

ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕНИ РЕЛАКСАЦИИ ПРОСВЕТЛЯЮЩЕГОСЯ
КРАСИТЕЛЯ № 3955

М. А. Васильева, В. И. Малышев, А. В. Масалов

УДК 535.8

Сообщается о результатах измерения времени релаксации раствора просветляющегося красителя № 3955, используемого в качестве пассивного затвора для синхронизации мод излучения неодимового лазера.

Одной из важнейших характеристик пассивных затворов, предназначенных для синхронизации мод в лазерах ультракоротких импульсов, является время релаксации просветленного состояния. Чем меньше эта величина, тем короче световые импульсы, которые могут быть получены в излучении лазера с данным пассивным затвором. Для растворов широко распространенного в СССР красителя № 3955 известны лишь оценки времени релаксации $\tau_{\text{ред}}$, полученные косвенным путем: 40 пс /1/ и 60 пс /2/. Представляет интерес получение прямых данных о $\tau_{\text{ред}}$ указанного красителя.

В нашей работе для измерения $\tau_{\text{ред}}$ была применена схема с использованием возбуждающего и зондирующего световых импульсов. Возбуждающий импульс вызывал просветление исследуемого красителя, а зондирующий (слабый по интенсивности), направляемый в краситель с изменяемой временной задержкой τ по отношению к возбуждающему, анализировал степень просветления красителя (рис. 1). Значение $\tau_{\text{ред}}$ определялось из зависимости пропускания зондирующего импульса от времени задержки. Возбуждающий и зондирующий импульсы генерировались в наших опытах неодимовым лазером с синхронизованными модами. Длительность импульсов лазера была меньше предполагаемого времени релаксации и составляла 15 пс. Начальное пропускание раствора исследуемого красителя в нитробензоле состав-

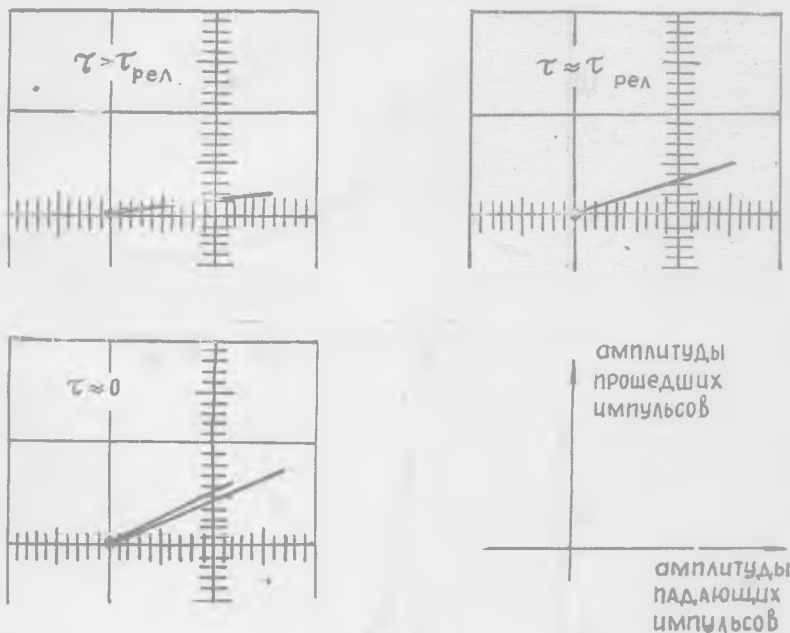
ляло 5%. Плотность мощности излучения в возбуждающем пучке была достаточно высокой ($\sim 10^7$ Вт/см²) для заметного просветления красителя. Плотность мощности в зондирующем пучке была на два порядка меньше и не вызвала самостоятельного просветления красителя. Угол между направлениями возбуждающего и зондирующего пучков составлял $\sim 0,2$ рад. Пропускание кюветы с красителем



Р и с. 1. Схема измерения времени релаксации просветляющегося красителя

определялось сопоставлением энергии ультракоротких импульсов в прошедшем через кювету зондирующем пучке с энергией импульсов в падающем. Энергия импульсов измерялась с помощью фотодиодов. Причем соответствующие сигналы с фотодиодов направлялись на вертикальные и горизонтальные отклоняющие пластины осциллографической трубки с временным разрешением 2 нс. В примененной электрической схеме отношение сигналов определялось по наклону осциллограмм в координатной сетке (рис. 2а,б). Поскольку время разрешения осциллографа было меньше интервала между ультракороткими импульсами в генерируемой лазером цепочке, то это дало возможность по осциллограммам определять пропускание кюветы для ультракоротких импульсов из различных участков цепочки, без выделения отдельного ультракороткого импульса из всей последовательности.

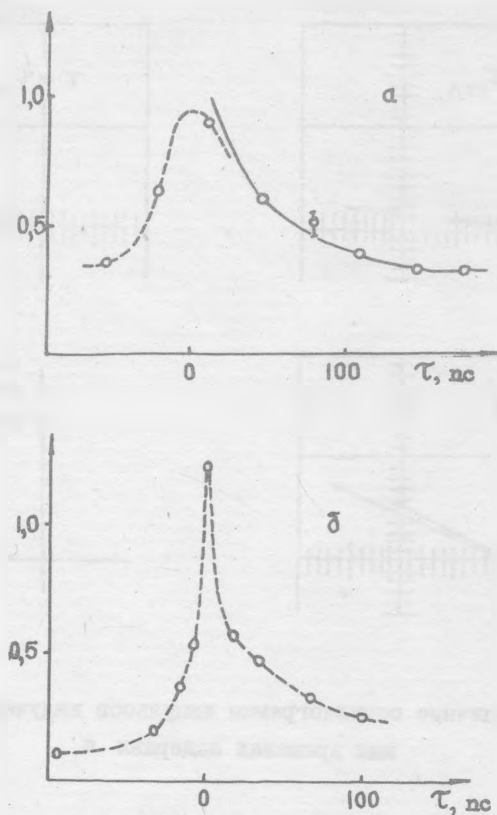
Данные по зависимости пропускания зондирующих импульсов из центральной части гигантского импульса лазера от времени задержки представлены на рис. 3а. Обработка спадающей части кривой в предположении экспоненциальной зависимости оптической плотности



Р и с. 2. Типичные осциллограммы импульсов излучения при различных временах задержки τ

раствора от времени дала значение для времени релаксации $\tau_{\text{рел}} = 50 \pm 7$ пс. Отметим, что недавно было измерено прямым методом время релаксации красителя № 3955, введенного в полимерную пленку /3/. Полученная величина составила 120 пс. Соотношение между $\tau_{\text{рел}}$ красителя № 3955 в растворе и в твердой матрице говорит о преимуществе жидких растворов при использовании красителя в качестве пассивного затвора для синхронизации мод лазера.

Укажем на особенность пропускания кюветы с красителем в области "нулевых" задержек между возбуждающим и зондирующим импульсами (рис. 2в). Как видно из осциллограмм, в этом случае имеет



Р и с. 3. а) Зависимость пропускания зондирующего импульса от времени задержки; б) зависимость пропускания отрезков шумового излучения от времени задержки

место своеобразный "веер", свидетельствующий об увеличении коэффициента пропускания кюветы к концу цепочки ультракоротких импульсов. Обнаруженная особенность связана с тем, что при наложении возбуждающего и зондирующего пучков в области их пересечения

формируется интерференционная структура светового поля, которая приводит к образованию пространственной решетки просветления в объеме красителя. В результате дифракции на этой решетке каждого из падающих пучков в соответствующих направлениях появятся дифракционные максимумы, что приводит к дополнительному изменению энергии импульсов. Решетки просветления в растворах красителей, образованные двумя пучками излучения от одночастотного рубинового лазера, подробно изучались в /4/. В наших экспериментах по измерению времени релаксации красителя образование решетки просветления приводило к увеличению интенсивности зондирующего пучка за счет "перекачки" энергии излучения из возбуждающего пучка и к искажению кривой зависимости коэффициента пропускания кюветы в области "нулевых" задержек. Дифракционный максимум от возбуждающего пучка отчетливо наблюдался нами с помощью прибора инфракрасного видения.

Наиболее яркое проявление решетки просветления наблюдалось при использовании вместо цепочки одиночных ультракоротких импульсов цепочки отрезков шумового излучения. Длительность шумовых отрезков составляла несколько десятков пикосекунд при величине корреляционного интервала шума в несколько пикосекунд. Результаты представлены на рис. 3б. При этом релаксация красителя проявляется лишь в заметной асимметрии кривой. В области "нулевых" задержек в пределах корреляционного интервала отрезков шума из-за образования решетки просветления имеет место значительное увеличение коэффициента пропускания кюветы (острый максимум), а регистрируемые осциллограммы носят "веерообразный" характер (как на рис. 2в). Образование "веера", свидетельствующее об увеличении коэффициента пропускания кюветы к концу гигантского импульса лазера, обусловлено, на наш взгляд, некоторым накапливающимся в течение лазерного импульса процессом. Таким процессом может служить накопление молекул красителя в триплетном состоянии, которое препятствует переходу молекул в исходное основное состояние, а также образование фазовой решетки в растворе за счет нагрева вещества.

В заключение заметим, что в схемах измерений параметров сред с использованием возбуждающего и зондирующего импульсов /5/ необходимо учитывать возможность образования интерференционной

структуры пучков, которая может привести к искажению получаемых результатов.

Поступила в редакцию
29 мая 1978 г.

Л и т е р а т у р а

1. В. А. Бабенко, В. И. Малышев, А. А. Сычев, Квантовая электроника, 3, 1743 (1976).
2. В. А. Петухов, А. И. Крымова, Квантовая электроника, 3, 1877 (1976).
3. J. R. Jaylor, W. Sibbett, A. J. Cormier, Appl. Phys. Lett., 31, 732 (1977).
4. Б. И. Степанов, Е. В. Ивакин, А. С. Рубанов, ДАН СССР, 196, 567 (1971).
5. Б. С. Непорент, В сб. "Спектроскопия фотопревращений в молекулах", "Наука", Л., 1978 г., стр. 9.