

УДК 621.315.592

Умурзакова Г.М.

Нишонова М.М.

Кипчакова Г.М.

Тожибоев А.К.

Ферганский политехнический институт
Узбекистан, г. Фергана

РАДИАЦИОННЫЕ ДЕФЕКТЫ В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СОЕДИНЕНИЯХ

В статье приведены результаты изучения влияния радиации полупроводниковых соединений, результаты экспериментов по влиянию нейтронной бомбардировки, экспериментов по облучению Cds электронами, влияния облучения потоками нейтронов на свойства монокристаллов Cds., наблюдений резкого уменьшения темного сопротивления в начальный момент облучения быстрыми нейтронами фоторезисторов из Cd.

Ключевые слова: радиация, влияние радиации, излучение, нейтронная бомбардировка, сопротивление, электрон, энергия смещения, темное сопротивление.

Изучение влияния радиации полупроводниковых соединения встречает большие трудности, так как в случаях соединений структура дефектов гораздо сложнее, чем в одноатомных веществах. Так, например, в бинарном соединении могут возникать дефекты восьми типов. В экспериментальных исследованиях используют методы, применяемые к одноатомным структурам. По изменению равновесной концентрации можно получить сведения о концентрации дефектов и положении энергетических уровней. Установлено, что под действием жестких излучений в полупроводниковых соединениях возникают как донорные, так и акцепторные центры. При концентрации дефектов намного большей концентрации химических примесей равновесная концентрация и положение уровня Ферми стремятся к предельным значениям, которые определяются системой возникших энергетических уровней.

В экспериментах с Jn Sb установлено, что системы энергетических уровней могут сильно зависеть от температуры при облучении. Для некоторых соединений (GaAs-n) при нейтронном облучении и значительных концентрациях дефектов концентрация носителей резко падает, приближаясь к значению собственной проводимости. Для ряда полупроводниковых соединений имеются данные относительного изменения концентрации $\left(\frac{\Delta n}{\Delta \Phi}, \frac{\Delta p}{\Delta \Phi}\right)$ при облучении нейтронами.

В работе [1] для Jn Sb, облученного нейтронами и электронами, обнаружено увеличение концентрации носителей в зоне проводимости с увеличением дозы облучения.

При облучении GaAs электронами [2] наблюдались две пороговые энергии – 233 и 256 кэВ, соответствующие смещениям в решетке галлия и мышьяка. В других случаях наблюдалось лишь одно значение пороговой энергии.

В экспериментах по влиянию нейтронной бомбардировки [3] было установлено, что концентрация носителей стремится к собственному значению с увеличением потока. В результате отжига [4] концентрация носителей восстанавливается до первоначального значения, однако подвижность остается низкой.

Для определения пороговой энергии Cds использовался метод [5; 6] измерения спектра рекомбинационного излучения. Для серы при 300 К указывается пороговая энергия смещения 115 кэВ.

Из экспериментов по облучению Cds электронами можно сделать выводы:

Электроны с энергией 115 кэВ в состоянии вызвать смещение ионов по крайней мере одного типа. При энергиях выше 300 кэВ смещаются атомы обоих видов. Энергия, необходимая для смещения атома кадмия, составляет 7,3 эВ, серы – 8,7 эВ. Сопротивление легированного F и Cl в результате облучения электронами 1,5 МэВ увеличивается [6]. Однако, при легировании индием сопротивление уменьшалось.

Данных о величине пороговой энергии в Cd Te в литературе до настоящего времени нет. В качестве вероятного значения смещения как атомов кадмия, так и теллура указывает значение 8 эВ, что соответствует энергии излучения более 300 КэВ.

Установлено, что при облучении нейтронами p-Cd Te переходит в n-Cd Te.

В работах [7; 8] исследовалось влияние излучений на термоэлектрические и механические свойства теллурида свинца и легированного висмутом и медью теллурида германия и сплавов Bi_2Te_3 , $\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-Sb}_2\text{Te}_3$, $\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-Bi}_2\text{Se}_3$.

Облучение образцов Pb Te интегральной дозой $4,6 \cdot 10^{16}$ электрон/см² при температуре 538 °С [9] не оказало заметного влияния на ТЭДС и сопротивление, однако снизилась механическая прочность материала. Исследование влияния γ -облучения на механические свойства теллурида свинца и легированного теллурида германия [1] при мощности дозы 750–800 рад/сек и температуре 47–50 °С показали, что прочность на изгиб и пластичность существенно не изменяются. Напряжение при сжатии у образцов Pb Te при интегральной дозе 2000 мрад увеличилось более, чем в 2 раза.

Образцы из сплавов Bi_2Te_3 , $\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-Sb}_2\text{Te}_3$, и $\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-Bi}_2\text{Se}_3$ облучались потоками тепловых нейтронов дозой $2 \cdot 10^{18}$ нейтрон/см² [9].

Теллурид висмута имел крупнозернистую поликристаллическую структуру, а сплавы использовались как в форме крупнозернистых поликристаллов, так и в спеченном виде. В работе приводятся данные об изменении электропроводности, теплопроводности, коэффициента ТЭДС, параметра z и концентрации носителей.

Электропроводность спеченного материала $\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-Sb}_2\text{Te}_3$ снизилась на 5 %, а поликристаллического сплава $\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-Bi}_2\text{Se}_3$ – на 17 %.

Отмечается, что в поликристаллических материалах снижение электропроводности обусловлено изменением концентрации носителей, а в спеченных материалах – изменением подвижности носителей.

На облучениях материалов теллурида германия с легирующими добавками (Bi, Sb, Cu) снималась температурная зависимость электропроводности [9] до и после облучения дозой до 10^{17} н/см² в течение 1–1,5 ч.

При 500 °С электропроводность после облучения приблизительно в 10 раз меньше электропроводности образца при той же температуре без облучения. При облучении образцов большой дозой ($2 \cdot 10^{20}$ нейтрон/см²) в результате реакции (n, γ) образуются новые радиоактивные изотопы (Ga, As, Sa, J, Xe, Zn, Ni, Pb).

В работе исследовано влияние облучения потоками нейтронов $0,7-2,1 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$ с энергией 3 МэВ на свойства монокристаллов Cds. Измерения при 77–300 К обнаружили значительные (несколько порядков) изменения электрического сопротивления облученных образцов. Наблюдаемые закономерности приписываются образованию в результате облучения β -активных протонов ^{32}P и ^{115}Cd , концентрация которых пропорциональна потоку нейтронов.

Авторы наблюдали резкое уменьшение темного сопротивления (во 104 раза) в начальный момент облучения быстрыми нейтронами фоторезисторов из Cd.

Считается, что при облучении C ds электронами основными дефектами являются S. Изучено изменение тока фотопроводимости в высокоомном сульфиде кадмия (C ds) при облучении электронами с энергией 100–240 кэВ при 90 К. Показано, что в области энергии 120 кэВ начинается изменение постоянной времени фотопроводимости от $1,5 \cdot 10^{-4}$ до $6 \cdot 10^{-5}$ сек. Это изменение постоянной времени связывается с захватом электронов проводимости на центры прилипания. Замечено, что облучение C ds дозой электронов $D=9 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$ при энергии 120 кэВ не влияет на постоянную времени. На основании этого факта сделан вывод, что изменение фототока и постоянной времени пороговой энергии смещения атомов серы $E=120 \text{ кэВ}$ согласуется с известными литературными данными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тюрк Ю.А., Хазан Л.С. Пластическая деформация и дислокации не соответствия в гетероэпитаксиальных системах. – Киев: Наукова думка, 1993.
2. Coates R., Mitchell E.W. // Adv., Phys. – 1975. – V. 90. – P. 593.
3. Вавилов В.С. Действие излучений на полупроводники. – М.: Физматгиз, 1963.
4. Экспериментальная ядерная физика / под ред. Э. Сегре. – 1966. – Т. 1. – М., 1966. – С. 143–291.
5. Бул Б.М., Вавилов В.С. [и др.]. Атомная энергия. – 1977. – Т. 2. – С. 533.
6. Действие излучений на полупроводники и изоляторы: сб. / под ред. С. М. Рывкина. – М.: ил, 1954. – С. 9.
7. Характеристические потери энергии электронами: сб. / под ред. А. Р. Шульмана. М.: ИЛ, 1959 г.
8. Динс Дж., Виньярд Дж. Радиационные эффекты в твёрдых телах. – М., 1960.
9. Энергетические установки для космических аппаратов. – М.: Мир, 1964. – С. 340.

Umurzakova G.M.

Nishonova M.M.

Kipchakova G.M.

Tozhiboev A.K.

Ferghana Polytechnic Institute
Uzbekistan, Ferghana

RADIATION DEFECTS IN SEMICONDUCTOR COMPOUNDS

This article presents the findings of a study of the effect of radiation of semiconductor compounds, the results of experiments on the effect of neutron bombardment, experiments on Cds electron irradiation, on the study of the effect of irradiation by neutron fluxes on the properties of Cds single crystals, and observations of a sharp decrease in dark resistance at the initial moment of exposure to Cd photoresistors by fast neutrons.

Key words: radiation, influence of radiation, radiation, neutron bombardment, resistance, electrons, bias energy, dark resistance.