



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

7 - 9
İyun
June 2005
Июнь

səhifə
page 879-881
стр.

Bakı, Azərbaycan

Baku, Azerbaijan

Баку, Азербайджан

РАЗРАБОТКА РАДИАЦИОННО-СТОЙКИХ ФОТОДИОДОВ НА ОСНОВЕ СЕЛЕНИДА ИНДИЯ С ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ОХЛАДИТЕЛЕМ

АБДИНОВ Д.Ш., АСКЕРОВ К.А., БЕКТАШИ М.Г., ГАДЖИЕВА В.И.

Институт Физики НАН Азербайджана

В статье исследованы свойства фотодиодов с термоэлектрическим охладителем на ближнюю ИК-область спектра, разработанных на основе монокристаллов селенида индия. Кроме того изучены воздействия ионизирующих излучений на термоэлектрические параметры термоматериалов и охладителей на их основе, определены абсолютные значения чувствительности фотодиодов с термоэлектрическим охладителем и определен механизм тока через p-n переход.

В данной статье рассматривается комплекс экспериментальных работ включающих разработку конструкции и изготовление радиационно стойких фотодиодов с термоэлектрическим охладителем для ближней ИК-области спектра на основе селенида индия и исследование воздействия ионизирующих излучений фотоэлектрических характеристик.

В литературе подобные работы отсутствуют [1-3].

Для изготовления фотодиодов использовались монокристаллические образцы селенида индия n-типа проводимости полученные методом Бриджмена с концентрацией и подвижностью основных носителей заряда $\sim 10^{14}$ см⁻³ и $500 \div 1200$ см²/В с соответственно при комнатной температуре. В качестве компенсирующего элемента выбрано золото.

Из монокристаллического слитка препарировались тонкие слои толщиной 0,2-0,4 мм перпендикулярно оси "С" кристалла. На монокристаллические слои наносились в вакууме слои золота $0,30 \div 0,35$ мкм в виде кружков диаметров

до 0,8 мм и расположенных на расстоянии 0,5мм друг от друга. Покрытые золотом пластины подвергались отжигу при температуре 523К в течении двух часов. Затем слои нарезались на чувствительные элементы размерами 1,00x1,00 мм.

Экспериментально установлено, что оптимальный рабочий температурный режим полученных таким образом фотодиодов на основе селенида индия является при ~ 263 К. Для поддержания этой температуры применялись двухкаскадные термоэлектрические охладители разработанные нами.

Основные характеристические параметры ТЭО представлены в таблице.

Чувствительные элементы распаивались на пластины тепло перехода термоохладителя с помощью индия с расстоянием между ними 0,2мм. Затем производились распайка контактов на выводы корпуса. Таким образом можно получить до пяти элементных фотодиодов с ТЭО на основе селенида индия.

Таблица № 1 Основные характеристические параметры ТЭО

Термо охладитель	Время выхода на рабочий режим	Температура охлаждения T _{о.с} =333К	Сила тока питания, А	Потребляемая мощность, Вт	Холодопроизводительность, Вт	Кол-во термоэлементов шт	Кол-во выводов, шт	Охлаждаемая площадь кв.мм	Минимальная наработка час	Срок сохранения мосты, лет	Масса ТЭО г.
2-х каскадный	40	258÷263	3,0	3,0	0,40	30	16	32	1200	12,5	2,4

На полученных фотодиодах измерялись вольт-амперные характеристики и распределение фото-чувствительности при комнатном и рабочем режиме ТЭО. Вольтамперные характеристики снимались на

полуавтоматической установке с записывающим устройством.

Регистрация сигнала при измерениях спектральных характеристик фотодиодов с ТЭО производилась

по стандартной методике с помощью монохроматора МДР-4. Спектральные характеристики снимались при прямом и обратном смещениях на фотодиоды, равных $\pm 3В$.

Анализ ВАХ фотодиодов с ТЭО показали, что коэффициент качества примерно близки и меняются в интервале от 2 до 8. Механизм протекания через р-п переход тока соответствуют генерации – рекомбинации в объеме и на поверхности в области перехода.

Спектральные распределения fotocувствительности фотодиодов с ТЭО при прямом (кривые 1 и 1') и обратном (кривые 2 и 2') смещениях, снятые при комнатной температуре (кривые 1' и 2') и рабочем режиме ТЭО (кривые 1 и 2) представлены на рис. 1

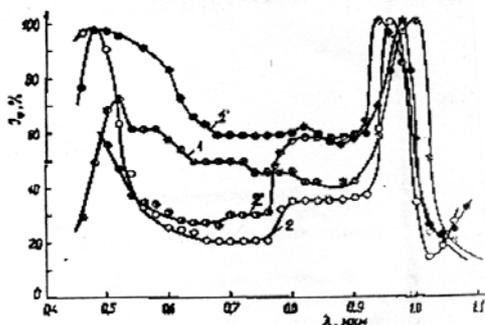


Рис.1. Спектральное распределение fotocувствительности фотодиодов с ТЭО на основе селенида индия при прямом (кр.1 и 1') и обратном (кр.2 и 2') смещениях снятые комнатной (кр. 1 и 2) и рабочем режиме ТЭО (кр.1' и 2').

Как видно из рисунка, фотодиоды на основе селенида индия fotocувствительны в области спектра от 0,5мкм с максимумом при $\lambda_{max} \approx 0,95$

мкм. Кривые спектральных характеристик фотодиодов с ТЭО по форме плато и местонахождением максимума несколько отличаются от кривых снятых при комнатной температуре, то есть без включения ТЭО. Как видно из кривых спектральных характеристик фотодиодов с ТЭО после включения термоохладителя абсолютное значение чувствительности увеличивается и основной максимум несколько смещается в коротковолновую область спектра. Расчетное значение абсолютной величины fotocувствительности фотодиодов без включения ТЭО при максимуме спектральной характеристики изменяться в интервале $(0,10 \div 2,0) А/Вт$. При этом вольт-ваттная чувствительность составляет $(1,0 \div 5,1) \cdot 10^4 В/Вт$. Значения указанных параметров после включения ТЭО увеличивается примерно в 2-3 раза. Одновременно в фотодиодах с ТЭО растет значение дифференциального сопротивления. Приведенные результаты показывают, что эти фотоприемники могут быть использованы в условиях повышенной радиации.

Исследуемые термоэлектрические модули представляют собой унифицированные одно- и многокаскадные термобатарей из последовательно или параллельно последовательно включенных термоэлементов. Они состоят из различных узлов: Термоэлементов, теплопереходов, коммутирующих контактов.

Влияние ионизирующих излучений на температурный перепад на модулях возникающих при прохождении через него постоянного тока равного 2 А до и после облучения представлены в в следующей таблице.

Номер модулей	ΔT , град при $I = 2A$											
	Импульсные гамма-нейтроны, н/см ²				Электронное облучение с энергией 25 МэВ, э/см ²				Гамма-кванты, Р			
	До облучения	10 ¹³	5·10 ¹³	10 ¹⁴	До облучения	10 ¹³	5·10 ¹³	10 ¹⁴	До облучения	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸
1	39	42			39,5	36,5	36,0	40,0	39,0	38,0	38,0	37,0
2	40		44,5		39,5	36,0	36,5	39,0	38,0	37,0	37,0	37,5
3	38			40,0	38,5	37,0	36,0	39,5	38,3	37,0	37,0	37,5

Как видно из таблицы, облучение гамма-нейтронами до флюенса 10^{14} см^{-2} приводит к росту в ΔT_{max} модулей. Сопоставление вышеуказанных данных по влиянию облучений на эффективность п и р-ветвей дает основание предполагать, что такое изменение ΔT обусловлено как уменьшением сопротивления переходных контактов, так и ростом термоэлектрической добротности ветвей термоэлементов. Исследование влияния ионизирующих излучений различного вида на температурный перепад ΔT термоэлектрического охладителя (ТЭО) показало, что после облучения охладителя гамма-нейтронами флюенсом $5 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-2}$, ΔT значительно растет. При облучении же охладителя электронами и гамма-квантами ΔT падает. Оптимальный ток питания, время выхода на режим и другие

параметры ТЭО после облучения не претерпевали заметного изменения.

Результаты проведенных исследований показывают, что изменения ΔT охладителей при облучении обусловлено как изменением параметров ветвей, так и изменением сопротивления переходных контактов. До, после и в процессе облучения на полученных фотодиодах с ТЭО измерялись спектральное распределение чувствительности, напряжение сигнала и шума. Измерения в процессе облучения на импульсной гамме установке и гамма-нейтронном реакторе проводились с помощью специально разработанной универсальной установки, предназначенной для дистанционных и автоматизированных измерений параметров фотодиодов. Характеристики структуры Au-InSe до,

после и в процессе облучения измерялись в режиме , когда через ТЭО протекал ток питания силой ~2,0 А, вследствие чего фотодиоды охлаждаются до ~225 ±1К

В процессе проведения измерений на импульсной гамма установке и на импульсном реакторе фиксировались осциллограммы для регистрации изменения напряжения сигнала U_c и напряжении шумов $U_{ш}$ по двум каналам одновременно с двух одинаковых структур Au-InSe. По восстановлению U_c и $U_{ш}$ определялось время потери работоспособности $\tau_{впр}$ фотодиодов. Установлено, что на импульсные гамма установки при длительности импульса $\tau_\gamma = 10.3 + 10.9$ нс время потери работоспособности фотодиодов по регистрации снятых одновременно измерений U_c и $U_{ш}$ составляет : при мощности $P_\gamma = 1,7 \cdot 10^{10}$ Р/с, $\tau_{впр} \leq 0,7$ с по восстановлению значений U_c при мощности гамма квантов $P_\gamma = 3,08 \cdot 10^{10}$ Р/с, $\tau_{впр} \leq 0,05$ с. Аналогичное измерение проводилось на импульсном реакторе и при этом значении время потери работоспособности составляет : при флюенсе нейтронов $\Phi_n = 3,08 \cdot 10^{12}$ см⁻² по восстановлению напряжения сигнала $\tau_{впр} \leq 1,7$ с, по восстановлению $U_{ш}$ при флюенсе нейтронов $\Phi_n = 3,35 \cdot 10^{12}$ см⁻², $\tau_{впр} \leq 0,01$ с. Таким образом, с учетом результатов проводимых исследований, среднее значение время потери работоспособности фотодиодов на основе селенида индия с ТЭО в условиях импульсного гамма и импульсного нейтронного облучения составляет : по восстановлению U_c , $\tau_{впр} \leq 1,7$ и по восстановлению $U_{ш}$ $\tau_{впр} \leq 0,05$ с. При суммарном флюенсе нейтронов $\Phi_n = 6,39 \cdot 10^{12}$ см⁻² и максимальной мощности дозы $P_\gamma = 4,15 \cdot 10^{10}$ Р/с. Результаты показывают что значение времени работоспособности , определенные по изменениям U_c и $U_{ш}$ сильно отличаются друг от друга.

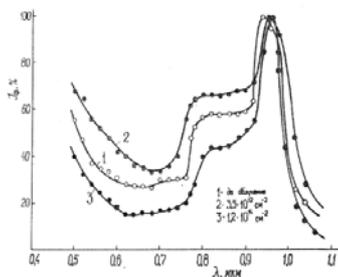


Рис.2. Спектральное распределение фоточувствительности фотодиодов с ТЭО после импульсного гамма и импульсного реакторного облучения

На рис. 2 показано спектральное распределение чувствительности фотодиодов на основе селенида индия с ТЭО через 10 суток после импульсного гамма и импульсного реакторного облучения.

Как видно из рисунка, после облучения мощностью гамма квантов $P_\gamma = 4,15 \cdot 10^{10}$ Р/с и импульсных нейтронов флюенсом $\Phi_n = 6,39 \cdot 10^{12}$ см⁻² фоточувствительность по всей области спектра несколько увеличивается (рис.1,кр.2). Следующий флюенс нейтронов $\Phi_n = 1,2 \cdot 10^{14}$ см⁻² приводит к уменьшению фоточувствительности фотодиодов с ТЭО не более чем на 30% (рис.1,кр.3).

Расчетные значения абсолютной величины фоточувствительности фотодиодов при максимуме спектральной характеристики ($\lambda_{max} = 0,95$ мкм) изменяются в интервале (0,2+4,0)А/Вт, при этом вольт-ваттная чувствительность составляет (2,1+9,1) · 10⁴ В/Вт. С ростом флюенсов облучение указанные выше значения уменьшаются не более чем ~30%. Одновременно в фотодиодах растет значение дифференциального сопротивления .

Было исследовано также влияние изохронного отжига продолжительностью 30 минут на фотоэлектрические свойства облученных структур Au-InSe. Выяснено, что после изохронного отжига в интервале 70-150⁰С (с шагом 20 градусов) фотоэлектрические параметры структуры восстанавливаются. В результате облучения практически не наблюдалось изменений конструкции и конструкционных материалах фотодиодов, а также параметров с ТЭО.

Предполагается, что при малых флюенсах облучение происходит в основном, перераспределением золота, вследствие чего получается более совершенный и стабильный р-п переход и фоточувствительность структуры увеличивается.

Невысокие по сравнению со слоем энергетические барьеры существующие в межслойном промежутке слоистого кристалла InSe , благоприятствуют миграции радиационных дефектов с ростом флюенсов облучения.

Это, в свою очередь облегчает процесс комплексов из радиационных и исходных дефектов в межслойных промежутках. Вследствие этого происходит образование новой высокоомной прослойки, приводящий к некоторой деградации фотоэлектрических параметров структур Au-InSe.

В результате изохронного отжига происходит постепенная рекомбинация радиационных дефектов, вследствие чего фотоэлектрические параметры структуры восстанавливаются.

[1]. К.А.Аскеров, Э.М.Алиев, Ф.К.Исаев, Д.Г.Амиров. ДАН Азерб.ССР, 1990, № 12, т.1.с.21-23

[2]. I.Hasarawa, Y.Abe. Phys.Stat.Sol.(a) ,1982, v.70, p.615-621.

[3]. A.Segura, I.M.Besson. Nuovo Cimento, 1977, 38B, p.345.