

УДК 621.383.49 : 621.793.162

К. К. Свиташев, С. И. Чикичев

*(Новосибирск)***НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ
МНОГОЭЛЕМЕНТНЫХ ФОТОПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВ
НА ОСНОВЕ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ
ТЕЛЛУРИДОВ КАДМИЯ И РТУТИ**

Настоящий выпуск журнала является тематическим и посвящен рассмотрению некоторых проблем создания многоэлементных фотоприемных устройств на основе твердого раствора теллуридов кадмия и ртути. Круг этих проблем достаточно традиционен и прежде всего включает в себя получение фоточувствительного материала с заданным набором структурных, оптических и электрофизических параметров. Решение этой ключевой задачи полупроводникового материаловедения невозможно без разработки и активного использования быстрых, надежных и неразрушающих методов измерения соответствующих параметров на готовых структурах и непосредственно в процессе их выращивания. Для многоэлементных фотоприемников, работающих в спектральном диапазоне 10—12 мкм, считывание сигнала является отдельной и весьма сложной проблемой, требующей оригинальных схемотехнических решений. Заметим, что за исключением кремниевых все инфракрасные фотоприемные устройства достаточно большого формата изготавливаются методом гибридной сборки, в которой важнейшую роль играют пластические свойства контактного материала. Эти и некоторые другие вопросы физики и технологии фотоприемных устройств легли в основу тематического выпуска.

На страницах данного выпуска чаще других встречаются две аббревиатуры — КРТ и МЛЭ. Первая из них обозначает полупроводниковый твердый раствор теллуридов кадмия и ртути, $Cd_xHg_{1-x}Te$, или коротко кадмий—ртуть—теллур. Еще в 1959 году было установлено, что смесь этих трех элементов Периодической таблицы Д. И. Менделеева (каждый из которых, к сожалению, сам по себе достаточно ядовит) при определенных условиях образует кристаллы со структурой сфалерита, в которых одна подрешетка целиком занята атомами теллура, а в другой располагаются атомы кадмия и ртути. Оказалось, что в зависимости от пропорции, в которой смешаны атомы Cd и Hg в подрешетке металла, могут быть получены кристаллы КРТ с любой наперед заданной шириной запрещенной зоны в интервале 0—1,6 эВ (при 4,2 К). За истекшие 37 лет твердые растворы $Cd_xHg_{1-x}Te$ стали основным материалом инфракрасной фотоэлектроники, из которого изготавливаются одиночные, линейчатые и матричные фотоприемные устройства, чувствительные в диапазоне длин волн 1—20 мкм. Имеет место уникальная ситуация, когда один материал перекрывает практически все окна прозрачности атмосферы в инфракрасной области спектра (рис. 1), а также области минимальных потерь в существующих и перспективных волоконно-оптических линиях связи (рис. 2). Кроме того, будучи прямозонным полупроводником при всех составах, КРТ позволяет создавать не только фотоприемные, но и светоизлучающие устройства, вплоть до инжекционных лазеров, хотя последнее направление развито пока еще недостаточно. Необходимо также отметить, что на КРТ успешно реализованы все три ключевых элемента твердотельной элек-

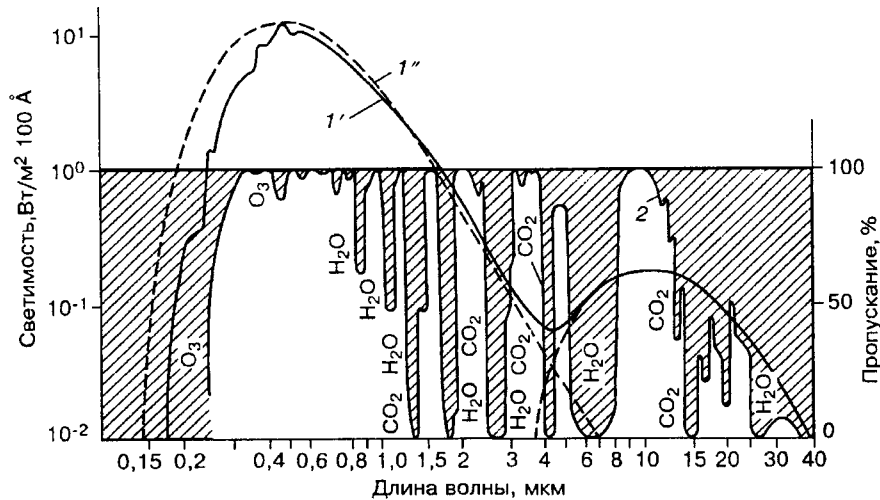


Рис. 1. Спектральное распределение уходящего в космос излучения Земли как серого тела с поглощательной способностью 0,5: Земля освещена реальным Солнцем (I), излучение Солнца аппроксимировано излучением абсолютно черного тела с температурой 6000 К (I'). Пропускание горизонтального километрового слоя атмосферы на уровне моря (2)

троники: p — n -переход, транзистор со структурой металл — диэлектрик — полупроводник (МДП) и барьер Шоттки. Причем по основным характеристикам МДП-структуры на КРТ уступают только признанному эталону — кремниевым МДП-приборам. Конечно, производство КРТ никак нельзя отнести к разряду крупнотоннажных — выход годного продукта чаще всего измеряется в граммах (и это при том, что атомы Cd, Hg и Te весьма тяжелые!). Однако объем материальных, финансовых и интеллектуальных ресурсов, затраченных на производство этого материала и разработку различных приборных технологий на нем — часто в обстановке строжайшей секретности, ставит КРТ в совершенно особое положение среди всех сложных полупроводников. Пристальное и неослабевающее внимание к этому твердому раствору со стороны правительственных лабораторий и военных ведомств нашло свое отражение в экстраординарном уровне научно-организационных мероприятий,

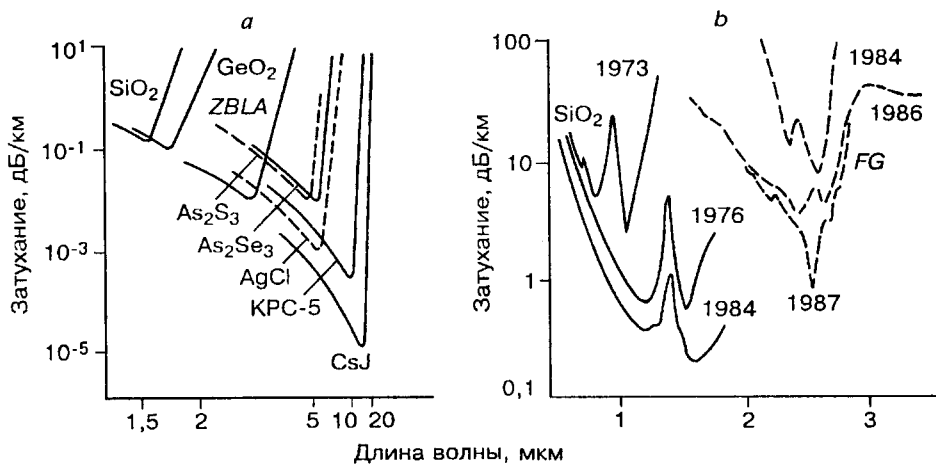


Рис. 2. Теоретические оценки минимальных потерь (a) [1] и экспериментальные спектры затухания (b) [2] волоконных световодов из различных материалов

связанных с КРТ. Достаточно сказать, что рабочие совещания по КРТ проводятся в США ежегодно, начиная с 1980 года, с публикацией трудов в специальных выпусках "J. Vac. Sci. Technol." и "J. Electron. Mater." Поэтому выбор КРТ в качестве основного «действующего лица» в настоящем выпуске более чем оправдан.

Вторая аббревиатура, МЛЭ, обозначает молекулярно-лучевую эпитаксию — основной метод синтеза разнообразнейших материалов и структур для микро- и нанoeлектроники. Возникшая в конце 60-х годов как способ контролируемого получения сверхтонких пленок и многослойных структур (сверхрешеток), к настоящему времени эта технология используется в промышленном масштабе, и производство многих современных приборов микро- и оптоэлектроники почти целиком базируется на ней. Применительно к $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ молекулярно-лучевая эпитаксия стала развиваться с 1981 года, и сегодня около двух десятков научно-исследовательских групп по всему миру заняты МЛЭ КРТ. В России эта технология поставлена в Институте физики полупроводников СО РАН, что также нашло отражение в содержании данного выпуска.

Журнал «Автометрия» не раз предоставлял свои страницы подборкам статей по наиболее актуальным проблемам микро- и оптоэлектроники, и каждый раз они находили заинтересованного читателя. Надеемся, что и настоящий тематический выпуск не станет исключением из этого правила.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дианов Е. М., Плотниченко В. Г. Инфракрасные волоконные световоды. М.: Знание, 1991.
2. Елисеев П. Г. Коммуникационные лазеры // Труды ФИАН. 1992. 216. С. 3.

Поступила в редакцию 2 июля 1996 г.