

ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕНИ КОГЕРЕНТНОСТИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ  
С ПОМОЩЬЮ ПРОСВЕТЛЯЮЩИХСЯ СРЕД

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

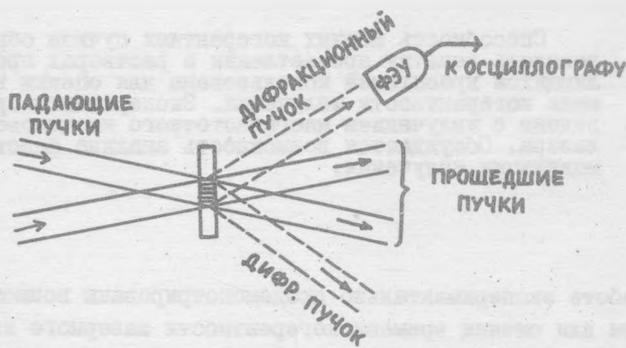
УДК 621.375.8

Способность мощных когерентных пучков образовывать решетку просветления в растворах просветляющихся красителей использована для оценки времени когерентности излучения. Эксперименты проведены с излучением многочастотного неодимового лазера. Обсуждается возможность анализа фазовой модуляции излучения.

В работе экспериментально продемонстрированы возможности новой схемы для оценки времени когерентности лазерного излучения. В схеме использована способность двух пересекающихся пучков исследуемого излучения образовывать решетку просветления в просветляющейся среде  $/I/$ . Эта решетка соответствует интерференционной структуре поля в области пересечения пучков и приводит к образованию дифракционных максимумов. Эффективность дифракции пучков в зависимости от времени задержки между ними может служить мерой когерентности излучения.

В нашем эксперименте оценивалось время когерентности излучения импульсного многочастотного лазера на неодимовом стекле ( $\lambda = 1,06$  мкм). Лазер работал в режиме наименьшей поперечной моды. Добротность лазерного резонатора модулировалась с помощью пассивного затвора, обладающего значительным временем релаксации порядка нескольких наносекунд, так что фазы генерируемых продольных мод лазерного излучения не были синхронизованы, т.е. излучение носило шумовой характер. В качестве просветляющихся сред использовались растворы различных красителей. Угол между пучками составлял  $\approx 0,2$  рад, начальный коэффициент пропускания кюветы  $\approx 2\%$ .

В зависимости от времени задержки между пучками, встречающимися в кивете с красителем, измерялась энергия в одном из дифракционных пучков (рис. 1). Результаты измерений с красителем, время релаксации которого лежит в наносекундном диапазоне, приведены на рис. 2а. Ширина максимума на построенной кривой оказалась близкой к времени когерентности излучения, которое в нашем случае определяется обратной шириной спектра. Уменьшение ширины спектра лазерного излучения однозначно проявилось в увеличении ширины наблюдаемого максимума. Отношение интенсивностей пучков,



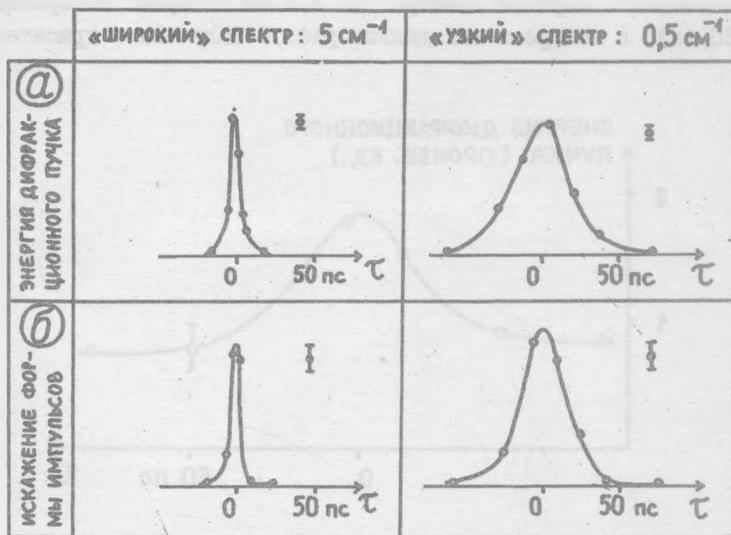
Р и с. 1. Схема образования дифракционных пучков

падающих на кивет с красителем, составляло в наших экспериментах примерно 1:12. Интенсивность сильного пучка была достаточно большой и вызвала заметное просветление раствора красителя. Интенсивность же слабого пучка в этом случае не вызвала просветления, но была достаточной для образования глубокой интерференционной структуры в области пересечения пучков (глубина модуляции около 70%).

Отметим, что недавно для измерения времени когерентности излучения импульсного лазера на парах меди был применен подобный метод с использованием вместо просветляющейся среды полупроводниковой пленки, образующей при облучении тепловую решетку /2/.

Проведенное нами измерение относительной интенсивности сильного и слабого пучков с помощью фотодиода и осциллографа по методике работы /3/ показало, что образование решетки просветления

и возникновение дифракции приводит к искажению огибающих импульсов излучения после прохождения кюветы с красителем. Это искажение различно для сильного и слабого пучков и кроме того оно зависит от времени задержки. Оказалось, что кривая зависимости величины искажения огибающей импульса от времени задержки имеет

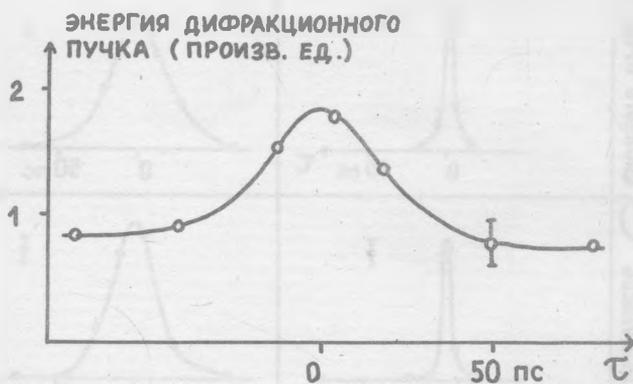


Р и с. 2. Результаты корреляционных измерений

ширину, близкую к времени когерентности (рис. 2б). По вертикальной оси рис. 2б отложена разница ослаблений слабого пучка в конце гигантского импульса и в его начале. Уменьшение ширины спектра излучения здесь также приводило к увеличению ширины наблюдаемого максимума.

Отметим, что данные по эффективности дифракции зависят от соотношения времени релаксации просветленного состояния раствора красителя и времени когерентности излучения. Если время релаксации больше времени когерентности, то интенсивность дифракционного максимума отлична от нуля лишь в области "нулевых" задержек, т.е. при наложении соответствующих флуктуационных выбросов обоих пучков (см. рис. 2). В том же случае, когда время

релаксации меньше или порядка времени когерентности, интенсивность дифракционного максимума отлична от нуля и при временах задержки, превышающих время когерентности, образуя на кривой заметный "фон". Эта ситуация иллюстрируется данными рис. 3, которые получены при использовании красителя № 3955 ( $\tau_{\text{рел}} \approx 50$  пс) и излучения с шириной спектра  $\approx 0,5 \text{ см}^{-1}$  (время когерентности  $\approx 60$  пс), в то время как данные рис. 2 получены с красителем,



Р и с. 3. Результаты корреляционных измерений с быстрорелаксирующим красителем

времени релаксации которого значительно превышало времена когерентности. Дифракция пучков при временах задержки между ними, больших времени когерентности, может быть объяснена следующим образом. В этих условиях интерференционная структура поля излучения существует, но не остается постоянной в течение импульса генерации. Она изменяется с характерным временем, равным времени когерентности излучения, а поскольку взят быстрорелаксирующий краситель, то решетки просветления и дифракция пучков имеют место. Разница в характере кривых рис. 2а и рис. 3 отражает отличие функций корреляции поля излучения от функции корреляции интенсивности.

Рассмотренная особенность обсуждаемого метода измерения времени когерентности при малом по сравнению с измеряемой величиной времени релаксации просветляющегося красителя выделяет его среди других известных методов. Следует ожидать, что данный метод окажется полезным для анализа фазовомодулированного излучения. При использовании красителя с временем релаксации, превышающим обратную ширину спектра излучения, в измерениях проявляется корреляционная функция поля излучения: ширина наблюдаемого максимума определяется вкладом как амплитудной, так и фазовой модуляции излучения, а "фон" (т.е. дифракция при больших временах задержки) отсутствует (рис. 2а). Если же в методе используется краситель с малым временем релаксации, то в измерениях проявляется функция корреляции интенсивности (рис. 3): ширина наблюдаемого максимума определяется только вкладом амплитудной модуляции излучения.

Подводя итог, отметим, что к достоинствам обсуждаемого метода измерения времени когерентности следует отнести, во-первых, возможность "бесфоновых" измерений корреляционной функции шумового излучения при использовании красителей со значительным временем релаксации, а во-вторых, возможность анализа фазовомодулированного излучения.

Поступила в редакцию  
5 июня 1978 г.

#### Л и т е р а т у р а

1. Б. И. Степанов, Е. В. Ивакин, А. С. Рубанов, ДАН СССР, 196, 567 (1971).
2. К. И. Земсков, М. А. Казарян, В. В. Мокеров, Г. Г. Петраш, А. Г. Петрова, Квантовая электроника, 5, 425 (1978).
3. М. А. Васильева, В. И. Малышев, А. В. Масалов, Краткие сообщения по физике, № 7, 33 (1978).