

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОМОДУЛЯЦИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
СТРУКТУРЫ ПОЛОС ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ

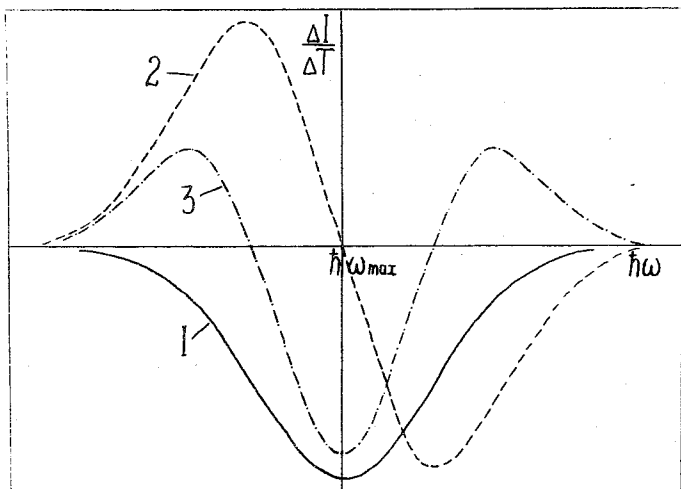
А. Н. Георгбояни, И. М. Тигиняну, В. В. Урсаки

УДК 535.37

Методом модуляции температуры исследованы краевые полосы фотолюминесценции (ФЛ) кристаллов InP и CdS . Показана возможность применения данного метода для исследования тонкой структуры спектров люминесценции.

В настоящее время наиболее распространенным способом изучения тонкой структуры полос люминесценции является метод модуляции длины волны света /1,2/. Полученные данным методом спектры люминесценции обладают более резкими спектральными особенностями по сравнению с исходными, поскольку λ -модулированные спектры представляют собой производные по длине волны от немодулированных спектров. Однако использование данной методики является оправданным только при наличии плавной спектральной зависимости аппаратной функции $K(\lambda)$, так как в противном случае появляется паразитный сигнал $dK/d\lambda$, дискриминация которого требует применения сложных двухлучевых систем /3/.

Для исключения вклада аппаратной функции в модулированный сигнал можно применять модуляцию внутреннего параметра, связанного с кристаллом. В данной работе рассмотрена возможность использования модуляции температуры кристалла для исследования полос люминесценции. Изменение температуры образца может привести к изменениям в интенсивности люминесценции, а также к энергетическому сдвигу или уширению полосы ФЛ. Аналитические кривые $\Delta I/\Delta T$, рассчитанные для гауссовой полосы люминесценции с учетом указанных трех эффектов, приведены на рис. 1. Эффект изменения интенсивности люминесценции приводит к повторению



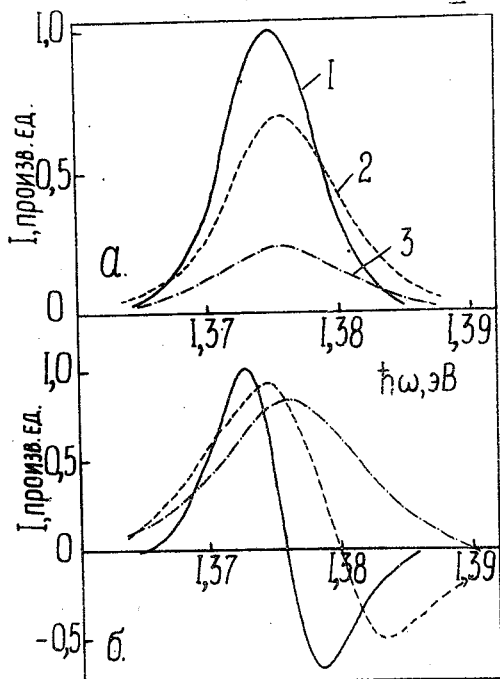
Р и с. 1. Аналитические кривые $\Delta I/\Delta T$, рассчитанные для гауссовой полосы люминесценции с учетом изменения интенсивности люминесценции (1), энергетического сдвига полосы (2) и уширения полосы (3)

формы исходного спектра (кривая 1). При наличии энергетического сдвига полосы термомодулированный спектр является дифференциальным от гауссового распределения (кривая 2), т.е.

$$\Delta I/\Delta T|_{\Delta T=0} \sim dI/d\lambda.$$

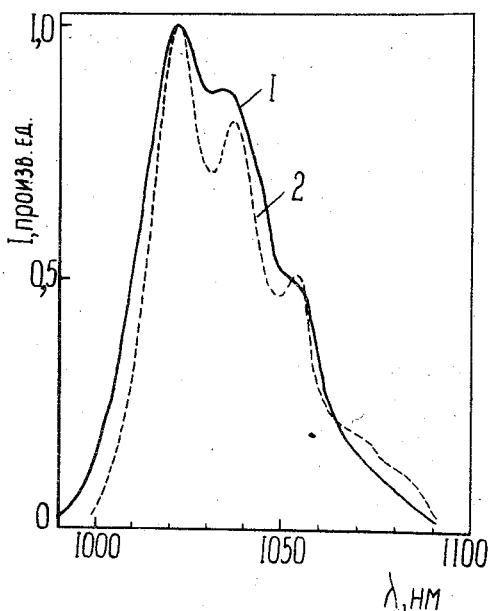
Форма линии $\Delta I/\Delta T$ при уширении полосы (кривая 3) построена в рамках модели конфигурационных кривых /4/, согласно которой полуширина полосы (Δ) зависит от температуры по закону $\Delta = \Delta_0 \operatorname{cth}(\hbar\omega_{\text{ф}}/2kT)$, где Δ_0 - полуширина полосы при $T = 0$, а $\hbar\omega_{\text{ф}}$ - энергия фонона, взаимодействующего с центром люминесценции.

С помощью метода модуляции температуры было проведено исследование краевых полос ФЛ монокристаллов InP и CdS. Температура образцов модулировалась пропусканием тока через индиевые компланарные контакты, полученные напылением в вакууме. Ток через образец менялся по синусоидальному закону с частотой $f = 14$ Гц. Регистрация сигнала осуществлялась на частоте $2f$.



Р и с. 2. Спектры ФЛ (а) и ТФЛ (б) монокристаллов InP при $T = 6$ К (1); $T = 20$ К (2) и $T = 30$ К (3)

Спектры фотолуминесценции (ФЛ) термомодулированной фотолуминесценции (ТФЛ) образцов InP показаны на рис. 2. Форма кривой ТФЛ (рис. 2б, кривая 1) при 6 К указывает на преобладание при данной температуре эффекта энергетического сдвига полосы. При температуре выше 30 К наибольший вклад в спектры ТФЛ дает эффект гашения люминесценции (рис. 2б, кривая 3), что следует из подобия спектров ФЛ и ТФЛ (см. выше). Асимметрия кривой ТФЛ (рис. 2б, кривая 2), обнаруженная при 20 К, обусловлена вкладом в термомодулированный спектр как эффекта гашения, так и эффекта сдвига полосы. Что касается эффекта уширения, то, судя по форме кривых ТФЛ, его вклад в рассмотренном температурном интервале незначителен.



Р и с. 3. Спектры ФЛ (1) и ТФЛ (2) монокристаллов CdS при $T = 80 \text{ K}$

Полученные экспериментальные результаты показывают, что модуляция температуры приводит к дифференциальным спектрам в случае отсутствия энергетического гашения полос, т.е. при низких температурах. Однако тонкую структуру полос ФЛ можно исследовать методом модуляции температуры и при наличии гашения. Это проиллюстрировано на рис. 3 в применении к краевой люминесценции CdS . Обострение тонкой структуры в данном случае связано с исключением из спектра ФЛ фона, не зависящего от температуры.

В заключение отметим, что метод λ -модуляции является чисто дифференциальным, в то время как форма спектра ТФЛ зависит от наличия температурного сдвига, гашения или уширения полос. В связи с этим применение термомодуляции может дать дополнительную информацию о природе центров люминесценции.

Поступила в редакцию
20 июля 1982 г.

Л и т е р а т у р а

1. А. Н. Георгобяни и др., Краткие сообщения по физике ФИАН № 8, 61 (1981).
2. Э. Е. Струмбан. Автореферат кандидатской диссертации ФИАН, 1977 г.
3. G. Bonfiglioli et al., Appl. Opt., 6, 447 (1967).
4. T. H. Keil, Phys. Rev., A140, 601 (1965).