

# ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ФОСФИДА ГАЛЛИЯ, ИНДУЦИРУЕМАЯ ИНФРАКРАСНЫМ СВЕТОМ

*В.Г.Гайворон, В.И.Сидоров*

В 1963 году Гросс и Недзвецкий [1] отметили, что инфракрасное излучение вызывает увеличение фотолюминесценции образцов фосфида галлия, находящихся при низких температурах. Проведенные нами исследования этого явления показали, что в определенных условиях этот эффект очень значителен, а также позволили, как нам кажется, выяснить физический механизм этого явления.

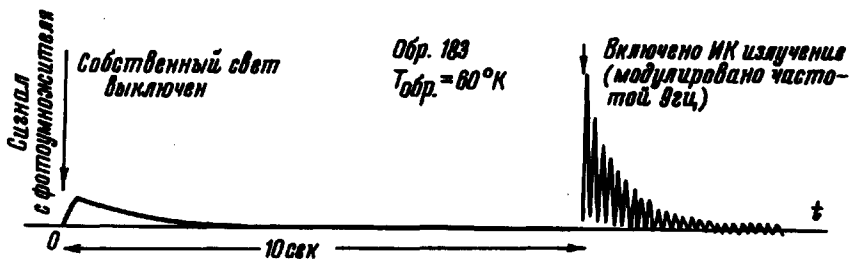


Рис. 1

На рис. 1 приведена оциллограмма сигнала фотоумножителя ФЭУ-36, с помощью которого регистрировалось рекомбинационное излучение образца фосфида галлия (*n*-тип,  $N_g - Na = 10^{17} \text{ см}^{-3}$ )<sup>1)</sup>, находящегося, например, при температуре откачиваемого жидкого азота. В момент времени  $t = 0$  возбуждающее собственное излучение выключается и открывается затвор ФЭУ. Через 10 сек, когда интенсивность рекомбинационного излучения практически уменьшается до нуля, включается модулированное инфракрасное излучение. Как видно из оциллограммы, инфракрасное излучение вызывает люминесценцию образца. По спектральному составу это люминесцентное излучение при всех исследованных нами температурах (80, 60 и 7°К) совпадает с рекомбинационным излучением, возникающим при поглощении собственного излучения. На рис. 2 приведены кривые спектрального распределения фотолюминесцентного излучения и переизлучения (люминесценции, стимулированной инфракрасным светом) для одного из исследованных нами образцов GaP. Излучение состоит из характерных зеле-

<sup>1)</sup> Авторы благодарят Т.Я.Жванецкую, А.В.Лишину, М.Пивоварова, В.В.Шишкова за предоставленные образцы GaP.

ной и красной полос, которые, как показано в работах [2, 3], обусловлены межпримесной рекомбинацией донорно-акцепторных пар. Измерения кинетики фотолюминесценции и переизлучения показали, что релаксация излучения в обоих случаях происходит по неэкспоненциальному закону. Эффективные постоянные времени обоих процессов очень близки и составляют  $\sim 20$  мсек. Как видно из осциллограммы (рис. 1), вызываемая инфракрасным излучением люминесценция является нестационарной и исчезает со временем. Время исчезновения

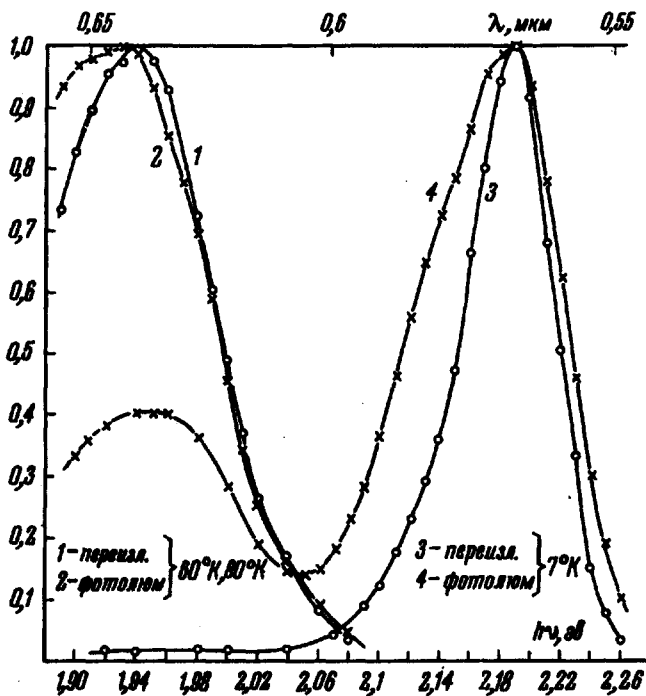


Рис. 2

стимулированной люминесценции при исследованных нами температурах определяется интенсивностью инфракрасного излучения и по порядку величины обычно составляет несколько секунд. На рис. 3 приведены кривые, показывающие зависимость интенсивности стимулированной люминесценции от энергии фотона, возбуждающего инфракрасного излучения при фиксированной интенсивности собственной подсветки. При всех температурах длинноволновая граница возбуждения соответствует примерно 5 мкм. Измерения примесной фотопроводимости этого же образца показали, что спектры примесной фотопроводимости и спектр возбуждения стимулированной люминесценции практически совпадают.

Описанные выше особенности эффекта преобразования среднего инфракрасного излучения в видимое могут быть объяснены следующим механизмом электронных переходов. Как известно, основным механизмом рекомбинации носителей в фосфиде галлия с концентрацией примесей  $N \geq 10^{16} \text{ см}^{-3}$  является межпримесная рекомбинация носителей,

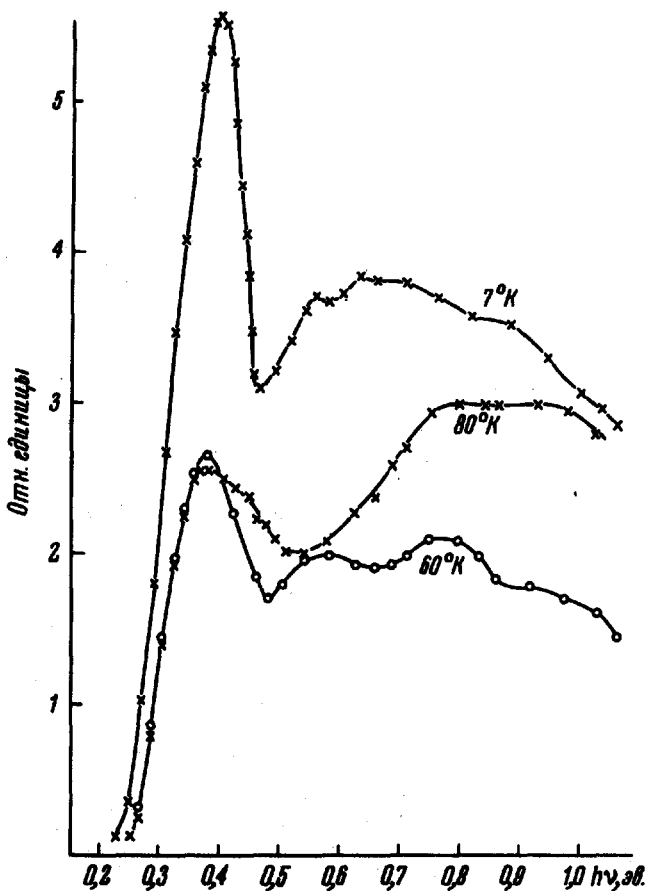


Рис. 3. По вертикали отложена интенсивность излучения образца, деленная на мощность ИК света

захватываемых на донорно-акцепторные пары. При этом сначала рекомбинируют близкие пары с малым расстоянием между донорным и акцепторным центром. Пары же с достаточно большим межпримесным расстоянием могут находиться в перезаряженном состоянии достаточно долго. Освещение образца, имеющего такие непрорекомбинировавшие далекие пары, инфракрасным светом вызывает ионизацию примесных центров, составляющих эти далекие пары. Генерированные фотоносители могут быть захвачены на близкие, уже прорекомбинировавшие пары и принять участие в новом процессе рекомбинации на близких парах.

В этом случае спектральный состав и кинетика фотолюминесценции и переизлучения должны быть одинаковы. Спектры возбуждения, переизлучения и примесной фотопроводимости должны также быть одинаковы. Релаксация далеких перезаряженных пар при низких температурах должна определяться в основном интенсивностью ионизирующего их инфракрасного излучения. Все эти особенности, как уже подчеркивалось выше, наблюдаются на эксперименте.

В заключение авторы благодарят Т.М.Лифшица и А.Я.Шульмана за внимание к работе и обсуждение результатов.

Институт радиотехники  
и электроники  
Академии наук СССР

Поступило в редакцию  
15 августа 1968 г.

#### Литература

- [1] Е.Ф.Гросс, Д.С.Недзвецкий. ДАН СССР, 152, № 6, 1963.
- [2] D. F. Nelson, K. F. Rodgers. Phys. Rev., 140, № 5A, 1965.
- [3] D. G. Tomas, J. J. Hopfield, W. W. Augustyniak. Phys. Rev., 140, № 1A, 1965.