

ПОЛУЧЕНИЕ ВТОРОЙ ГАРМОНИКИ ЛАЗЕРА НА НЕОДИМОВОМ СТЕКЛЕ В ПОРОШКАХ КРАСИТЕЛЕЙ

Л.Д.Держачева, А.И.Крымова, Н.П.Сопина

До последнего времени в красителях наблюдались нелинейные эффекты (насыщение поглощения, двухфотонное поглощение [1], четырехфотонное параметрическое взаимодействие [2]), возникающие вследствие существования поляризации, являющейся кубичной функцией амплитуд электрического поля. Генерация второй гармоники, связанная с поляризацией, квадратичной по полю, и обусловленная значительной величиной нелинейной восприимчивости низшего порядка, была обнаружена только в нескольких красителях класса кумаринов и трифенилметанов [3]. В настоящей работе сообщается о наблюдении удвоения частоты на порошках красителей из классов аминифталимидов, диарилметанов и производных бензантрона.

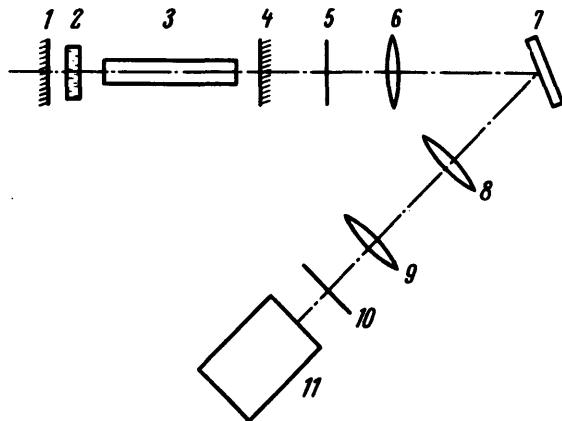


Рис. 1. Схема эксперимента: 1,4 — зеркала; 2 — пассивный затвор, 3 — стержень из неодимового стекла, 5, 10 — светофильтры; 6, 8, 9 — линзы; 7 — исследуемый образец; 11 — спектрограф

В эксперименте была использована схема, приведенная на рис. 1. Излучение лазера линзой 6 направлялось на образец 7, представляющий собой порошок красителя, заключенный между двумя стеклянными пластинками. Порошки применялись без специальной очистки и сортировки кристалликов по размерам. Использовался лазер на неодимовом стекле с модуляцией добротности, осуществляемой пассивным затвором. Плотность мощности излучения лазера

на поверхности образца составляла $\sim 200 \text{ Мвт/см}^2$. Излучение красителя с помощью двухлинзового конденсора направлялось на щель спектрографа "Fuess".

Мы исследовали около 30 красителей и наблюдали появление сильной второй гармоники в трех веществах: из класса фталимидов — 3-аминофталимид, из класса диарилметановых красителей — аурамин, из производных бензантрона — 3-метоксibenзантрон. Структуры указанных соединений весьма различны.

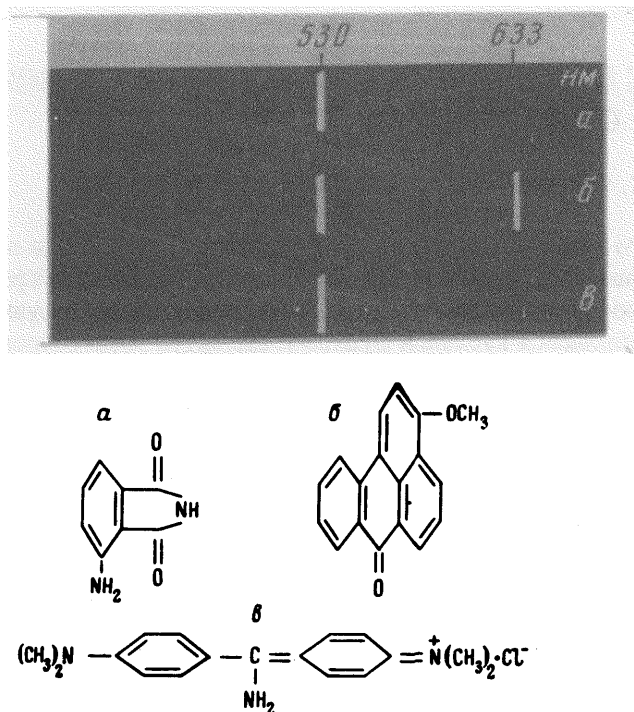


Рис. 2. Спектры излучения порошков красителей и структурные формулы: *a* — аурамин; *б* — 3-метоксibenзантрон; *в* — 3-аминофталимид. Справа — реперная спектральная линия Ne, $\lambda = 633 \text{ нм}$

Спектры излучения порошков этих красителей, полученные при облучении гигантским импульсом лазера, приведены на рис. 2. Они представляют собой одиночную линию, длина волны которой ($\lambda = 530 \text{ нм}$) соответствует второй гармонике лазера на неодимовом стекле, а ширина определяется аппаратной функцией прибора.

Было проведено сравнение интенсивности второй гармоники, генерируемой исследованными красителями, лучшими красителями, описанными в [3], и порошками веществ, широко применяемых для удвоения частот. Для этой цели излучение, попадающее на щель спектрографа, ослаблялось фильтрами, подбираемыми так, чтобы интенсивность излучения, фиксируемого на фотопленке, попадала в область нормальных почернений. Результаты измерений в относительных единицах сведены в таблицу.

Надо отметить, что красители значительно более стойки к интенсивным облучениям, чем, например, ниобат лития, который в наших экспериментах выгорал при первой же вспышке, тогда как красители выдерживали многократное облучение.

Вещество	Относительная интенсивность второй гармоники	Максимум спектра флуоресценции, см^{-1}
Ниобат лития	10	—
7-диэтиламино-4-метилкумарин	10	19200
3-аминофталимид	3	19400
3-метоксибензантрон	1	18500
Аурамин	1	18850
7-гидрокси-4-метилкумарин	1	18850
Дигидрофосфат калия	< 1	—

Исследованные нами красители представляют собой порошки желтого и зелено-желтого цвета. Спектры поглощения растворов красителей, снятые на спектрофотометре "Hitachi", приведены на рис. 3. Видно, что поглощение красителей в области частоты второй гармоники лазера на неодимовом

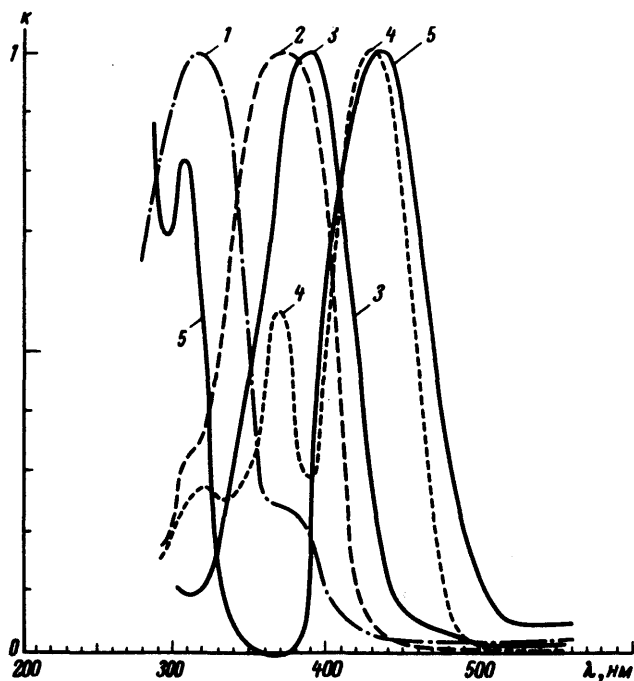


Рис. 3. Спектры поглощения спиртовых растворов красителей: 1 — 7-гидрокси-4-метилкумарин, 2 — 7-диэтиламино-4-метилкумарин, 3 — 3-аминофталимид, 4 — аурамин, 5 — 3-метоксибензантрон

стекле мало по сравнению с их поглощением в максимуме. Однако, в порошках оно может быть довольно значительным. Возможность поглощения второй гармоники на краю спектра, по-видимому, больше у 3-метоксибензантрона

и аурамина, спектры которых расположены в более длинноволновой области. Это может обуславливать меньшую интенсивность гармоники у этих веществ по сравнению, например, с 7-диэтиламино-4-метилкумарином и 3-аминофталимидом.

Интересной общей особенностью всех рассмотренных красителей является наличие у них триплет-синглетного излучения в зеленой области спектра. Мы измерили спектры фосфоресценции спиртовых растворов исследованных веществ при $T = 77^\circ\text{K}$. Измерения проводились на монохроматоре УМ-2 с фотоэлектрическим приемником ФЭУ-51 при помощи однодискового фосфороскопа, отсекающего излучение с длительностью $< 10^{-3}$ сек. Частоты максимумов измеренных спектров фосфоресценции приведены в таблице. Из таблицы видно, что частота второй гармоники неодимового лазера (18870 см^{-1}) попадает в область, близкую к частотам триплет-синглетного перехода красителей.

Известно [4], что дисперсионная зависимость нелинейной восприимчивости низшего порядка носит резонансный характер. Так в классическом приближении ангармонического осциллятора.

$$\chi_{111}(2\omega, \omega, \omega) = \frac{-N_0 \frac{e^3}{m^2} V}{(\omega_0^2 - \omega^2 - i\Gamma\omega)^2 (\omega_0^2 - 4\omega^2 - i\Gamma 2\omega)}$$

Приближение основной частоты или гармоники к собственным частотам вещества приводит к увеличению нелинейной восприимчивости. Такой эффект, в частности, наблюдался в полупроводниках [5]. Возможно, значительные величины нелинейной восприимчивости красителей связаны с близостью частоты второй гармоники неодимового лазера к частотам триплет-синглетного перехода исследованных соединений.

Физический институт
им. П.Н.Лебедева
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
18 марта 1970 г.

Литература

- [1] N.Bloembergen. Amer. J. Phys., 35, 389, 1967.
- [2] Л.Д.Деркачева, А.И.Крымова. Письма в ЖЭТФ, 9, 564, 1969.
- [3] M.Bass, D.Bua, R.Mozzi, R.R.Monchamp. Appl. Phys. Lett., 15, 393, 1969.
- [4] Н.Бломбергс. Нелинейная оптика. М., Изд. Мир 1966.
- [5] R.A.Soref, H.W.Moos. J.Appl. Phys., 35, 2152, 1964.