

риала волокна и его геометрических размеров. Представленные оценки удельной задержки, областей существования и амплитудно-временных характеристик оптических солитонов в различных состояниях поляризации могут быть использованы в экспериментах по идентификации солитонных импульсов, а также при разработке элементной базы солитонных волоконно-оптических систем обработки информации.

Список литературы

- [1] Kodama Y. // J. St. Phys. 1985. Vol. 39. N 5/6. P. 597—614.
[2] Петрунькин В. Ю., Селищев А. В., Щербakov А. С. // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1988. Т. 52. № 2. С. 364—368.

Ленинградский политехнический институт им. М. И. Калинина

Поступило в Редакцию
21 июня 1989 г.
В окончательной редакции
2 января 1990 г.

06; 12

Журнал технической физики, т. 60, в. 10, 1990

© 1990 г.

САМОКАЛИБРОВАННЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ИК ФОТОДИОД НА ОСНОВЕ ДЕФЕКТНОГО ПОЛУПРОВОДНИКА $Hg_3In_2Te_6$ ДЛЯ СПЕКТРАЛЬНОГО ДИАПАЗОНА 0.85—1.5 мкм

А. И. Малик, Г. Г. Грушка

Метод самокалибровки фотодиодов, заключающийся в том, что калибровка фотодиодов (ФД) по абсолютной спектральной чувствительности проводится непосредственно по их электрическим и оптическим характеристикам, является одним из наиболее перспективных методов радиометрии. Основой метода является практическая реализация 100%-го внутреннего квантового выхода в ФД. Установлено, что для кремния это условие выполняется для энергий фотонов 1.2—3.3 эВ [1]. Исполнение конструкции радиометра в виде световой ловушки с несколькими ФД и переотражением параллельного пучка света от поверхностей ФД позволяет учесть потери на отражение света от поверхности ФД и обеспечить высокую точность радиометра [2]. Отечественный абсолютный радиометр для спектрального диапазона 0.45—0.75 мкм с погрешностью, не превышающей 0.1 %, был создан в НПО ВНИИОФИ с использованием кремниевых поверхностно-барьерных ФД на основе гетероструктур $In_2O_3-SiO_x-nSi$ [3].

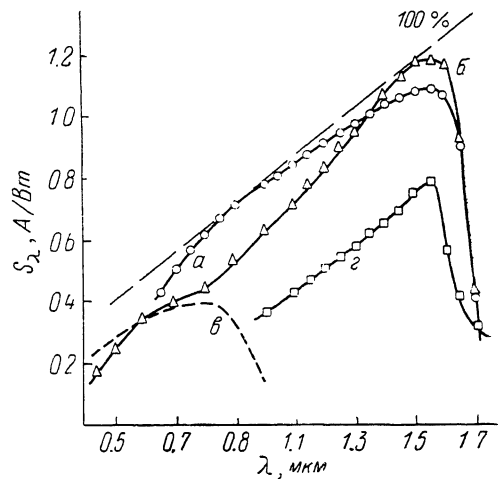
Развитие волоконно-оптической техники требует решения задачи создания абсолютных радиометров для спектрального диапазона 0.85—1.5 мкм. Основными длинами волн в этом спектральном диапазоне являются 0.85, 1.06, 1.3 и 1.5 мкм. Причем для решения целого ряда задач вполне приемлемой может быть точность измерения мощности излучения порядка 1 %.

Создание таких радиометров возможно лишь при наличии ФД, обладающего 100%-ной внутренней квантовой эффективностью в этом диапазоне длин волн. Германиевые ФД, наиболее распространенные при измерениях в этом диапазоне, вследствие рекомбинационных потерь на поверхности и в объеме не удовлетворяют вышесформулированным требованиям.

В данной работе приводятся первые сведения об использовании для создания самокалиброванных ФД нового полупроводникового соединения — ртутно-индиевого теллурида (РИТ) $Hg_3In_2Te_6$. Данный полупроводник является тройным соединением, соответствующим составу $x=0.5$ в псевдобинарной системе $(In_2Te_3)_x-3(HgTe)_{1-x}$, и относится к так называемым дефектным фазам. РИТ кристаллизуется в структуре цинковой обманки, где 1/6 часть всех узлов решетки вакантна. Наличие вакантных узлов, так называемых стехиометрических вакансий с концентрацией $2.6 \cdot 10^{21} \text{ см}^{-3}$, обуславливает ряд интересных свойств данного соединения — электрическую неактивность введенных примесей [4], повышенную стойкость к воздействию ионизирующих излучений [5]. Высокая плотность электрически нейтральных вакансий обуславливает инертность поверхности монокристалла, что было экспериментально доказано при исследовании спектров фотопроводимости [6]. Структура энергетических зон

РИТ прямая, ширина запрещенной зоны при $T=300$ К равна 0.74 эВ. Подвижность электронов $250 \leq \mu_n \leq 400$ см²/В·с.

ФД изготавливались путем нанесения на поверхность РИТ тонкой пленки широкозонного вырожденного полупроводникового соединения из смеси оксидов индия и олова (ИТО). Диаметр фоточувствительных площадок исследованных ФД составлял 2 и 5 мм. Показатели преломления ИТО и РИТ в исследуемом спектральном диапазоне удовлетворяли соотношению $n_{\text{ИТО}} = \sqrt{n_{\text{РИТ}}}$, что дало возможность путем выбора толщины пленки ИТО, равной $\lambda/4n_{\text{ИТО}}$, снизить практически до нуля отражение от поверхности исследованных ФД на длине волны λ . На рисунке приведены спектральные зависимости абсолютной монохроматической чувствительности двух ФД на основе структур ИТО—РИТ с толщиной ИТО 0.107 (а) и 0.187 мкм (б). ФД с такими толщинами пленки имеют почти 100%-ную внешнюю квантовую эффективность на длинах волн 0.85 и 1.5 мкм. Помимо идеального просветления высокая квантовая эффективность обусловлена также отсутствием рекомбинационных потерь на границе раздела



Спектральные зависимости абсолютной монохроматической чувствительности самокалиброванных ФД на основе структур ИТО—РИТ (а, б) кремниевого ФД (в) и германиевого ФД с p - n -переходом (г).

вследствие инертности поверхности РИТ. На этом же рисунке для сравнения приведены чувствительности кремниевого (ФД-288) и германиевого фотодиодов с p - n -переходом. Оценка качества самокалибровки исследованных ФД проводилась по сравнению их чувствительности с чувствительностью идеального фотоприемника. В таблице приведены значения относительной ошибки самокалибровки $\Delta S = ((S_{\lambda}^{\text{ид}} - S_{\lambda})/S_{\lambda}^{\text{ид}}) \cdot 100\%$ для ФД разных площадей. Измерение величины чувствительности на длине волны 1.3 мкм проводилось на образцовом измерительном средстве (ОСИ) во ВНИИОФИ, а чувствительность на длине волны 1.5 мкм определялась методом сравнения с чувствительностью проверенного по образцовым средствам германиевого ФД (см. рисунок, г). Результаты исследований свидетельствуют о том, что ФД на основе РИТ могут служить для прямых измерений мощности излучения в спектральном

Параметры исследованных ФД на длинах волн 1.3 и 1.5 мкм

Номер образца	Площадь, мм ²	$\lambda = 1.3$ мкм		$\lambda = 1.5$ мкм	
		S_{λ} , А/Вт	ΔS , %	S_{λ} , А/Вт	ΔS , %
3.3	3.14	1.029	1.06	—	—
4.3	3.14	1.052	1.15	—	—
5.1	19.6	—	—	1.19	0.83

диапазоне длин волн 0.85 — 1.5 мкм, т. е. выполнять роль ОСИ. Достаточно недорогая цена материала и простота технологии изготовления ФД может сделать доступными их для широкого круга потребителей.

Низкое значение концентрации носителей ($\leq 10^{13}$ см⁻³) дает возможность изготовления высокочувствительных измерительных ФД наносекундного диапазона для спектрального диапазона 0.85 — 1.5 мкм. При толщине базы 0.07 мм и напряжении смещения 120 В ФД с фоточувствительной площадкой диаметром 2 мм имели время нарастания фотосигнала по уровню 0.1 — 0.9 на длине волны 1.3 мкм 2 — 2.5 нс, а время спада ~ 4 нс. При этом значения темнового тока и емкости не превышали $9 \cdot 10^{-6}$ А и $8 \cdot 10^{-12}$ Ф соответственно. Возможно изготовление измерительных ФД с диаметром площадки до 10 мм. В этом случае по расчетам

время нарастания фотосигнала в приближении полного обеднения с учетом RC — постоянной при толщине базы 100 мкм и напряжении смещения 120 В будет находиться в пределах 8—13 нс в зависимости от величины подвижности, которая в свою очередь может изменяться от 250 до 400 см²/В·с.

Исследованные ФД сохраняли работоспособность при температурах до +85 °С. Кроме того (что имеет первостепенное значение при абсолютных измерениях), ФД не требуют герметизации, что с учетом вышесказанного дает им значительные преимущества перед германиевыми ФД.

В заключение авторы выражают благодарность сотрудникам НПО ВНИИОФИ В. Е. Стыцину и А. И. Глазову за содействие в метрологических измерениях, а также З. М. Грушке и Т. Г. Недашковой за помощь при изготовлении экспериментальных образцов ФД.

Список литературы

- [1] Christensen O. // J. Appl. Phys. 1976. Vol. 47. N 2. P. 689—695.
- [2] Zalewski E. F., Duda C. R. // Appl. Opt. 1983. Vol. 22. N 18. P. 2867—2873.
- [3] Квочка В. И., Манассон В. А., Мкртчян А. К*, Баранюк В. Б. // Письма в ЖТФ. 1987. Т. 13. Вып. 21. С. 1339—1341.
- [4] Грушка Г. Г., Грушка З. М., Гавалешко Н. П. // УФЖ. 1985. Т. 30. Вып. 2. С. 304—307.
- [5] Бакуменко В. Л., Бонаков А. К., Грушка Г. Г. // Электронная техника. Науч. техн. сб. 1983. № 2 (175). С. 75.
- [6] Аняньина Д. Б., Бакуменко В. Л., Курбатов Л. Н., Чижко В. Ф. // ФТП. 1976. Т. 10. Вып. 12. С. 2373—2375.

Черновицкий государственный университет

Поступило в Редакцию
23 ноября 1989 г.

05, 06

Журнал технической физики, т. 60, в. 10, 1990

© 1990 г.

СТИМУЛЯЦИЯ НИЗКОЧАСТОТНОЙ ОСЦИЛЛЯЦИИ ТОКА В $Ag_3In_5Se_9$ ИК ИЗЛУЧЕНИЕМ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОЛЕМ

А. Г. Гусейнов, В. И. Тагиров, М. Б. Джафаров

В работе приводятся результаты исследования полевой зависимости захвата носителей тока глубокими примесными уровнями в монокристаллах сложного трехэлементного полупроводникового соединения $Ag_3In_5Se_9$.

В настоящее время низкочастотная осцилляция тока, обусловленная влиянием электрического поля на эффект захвата носителей тока глубокими рекомбинационными центрами, обнаружена в легированном n -Ge, GaAs, CdS и в некоторых твердых растворах на основе этих соединений [1–5]. Подобное явление впервые обнаружено и изучено нами в монокристаллах трехэлементного полупроводникового соединения.

Однородные монокристаллы соединения n - $Ag_3In_5Se_9$ выращены методом направленной кристаллизации при постоянном градиенте температуры расплава. Удельное сопротивление монокристаллических образцов при 300 К составляет $4 \cdot 10^5$ Ом·м при напряженности электрического поля 0.06 В/м. В качестве омического контакта использован сплав In—Sn—Pb. Ширина запрещенной зоны монокристаллического $Ag_3In_5Se_9$ при комнатной температуре равна 1.22 эВ. Исследованные образцы обладают высокой фоточувствительностью в области длин волн 600—1300 нм и имеют заметную анизотропию электрической и фотоэлектрической проводимостей относительно кристаллографических осей. Степень анизотропности сильно увеличивается при уменьшении температуры ниже 230 К. Установлено, что при таких температурах в вольт-амперной характеристике кристалла в направлении, перпендикулярном кристаллической оси c , наблюдаются сублинейность и насыщение тока. При напряженностях электрического поля выше 4 В/м и облучении ИК излучением в образце $Ag_3In_5Se_9$ возникает осцилляция тока, причем частота и амплитуда колебаний зависят от температуры, напряженности поля, интенсивности и длины волны излучения. Колебания тока наблюдаются в области температуры 77—230 К. С понижением температуры пороговое значение напряженности смещается в сторону больших полей, а частота колебания увеличивается.