

К. т. н. В. А. ЗАВАДСКИЙ, к. т. н. В. В. ЗУБАРЕВ,
д. т. н. В. А. МОКРИЦКИЙ

Украина, Одесский гос. политехнический ун-т
E-mail: vadim@vag.intas.odessa.ua

Дата поступления в редакцию
26. 01 2001 г.

Оппоненты д. т. н. С. А. МИХАЙЛОВ,
к. т. н. Ю. Г. ДОБРОВОЛЬСКИЙ

РАДИАЦИОННАЯ ОБРАБОТКА ИК-ФОТОПРИЕМНИКОВ НА ОСНОВЕ CdHgTe

Проведен анализ дозовой зависимости темновых тока и сопротивления ИК-фотоприёмников при 80 и 120 К при облучении быстрыми электронами.

В последние годы все более актуальным становится изучение влияния внешних воздействий, в том числе радиационных, на характеристики изделий микроэлектроники, используемых в составе разрабатываемой радиоэлектронной аппаратуры. В настоящее время такие исследования проведены и обобщены для многих микроэлектронных изделий массового применения. Характер же поведения под действием радиации изделий, имеющих относительно малое применение в РЭА, но относящихся к изделиям повышенной надежности, остается, как правило, не изученным.

В данной работе выполнено исследование влияния радиационной обработки быстрыми электронами на микроэлектронные изделия, имеющие частное применение в РЭА: фоторезисторы на основе соединения "кадмий – ртуть – теллур".

Методика радиационной обработки и измерений

Объектами исследования являлись ИК-фоторезисторы на основе монокристаллического тройного соединения "кадмий – ртуть – теллур" (КРТ). Учитывая, что качество объемных монокристаллов по структурным параметрам (плотность дислокаций, количество вакансий ртути) и электрической проводимости (концентрация носителей заряда, их подвижность) превосходит качество эпитаксиальных слоев, для изготовления фоторезистора были выбраны объемные монокристаллы *n*-типа электропроводности с $x=0,2$ [1].

Источником быстрых электронов с энергией 3,5 МэВ был линейный ускоритель «Электроника» ЭЛУ-4. Интегральный поток электронов рассчитывали по формуле [1]

$$\Phi = 6,2 \cdot 10^{12} I_3 t,$$

где I_3 – ток пучка быстрых электронов, мкА; t – время обработки, с.

Режим обработки выбирали с учетом требования по ограничению нагрева образцов до температуры, не превышающих 60°C.

Основными параметрами фотоэлектрических полупроводниковых приемников (ФЭПП), измеряемыми на *немодулированном* излучении, являются: темновой, общий ток и фототок, темновое сопротивление, дифференциальное электрическое сопротивление, статическая токовая чувствительность; на *модулированном* излучении: напряжение фотосигнала и шума, ток фотосигнала и шума, эффективная фоточувствительная площадь, статическая чувствительность, порог чувствительности, обнаружительная способность.

Измерение этих параметров проводили на стенде, где источником излучения являлся газовый лазер на углекислом газе ЛГ-74 со стабилизацией мощности, работавший в непрерывном режиме. Изменение мощности (энергии) лазерного излучения возможно как дискретно с помощью ослабителя, так и плавно – с помощью электронно-оптического модулятора МП-8. В режиме модулированного излучения управление модулятором осуществлялось с помощью генератора импульсов Г5-48.

Энергию лазерного излучения, направляемого на фотоприемник (ФП), измеряли с помощью измерителя мощности и энергии ИМО-2Н, измерительную головку которого устанавливали на место ФП. Для облегчения юстировки стенда и установки ФП в положение измерений применяли гелий-неоновый лазер ЛГН-108.

В связи с возрастающим интересом к исследованию влияния внешних факторов на параметры фотоприемников ИК-излучения, работающих при температурах, больших температуры кипения жидкого азота, в данной работе проведено также изучение свойств фотоприемников при температуре 153 К. Для этого применяли криостат, в котором охлаждение фотоприемника осуществляли с помощью компрессионной системы охлаждения «Топаз». Точность поддержания температуры составляла ± 1 К.

Измерение фотоэлектрических параметров фотоприемников проводили в соответствии с [2].

Полученные результаты

Изучено влияние облучения быстрыми электронами на два важных для фоторезисторов параметра – темновой ток I_T и темновое сопротивление R_T . Измерение темнового тока и темнового сопротивления проводили без предварительного облучения фоторезистора лазером ЛГ-74.

В соответствии с [2] темновое сопротивление вычисляли по формуле

$$R_T = U/I_T,$$

где U – напряжение питания ФЭПП, В.

Погрешности измерений указанных параметров фоторезистора не превышали $\pm 5\%$ при доверительной вероятности $P=0,95$.

Результаты измерений и расчетов представлены в **таблице** и на **рисунке**. Эти результаты иллюстрируют следующее:

– облучение быстрыми электронами дозами 10^{13} – 10^{15} см^{-2} приводит к уменьшению темнового сопротивления и увеличению темнового тока;

– относительные изменения темнового сопротивления и темнового тока больше при температуре измерения 80 К;

– для доз облучения, больших 10^{15} см^{-2} , относительные изменения параметров фоторезисторов отличаются незначительно.

Дозовая зависимость параметров фоторезистора

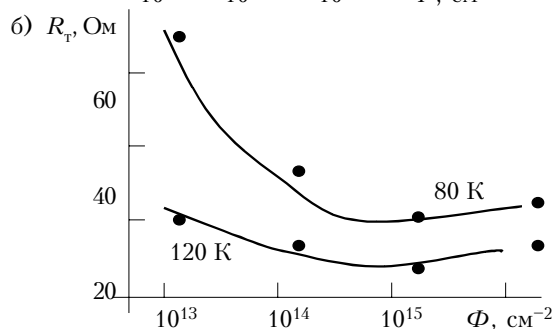
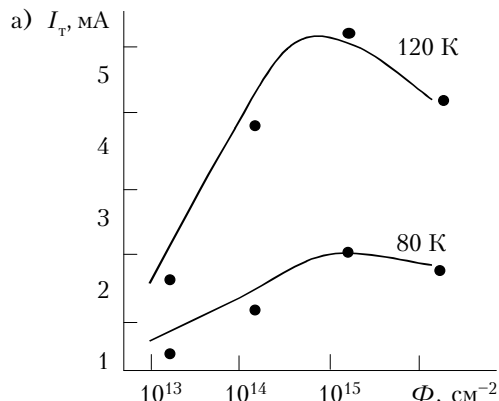
Температура измерения, К	Параметр	Доза, см^{-2}			
		10^{13}	10^{14}	10^{15}	10^{16}
80	R_T , Ом	71,0	27,5	20,5	22,3
	$\Delta R_T/R_{T0}$, %	-11	-66	-74	-72
	I_T , mA	0,56	1,45	1,95	1,79
	$\Delta I_T/I_{T0}$, %	12	190	290	260
120	R_T , Ом	21,0	11,2	7,5	10,4
	$\Delta R_T/R_{T0}$, %	-16	-55,2	-70,0	-58,4
	I_T , mA	1,9	3,6	5,3	3,9
	$\Delta I_T/I_{T0}$, %	19	123	223	160

R_{T0} , I_{T0} – соответственно темновое сопротивление и ток необлученных фоторезисторов.

Отмеченные изменения параметров фоторезисторов могут быть объяснены образованием в кристаллах CdHgTe радиационных дефектов донорного типа [3, с. 85], вследствие чего концентрация свободных электронов увеличивается. Поскольку количество дефектов донорного типа определяется количеством вакансий ртути в междузлиях кристаллической решетки, то становится понятным, что изменения концентрации введенных облучением носителей заряда, а следовательно, темнового сопротивления фоторезистора ограничены концентрацией вакансий ртути.

Как было показано нами ранее [4], исследование кристаллов CdHgTe показало, что они по своему химическому и фазовому составу являются существенно неоднородными; их структуре присущи такие несовершенства, как кристаллические включения сильно текстурированной фазы или области пластинчатой формы со структурой, отличной от структуры КРТ.

Рассмотрение полученных данных о неоднородности кристаллов КРТ совместно с данными по нестабильности и деградации электрофизических свойств показывает, что процессы возникновения неоднородностей структуры и деградации свойств протекают в одинаковых или близких температурных интервалах. Это позволяет предположить, что



Дозовая зависимость темнового тока фоторезистора (а) и темнового сопротивления (б)

именно нестабильность твердого раствора предопределяет нестабильность свойств полупроводникового материала КРТ. Поэтому достижение стабильности электрофизических свойств кристаллов КРТ должно быть основано на стабильности и однородности его кристаллической структуры. Для этого необходимо ослабить или полностью исключить дестабилизирующие структуру факторы, такие как радиационные дефекты и неоднородность химического и фазового состава [5, с. 68].

В результате проведенных исследований разработан ИК-фоторезистор на основе монокристаллов тройного соединения "кадмий–ртуть–теллур" повышенной однородности с $x=0,2$, временная стабильность которого повышена на 20% по сравнению с серийными приборами этого класса.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Завадский В. А., Масенко Б. П. Влияние облучения на параметры кремниевых элементов / В сб.: Молодежь третьего тысячелетия: гуманитарные проблемы и пути их решения. Сер. Экономика, моделирование технических и общественных процессов, информатология, экология. – Одесса: 2000. – Т. 3. – С. 236–241.
2. ГОСТ 17772–88. Приемники излучения полупроводниковые фотоэлектрические и фотоприемные устройства. Методы измерения фотоэлектрических параметров и определение характеристик.
3. Тугов Н. М., Глебов З. А., Чарыков Н. А. Полупроводниковые приборы. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
4. Завадский В. А., Мокрицкий В. А. CdHgTe, выращиваемый ЖФЭ для фотоприемников // Фотоэлектроника. (Межведомств. науч. сб.). – Одесса: 2000. – Вып. 10. – С. 29–30.
5. Викулин И. М., Стафеев В. И. Физика полупроводниковых приборов. – М.: Радио и связь, 1990.