

Узконаправленные излучающие диоды и модули инфракрасного диапазона с силой излучения до 200 Вт/ср

➔ В статье представлены результаты разработки высокоэффективных узконаправленных излучающих диодов и модулей инфракрасного диапазона с силой излучения до 60 Вт/ср на постоянном токе и до 200 Вт/ср в импульсном режиме.

Узконаправленные диоды инфракрасного диапазона (ИК-диоды) применяются в технике ночного видения, ИК-освещения, дистанционного управления, оптической связи и т. п.

Особенности разрабатываемых конструкций

Для изготовления ИК-диодов использовались импортные кристаллы на основе *p-n*-гетероструктуры AlGaAs размером 1,07×1,07 мм и 0,7×0,7 мм. Мощность излучения кристаллов размером 1,07×1,07 мм с $\lambda_{max} = (855 \pm 15)$ нм составляла, по данным поставщика, не менее 220–250 мВт при токе 350 мА, кристаллов с $\lambda_{max} = (940 \pm 15)$ — не менее 160–190 мВт. Мощность излучения кристаллов размером 0,7×0,7 мм с $\lambda_{max} = (855 \pm 15)$ нм составляет не менее 160–190 мВт при токе 350 мА.

При конструировании ИК-диодов излучающий кристалл размещался в полимерном корпусе из эпоксидного компаунда с показателем преломления $n = 1,56$.

Для получения потока излучения в виде пучка почти параллельных лучей был применен асферический полимерный купол с уменьшенными потерями на сферическую aberrацию [1, 2]. Как показано в [1, 3], оптимальная преломляющая асферическая поверхность имеет форму эллипса, второй фокус которого совпадает с положением излучающего кристалла.

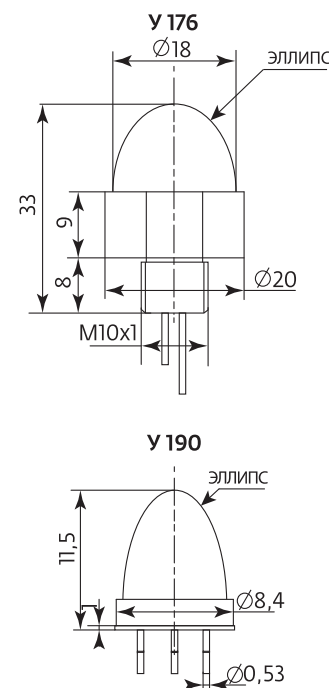


Рис. 1. Конструкции ИК-диодов

Разработанные конструкции ИК-диодов типов У-176 и малогабаритного У-190Б-1 приведены на рис. 1.

Спектры излучения ИК-диодов показаны на рис. 2. Как видно из рассмотрения рисунка, полуширина полосы с $\lambda_{max} = 858$ нм составляет около 40 нм, а полосы с $\lambda_{max} = 950$ нм — около 50 нм.

Диаграммы пространственного распределения мощности излучения ИК-диодов приведены на рис. 3. Видно, что угол излучения ИК-диодов типа У-176 составляет $2 \times \theta_{0,5} = 5,5^\circ$, а диодов типа У-190Б-1 — $2 \times \theta_{0,5} = 8^\circ$.

Измерения

Мощность излучения P_e ИК-диодов измерялась с помощью шарового фотометра, представляющего собой фотометрический шар диаметром 200 мм с входным отверстием 20 мм. В качестве фотоприемника использовался серийно выпускаемый фотодиод ФД-24К. Относительная спектральная чувствительность шарового фотометра определялась на универсальном вычислительном спектральном комплексе КСВУ-23. В качестве опорного приемника использовался кремниевый фотодиод ФД-288Б с известной спектральной чувствительностью, погрешность ее определения не превышает $\pm 2\%$ в диапазоне длин волн 460–980 нм. Калибровка абсолютной чувствительности шарового фотометра проводилась с помощью образцового средства измерений потока излучения ОСИПИ-2 с длиной волны в максимуме спектра излучения $\lambda_{max} = 940$ нм и погрешностью воспроизведения потока излучения не более $\pm 2\%$.

Расчет значений мощности излучения и силы излучения проводился по измеренным значениям фототока фотодиодов, работающих в режиме короткого замыкания, с учетом спектра излучения ИК-диодов, измеренного на двойном монохроматоре МДР-2 по светоизмерительной лампе СИРШБ-100, аттестованной по спектральной плотности энергетической яркости.

Измерение силы излучения J_e ИК-диодов проводилось на гониометре, представляющем собой поворотный механизм и фотодиод ФД-288 с калиброванной диафрагмой диаметром 6 мм. Расстояние от излучающего ИК-диода до фотодиода 4 м. Спектральная чувствительность фотодиода в диапазоне длин волн 460–980 нм определена с погрешностью, не превышающей $\pm 2\%$.

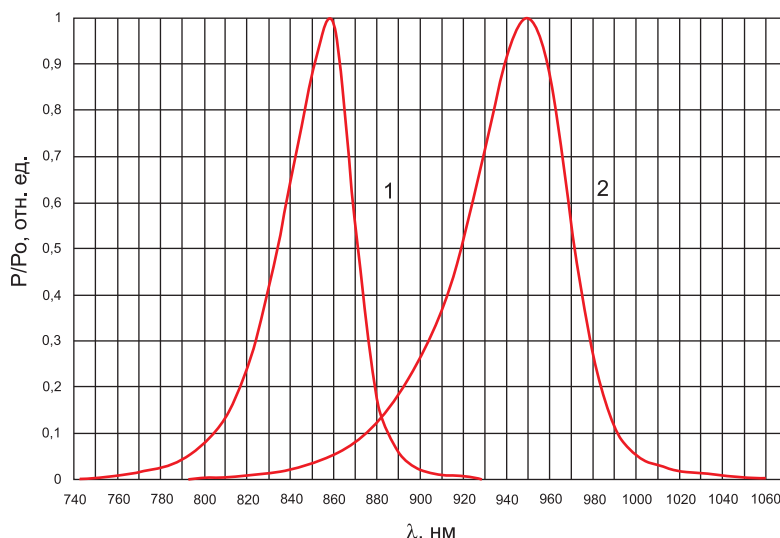


Рис. 2. Спектры излучения ИК-диодов: 1 — $\lambda_{max} = 850$ нм; 2 — $\lambda_{max} = 950$ нм

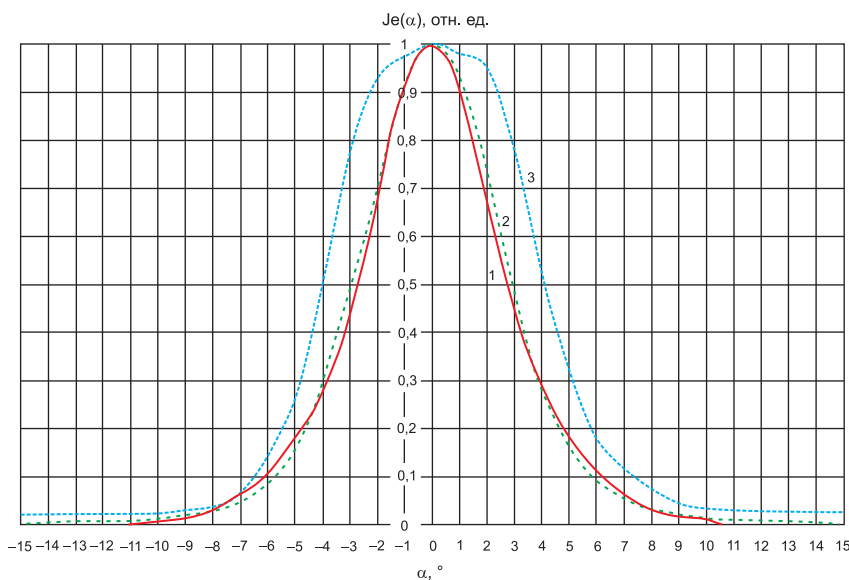


Рис. 3. Диаграммы пространственного распределения излучения: 1 — ИК-диод типа У-176; 2 — ИК-модуль типа МИК-4; 3 — ИК-диод типа У-190Б-1

Параметры разработанных ИК-диодов и модулей

Параметры ИК-диодов и модулей приведены в таблице.

Как видно, мощность излучения диода типа У-176Б-1 достигает 680 мВт при токе 700 мА, что соответствует внешнему квантовому выходу излучения

Таблица. Радиометрические и электрические параметры ИК-диодов и модулей МИК-4

Тип диодов	Мощность излучения (P_e), мВт		Сила излучения (J_e), Вт/ср	Угол излучения ($2 \times \theta_{0,5}$), град.	Прямое напряжение ($U_{пр}$), В	Длина волны излучения (λ_{max}), нм
	Не менее	Тип. значение				
Прямой ток ($I_{пр}$) 600 мА						
У-190Б-1	350	450	6,5	8,0	2,2	850 \pm 15
Прямой ток ($I_{пр}$) 700 мА						
У-176Б-1	550	680	18,0	5,5	2,2	850 \pm 15
У-176В-1	500	600	18,0	5,5	2,0	940 \pm 15
МИК-4Б	2000	2500	60,0	6,0	6,5	850 \pm 15
МИК-4В	1800	2000	60,0	6,0	6,2	940 \pm 15

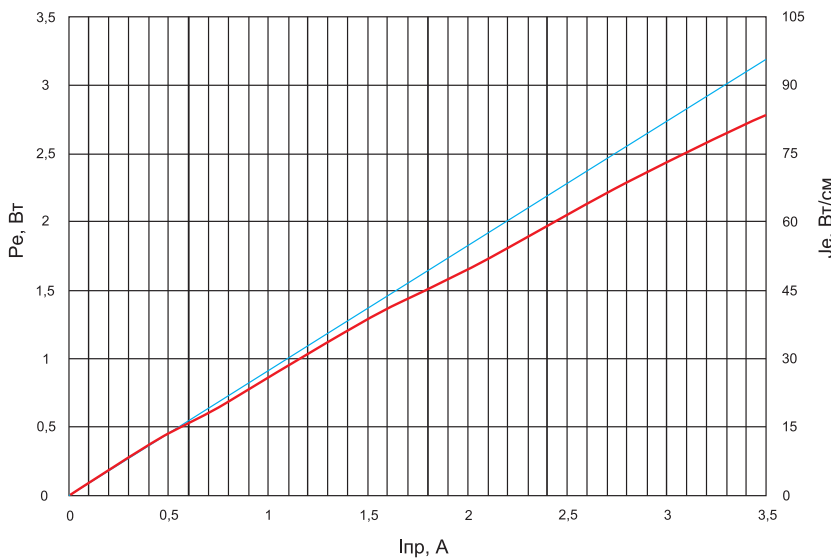


Рис. 4. Зависимость мощности излучения и силы излучения ИК-диода У-176 от прямого тока в импульсном режиме

$\eta_{вн} = 66\%$ ($\lambda_{max} = (850 \pm 15)$ нм). Диод У-176В-1 ($\lambda_{max} = (940 \pm 15)$ нм) имеет мощность излучения 600 мВт, что соответствует $\eta_{вн} = 65\%$.

Мощность излучения диода У-190Б-1 составляет 430 мВт при токе 600 мА, что соответствует $\eta_{вн} = 50\%$.

Полученные значения внешнего квантового выхода излучения (до 66%) весьма высоки.

Сила излучения диодов У-176 достигает 18 Вт/ср при токе 700 мА при угле излучения $2 \times \theta_{0,5} = 5,5^\circ$. В импульсном электрическом режиме при токе в импульсе 3 А, длительности импульса 1 мкс и скважности 10 сила излучения достигает 70 Вт/ср.

Сила излучения диодов У-190Б-1 составляет 6,5 Вт/ср при токе 600 мА при угле излучения $2 \times \theta_{0,5} = 8^\circ$. В импульсном электрическом режиме при токе в импульсе 1,5 А сила излучения достигает 16 Вт/ср.

Полученные значения силы излучения также весьма высоки, что позволяет ис-

пользовать ИК-диоды на значительном расстоянии от фотоприемников.

Зависимость мощности излучения и силы излучения от прямого тока в импульсном режиме для ИК-диода типа У-176 приведена на рис. 4. Видно, что зависимость близка к линейной.

Рассматриваемые ИК-диоды имеют время нарастания и спада импульса излучения по уровням 0,1–0,9 в диапазоне 20–50 нс.

С целью повышения мощности излучения и силы излучения разработан модуль МИК-4 (рис. 5), содержащий 4 ИК-диода типа У-176. Как показано в таблице, мощность излу-

чения модуля МИК-4Б ($\lambda_{max} = (850 \pm 15)$ нм) достигает 2,5 Вт, а сила излучения 60 Вт/ср при угле излучения $2 \times \theta_{0,5} = 6^\circ$ и прямом токе 700 мА. Мощность излучения модуля МИК-4В ($\lambda_{max} = (940 \pm 15)$ нм) несколько ниже и составляет 2 Вт.

В импульсном электрическом режиме при токе в импульсе 3 А (средний ток не более 0,3 А) сила излучения модулей МИК-4 достигает 200 Вт/ср. Зависимость мощности излучения и силы излучения модулей МИК-4 от прямого тока в импульсном режиме приведена на рис. 6. Видно, что зависимость близка к линейной. Размеры модуля МИК-4: диаметр 65 мм, высота 57 мм.

Таким образом, представлены результаты разработки высокоэффективных ($\eta_{вн}$ до 66%) узконаправленных ($2 \times \theta_{0,5}$ до $5,5^\circ$) ИК-диодов и модулей с силой излучения до 60 Вт/ср на постоянном токе и до 200 Вт/ср в импульсном режиме.

Авторы благодарят И. Т. Рассохина за помощь в работе. ●

Литература

1. Коган Л. М., Водовозова М. Л., Вишневецкая Б. И. и др. Светодиоды с узконаправленным излучением // Электронная техника. Сер. 2. Полупроводниковые приборы. 1988. Вып. 1.
2. Пат. на полезную модель № 48673 (РФ). Мощный светодиод. 25.10.2004.
3. Коган Л. М. Мощные излучающие диоды инфракрасного диапазона // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. 2012. № 1.



Рис. 5. Устройство модуля МИК-4

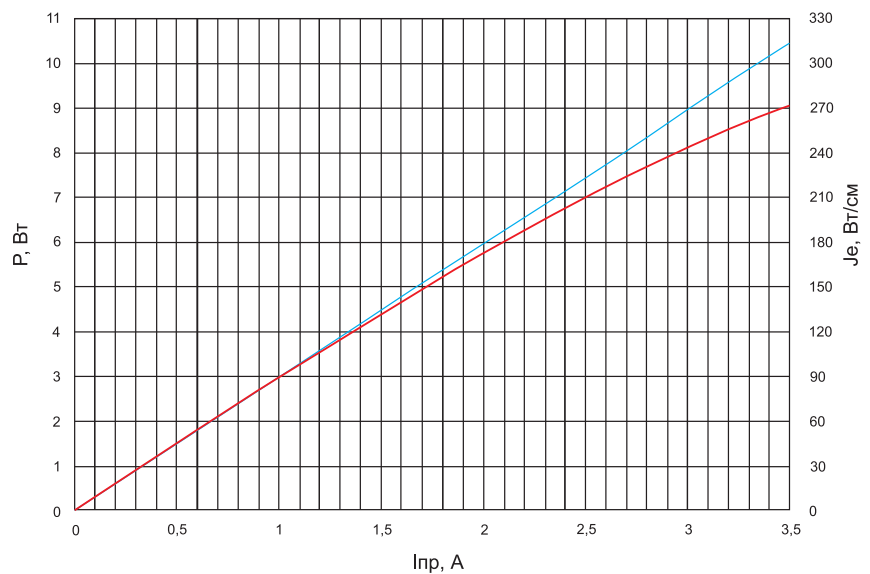


Рис. 6. Зависимость мощности излучения и силы излучения модуля МИК-4 от прямого тока в импульсном режиме