

Полупроводниковые источники излучения для инфракрасной области спектра

Наталья ТРОПИНА
Алексей ТРОПИН
tropal@mail.ru

Приведено описание конструкции и технические характеристики серии полупроводниковых инфракрасных источников излучения на основе фрактально структурированных нанокompозитных пленок селенида свинца и твердых растворов на его основе. Требуемые спектральные характеристики источников излучения могут быть сформированы за счет введения в конструкцию прибора оптических интерференционных фильтров.

Для решения широкого круга задач в оптике инфракрасного диапазона весьма востребованы быстродействующие малогабаритные источники излучения с низким энергопотреблением. Длинноволновая граница существующих в настоящее время и получивших промышленное распространение ИК-светодиодов обозначена длиной волны 1,5–1,6 мкм. Существующие на данный момент разработки светодиодов с активным слоем, излучающих в области 3–5 мкм, на основе материалов группы A_3B_5 обладают рядом недостатков. Основными причинами, ограничивающими широкое распространение подобных светодиодов, являются трудности, связанные с технологией их изготовления, недостаточная мощность излучения, высокая стоимость,

необходимость, в ряде случаев, глубокого охлаждения, а также их временная нестабильность. По этим показателям источники излучения на основе фрактально структурированных нанокompозитных пленок селенида свинца и твердых растворов на его основе могут составить достойную конкуренцию светодиодам на гетеропереходах.

На предприятии ОАО «НИИ «Тириконд»» (Санкт-Петербург) разработаны и производятся малогабаритные быстродействующие полупроводниковые источники излучения серии ИЛ 151А на основе фрактально структурированных нанокompозитных пленок селенида свинца и твердых растворов на его основе.

Анализ рекомбинационных процессов в халькогенидах свинца показывает, что эф-

фективность излучательной рекомбинации может достигать больших значений [1]. А использование в качестве источника оптической накачки GaAs светодиода позволяет получить значения оптической мощности до нескольких сотен микроватт в непрерывном режиме при комнатной температуре.

Спектральная характеристика фотолюминесценции нанокompозитных пленок PbSe, осажденных на стеклянные подложки и изготовленных по традиционной технологии, имеет вид колоколообразной кривой. Максимум ее приходится на 3,9–4,1 мкм (рис. 1), длинноволновый спад определяется спектральным распределением коэффициента поглощения, а коротковолновый — больцмановским распределением носителей по энергиям.

Длина волны, соответствующая максимуму фотолюминесценции, а также длинноволновая составляющая характеристики находятся в непосредственной зависимости от полупроводникового материала и метода изготовления излучающей пленки. Спектральное распределение фотолюминесценции определяется спектральным распределением поглощения в образце, которое, прежде всего, зависит от особенностей зонной структуры материала.

В системе PbSe–CdSe образуется ряд твердых растворов замещения $Pb_{1-x}Cd_xSe$ с линейно изменяющейся шириной запрещенной зоны. В результате увеличения содержания кадмия ширина запрещенной зоны возрастает, что является причиной смещения спектральной характеристики в коротковолновую область (рис. 1).

Применяя те или иные технологические подходы в процессе изготовления, можно в небольших пределах варьировать спектральные характеристики ИК-излучателей, но эти изменения носят весьма ограниченный характер. Зачастую бывает необходимо

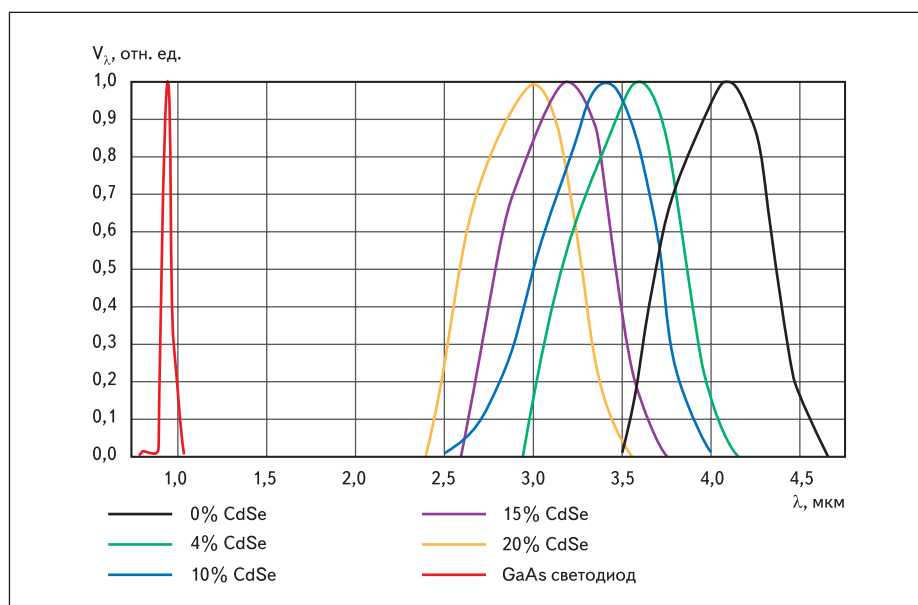


Рис. 1. Спектральное распределение интенсивности фотолюминесценции в зависимости от концентрации CdSe в твердом растворе $Pb_{1-x}Cd_xSe$

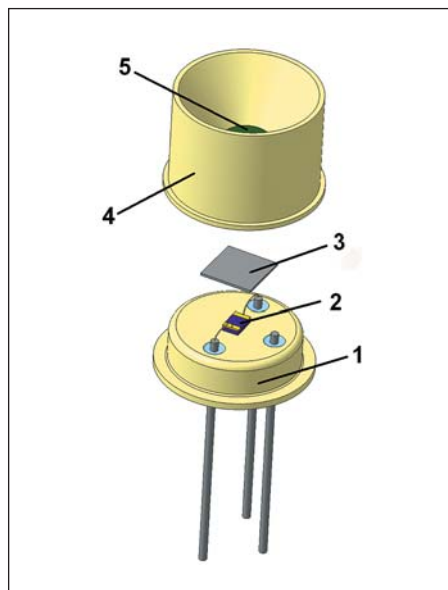


Рис. 2. Конструкция полупроводникового источника излучения ИЛ 151А

получить излучение в определенной заданной спектральной области, существенно более узкой, чем рабочий спектральный диапазон прибора. Необходимость функционирования в узких спектральных интервалах, например, в задачах сорбционного газового анализа, требует введения в конструкцию полупроводникового источника дополнительного элемента, позволяющего проводить селекцию по длинам волн испускаемого излучения в пределах спектральной ширины рабочего диапазона. Поэтому почти всегда в конструкции излучателя целесообразно, а зачастую и необходимо, использование оптического интерференционного фильтра, позволяющего формировать его рабочий спектральный диапазон.

Интерференционные фильтры, по сравнению с другими типами оптических фильтров (поглощающими стеклами, жидкостными, желатиновыми, дисперсионными, кристаллическими и др.), имеют неоспоримое преимущество в силу возможной вариативности своих спектральных характеристик. А использование оптического фильтра в качестве входного окна излучателя позволяет существенно упростить конструкцию приемника. На рис. 2 представлена базовая кон-

струкция полупроводникового излучателя производства ОАО «НИИ «Гириконд»».

На основании 1 (корпус КТ-2) смонтирован светодиод накачки 2, активным элементом является фотоизлучающая структура 3, в крышке 4 расположен оптический фильтр 5, одновременно выполняющий функцию входного окна. Интерференционный фильтр представляет собой кремниевую пластину толщиной 380 мкм с двусторонним многослойным оптическим покрытием. Структура многослойного покрытия, с учетом выбранных пленкообразующих материалов, оптимизируется в соответствии с требуемыми спектральными характеристиками. Полуширина — ширина на половине высоты — узкополосных фильтров в области 2,5–5 мкм может составлять от 40 до 200–300 нм, пропускание в максимуме — не менее 70%.

Спектральные характеристики излучения GaAs светодиода накачки и полупроводникового источника излучения при различных концентрациях CdSe в материале активного слоя — твердом растворе PbSe–CdSe — приведены на рис. 1. Основные технические характеристики излучателей представлены в таблице.

Малогабаритные быстродействующие полупроводниковые источники инфракрасного излучения успешно используются для решения широкого круга задач. В частности, излучатели серии ИЛ 151А (ОАО «НИИ «Гириконд»») применяются для построения октронов [2] — оптопар с открытым оптическим каналом для создания абсорбционных ИК-газоанализаторов, работающих в диапазоне длин волн 2,5–5 мкм. Область спектра 2,5–5 мкм является наиболее информативной с точки зрения мониторинга таких опасных газообразных веществ, как NO, NO₂, CO, CO₂, метан, пропан, аммиак и другие.

Литература

1. Дийков Л. К., Непомнящий С. В., Пашкевич А. В., Шелехин Ю. Л. Фотолюминесценция поликристаллических пленок Pb_{1-x}Cd_xSe // Физика полупроводников. 1984. Т. 8, вып. 12.
2. Горбунов Н., Варфоломеев С., Дийков Л., Медведев Ф. Новые октроны для спектрально-аналитической аппаратуры // Компоненты и технологии. 2004. № 6.

Таблица. Характеристики полупроводниковых источников излучения серии ИЛ 151А

Технические характеристики	ИЛ151А-а	ИЛ151А-б	ИЛ151А-в	ИЛ151А-г	ИЛ151А-д
Длина волны максимума излучения, мкм	4,1	3,6	3,4	3,2	3
Ширина спектра излучения (на уровне 0,5), мкм	0,8	0,7	0,5	0,5	0,5
Мощность излучения (непрерывный режим), мВт	0,06	0,1	0,16	0,16	0,16
Мощность излучения (импульсный режим), мВт	0,6	1	1,2	1,2	1,2
Постоянное прямое напряжение, В	10	10	10	10	10
Постоянный прямой ток, А	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Импульсный прямой ток, А	2	2	2	2	2
Длительность импульса, мкс	100	100	100	100	100
Скважность	200	200	200	200	200
Время нарастания (спада) импульса излучения, мкс	10	10	10	10	10