



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

7 - 9
İyun
June 2005
Июнь

№189
səhifə
page 717-718
стр.

Bakı, Azərbaycan

Baku, Azerbaijan

Баку, Азербайджан

РАДИАЦИОННО-СТОЙКИЕ ДЕТЕКТОРЫ КОСМИЧЕСКИХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА ОСНОВЕ МОНОКРИСТАЛЛОВ $TlInSe_2$

РУСТАМОВ В.Д.

Гянджинский Государственный Университет
Гянджа, AZ 2000, пр.Хатаи, 187, E-mail: vugar@lan.ab.az

Настоящая статья посвящена результатам создания фотодетекторов на основе кристаллов $TlInSe_2$ и изучению влияния космических излучений на их рабочие характеристики.

ВВЕДЕНИЕ

Фотодетекторы представляют собой полупроводниковые приборы, которые могут детектировать оптические сигналы посредством протекающих в них электронных процессов.

Детекторы космических излучений являются неотъемлемой частью любой авиационной и космической техники. Эксплуатация авиационной и космической техники в экстремальных условиях накладывает на рабочие характеристики фотодетекторов особые жесткие требования. Эти требования обусловлены, во первых, низкой космической температурой, радиационной стойкостью к воздействиям космических излучений и потока элементарных частиц и во вторых, с возросшими требованиями к ограничению управляющих мощностей электронных систем космической техники. В последние годы, в соответствии с планом координации научно-исследовательских работ на кафедре прикладной физики Гянджинского Государственного Университета проводятся исследования по созданию высокочувствительных фотодетекторов на основе тройных кристаллов $TlInSe_2$. Настоящая статья посвящена результатам создания фотодетекторов на основе кристаллов $TlInSe_2$ и изучению влияния космических излучений на их рабочие характеристики. Кристаллы $TlInSe_2$ являются типичными представителями тройных полупроводниковых соединений группы $A^{III}B^{III}C^{VI}_2$, являющиеся материалами с хорошей фоточувствительностью и отличающиеся стабильностью рабочих характеристик. В частности, соединение $TlInSe_2$ является физическим аналогом квазиодномерных объектов, изучение которых способствует выяснению сущности целого ряда важных явлений в физике конденсированного состояния [1,2].

ОБРАЗЦЫ ФОТОДЕТЕКТОРОВ

Активные элементы изготовлены в виде прямоугольных пластинок с двумя взаимнопараллельными зеркальными гранями естественного скола. Размеры

образцов были порядка $w \times l \times d = (1 \div 3) \times (2 \div 9) \times (0,05 \div 1) \text{ мм}^3$. В качестве измерительных электродов использованы, главным образом, сваренные в потоке нагретого инертного газа конденсаторным разрядом никелевые проволоки с диаметром $\sim 0,1 \text{ мм}$, а также напыленные в вакууме, индиевые полоски. Рабочие характеристики активных элементов определялись при значениях напряжений, не превышающих $10 \div 20 \text{ В}$ в направлении /001/. ВАХ в пределах указанных рабочих напряжений, для всех изученных образцов при различных температурах в темноте и при освещении светом соответствующей длины волны, оказались линейными.

РАБОЧИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФОТОДЕТЕКТОРОВ

Созданию фотодетекторов предшествовали детальные определения рабочих характеристик активных элементов на основе кристаллов $TlInSe_2$, а также параметрическая зависимость рабочих характеристик от температуры отжига, облучения мягкими и жесткими рентгеновскими лучами, воздействия потока электронов и нейтронов. Влияние различных космических и конструкционных факторов на рабочие характеристики фотоприемников с активным элементом на основе кристаллов $TlInSe_2$ во многих случаях приводит к улучшению этих рабочих характеристик. Это обстоятельство создает благоприятную почву для широкого применения кристаллов $TlInSe_2$ в авиационной и космической технике. Исходным пунктом всех исследований стал определение рабочих характеристик активных элементов на основе кристаллов $TlInSe_2$ в стационарных условиях. Были исследованы спектрального распределения стационарной фотопроводимости при 77 и 300 К для пяти образцов активных элементов с различными параметрами. Напряженность электрического поля $E \approx 20 \div 30 \text{ В/см}$ приложена в направлении, параллельном оси /001/, а монохроматические лучи света направлялись

перпендикулярно к плоскости (110). Обнаружена возрастание спектральная чувствительность с ростом температуры. Отношение величин стационарной фотопроводимости на спектральных максимумах при соответствующих температурах составляет $20 \div 750$. Как правило, известные полупроводниковые фотодетекторы имеют отрицательный температурный коэффициент фототока (TKI_ϕ). Например, сернисто-кадмиевые фоторезисторы, обладают наименьшим отрицательным значением $\text{TKI}_\phi = -10^{-3} \div 4 \cdot 10^{-3} \text{ град}^{-1}$. В отличие от известных, TKI_ϕ для активных элементов на основе TlInSe_2 положителен в области 77К и выше.

ВЛИЯНИЕ НЕЙТРОННОГО И ЭЛЕКТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ

Нами исследовано также влияние предварительного нейтронного ($E \geq 0,1 \text{ МэВ}$, $\Phi = 10^{12} \div 10^{14} \text{ н/см}^2$) и электронного облучения ($E = 6$ и 25 МэВ , $\Phi = 10^{13} \div 10^{16} \text{ э/см}^2$) на рабочие характеристики фотодетекторов с активным элементом на основе кристаллов p - TlInSe_2 . Активные элементы с симметричными индиевыми электродами до и после нейтронного и электронного облучения обладали спектральной чувствительностью в области $0,55 \div 1,3 \text{ мкм}$ с единственным максимумом при $0,96 \text{ мкм}$. Выявлено, что в результате облучения активных элементов потоком электронов $\Phi = 10^{13} \text{ э/см}^2$ ($E = 6 \text{ МэВ}$), фоточувствительность в максимуме характеристики увеличивается на $30 \div 80\%$. Дальнейший рост потока до $\Phi = 10^{14} \text{ э/см}^2$ не приводил к заметным изменениям спектральной характеристики; лишь при интенсивности потока $\Phi = 10^{15} \text{ э/см}^2$ имело место уменьшение фоточувствительности на 30 - 40% относительно исходных значений. При воздействии нейтронного потока ($E \geq 0,1 \text{ МэВ}$) до величины интенсивности $\Phi = 10^{12} \text{ н/см}^2$ наблюдалось повышение фоточувствительности (на $30 \div 60\%$), а затем уменьшение. Соответствующее изменение интегральной фоточувствительности вследствие воздействия предварительного электронного и нейтронного облучения не превышало $15 \div 20\%$ от исходного $S_i = 0,3 \div 10 \text{ мА/лм}$ при 300 К . Для образцов различной технологической партии, облученных потоками электронов $\Phi = 10^{15} \text{ э/см}^2$ ($E = 6 \text{ МэВ}$) наблюдается увеличение фоточувствительности на $30 \div 80\%$. Дальнейший рост интегрального потока до $\Phi = 10^{14} \text{ э/см}^2$ не приводит к изменению спектральной характеристики. После облучения электронами с интенсивностью $\Phi = 10^{15} \text{ э/см}^2$ ($E = 6 \text{ МэВ}$) наблюдается увеличение фоточувствительности на $30 \div 80\%$ для образцов различной партии. Дальнейший рост интегрального потока до $\Phi = 10^{14} \text{ э/см}^2$ не приводит к изменению спектральной характеристики. После облучения электронами с интенсивностью $\Phi = 10^{15} \text{ э/см}^2$ наблюдается уменьшение фоточувствительности на $30 \div 40\%$ по сравнению с исходным значением. При воздействии нейтронным потоком ($E = 0,1 \text{ МэВ}$ и $\Phi = 10^{12} \text{ н/см}^2$) фоточувствитель-

ность возрастала на $30 \div 60\%$, а с дальнейшим ростом потока нейтронов (до $\Phi = 10^{14} \text{ н/см}^2$) наблюдалось заметное уменьшение фоточувствительности. Значение интегральной фоточувствительности S_i при приложенном напряжении $U_{см} = 10 \text{ В}$ (к источнику «А») до облучения составляла порядка $S_i \approx 0,3 \div 10 \text{ мА/лм}$ при $T = 300 \text{ К}$. Изменение S_i – после облучения образцов p - типа электронами и нейтронами оказалось $15 \div 20\%$.

ВЛИЯНИЕ РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧЕЙ

В отличие от нейтронных и электронных облучений, после облучения активного элемента сравнительно мягкими рентгеновскими излучениями ($E \approx 25 \div 50 \text{ кэВ}$) никаких остаточных эффектов не наблюдалось; электрические параметры активных элементов восстанавливались сразу (за время порядка секунды) после прекращения рентгеновского облучения, а их фоточувствительность к свету оставаясь такой же, как до облучения. Проводимость исследованных кристаллов оказалось весьма чувствительной к воздействию рентгеновского излучения. Зависимость рентгенопроводимости $\Delta J_p(A)$ от интенсивности (дозы) излучения (медное излучение без фильтрации) для одного характерного активного элемента при комнатной температуре (для соответствующих значений ускоряющего потенциала $V = 25 \div 50 \text{ кэВ}$) было представлено в логарифмическом масштабе. Рентген-дозиметрические характеристики данного фотодетектора ближе к линейности: зависимость *рентгенопроводимости* $\Delta J_p(A)$ от интенсивности E (Р/мин) носит степенной характер, т.е. следует закону $\Delta J_p \sim E^\alpha$, где показатель α вследствие изменения величины ускоряющего потенциала V_y от 25 кэВ до 50 кэВ варьировалась от 1 до $0,75$. В том же направлении имело место также уменьшение коэффициента *рентгеночувствительности* определяемого как отношение возникающего облучением тока к интенсивности излучения с расчета на единицы напряжения, т.е. как: $k = \Delta J_p / EV_n$ (Амин/рВ).

Значение последнего, для указанного фотодетектора уменьшалось от $5,04 \cdot 10^{-10} \text{ А.мин/Р.В}$ до $1,09 \cdot 10^{-10} \text{ А.мин/Р.В}$ в результате увеличения ускоряющегося потенциала от 25 до 50 кэВ .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показывают высокую чувствительность, стабильность фотодетекторов космических излучений на основе тройных цепочечных кристаллов TlInSe_2 в условиях низкой космической температуры и галактических облучений. Рабочие характеристики фотодетекторов под действием облучения электронами и нейтронами не ухудшаются, а наоборот в определенном диапазоне плотности облучений улучшаются.

[1]. Pashaev A.M., Aliyev V.A., Rustamov V.D. Monitoring of aeronautical using semiconductor detectors of deformation. – Journal of the Scientific Transactions Azerbaijan National Aviation Academy, 2004, v.6, N.3, pp.212-216.

[2]. Aliyev V.A., Aldzhanov M.A., Aliyev S.N. – JETP Lett., 1987, v.45, N 9, pp.534-536.