²/с·электрон, что на один порядок меньше, чем для кремния [4].

Деградация $I_{\text{кз}}$ объясняется падением времени жизни неосновных носителей заряда и связанной с ним диффузионной длины $L = \sqrt{D\tau}$, а также коэффициента сбора носителей заряда со стороны базы. Облучение фотопреобразователя приводит к образованию радиационных дефектов в базе, часть которых, взаимодействуя с примесями и структурными дефектами, создает комплексы, которые играют роль центров ре-

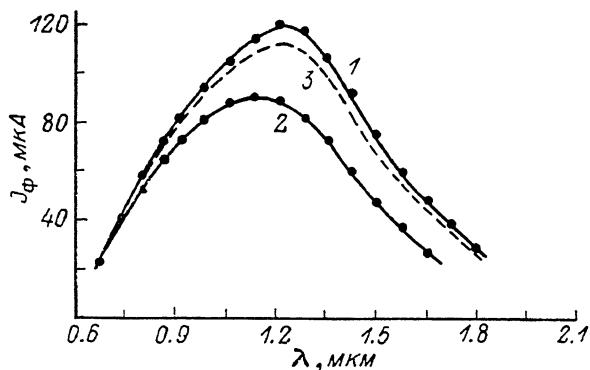


Рис. 2. Спектральные характеристики $p-n$ -переходов на основе $\text{Ge}_{0.88}\text{Si}_{0.12}$.

1 — без облучения, 2 — после облучения электронами с энергией 5 МэВ, 3 — после термического отжига при 200 °С.

комбинации. Так как время жизни обратно пропорционально концентрации центров рекомбинации, которая растет с увеличением дозы облучения, то время жизни уменьшается.

Сравнительно небольшая деградация $U_{\text{хх}}$ объясняется тем, что в результате радиационного облучения не изменяется механизм протекания тока, т. е. не создаются радиационные дефекты в области объемного заряда.

Изучалось восстановление фотоэнергетических параметров при отжиге облученных фотопреобразователей. При этом установили, что с повышением температуры отжига фотоэнергетические параметры постепенно восстанавливаются. Однако даже при высокой температуре (350—400 °С) полное восстановление характеристик не происходило (рис. 2, кривая 3). Предполагается, что при термическом отжиге происходили частичный распад комплексов и аннигиляция простых дефектов, в результате чего увеличивалась диффузионная длина электронов в базе. Частичное восстановление характеристик показывает, что или не все комплексы распадаются при данной температуре, или, распадаясь, образуют другие устойчивые дефекты.

Таким образом, большая радиационная стабильность основных фотоэнергетических параметров в сочетании с высокой эффективностью преобразования длинноволнового солнечного излучения создают дополнительные преимущества для использования фотопреобразователей на основе твердого раствора Ge-Si .

Список литературы

- [1] Бакиров М. Я., Мадатов Р. С., Мустафаев Ю. М., Гасымов Р. Б. // Гелиотехника. 1986. № 9. С. 8—9.
- [2] Бакиров М. Я., Мадатов Р. С., Мустафаев Ю. М. // ДАН АзССР. 1978. № 10. С. 25—27.
- [3] Morton G. A., Schulz M. L., Harty W. E. // RCA Review. 1959. V. 20. P. 599—634.
- [4] Григорьева Г. М., Крейнин Л. Б., Ландсман А. П. // Гелиотехника. 1971. № 5. С. 9.

Сектор радиационных исследований
АН АзССР
Баку

Получено 16.04.1990
Принято к печати 10.09.1990