

О ЗАПИСИ ГОЛОГРАММ ДИФФУЗНО РАССЕИВАЮЩИХ ОБЪЕКТОВ ПРИ ПОМОЩИ ЛАЗЕРА НА ОРГАНИЧЕСКОМ КРАСИТЕЛЕ

Д. И. Стаселько и В. Л. Стригун

Лазер на спиртовом растворе родамина 6Ж с ламповой накачкой применен для записи голограмм диффузно рассеивающих объектов. Измерена дифракционная эффективность полученных голограмм в зависимости от концентрации красителя и энергии накачки лазера, а также исследована пространственная когерентность использованного лазера.

Применение лазеров на органических красителях в качестве источников излучения с перестраиваемой частотой представляет значительный интерес для цветной голографии и многоволновой интерферометрии. Однако получение одномодовых режимов генерации таких лазеров представляет значительные трудности. Как правило, режимы, близкие к одномодовому, достигаются ценой больших потерь выходной энергии. В работах [1, 2] сообщалось о получении голограмм трехмерных объектов при помощи одномодового лазера на водном растворе родамина 6Ж с ламповой накачкой, а в [3] о записи голограмм фазовых объектов с использованием лазера на спиртовом растворе родамина 6Ж с накачкой второй гармоникой рубинового лазера. Выходная энергия излучения использованных в этих работах лазеров не превосходила единиц миллиджоуля, что в большинстве случаев недостаточно для практических применений, в том числе для записи голограмм диффузно рассеивающих объектов. Лазеры на спиртовых растворах органических красителей с ламповой накачкой обладают значительно более высокой выходной энергией [4], однако когерентность таких лазеров практически не изучена.

Целью данной работы являлось изучение возможности использования лазера на спиртовых растворах органических красителей с ламповой накачкой для записи голограмм диффузно рассеивающих объектов, а также исследование когерентности излучения этого лазера.

Экспериментальная установка, изображенная на рис. 1, включала в себя двухлучевую схему записи голограмм и схему контроля параметров лазерного излучения, которая позволяла регистрировать спектр, поперечную структуру поля излучения, а также временные и энергетические характеристики излучения лазера.

Активным элементом лазера служила кювета длиной 120 мм и диаметром 5 мм с раствором родамина 6Ж, которая помещалась в селективный резонатор, состоящий из дифракционной решетки 1200 штр./мм и резонансного отражателя на выходе лазера (толщина стеклянных пластин и воздушного промежутка равнялась 3 и 0.3 мм соответственно). Кроме того, в резонаторе под углом к оси устанавливался интерферометр Фабри—Перо с базой 0.6 мм и коэффициентом отражения зеркал 50%. Для накачки кюветы использовались две импульсные лампы ИФП-2000. Энергия накачки достигала 180 дж, длительность светового импульса накачки составляла 5 мксек. по основанию. При концентрации родамина 6Ж, соответствующей наибольшей энергии излучения (0.07 мг/см³), мощность из-

лучения достигала 12 квт при длительности импульса 1 мксек., а ширина спектра излучения не превосходила 0.1 \AA при перестройке длины волны от 5800 до 6100 \AA .

Для записи голограмм была выбрана схема, аналогичная приведенной в работе [3], поскольку полученные по такой схеме голограммы позволяют измерить пространственную когерентность лазеров. Объектом записи служил диффузный экран, при этом изображение торца лазера на органическом красителе проецировалось на голограмму и диффузный экран с пятикратным и однократным увеличением соответственно. В лазерном

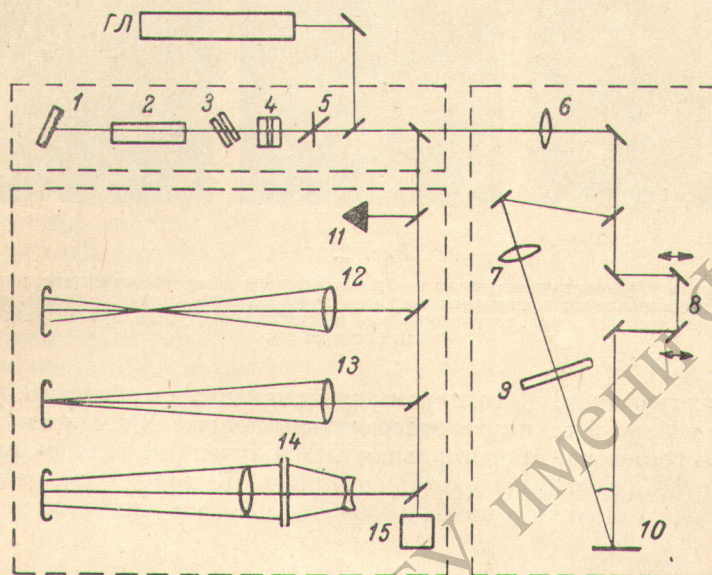


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

ГЛ — газовый лазер; 1 — дифракционная решетка; 2 — кювета с органическим красителем; 3 — интерферометр Фабри—Перо; 4 — резонансный отражатель; 5 — перекрестие; 6, 7 — линзы, проектирующие изображение торца лазера вместе с перекрестием на голограмму и диффузный экран; 8 — система подвижных зеркал для выравнивания разности хода объектного и референтного пучков; 9 — диффузный экран; 10 — голограмма; 11 — калориметр; 12, 13 — линзы, проектирующие на фотоэлемент распределения поля излучения лазера в ближней и дальней зонах; 14 — эталон Фабри—Перо с базой 0.3 мм; 15 — коаксиальный фотоэлемент ФЭК-09.

пучке вблизи торца помещалось перекрестие, которое позволяло связать координаты точек торца на голограмме и в восстановленном изображении. Расстояние от экрана до голограммы составляло 300 мм, а угол между объектным и референтным пучками был равен 7° . Голограммы размером $24 \times 36 \text{ мм}^2$ записывались на фотопленке типа ФПГВ.

При реконструкции голограммы освещались как широким коллимированным пучком гелий-неонового лазера (диаметр пучка 40 мм), так и узким, сканирующим по голограмме (диаметр 1 мм). Пример восстановленного широким пучком изображения приведен на рис. 2, а. Из сопоставления этого изображения с фотографией торца, снятого обычным способом, следует, что при такой реконструкции видна вся генерирующая область торца. Восстановление широким пучком позволяло измерить дифракционную эффективность (ДЭ) голограмм. В этом случае весь дифрагированный поток направлялся в ФЭУ. Сканирование узким пучком по голограмме давало возможность измерить функцию пространственной когерентности (ФПК) на торце лазера, согласно методике, изложенной в работе [6]. При этом интенсивность восстановленного изображения регистрировалась ФЭУ, перед которым помещалась диафрагма диаметром 0.5 мм. Число разрешаемых элементов ФПК в данном эксперименте составляло 600, что соответствовало линейному разрешению на торце лазера равному 0.2 мм.

В ходе экспериментов исследовалось влияние концентрации красителя и энергии накачки лазера на ДЭ голограмм. Для исключения влияния изменения выходной энергии излучения лазера на ДЭ голограмм плотность излучения падающих на голограмму пучков поддерживалась постоянной с помощью нейтральных светофильтров.

На рис. 3 и 4 приведены зависимости ДЭ голограмм и энергии излучения от концентрации красителя и энергии накачки. Как следует из

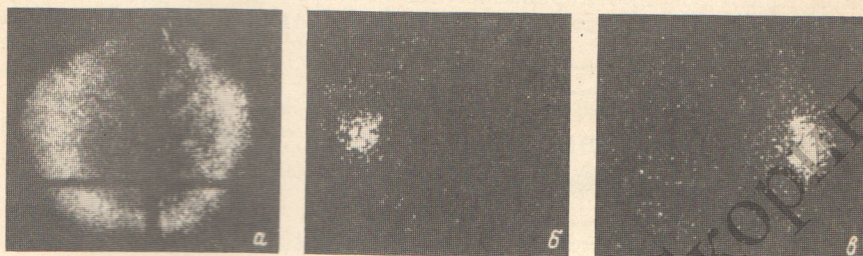


Рис. 2.

а — фотография реконструированного изображения торца лазера на красителе, полученная при восстановлении голограммы широким пучком гелий-неонового лазера; б, в — изображения того же торца, полученные при восстановлении узким пучком различных участков голограммы.

приведенных графиков, ДЭ голограмм имеет максимум в области 0.05 мг/см^3 , положение которого сдвинуто относительно положения максимума энергии излучения лазера. Максимальная ДЭ полученных голограмм не превосходила 0.1% , т. е. была на порядок ниже ДЭ голограмм, записанных в аналогичных условиях с помощью однододового рубинового лазера [6].

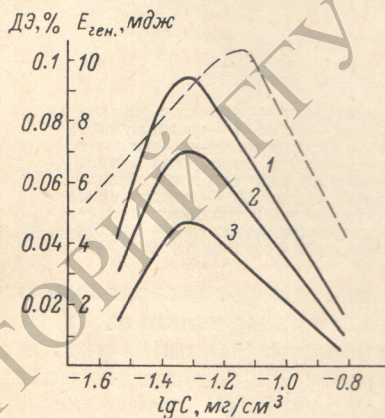


Рис. 3. Зависимость ДЭ голограмм (сплошные кривые) и энергии излучения лазера (штриховая кривая) от концентрации роданина бЖ.

Кривые 1, 2, 3 соответствуют энергиям излучения: 2,5, 6 и 9 мдж.

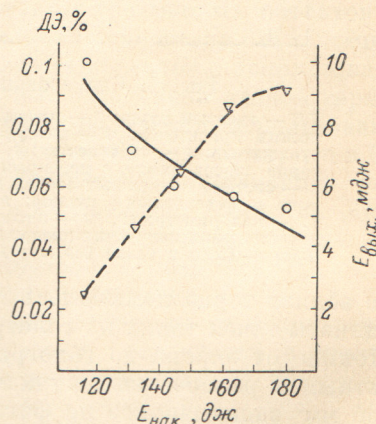


Рис. 4. Зависимость ДЭ голограмм (сплошная кривая) и энергии излучения лазера (штриховая кривая) от энергии накачки лазера. Концентрация красителя 0.05 мг/см^3 .

Увеличение энергии накачки лазера одновременно с ростом энергии излучения приводило к заметному снижению ДЭ голограмм. Так при увеличении энергии накачки от 115 до 180 дж ДЭ голограмм падала примерно в два раза.

При сканировании голограмм узким пучком вид реконструированного голограммой изображения резко менялся рис. 2, б, в. Вместо всей генерирующей области торца всякий раз восстанавливались лишь небольшие его участки, координаты которых соответствовали координатам областей

голограммы, через которые велась реконструкция. Этот факт свидетельствует, по-видимому, об отсутствии устойчивой модовой структуры в излучении лазера, что может быть связано с наличием нестационарной оптической неоднородности, возникающей под действием импульса накачки.

Результаты измерений ФПК лазера приведены на рис. 5. Нормированная степень когерентности $|\gamma|^2$ определялась относительно точек, лежащих на диаметре торца лазера. Контур ФПК имел один максимум, полуширина которого менялась от 0.25 до 0.4 мм. За пределами этого максимума ФПК резко падала. Так, значение $|\gamma|^2$ для диаметрально противоположных точек не превышало 0.002. Из приведенных данных о размерах зон с высокой пространственной когерентностью следует, что эти зоны занимают не более нескольких процентов от всей генерирующей площади торца, что и объясняет сравнительно низкую ДЭ голограмм, записанных с помощью этого лазера.

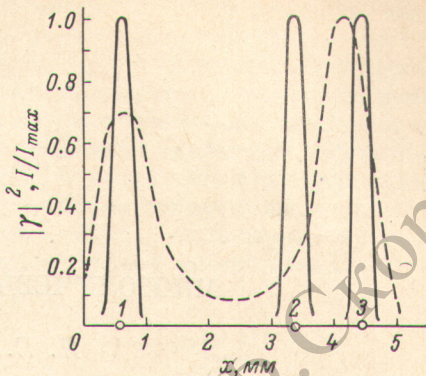


Рис. 5. Графики нормированной ФПК лазера на органическом красителе, построенные относительно участков торца 1, 2, 3, обозначенных кружками (сплошные кривые). Штриховой линией показано распределение интенсивности на торце лазера.

Литература

- [1] W. Schmidt, A. F. Ferchner. *Opt. Comm.*, **3**, 363, 1971.
- [2] W. Schmidt, A. Nogel, D. Preußler. *Appl. Phys.*, **1**, 103, 1973.
- [3] P. Shajenko. *J. Appl. Phys.*, **44**, 3200, 1973.
- [4] Ф. Н. Балтаков, В. А. Барихин, В. Г. Корнилов, С. А. Миخнов, А. Н. Рубинов, Л. В. Суханов. *ЖТФ*, **42**, 1459, 1972; А. В. Аристов, Н. Ю. Воробьев, Д. А. Козловский, В. М. Подгаецкий. *ПТЭ*, № 2, 169, 1972; P. Anliker, M. Gassmann, H. Weber. *Opt. Comm.*, **5**, 137, 1972.
- [5] Д. И. Стаселько, Ю. Н. Денисюк. *Опт. и спектр.* **28**, 323, 1970.
- [6] Д. И. Стаселько, В. Б. Воронин, А. Г. Смирнов. *Опт. и спектр.*, **34**, 561, 1973.

Поступило в Редакцию 4 февраля 1974 г.