



Beynəlxalq Konfrans "Fizika-2005" International Conference "Fizika-2005" Международная Конференция "Fizika-2005"

7 - 9
İyun
June 2005
Июнь

№97
səhifə
page 373-375
стр.

Bakı, Azərbaycan

Baku, Azerbaijan

Баку, Азербайджан

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА В СЛОИСТЫХ ПОЛУПРОВОДНИКАХ $A^{111}B^{VI}$.

МАДАТОВ Р.С., АББАСОВА А.З., ТАГИЕВ Т.Б., ШЕКИЛИ Ш.П.

*Национальная Академия Наук Азербайджана
Институт Радиационных Проблем
1043, Баку, пр.Г.Джавида, 31^а*

Исследовалось влияние облучения быстрыми электронами с энергией 1; 6 и 25 МэВ и дозой 10^{10} - 10^{16} част/см² на фотоэлектрические свойства слоистых монокристаллов $A^{111}B^{VI}$ (GaSe, GaTe, GaS). На основе анализа экспериментальных результатов делаются выводы о том, что облучение низкими дозами (30 крад; 10^{14} част/см²; 10^{13} част/см²) приводит к радиационному фотоочувствлению слоистых кристаллов. При высоких дозах облучения наблюдается уменьшение фоточувствительности. В облученных кристаллах $A^{111}B^{VI}$ обнаружены новые центры медленной рекомбинации. Предполагается, что за новые центры рекомбинации ответственны комплексы, в состав которых входят вакансии галлия и атомы вторых компонентов.

Enerjisi 1; 6 və 25 MeV olan sürətli elektronların $A^{111}B^{VI}$ (GaSe, GaTe, GaS) laylı monokristalların fotoelektrik xassələrinə təsiri tədqiq edilmişdir. Təcrübi nəticələrin təhlili əsasında belə nəticəyə gəlinib ki, kiçik dozalı şüalanmalarda (30 krad ; 10^{14} ; 10^{13} hissəc./ sm²) laylı kristalların fotohəssaslığı artır. Yüksək dozalı şüalanma da işə fotohəssaslıq azalır. Müəyyən edilmişdir ki, şüalandırılmış kristallarda yeni yavaş rekombinasiya mərkəzləri əmələ gəlir. Yeni rekombinasiya mərkəzləri rolunu, tərkibində gallium vakansiyaları və ikinci komponentin atomları olan, komplekslər oynayırlar.

Influence of irradiation by fast electrons with power was probed 1;6 both 25 MeV and a dose 10^{10} - 10^{16} particles /cm on photoelectric properties of layered monocrystals $A^{111}B^{VI}$ (GaSe, GaTe, GaS). On the basis of the analysis of experimental results breedings that irradiation by low doses (30 krad ; 10^{14} particles/cm are done; particles/cm; the 10^{13} particles/cm) results in radiation photosensitivity of layered crystals. At high doses of irradiation reduction of photosensitivity is observed. In irradiated crystals $A^{111}B^{VI}$ are found out the new centers of a slow recombination. It is supposed, that complexes are responsible for the new centers of a recombination, in structure which vacancies of gallium and atoms of the second components enter.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из новых классов материалов, привлекающих в последнее время внимание, являются сложные полупроводниковые соединения типа $A^{111}B^{VI}$ со слоистой и цепочечной структурой [1-5]. Повышенным интересом к этим соединениям вызван тем обстоятельством, что, несмотря на сильную дефектность, они обладают высокой чувствительностью к видимому, инфракрасному, рентгеновскому и гамма излучениям. Эти данные указывали на возможную перспективность использования слоистых полупроводниковых соединений для разработки приемников излучений, детекторов ионизирующих излучений и фото-электрических устройств. В литературе практически отсутствуют данные о механизме дефектообразования в этих соединениях. В связи с этим весьма актуальной является исследование их фотоэлектрических свойств в условиях ионизирующего излучения.

В настоящей работе представлены результаты исследований спектральных характеристик в слоистых монокристаллах GaS, GaSe и GaTe, облученных быстрыми электронами с энергией 1; 6 и 25 МэВ.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Монокристаллы типа $A^{111}B^{VI}$, были выращены методом направленной кристаллизации [1]. Полученные нелегированные монокристаллы имели р-тип проводимости с удельным темновым сопротивлением $10^7 - 10^{10}$ Ом см. Омические контакты создавали нанесением индия на свежесколотую зеркальную поверхность образца. В качестве источников гамма-квантов и электронов использовались Co^{60} и линейные ускорители типа У-28 и У-17 с энергией 1; 6 и 25 МэВ. Облучение проводилось при комнатной температуре. Исследование спектральной характеристики фотоочувствительности проводилось на установке, смонтированной на основе монохроматора МДР-23. Источником излучения в области спектра 0,4-1,0 мкм служила лампа накаливания. Спектральное распределение плотности потока квантов определяли при помощи пироэлектрического приемника излучения. Фотопроводимость нормировали на один квант поглощенного излучения в единицу времени.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.

Кривые спектрального распределения фоточувствительности после воздействия гамма квантов дозой $2,58 \cdot 10^3$ Кл./кг приведены на рис.1.

Как видно из рис.1, максимум фоточувствительности всех образцов после гамма облучения дозой $2,58 \cdot 10^3$ Кл./кг возрастала на 20-30 % по сравнению с исходным значением. Такое увеличение фоточувствительности, вероятно, связано с образованием очувствляющих центров рекомбинации в слоистых кристаллах при облучении. С ростом дозы гамма квантов наблюдалось уменьшение фоточувствительности во всей области спектра. При этом появилась примесная фотопроводимость, связанная с оптической ионизацией r – уровней. Уменьшение фоточувствительности облучаемого образца при больших дозах электронов, по-видимому, обусловлено несколькими причинами. При электронном облучении вместе с излучательными вводятся также безизлучательные «быстрые» центры рекомбинации, которые, накапливаясь, перераспределяют на себя значительную долю рекомбинационного потока неравновесных носителей. Роль таких центров могут, например, играть скопление дефектов. С увеличением концентрации дефектов увеличивается экранирующее действие одних дефектов полями других, что соответственно ведет к изменению сечений захвата носителей центрами рекомбинации и, возможно к увеличению роли безизлучательных переходов или оже-процессов, понижающих фоточувствительность сильно облученных образцов. Исследование влияния высокоэнергетических электронов показало, что малые интегральные потоки электронов с энергией 25 МэВ практически не приводят к изменениям их характеристик (рис.2). С ростом флюенса электронов до 10^{14} част./см² величина моно-хроматической токовой чувствительности в слоистых монокристаллах увеличивалась аналогично облучению образцов 6 МэВ – электронами (рис.3).

При 10^{16} част./см² чувствительность исследуемых образцов падала на 30-40 % ниже исходных значений. Таким образом, облучение GaSe, GaS и GaTe гамма-квантами и высокоэнергетическими электронами (6 и 25 МэВ) в больших дозах приводило к деградации параметров, а при низких дозах к очувствлению в исследуемых кристаллах, что в основном связано с возникновением большого количества радиационных дефектов, создающих быстрые и медленные рекомбинационные центры (s , r -типов) и изменением подвижности носителей заряда. На рис.4 приведены дозовые зависимости фоточувствительности образцов (при $\lambda_m=0,51$ мкм, $\lambda_m=0,6$ мкм, $\lambda_m=0,8$ мкм) при комнатной температуре.

Видно, что облучение до интегрального потока 10^{12} част./см² не изменяло чувствительность образцов. После облучения 10^{13} част./см² фоточувствительность увеличивалась на 30-40%. С дальнейшим ростом облучения чувствительность уменьшалась ниже исходных значений.

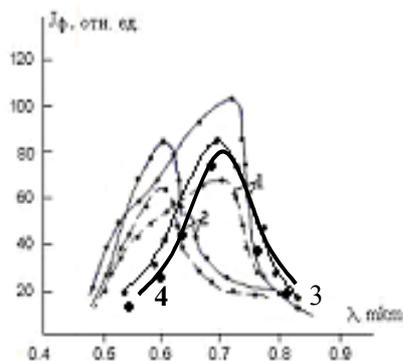


Рис.1 Спектральное распределение фотопроводимости: 1- GaSe; 2- GaS; 3-4 GaTe, до и после облучения гамма квантами дозой 30 крад.(---- до облучения, __ после облучения).

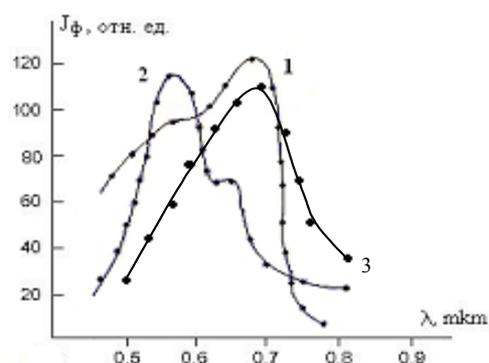


Рис.2. Спектральное распределение фотопроводимости : 1- GaSe; 2- GaS; 3- GaTe, до и после облучения быстрыми электронами с энергией 6 МэВ и дозой 10^{14} част./см²

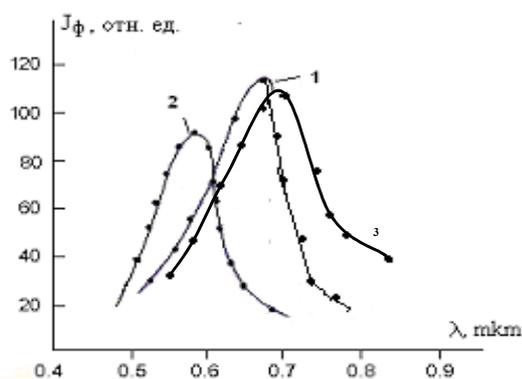


Рис.3 Спектральное распределение фотопроводимости: 1- GaSe; 2- GaS; 3- GaTe, до и после облучения быстрыми электронами с энергией 25 МэВ и дозой 10^{13} част./см²

Анализ полученных результатов показывает, что ход дозовых зависимостей для образцов GaSe, GaS и GaTe идентично и обусловлено с возникновением радиационных дефектов, создающих медленные и быстрые рекомбинационные центры. Относительно природы медленных и быстрых центров рекомбинации можно сказать следующее. В кристаллах типа $A^{111}B^{VI}$ простейшими дефектами акцепторного типа

могут быть вакансии атомов галлия и атомы вторых компонентов в междоузлиях, а сложными дефектами донорного типа являются комплексы, в состав которых входят атомы вторых компонентов и собственные дефекты решетки в виде нейтральных бивакансий (пример: V_{Ga} и V_S). Определены энергетическое положение уровней прилипания для основных носителей тока ($E_v = 0,13 - 0,45$ эВ) и их концентрация ($N_a = 10^{14} - 10^{15} \text{ см}^{-3}$), которых возрастает с ростом дозы облучения, параллельно с концентрацией центров фото-чувствительности. Сечение захвата электронов и дырок медленными центрами рекомбинации после облучения равнялось $S_{nr} = 3 \cdot 10^{-14} \text{ см}^2$ и $S_{pr} = 4 \cdot 10^{-20} \text{ см}^2$ основные параметры r - центров чувствительности. Исследование характеристик фотопроводимости облученных гамма-квантами и высокоэнергетическими электронами позволило установить рекомбинационную модель в кристаллах типа $A^{111}B^{VI}$. Как показали эксперименты, радиационное воздействие на полупроводники приводит к образованию различных дефектов, природа которых зависит от энергии, дозы и типа облучающих частиц [5-8]. В отличие от полупроводников Si и Ge, в которых создаются дефекты, одинаково влияющие на фотоэлектрические свойства образцов, в бинарных соединениях типа GaSe, GaTe, GaS наблюдается более сложная картина [5-12]. Для выяснения причин изменения фоточувствительности в облученных кристаллах, проводилось комплексное исследование электрофизических свойств [9], фотопроводимости [10,11] и фотолюминесценции [10-12] после различных видов радиационных воздействий в чистых и легированных монокристаллах типа $A^{111}B^{VI}$. Обнаружено, что во всех высокоомных образцах ($10^7 - 10^{10}$ Ом·см), при малых дозах облучения фоточувствительность практически не изменялась, что обусловлено большой плотностью структурных дефектов в исходных кристаллах. С ростом дозы облучения до некоторых значений (гамма квантов, электронами с энергией 6 и 25 МэВ) фоточувствительность образцов возрастала (рис.4). После дозы облучения 10^{15} част./см², фоточувствительность во всех образцах уменьшается.

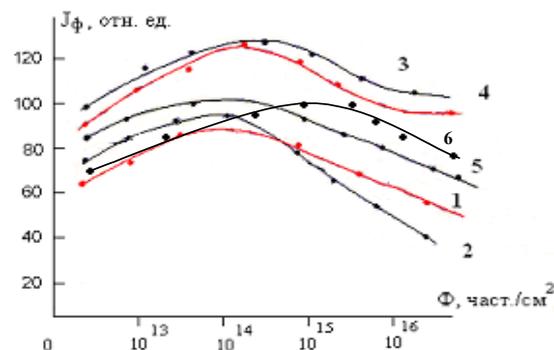


Рис.4 Дозовые зависимости фоточувствительности GaSe, GaS, GaTe при комнатной температуре: 1,2-GaSe (1-25МэВ; 2-6МэВ); 3,4-GaS (3- 6МэВ;4 - 25МэВ); 5,6 - GaTe (5 - 6 МэВ; 6 - 25МэВ).

Как показали исследования фотоэлектрических и фотолюминесцентных характеристик облученных образцов типа $A^{111}B^{VI}$ [4-10], процесс дефектообразования при облучении может приводить к более сильному изменению концентраций локальных уровней, в том числе r и s – центров фоточувствительности.

Фотоочувствление облученных образцов связано с ростом акцепторных и компенсирующих донорных уровней при облучении, и должно сопровождаться эквивалентным увеличением r - полосы фотолюминесценции [13]. В рамках такой модели рекомбинации, изменения фоточувствительности в облученных кристаллах типа $A^{111}B^{VI}$ находят свое удовлетворительное объяснение.

Таким образом, исследование влияния высокоэнергетических электронов на фотоэлектрические свойства слоистых монокристаллов типа $A^{111}B^{VI}$ дает возможность установить природу и схему электронных переходов, определить параметры локальных уровней, созданных облучением и выявить механизм повышения радиационной стойкости материалов и приборов на их основе.

- [1]. Г.А. Ахундов.- Диссерт. док. физ. мат.наук. Баку, 1967
- [2]. С.М. Атакишиев, Г.А. Ахундов, М.Г. Алиев.Физические свойства полупроводников $A^{111}B^{VI}$ и $A^{111}B^V$. Баку, Из. АН Азерб., 1967
- [3]. О.З. Алекперов, М.З. Зарбалиев .Неорганич. материалы. 1998, т.34,10,с.1163-1167.
- [4]. Г.Б. Абдуллаев, А.З. Абасова, Э.Ю. Салаев и др. Из.АН СССР.Неорганич. материалы.1963 ,т.10,4,с.679-681.
- [5]. О.З. Алекперов. Неорганич. материалы. 1999 , т.35, 11, с.1315-1320.
- [6]. Г.Б. Абдуллаев, А.З. Абасова, К.А. Аскеров и др. Док. АН Азерб. ССР, сер. физ.мат. наук . 1979, XXXУ, 2, с.11-13.
- [7]. А.И. Наджафов, О.З. Алекперов и др. Неорган.материалы.1991,т.27,11.с.2432-2433.
- [8]. Г.Б. Абдуллаев, А.З. Абасова и др. ФТП, 1981,т.15, 5,с.799-801.
- [9]. R.S. Madatov, T.B.Tagiyev, I.A. Kabulov,T.M. Abbasova . Semiconductor Physics, Quan. Electronics and Optoelektronics. 2003, v.6,3, p.278-281.
- [10]. B.G. Tagiyev ,R.S. Madatov, T.M.Abbasov . Semiconductor Physics, Quan. Electronics and Optoelektronics.2002, v.5, 3, p.261-263.
- [11]. A.M.Pashayev, A.R.Qadjiev T.B. Tagiyev ,R.S. T.M.Abbasov . Semiconductor Physics, Quan. Electronics and Optoelektronics.2001, v. 4,4, p.5-9.
- [12]. R.S.Madatov,T.B.Tagiyev, I.B. Kabulov. 11 Eurasian Conference on Nucltar Science and its application September. 16-19 september, 2002.Almatu , Republik of Kazakhstan.p.279.
- [13]. В.В. Емцев , Т.В.Машовец. Примеси и точечные дефекты в полупроводниках. М. Радио и связь, 1981,248с.

