

СОВЕЩАНИЯ И КОНФЕРЕНЦИИ

53(048)

**НАУЧНАЯ СЕССИЯ ОТДЕЛЕНИЯ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ
И АСТРОНОМИИ И ОТДЕЛЕНИЯ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ
АКАДЕМИИ НАУК СССР**

(26—27 марта 1986 г.)

26 и 27 марта 1986 г. в Институте физических проблем им. С. И. Вавилова АН СССР состоялась совместная научная сессия Отделения общей физики и астрономии и Отделения ядерной физики АН СССР. На сессии были заслушаны доклады:

26 марта

1. В. Е. Захаров. Полуклассическая теория сверхизлучения.
2. А. М. Леонтович, А. М. Можаровский, Е. Д. Трифонов. Когерентное усиление, отражение и индуцированное сверхизлучение в активированных средах.
3. В. В. Железняков, В. В. Кочаровский, Вл. В. Кочаровский. Волны поляризации и сверхизлучение.
4. С. Н. Андрианов, Ю. В. Набойкин, В. В. Самарцев, Н. Б. Силаева, Ю. Е. Шейбут. Оптическое сверхизлучение в кристалле дифенила с пиреном.

27 марта

5. М. Г. Щепкин. Майорановские нейтрино и двойной бета-распад.
6. О. Я. Зельдович, И. В. Кирпичников, А. С. Старостин. Двойной бета-распад: современное состояние эксперимента.
7. Л. А. Микаэлян. Нейтринные эксперименты на реакторе Ровенской атомной электростанции.

Краткое содержание пяти докладов публикуется ниже.

С. Н. Андрианов, Ю. В. Набойкин, В. В. Самарцев, Н. Б. Силаева, Ю. Е. Шейбут. Оптическое сверхизлучение в кристалле дифенила с пиреном. К настоящему времени подавляющее число экспериментов по оптическому сверхизлучению (когерентному спонтанному излучению) выполнено на газах¹, поскольку технически в них проще обеспечить модельные условия, заложенные в теории. В работах^{2,3} сообщалось о первых экспериментах по оптическому сверхизлучению (СИ) в твердых телах, а именно в примесных кристаллах. Высокая плотность примесных центров в единице объема; разнообразие механизмов передачи возбуждения между центрами и в решетку; анизотропия оптических свойств кристаллов, связанная с их симметрией, — вот далеко не полный перечень причин, определяющих особенности СИ в кристаллах. Обсуждению основных особенностей протекания СИ в смешанном молекулярном кристалле — дифениле с молекулами пирена², а также анализу результатов приложения СИ к исследованию релаксационных процессов⁴ посвящено данное сообщение.

Необходимая для реализации сверхизлучения инверсная разность населенностей рабочих уровней ($1 \rightarrow {}^1A_g$ и $2 \rightarrow {}^1B_{2u}$) достигалась через третий (электронно-колебательный, короткоживущий) уровень 3, узкополосная накачка которого осуществлялась на длине волны 3530 Å импульсом излу-

чения YAG-лазера с длительностью, равной 8—10 нс. В результате безызлучательного перехода $3 \rightarrow 2$ электроны быстро (за время $\approx 10^{-11}$ с) оказывались в состоянии 2. Формирование СИ происходило на переходе $2 \rightarrow 1$ (0—0-переходе) на длине волны 3739,3 Å. При достижении определенных пороговых мощностей импульса накачки уровня 3 (равных $5 \cdot 10^5$ Вт/см²) происходило резкое сокращение времени высвечивания на 0—0-переходе от 110 нс до 5—6 нс. Сверхизлучение характеризовалось острой пространственной направленностью (при телесном угле, равном 0,1 ср) в обе стороны, а его интенсивность $J_{\text{СИ}}$ превышала интенсивность некогерентного спонтанного фона в тысячу раз. Оно оказалось высокополяризованным (степень

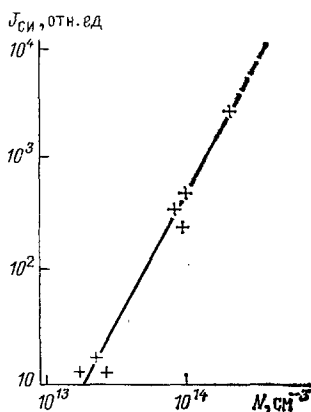


Рис. 1. Концентрационная зависимость интенсивности сверхизлучения в кристалле дифенила с пиреном при температуре 2,2 К.

Ширина спектра накачки $1 \rightarrow 3$ и излучения ($2 \rightarrow 1$) уже неоднородной ширины линии ($10^{10} - 10^{11}$ с⁻¹) на два-три порядка

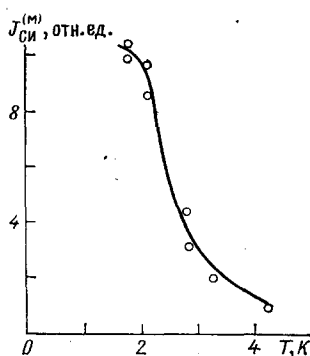


Рис. 2. Температурная зависимость интенсивности сверхизлучения в максимуме в кристалле дифенила, содержащем молекулы пирена в концентрации 0,25 мол. %

линейной поляризации составляла 0,95), причем плоскость поляризации СИ составляла с осью b кристалла, вдоль которой поляризовано поглощение пирена, угол $100-110^\circ$. Наибольшие технические трудности вызвала проверка концентрационной зависимости СИ, приведенной на рис. 1. Она носила квадратичный характер ($J_{\text{СИ}} \propto N^2$, где N — число активных примесных центров в см³) в согласии с теорией СИ¹. Время задержки в появлении импульса СИ равно 2 нс⁵. Отметим, что импульс СИ, сформировавшийся в эффективной части образца ($l_{\text{эфф}} \approx 0,15$ см при общей длине образца l , равной 0,4 см), распространялся затем в частично-инвертированной резонансной среде, испытывая ее «реакцию». Специальное исследование, выполненное в⁶, показало, что такое резонансное прохождение импульса протекало в режиме самоиндуцированной прозрачности (СИП). Этому режиму соответствовала характерная для СИП кинетика деформации формы импульса СИ (самоуширение, самосжатие, самодеформация), из анализа которой были найдены параметры резонансной среды (модуль электрического дипольного момента резонансного перехода $2-1 = 10^{-19}$ ед. СГСЭ; время поперечной необратимой релаксации T_2 при температуре 2,2 К = 10 нс). Время задержки импульса сверхизлучения за счет СИП оказалось равным 7 нс.

Явление СИ в дальнейшем было использовано для исследования релаксации (с участием фононов) в кристалле дифенила с пиреном⁴. Для этого в эксперименте снималась температурная зависимость интенсивности СИ в максимуме $J_{\text{СИ}}^{(м)}$ в кристаллах дифенила с различной концентрацией (С) молекул пирена. На рис. 2 эта зависимость приведена для $C = 0,25$ мол. %. Спад интенсивности СИ с ростом температуры вызван релаксацией Орбаха

с участием псевдолокализованных фононов, частота которых попадает в сплошной спектр разрешенных фононных частот матрицы. В результате поглощения энергии фонона неспаренный электрон молекулы пирена из состояния 2 переходит в электронно-колебательное состояние 2', в котором молекула пирена совершает либрационные колебания. Возвращаясь быстро в состояние 2 (и, соответственно, отдавая фонон решетке), электрон в процессе такого двойного перехода полностью теряет информацию о фазе, в результате чего эта молекула «выбывает» из процесса СИ. Расчет динамических переменных, описывающих поведение системы во времени, проводился методом неравновесного статистического оператора. Он показал, что интенсивность СИ в максимуме $J_{СИ}^{(м)}$ оказывается пропорциональной множителю

$$\left[\frac{1}{\tau_c} - \frac{1}{\tau_\phi} \exp \left(- \frac{\Delta E}{k_B T} \right) \right]^2,$$

где τ_c — время самонаведения корреляций [1], определяемое выражением $\tau_c = (4\pi A/\lambda^2) T_1/N'$; T_1 — одноатомная скорость спонтанного распада; A — активная часть поперечного сечения цилиндрического образца; λ — длина волны СИ; τ_ϕ и ΔE — время «жизни» и энергия активации псевдолокализованных фононов; K_B — постоянная Больцмана; T — абсолютная температура кристалла; $N' = N \cdot l_{эфф} A$. Используя значения $J_{СИ}^{(м)}$, соответствующие трем значениям температур на графике рис. 2, удастся найти два неизвестных параметра: τ_ϕ и ΔE . В частности, для кристалла дифенила с концентрацией пирена, равной 0,25 мол. %, эти параметры оказались равными: $\tau_\phi = 1-15$ пс; $\Delta E = 7 \pm 3$ см⁻¹.

Отметим, что во всех этих исследованиях основное условие формирования СИ $l/c < \tau_c < T_1$, T_2 (где c — скорость света в кристалле) выполнялось. Было проведено специальное исследование, не является ли данное когерентное излучение суперлюминесценцией (усилением спонтанного излучения). Оно показало, что в условиях данного эксперимента на переходе ${}^1B_{2u} \rightarrow {}^1A_g$ пирена в дифениле формируется именно оптическое сверхизлучение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Набойкин Ю. В., Самарцев В. В., Зиновьев П. В., Силаева Н. Б. Когерентная спектроскопия молекулярных кристаллов. — Киев: Наукова думка, 1986.
2. Зиновьев П. В., Лопина С. В., Набойкин Ю. В., Силаева Н. Б., Самарцев В. В., Шейбут Ю. Е. // ЖЭТФ. 1983. Т. 85. С. 1945.
3. Florian R., Schwan L. O., Schmid D. // Phys. Rev. Ser. A. 1984. V. 29. P. 2709.
4. Набойкин Ю. В., Андрианов С. Н., Зиновьев П. В., Малюкин Ю. В., Самарцев В. В., Силаева Н. Б., Шейбут Ю. Е. // ЖЭТФ. 1985. Т. 89. С. 1146.
5. Зиновьев П. В., Лопина С. В., Малюкин Ю. В., Набойкин Ю. В., Силаева Н. Б., Самарцев В. В. // Ж. прикл. спектр. 1985. Т. 43. С. 683.
6. Зиновьев П. В., Зайцева Г. Г., Набойкин Ю. В., Самарцев В. В., Силаева Н. Б., Шейбут Ю. Е. // ЖЭТФ. 1979. Т. 77. С. 1519.