

ВОЗДЕЙСТВИЕ РАДИАЦИИ И ОСВЕЩЕНИЯ НА ПРОЦЕСС ОБРАЗОВАНИЯ И ОТЖИГА ДЕФЕКТОВ В ГЕРМАНИИ

Р.С. МАДАТОВ, Г.М. ГАСУМОВ, Т.Б. ТАГИЕВ, А.И. АЛИЕВ

Сектор Радиационных Исследований АН Азербайджана

370143, Баку, пр. Г. Джавида 31^а

Приводятся результаты экспериментальных исследований влияния дефектов, возникающих в Ge n-типа, при сопряженном действии ускоренных электронов и освещения на спектральное распределение фоточувствительности. Показано, что при совместном действии радиации и освещения происходит перезарядка энергетических уровней и рекомбинация электронно-дырочных пар на дефектах. При этом энергия безизлучательных рекомбинаций передается самим дефектам, в результате чего они становятся более подвижными.

В последние годы для объяснения механизма действия внешних факторов, в частности освещения и прямого тока, на скорость деградации и восстановления параметров полупроводниковых структур привлекается явление ионизированно-стимулированной реакции [1-3]. Высказано предположение, что при ионизации носителей тока в образце, вследствие увеличения подвижности значительно изменяется эффективная энергия активации дефектов, созданных при облучении. В результате этого резко увеличивается аннигиляция дефектов. Однако, механизм, приводящий к увеличению их подвижности, не установлен окончательно. Изучение указанного эффекта позволяет получить новую информацию об инъекционном стимулировании атомных перестроек, происходящих при сопряженном действии радиации и освещения.

В работе приведены результаты исследования влияния дефектов, возникающих в Ge n-типа при сопряженном действии ускоренных электронов и освещения на спектральное распределение фоточувствительности. Исследовались образцы монокристаллического Ge n-типа проводимости с удельным сопротивлением $\rho \approx 10 \text{ Ом}\cdot\text{см}$, легированные Sb и облученные электронами с энергией 5 MeV при комнатной температуре. Для выяснения кинетики накопления и отжига радиационных дефектов, возникающих в Ge при облучении электронами до интегральных потоков 10^{10} - $10^{13} \text{ эВ}/\text{см}^2$ и освещении светом мощностью 300-500 мВт/ см^2 , изучались (ФП), спектры ИК гашения и параметры дефектов.

На рис.1 представлены спектральные распределения фотопроводимости (ФП) Ge, облученного в темноте (кр.1) и при освещении светом различной интенсивности (кр.2-4). Как видно из рис.1, после облучения Ge в темноте, длинноволновая граница ФП начинается при $h\nu = 0,28 \text{ эВ}$ (кр.1) и, с увеличением энергии фотонов, ФП сначала растет, затем остается почти постоянной. Дальнейшее увеличение энергии фотонов приводит к увеличению ФП при $h\nu = 0,42 \text{ эВ}$. Увеличение ФП при $0,28 \text{ эВ}$ связано с переходом электронов с уровня $E_c - 0,28 \text{ эВ}$ в зону проводимости, а в области энергий $h\nu = 0,42 - 0,6 \text{ эВ}$ - с переходами с уровня $E_c + 0,28 \text{ эВ}$ в зону проводимости. Полученные результаты хорошо согласуются с данными работы [4].

При одновременном облучении образца электронами дозой 10^{12} см^{-2} и освещении светом, мощностью 300 мВт/ см^2 длинноволновая граница ФП смешается от

0,28 эВ к значению 0,17 эВ (кр.2) и с увеличением энергии фотонов характер изменения ФП остается таким же, как при облучении в темноте. Рост фототока и смещение длинноволновой границы ФП вероятно связаны с изменением зарядового состояния энергетических уровней. С увеличением интенсивности света до 500 мВт/ см^2 , при той же дозе облучения, ФП растет в области 0,17-0,65 эВ, а спектральные характеристики по форме не различаются (кр.3). При увеличении дозы облучения до 10^{13} см^{-2} под освещением интенсивностью 500 мВт/ см^2 характер зависимости ФП от энергии фотонов остается неизменным, но фоточувствительность падает (кр.4).

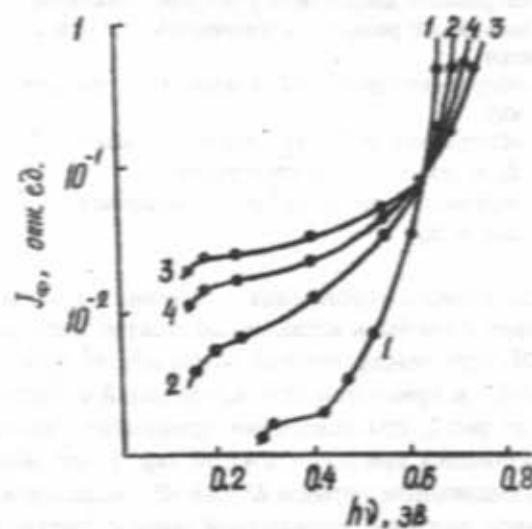


Рис.1. Спектральные зависимости фотопроводимости Ge, n-типа при различных условиях облучения ускоренными электронами с энергией 5 MeV

1 - облученного в темноте до интегрального потока электронов 10^{12} см^{-2}

2,3 - облученного до интегрального потока 10^{12} см^{-2} под освещением с интенсивностью 300 мВт/ см^2 и 500 мВт/ см^2 , соответственно

4 - облученного до 10^{13} см^{-2} под освещением мощностью 500 мВт/ см^2 .

Можно предположить, что наблюдаемый эффект связан как с распадом уровня $E_c + 0,28 \text{ эВ}$, возникающего при облучении электронами дозой 10^{12} - 10^{13} см^{-2} , в результате

чего возникает уровень $E+0,17$ эВ, так и с изменением зарядового состояния уровней. Уровень $E+0,17$ эВ является уровнем прилипания неосновных носителей заряда, который вносит вклад в немонотонность ФП в примесной области спектра.

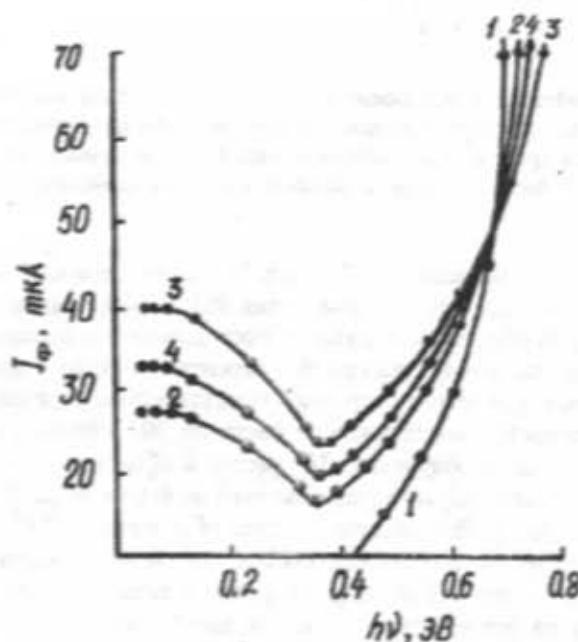


Рис. 2. Спектральные зависимости фотопроводимости Ge n-типа Ge при различных условиях облучения и подсветки:
1 - облученного до 10^{12} см $^{-2}$ в темноте (без подсветки);
2,3 - облученного до 10^{12} см $^{-2}$ под освещением с $E_2 < h\nu_1 < h\nu_2$, соответственно;
4 - облученного до 10^{13} см $^{-2}$ под освещением с $h\nu_2 > E_2$.

Для более точного определения положения энергетических уровней нами были исследованы спектры индуцированной ФП при одновременном освещении из собственной ($h\nu > E_2$) и примесной ($h\nu < E_2$) областей спектра. Как видно из рис. 2, при освещении примесным светом рост ФП начинается при $h\nu = 0,42$ эВ (кр. 1), что обусловлено радиационным уровнем $E+0,28$ эВ, расположенным в нижней половине запрещенной зоны с энергией ионизации 0,42 эВ. Освещение образца светом из собственной области приводит к смещению начала ФП в длинноволновую область спектра и появлению слабого ИК гашения ФП (кр. 2). Увеличение интенсивности подсветки приводит к возрастанию глубины ИК гашения фототока, но при этом характер изменения спектра остается таким же (кр. 3). При увеличении интегрального потока электронов до 10^{14} см $^{-2}$ глубина ИК гашения уменьшается (кр. 4). Зависимости глубины ИК гашения ФП от интенсивности подсветки (I_s) и от интенсивности потока электронов Φ (кр. 4) приведены на рис. 3. Из рисунка видно, что глубины ИК гашения при различных энергиях примесного света (кр. 1-3) насыщаются при различных интенсивностях подсветки. Такой ход кривых означает, что при использовании примесного света с $h\nu = 0,42$ эВ пол-

ное опустошение уровня $E+0,28$ эВ происходит при меньших значениях I_s по сравнению с примесным светом с $h\nu = 0,15, 0,3$ и $0,35$ эВ. Из кривой 4 видно, что с увеличением интегрального потока ускоренных электронов глубина ИК гашения уменьшается. Подобный вид спектра ФП можно объяснить следующим образом. Стационарное освещение образца светом из собственной области спектра создает некоторую постоянную концентрацию электронов в зоне проводимости. Дырки в валентной зоне захватываются уровнями $E_c-(0,17+0,35)$ эВ, т.е. эти уровни частично опустошаются, и это зависит от интенсивности подсветки I_s .

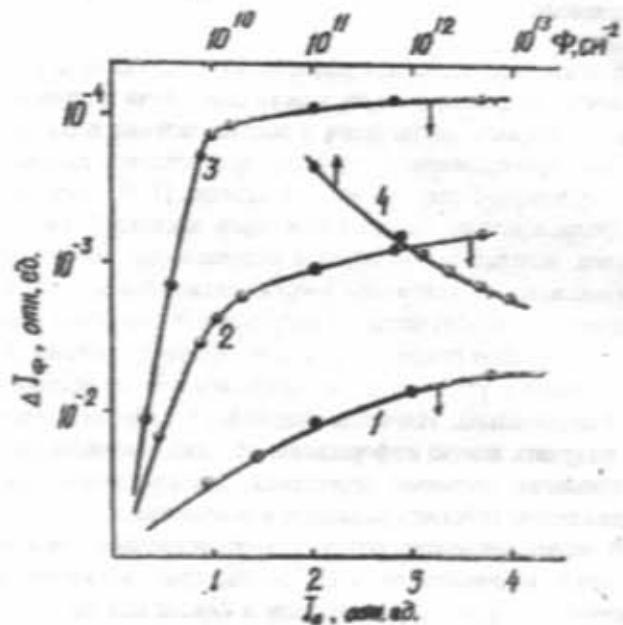


Рис. 3. Зависимость глубины ИК гашения фотопроводимости от интенсивности собственной подсветки при различных энергиях примесного света (1-3) и от интегрального потока электронов (4)
1 - 0,15 эВ; 2 - 0,30 эВ; 3 - 0,35 эВ; 4 - 0,40 эВ.

Освещение образца светом из примесной области приводит к забросу электронов из валентной зоны на уровень 0,35 эВ, что соответствует ИК гашению ФП. Дальнейший рост при $h\nu > 0,42$ эВ обусловлен переходами электронов с уровня $E+0,28$ эВ в зону проводимости. Уменьшение глубины ИК гашения с ростом интегрального потока обусловлено тем, что при высоких дозах облучения происходит рост концентрации радиационных дефектов по закону $N_{\text{рад}} \sim 2,5 \cdot 10^{-18} \Phi_e^{2,4}$ [4], который частично компенсирует уровень донорного типа.

Таким образом, наблюдаемое ИК гашение ФП n-Ge, обусловленное ускоренными электронами при одновременном действии света, обусловлено трансформацией радиационных дефектов, вследствие изменения их зарядового состояния под действием света.

Анализ спектров ФП Ge n-типа при облучении ускоренными электронами в темноте и под освещением показывает, что при совместном действии радиации и освещения происходит перезарядка энергетических уровней и рекомбинация электронно-дырочных пар на дефектах. При этом энергии близкочувствительных рекомбинаций пере-

даются самим дефектам, вследствие чего дефекты становятся более подвижными, а это, в свою очередь, приво-

дит к усилению процесса отжига радиационных дефек-

- [1] И. Тагучи, Ш. Фудзисита. Тез. докл. Международной конф. по радиационной физике полупр. и родствен. материалов. 13-19 мая 1979 г., Тбилиси, 1980, с. 676.
- [2] Ж. Бурзун, М. Лакко. Точечные дефекты в полупроводниках: Экспериментальные аспекты, М., Мир, 1985, с. 304.

- [3] К. Аинбаев, М.Я. Бахирев, Р.С. Мадатов, И.А. Кобулов. I Региональн. конф., Самарканд, 21-23 мая 1991 г., ч. III, с. 244-245.
- [4] Т.Д. Джазаров. Радиационно-стимулированная диффузия в полупроводниках. М., 1991, с. 246.

R.S. Madatov, Q.M. Qasimov, T.B. Tagiyev, A.I. Aliyev

Ge MONOKRİSTALLARINDA DEFFEKTLƏRİN ƏMƏLƏ GƏLMƏ VƏ DƏMLƏMƏ PROSESİNDE RADIASİYANIN VƏ İŞİQLANMANIN BİRƏ TƏ'SİRİ

Müəyyən edilmişdir ki, n-tip monokristal germanium nümunelerini güclü işq səli və 5 MeV enerjili elektron destəsi cinsi zamanında şıalanırda, onların şıalanmaları kasıldıktan sonra: fotokeçiriciliyi, yalnız elektron destəsi şıalanmış bu cür nümunelerin fotokeçiriciliyində böyükdir. Bu onunla izah olunur ki, işq və elektron destəsi birgə tə'sir etdikdə defektlerin yüksəkşəhər halının dayışması ilə bağlı olaraq elektron və desiklərin defektlerde şıalanma ilə neticələnməyən rekombinasiyanın zamanı aynan enerjiminin defektlərə verilməsi nəticəsində onları miqrasiyası asanlaşır və defektlerin yox olması prosesi tə'sisdir.

R.S. Madatov, Q.M. Qasimov, T.B. Tagiyev, A.I. Aliyev

CONJUGATE ACTION OF RADIATION AND LIGHTING ON FORMATION PROCESS AND ANNEALING OF DEFECTS IN Ge.

In this article the results of experimental researches of the influence of defects, which arise in n-type Ge under conjugate action electron-irradiation and lighting on spectral distribution photoconductivity are presented.

It is shown, that under joint action radiation and lighting the charge exchange of energy levels and recombination of electron-hole pair on defects take place.

Дата поступления: 26.03.97

Редактор: М.И. Азиз