

лебаний в разряде и соответственно в излучении. Большой интерес с этой точки зрения представляет трубка из двух секций с общим катодом (два анода) [6]. Колебания здесь имеют меньшую амплитуду, чем в трубке с одним анодом при таких же общих длине и токах, так как длина каждого разряда вдвое меньше, чем всей трубки. Кроме того, падение напряжения на каждом таком разряде вдвое меньше, чем на соответствующей трубке с одним анодом, т. е. меньше крутизна падающего участка вольт-амперной характеристики, что тоже снижает амплитуду колебаний и смещает порог колебаний к меньшим токам.

Исследуя такую трубку с общим накаленным катодом (длина каждой секции 100 мм, диаметр 2,5 мм, давление смеси 2,2 тор, соотношение компонент смеси He—Ne=7:1), нашли при оптимальном балластном сопротивлении 160 кОм порог реактивных колебаний, равный 1,25 мА. Если балластные сопротивления не включены непосредственно в аноды, реактивные колебания наблюдаются до 8 мА. Обнаружен интересный способ ослабления модуляции мощности излучения стратами, рождающимися в капилляре активного элемента, которые появляются при 10—14 мА. Подбирая близкими амплитуды и частоты страт в обеих половинах трубки, можно получить уменьшение модуляции мощности излучения в 30—40 раз по сравнению с модуляцией в отдельной половине трубки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. Г. Захаренко, В. Е. Привалов. Колебания в разрядном промежутке He—Ne лазера и их влияние на параметры излучения.— *Оптика и спектроскопия*, 1973, т. 35, № 4.
2. Ю. Г. Захаренко, В. Е. Привалов. О начальной стадии реактивных колебаний в тлеющем разряде.— *ЖТФ*, 1972, т. 42, № 9.
3. Ю. Г. Захаренко, В. Е. Привалов. Влияние регулярных колебаний в разряде на мощность излучения He—Ne лазера.— *Оптика и спектроскопия*, 1970, т. 29, с. 236.
4. В. Е. Привалов, О. М. Скроботова, С. А. Фридрихов. О пространственном распределении потенциала при регулярных колебаниях на падающем участке вольт-амперной характеристики тлеющего разряда.— *Известия ВУЗов. Сер. физика*, 1973, № 1.
5. Е. Н. Покровский, В. А. Бурмакин, Л. М. Решетина. Применение газовых лазеров в геодезии. М., ЦНИИ «Электроника», 1972.
6. Е. П. Остапченко, Б. А. Тимофеев, Ю. М. Яковлев. К вопросу о модуляции излучения He—Ne ОКГ через источник возбуждения активного элемента.— *Радиотехника и электроника*, 1970, т. 15, 2350.

*Поступило в редакцию 3 июля 1973 г.*

УДК 772.99

**А. В. АВРОРИН, Ю. К. ВОЛКОВ, Е. А. КОПЫЛОВ,  
В. В. КУЗНЕЦОВ, В. Н. ЛАЗАКОВ**

*(Москва)*

#### **ЭКСПЕРИМЕНТЫ ЦИФРОВОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПО СВЧ-ГОЛОГРАММАМ**

Большое практическое значение имеет применение ЭВМ для восстановления изображений в акустической и СВЧ-голографии. Цифровое восстановление имеет, в частности, то преимущество, что исключается ряд промежуточных этапов по обработке голограммы. Кроме того, на современном уровне развития вычислительной техники возможно создание специализированного процессора-вычислителя, способного восстанавливать изображение по голограмме практически в реальном масштабе времени, что позволяет считать применение цифровых методов в акустической и СВЧ-голографии весьма перспективным.

Цифровое восстановление в акустической и СВЧ-голографии основано на формуле дифракции Френеля [1]. Для вычислений по этой формуле был разработан алгоритм и составлена программа для ЭВМ типа БЭСМ-4. Программа состоит из следующих блоков: ввод и декодирование информации о голограмме, домножение исходного числового массива на фазовые множители, преобразование Фурье по строкам, транспонирование массива, преобразование Фурье по столбцам, вывод изображения на печать. Пре-

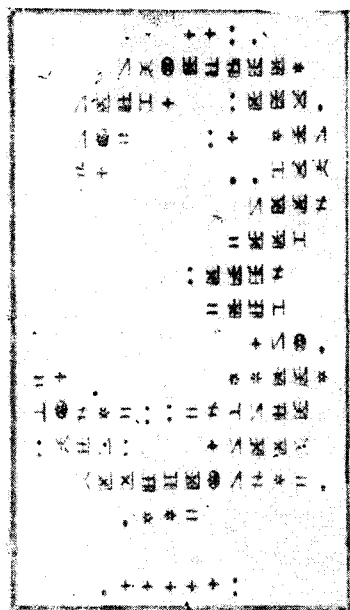


Рис. 1.

образование Фурье по строкам и по столбцам осуществляется с помощью алгоритма быстрого преобразования Фурье. В программе предусмотрена возможность вычитания постоянной составляющей из голограммы для устранения нулевого порядка дифракции. В связи с тем, что при вычислениях используется дискретное преобразование Фурье, размеры голограммы  $L_x$ ,  $L_y$ , шаги дискретизации на изображении объекта  $\Delta\xi$ ,  $\Delta\eta$ , длина волны  $\lambda$  и расстояние  $d$  до плоскости изображения связаны между собой:  $\Delta\xi L_x = \Delta\eta \times L_y = \lambda d$ . Поэтому, когда размеры голографируемого объекта невелики, число отсчетов на его, восстановленном изображении может оказаться недостаточным для получения верного представления об объекте.

Чтобы избежать этого, в программе предусмотрена возможность искусственного увеличения размеров голограммы путем прибавления к ней нулевых отсчетов, что приводит к увеличению количества отсчетов на восстановленном изображении объекта и, следовательно, к повышению качества изображения. Такой прием позволяет получать фрагменты изображения объекта в увеличенном масштабе, не увеличивая используемый объем памяти. Поскольку выводится лишь часть поля изображения, требуемый при восстановлении объем вычислений растет приблизительно пропорционально увеличению масштаба изображения, а не пропорционально увеличению квадрата масштаба. Вывод изображения осуществлялся на алфавитно-цифровое печатающее устройство ЭВМ.

Программа была использована при проведении экспериментов по цифровому восстановлению изображения по СВЧ-голограмме, полученной на установке, описание которой приведено в [2]. Объектом служил металлический щит с прорезью в виде цифры 3 (высота цифры 300 мм, ширина 200 мм, ширина прорези 30 мм). Щит с прорезью помещался между облучателем и плоскостью голографирования. Размер области сканирования  $1000 \times 1154$  мм<sup>2</sup>, число отсчетов  $115 \times 127$ , длина волны 3,2 см. Вводимая в ЭВМ цифровая информация о голограмме получалась с помощью аналого-цифрового преобразователя.

Результат эксперимента по восстановлению на ЭВМ изображения по СВЧ-голограмме показан на рис. 1. В этом эксперименте было произведено вычитание постоянной составляющей из голограммы, что привело к полному устранению нулевого порядка ди-

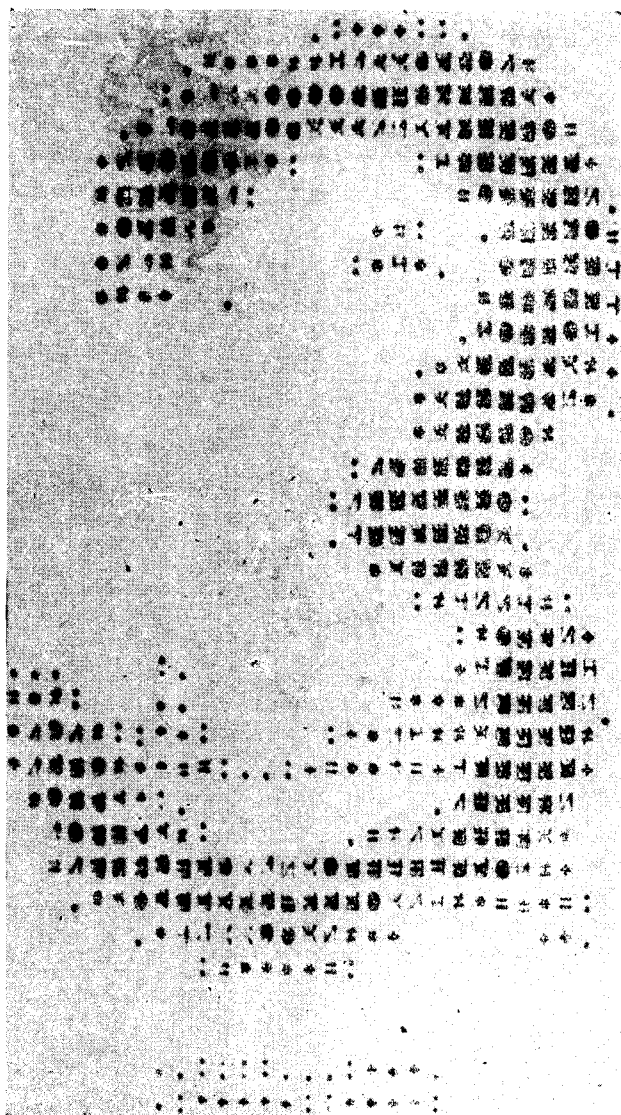


Рис. 2.

фракции. На рис. 2 приведен результат эксперимента по искусственному увеличению размеров голограммы в два раза. Как видно, увеличение размеров голограммы приводит не только к увеличению масштаба выводимого изображения, но и к повышению его качества.

В заключение можно отметить, что относительно небольшие затраты машинного времени (восстановление изображения 7 мин, вывод изображения 2 мин) и достаточно высокое качество изображения позволяют использовать ЭВМ для практического восстановления изображений в экспериментах по СВЧ-голографии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дж. Гудмен. Введение в Фурье-оптику. М., «Мир», 1970.
2. А. В. Аврорин, Е. А. Копылов, В. В. Кузнецов, В. Н. Лазарков. Оптическое восстановление изображений по СВЧ-голограммам.— *Автометрия*, 1973, № 5.

Поступило в редакцию 24 августа 1973 г.

УДК 621.387.41

В. В. АНЦИФЕРОВ, К. Г. ФОЛИН

(Новосибирск)

### ВРЕМЕННОЕ ПОВЕДЕНИЕ СПЕКТРА РУБИНОВОГО ЛАЗЕРА СО СФЕРИЧЕСКИМИ ЗЕРКАЛАМИ В КВАЗИСТАЦИОНАРНОМ РЕЖИМЕ

В квазистационарном режиме генерации рубинового лазера со сферическими зеркалами средняя частота излучения может как уменьшаться, так и увеличиваться в процессе генерации (рис. 1, а). Такое изменение частоты впервые наблюдалось нами в [1] и объяснялось конкуренцией двух факторов: теплового смещения центра линии усиления и перестройки собственных частот резонатора из-за возникновения тепловой линзы в активном стержне. В настоящей работе приводятся результаты исследований, показывающие, что существенную роль играет еще один фактор, обусловленный также неравномерным нагреванием по сечению стержня.

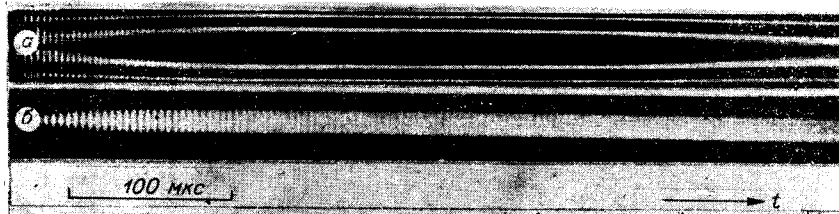


Рис. 1. Временные развертки спектра (а) и распределение интенсивности излучения в ближней зоне (б):

$R_1=R_2=50$  см,  $L_{\text{опт}}=60$  см, рубин  $\varnothing 12 \times 120$  мм<sup>2</sup>,  $E_{\text{п}}=3E_{\text{пор}}$ . Область дисперсии эталона Фабри-Перо  $0,5^{-1}$ .

Как хорошо видно из развертки распределения излучения в ближней зоне (см. рис. 1, б), имеет место постоянное увеличение сечения генерирующей области в начале и уменьшение в конце генерации. В [1] такого изменения не было замечено из-за случайного совпадения цели сверхскоростного фоторегистратора с плоскостью наиболее равномерной прокачки. При разнице нагревания в центре и на краях стержня такое изменение приводит к соответствующему смещению средней частоты генерации. Это согласуется со спектрограммой излучения, приведенной на рис. 1, а, за исключением рассмотренного в [1] небольшого участка в начале генерации, где имеют место сильные пульсации интенсивности.

Ясно, что чем больше поперечный индекс мод, для которых в процессе генерации выполняются пороговые условия, тем эффективнее действие этого фактора. То же самое можно сказать и в отношении второй причины увеличения частоты  $\nu_{mnq}$  — уменьшения фокусного расстояния тепловой линзы  $f$ . Из выражения для собственных частот резонатора с линзой [2] нетрудно получить скорость изменения частоты с температурой  $T$ :

$$\frac{d\nu_{mnq}}{dt} \approx \frac{m+n}{8f^3} \frac{df}{dT} [\text{см}^{-1}/\text{град}],$$