

НАБЛЮДЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ САМОДИФРАКЦИИ СВЕТА НА
ИНДУЦИРОВАННЫХ РЕШЕТКАХ ДИХРОИЗМА В КРАСИТЕЛЯХ

П. С. Анциферов, М. А. Васильева, В. И. Малышев,
А. В. Масалов

УДК 535.8

В работе сообщается о наблюдении явления самодифракции света на наведенных решетках дихроизма в красителях. Это явление проанализировано и использовано для измерения пикосекундных времен релаксации просветленного состояния ряда красителей.

В работе /1/ нами предложен метод измерения пикосекундных времен релаксации в средах с помощью лазерного излучения с широким спектром (т.е. излучения, которое имеет шумовой характер). Метод состоит в измерении интенсивности самодифракции на индуцированных в нелинейной среде решетках, образованных пучками лазерного излучения в условиях, когда интерференция этих пучков нестационарна. Этот метод пригоден для измерения пикосекундных времен релаксации нелинейного отклика различных сред — растворов органических красителей, прозрачных жидкостей, полупроводников и других материалов нелинейной оптики.

В данной работе сообщается о наблюдении самодифракции света на решетках дихроизма, индуцированных пучками света с ортогональными поляризациями в растворах просветляющихся красителей. Явление самодифракции света в указанных условиях использовано для измерений пикосекундных времен релаксации красителей, применяемых в лазерах ультракоротких световых импульсов. Исследования проведены на установке, описанной в /1/, но при ортогональных поляризациях падающих пучков. Это позволило исключить образование в красителях тепловых решеток, мешающих

измерениям времени релаксации просветления.

При параллельных поляризациях падающих на образец пучков в соответствии с интерференционной структурой их суммарного поля в растворе красителя возникает не только решетка просветления, но и решетка теплового происхождения. При прохождении излучения через краситель значительная доля его энергии в результате безизлучательных переходов в молекулах преобразуется в тепло, поэтому в максимумах интерференционной картины температура раствора выше, чем в минимумах. Вследствие этого и из-за зависимости показателя преломления от температуры в растворе красителя возникает тепловая решетка показателя преломления.

Вклад тепловой решетки в сигнал дифракции определяется теплоемкостью раствора и температурной зависимостью его показателя преломления, а также длительностью импульса излучения. Из оценок работы /2/ следует, что для растворов красителей, применяемых в лазерах ближней инфракрасной области частот, этот вклад при импульсных измерениях ($\sim 10^{-7}$ с) может быть значительным. Это обстоятельство может привести к увеличению измеряемой при параллельных поляризациях падающих пучков величины по сравнению со временем релаксации просветленного состояния красителя.

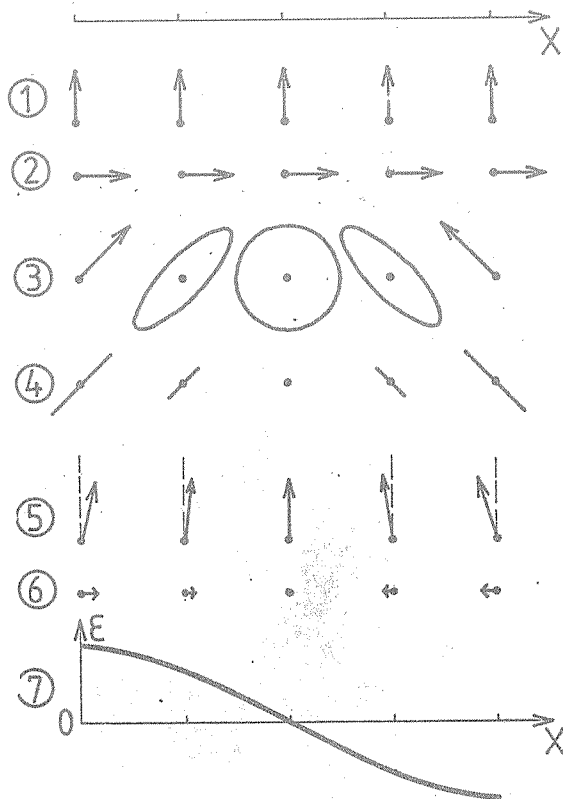
Другая особенность молекул красителя связана с их анизотропией поглощения /3/, т.е. с зависимостью вероятности поглощения света от ориентации оси молекулы относительно электрического вектора светового поля. Случайные повороты молекул в растворе (поворотная диффузия) играют существенную роль в процессе релаксации просветленного состояния красителя. В частности, из-за поворотной диффузии процесс релаксации молекул носит неэкспоненциальный характер /4/. Неэкспоненциальный характер релаксации просветления делает связь между интенсивностью самодифракции и временем релаксации более сложной и затрудняет математическую обработку результатов измерения времени релаксации.

Картина образования и релаксации светоиндуцированных решеток в растворах красителей изменится, если измерения проводить с ортогональными поляризациями падающих пучков. В этом

случае интерференция интенсивностей отсутствует и тепловые решетки не возникают, то есть пространственное распределение выделяющегося тепла периодической структуры не имеет. В красителе образуется решетка наведенного дихроизма, релаксация которой происходит экспоненциально. Рассмотрим подробнее процесс образования решетки дихроизма и самодифракцию на ней одного из падающих пучков. При ортогональных поляризациях падающих на образец пучков их интерференция проявляется в периодическом изменении состояния поляризации суммарного поля. С тем же пространственным периодом ($\sim \lambda/\alpha$, где α — угол между пучками), что и в случае интерференции интенсивностей, поляризация суммарного поля изменяется в плоскости образца от линейной к круговой и т.д. (рис. 1). Из-за анизотропии молекул воздействие линейно поляризованного света на раствор красителя приводит к дихроизму просветления. В то же время воздействие света круговой поляризации дихроизма не вызывает. Следовательно, возникает решетка наведенного дихроизма. Прохождение падающего пучка сквозь краситель с решеткой дихроизма сопровождается периодическим (по поперечной координате) изменением направления плоскости поляризации. В результате этого из среды выходит дифрагированное излучение с поляризацией, ортогональной к поляризации дифрагирующего пучка.

Так же как и релаксация просветления, релаксация наведенного дихроизма происходит не только вследствие релаксации электронного возбуждения молекул красителя, но и вследствие их поворотной диффузии. Однако, в отличие от релаксации просветления, вклад поворотной диффузии в релаксацию наведенного дихроизма строго определен: процесс происходит экспоненциально со временем $\tau_p = (\tau_{эл}^{-1} + \tau_{п}^{-1})^{-1} / 4$, где $\tau_{эл}$ — время релаксации электронного возбуждения молекул, $\tau_{п}$ — время поворотной диффузии молекул. Времена поворотной диффузии $\tau_{п}$ для органических красителей с полосой поглощения в области $\lambda \approx 1$ мкм составляют десятки и сотни пикосекунд. В том случае, когда $\tau_{эл} \ll 10$ пс, процесс поворотной диффузии несущественен и величина τ_p близка к времени релаксации электронного возбуждения. Если же $\tau_{эл} > 10$ пс, то вклад времени поворотной диффузии $\tau_{п}$ в величину τ_p может быть значительным и $\tau_p \neq \tau_{эл}$.

Таким образом, использование пучков с ортогональными поляризациями позволяет фиксировать соотношение вкладов процесса электронной релаксации и поворотной диффузии молекул в общий процесс релаксации.



Р и с. I. Схема образования решетки наведенного дихроизма:

1) поляризация одного из падающих пучков в зависимости от координаты в поперечном сечении пучков, 2) поляризация второго пучка, 3) поляризация суммарного поля, 4) направление оси наведенного в красителе дихроизма, 5) поляризация первого пучка на выходе из среды, 6) поле горизонтальной компоненты, 7) зависимость амплитуды горизонтальной компоненты поля от координаты

Обратимся к результатам проведенных нами измерений времен релаксации просветленного состояния ряда красителей с помощью самодифракции на индуцированных решетках дихроизма. Данные этих измерений приведены в табл. I.

Для красителей ЕК измеренные нами времена релаксации хорошо согласуются с их паспортными данными.

Таблица I

Раствор красителя	τ_p , пс
ЕК-9740 в хлорбензоле	$8,2 \pm 1$
ЕК-9860 в дихлорэтано	$9,4 \pm 1$
3955 в нитробензоле	23 ± 3
Ю52 в нитробензоле	93 ± 9
3274 в нитробензоле	12 ± 1

Для красителя 3955 отличие приведенного в таблице значения от измеренного нами ранее при параллельных поляризациях пучков /I/ может быть обусловлено различным вкладом времени поворотной диффузии в измеряемые величины, а также возможным вкладом дифракции на тепловой решетке.

Для красителя Ю52 известно, что его время электронной релаксации лежит в наносекундной области /5/. Таким образом, следует считать измеренную нами величину для этого красителя близкой к времени поворотной диффузии.

Приведенные выше соображения говорят о целесообразности использования пучков с ортогональными поляризациями в методе измерения времени релаксации с помощью шумового лазерного излучения.

Поступила в редакцию
17 декабря 1980 г.

Л и т е р а т у р а

1. М. А. Васильева, В. И. Малышев, А. В. Масалов, Краткие сообщения по физике ФИАН № I, 35 (1980).
2. А. В. Масалов, Труды ФИАН, 131 (1981).
3. А. М. Саржевский, А. Н. Севченко. Анизотропия поглощения и испускания света молекулами. изд. БГУ, Минск, 1971 г.
4. A. Von Jena, H. E. Lessing, Opt. Quart. Electr., 11, 419 (1979).
5. D. Magde, B. A. Bushaw, M. W. Windsor, Chem. Phys. Lett., 28, 263 (1974).