

НЕСТАЦИОНАРНАЯ ГЕНЕРАЦИЯ РАСТВОРОВ ОРГАНИЧЕСКИХ КРАСИТЕЛЕЙ ПРИ ПИКОСЕКУНДНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ НАКАЧКЕ

И.А.Гандельман, Е.Т.Сана, Е.А.Тихонов, М.Т.Шнак

Установлению стационарной генерации ОКГ предшествуют следующие переходные процессы: а) отклонение инверсной населенности рабочего уровня от стационарного значения – кинетическая нестационарность; б) нестационарность, обусловленная конечным временем формирования полуширины моды резонатора – спектральная нестационарность; в) нестационарность, обусловленная конечной скоростью релаксации активных центров по состояниям, участвующим в переходе.

При оптической накачке пикосекундными импульсами можно ожидать, что все отмеченные нестационарности проявятся в наибольшей степени.

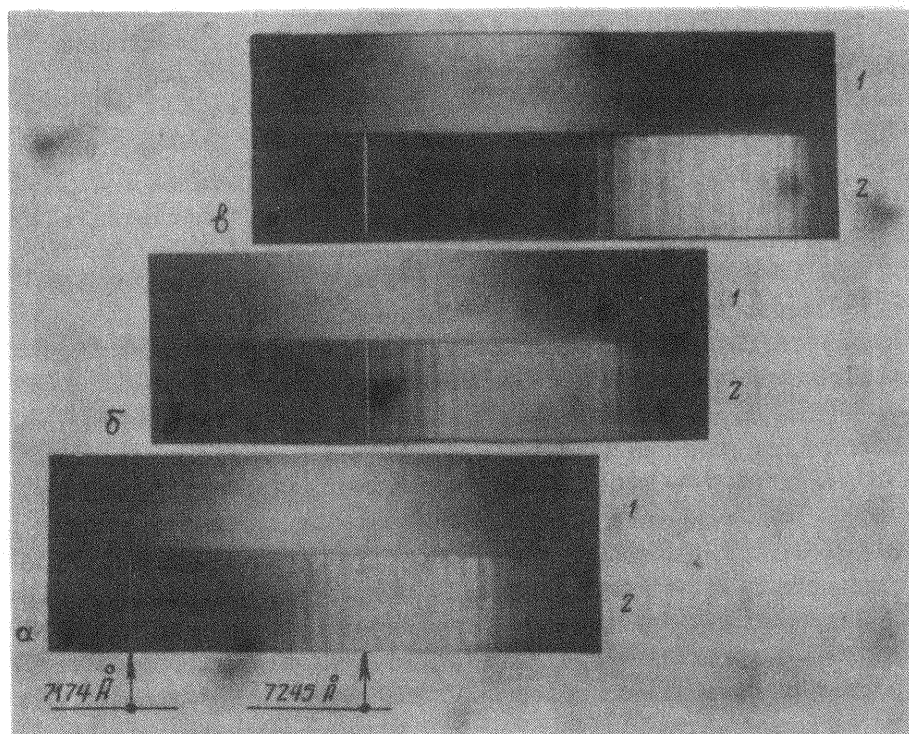
В данной работе сообщается о наблюдении нестационарных процессов типа а) и б) при генерации ОКГ на растворах органических красителей.

Работа была построена на сопоставлении спектров генерации, получаемых при изменении длительности импульса накачки от 30 *нсек* до десятков пикосекунд. Для изменения длительности импульса в резонатор рубинового ОКГ с элементом РЛБ 10 × 120/180 поочередно помещался инерционный модулятор на основе Ва-фталоцианина в диме

тилсульфоксиде (наносекундный режим) и модулятор на растворе трицианинового красителя в этаноле (пикосекундный режим).

Было исследовано несколько типов растворов красителей, генерирующих в спектральной области $7100 \div 9100 \text{ \AA}$ [1].

При $T = 300^\circ\text{K}$, равновесии с воздухом и периоде следования импульсов в цуге 10 нсек в исследовавшихся растворах красителей не наблюдалось каких-либо эффектов накопления.



Спектры генерации раствора цианинового красителя - 1 [1]: 1 – при пикосекундной и 2 – наносекундной оптической накачке; d – оптическая плотность раствора возрастает от a к b , база резонатора $l = 15 \text{ мм}$

Представленные на рисунке спектры генерации (спектрограф с дифракционной решеткой, дисперсия 7 \AA/мм) получены при почти продольной накачке раствора красителя - 1 [1] в плоскопараллельной кювете без отражающих покрытий длиной 15 мм . Они характеризуются следующими особенностями: а) средняя частота полосы генерации раствора красителя смещена в коротковолновую область в случае накачки пикосекундными импульсами 1 по сравнению с накачкой наносекундным импульсом 2 рис. $a, б, в$; б) величина сдвига увеличивается пропорционально оптической плотности раствора и не зависит от индивидуальных спектроскопических свойств растворов красителей;

в) спектры генерации при пикосекундной накачке 1 отличаются от спектров генерации при наносекундной накачке 2 частичным или полным отсутствием интерференционной (модовой) структуры.

Полученные результаты качественно могут быть объяснены в рамках представлений о генерации, происходящей в нестационарных условиях.

При возбуждении раствора красителя пикосекундным импульсом заселение рабочего уровня происходит с характеристическим временем $\tau = \tau_{21} [1 + a(\nu) I(\nu)]^{-1} < \tau_{21}$, где τ_{21} — полное время релаксации уровня без учета индуцированных переходов, $a(\nu) = \sigma_{12}(\nu) \tau_{21}$ — параметр нелинейности для двухуровневой системы, $\sigma_{12}(\nu)$ и $I(\nu)$ — сечение поглощения и интенсивность накачки. Для значения $a(\nu) = 10^{-24} \text{ см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$, типичного для цианиновых красителей и $I(\nu) = 1 \text{ Гвт/см}^2$ величина $\tau \sim 10^{-4} \tau_{21}$. Это значит, что существенная заселенность возбужденного состояния достигается в течение одного пикосекундного импульса и может существенно превышать населенность, определяемую условием стационарной генерации. Известно, что средняя частота полосы стационарной генерации органических красителей определяется значением инверсной населенности рабочих состояний [2]. При накачке наносекундными импульсами средняя частота полосы генерации при изменении интенсивности накачки практически не меняется, т.е. имеет место случай, близкий к стационарной генерации. Использование пикосекундной накачки, при равной добротности резонатора, приводит к тому, что генерация развивается, когда населенность существенно превышает стационарное значение. Последнее, в силу частотной зависимости максимума коэффициента усиления растворов красителей от инверсной населенности, приводит к сдвигу средней частоты полосы генерации в коротковолновую область. Для растворов малой оптической плотности, когда возможность образования большого различия в коэффициентах усиления при переходе от нано-, к пикосекундной накачке отсутствует, сдвиг уменьшается и стремится к нулю (рисунок).

При возбуждении пикосекундными импульсами в условиях данного эксперимента генерация не наблюдается в области спектра более коротковолновой, чем положение максимума полосы флуоресценции. Это указывает на отсутствие нестационарности типа в), связанной с нарушением равновесия в возбужденном состоянии.

Вторая интересная особенность генерации растворов красителей при пикосекундной накачке — частичное или полное исчезновение интерференционной (модовой) структуры — может быть объяснена спектральной нестационарностью. Следует отметить, что в проводившихся опытах осуществлялся генерационный режим, а не сверхлюминесценция, для которой также характерен диффузный спектр [3].

Согласно работе [4], стационарная мода формируется в течение конечного времени. Для времен $\tau = (tc/2\ell) |1 - R \exp(k\ell')| \ll 1$ (t — текущее время, ℓ' и ℓ — длина активной среды и базы резонато-

ра, R и k – коэффициенты отражения и усиления) процесс формирования стационарной моды описывается выражением:

$$I(\phi) = S^2 \frac{\theta}{\delta\Phi} \tau^2 \left[\frac{\sin(\phi\tau/2)}{\phi\tau/2} \right]^2, \quad (1)$$

где S^2 – интенсивность спонтанного излучения, $\theta = (2l/c) |1 - R \exp(kl')|$, $\delta\Phi \approx |1 - R \exp(kl')|$, $\phi = 4\pi l\nu/c$ – фазовый сдвиг на проход. Полуширина моды, согласно [1], уменьшается пропорционально времени (числу проходов), а пиковая мощность растет как квадрат времени. В соответствии с этим, уменьшение времени генерации при пикосекундной накачке должно проявиться в уширении генерируемых мод и возникновении диффузной полосы генерации. Сопоставляя спектры генерации, полученные при различных длительностях пикосекундного импульса, можно сделать вывод, что при постоянной длине резонатора, диффузность спектра возрастает с уменьшением длительности импульса. Аналогично, диффузность спектра генерации возрастала и при увеличении базы резонатора. Эти результаты позволяют сделать предварительный вывод, что длительность пикосекундного импульса может быть оценена по виду спектра генерации органического красителя в резонаторе с заданной базой.

Институт физики
Академии наук Украинской ССР

Поступила в редакцию
7 июня 1971 г.

Литература

- [1] Е.А.Тихонов, М.Т.Шпак. УФЖ, 12, 2080, 1967.
- [2] Б.И.Степанов, А.Н.Рубинов. УФН, 95, 45, 1968.
- [3] Е.А.Тихонов, М.Т.Шпак. УФЖ, 15, 344, 1970.
- [4] D.Röss. Opto-electronics, 2, 183, 1970.