

Нанесение отражающих покрытий на второе зеркало не приводит к существенному уменьшению порогового тока генерации. В то же время в этих лазерах довольно сильно уменьшается дифференциальная квантовая эффективность.

Можно предположить, что в дальнейшем оптимизация процесса получения зарощенных гетероструктур позволит уменьшить токи утечки, что в свою очередь даст возможность получать субмиллиамперные одночастотные *AlGaAs* лазерные диоды с одним напыленным зеркалом.

В заключение авторы выражают благодарность В.Д. Румянцеву, В.П. Хвостикову, Т.Н. Налет, А.Т. Лупу и Г.И. Суручану за полезные обсуждения и помощь в эксперименте.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] А п ф е р о в Ж.И., А н д р е е в В.М., М е р е у ц е А.З., С ы р б у А.В., С у р у ч а н у Г.И., Я к о в л е в В.П. // Письма в ЖТФ. 1990. Т. 16. В. 9. С. 41-44.
- [2] А п ф е р о в Ж.И., А н д р е е в В.М., А н д р и е ш А.М., М е р е у ц е А.З., С ы р б у А.В., Я к о в л е в В.П. // Письма в ЖТФ. 1990. Т. 16. В. 5. С. 66-71.
- [3] D e r r y P.L., C h e n H.Z., M o r c o s H., Y a r i v A., L a u K.Y., B a r - C h a i m N., L e e K., R o s e n b e r g J. // J. Vac. Sci. Technol. B. 1988. V. 6. N 2. P. 689-691.

Кишиневский политехнический институт им. С. Лазо

Поступило в Редакцию  
26 июля 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 19  
07; 12

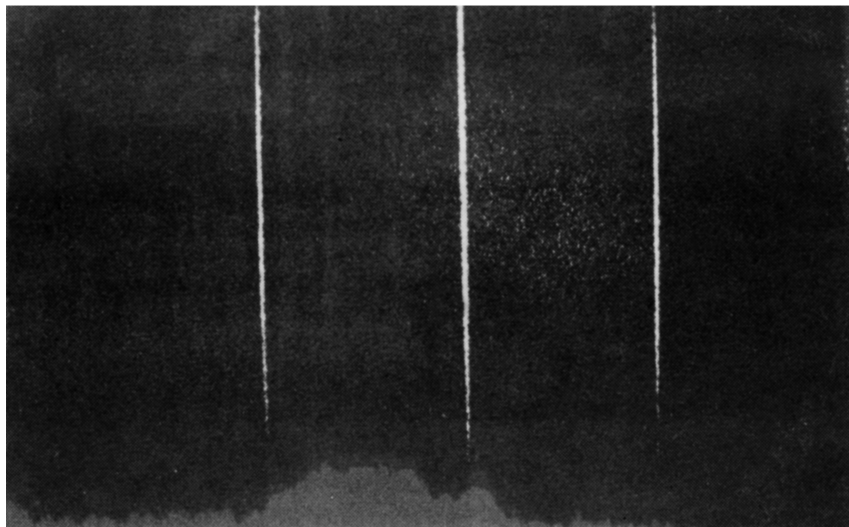
12 октября 1990 г.

© 1990

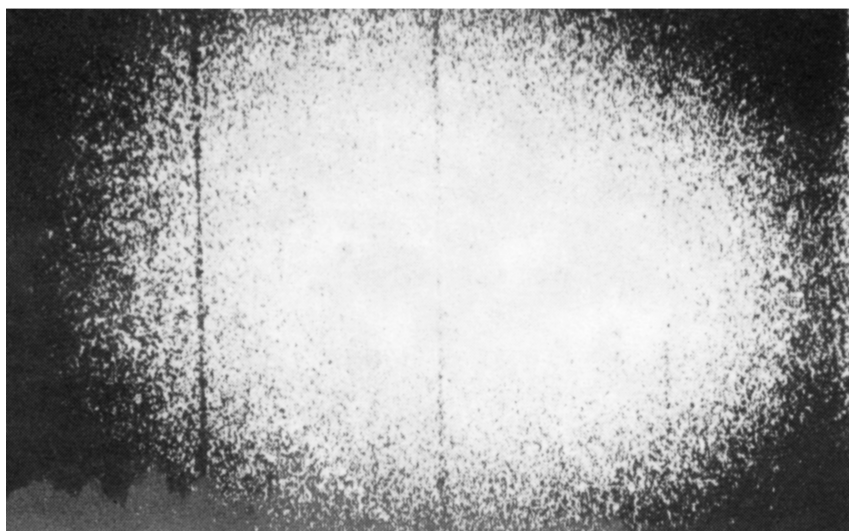
#### О ВОЗМОЖНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ ТРЕКОВ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ ПО ПРИНЦИПУ ГОЛОГРАФИЧЕСКОГО ВЫЧИТАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

С.Н. М а л о в, И.Р. М и х а й л о в а

Создание ускорителей с повышенной энергией пучков и увеличение объема пузырьковой камеры требуют применения новых методов регистрации информации, обеспечивающих наряду с приемлемой глубиной резко изображаемого пространства и повышение разрешения изображения. Выход из этого противоречия (которое не может быть разрешено методами традиционной проекционной оптики) был найден путем голографической регистрации и восстановления изображений треков элементарных частиц [1]. Однако актуальной остается задача повышения отношения сигнал/шум изображения, что является необходимым условием автоматизации считывания информации.



*a*



*б*

Рис. 1. Действительное изображение (в модели пузырьковой камеры) треков элементарных частиц: а - в случае голографического вычитания изображений, б - в случае обычной голограммы Френеля.

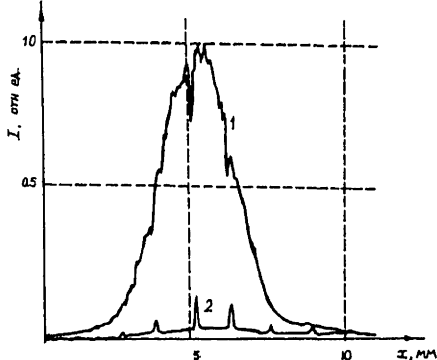


Рис. 2. Распределение интенсивностей в плоскости действительного изображения: 1 - обычной голограммы Френеля; 2 - разностного изображения.

В настоящей заметке показано, что можно в значительной степени повысить отношение сигнал/шум изображения треков элементарных частиц, реализовав схему голографического вычитания изображений [2, 3]. Суть одной из этих методик [3] заключается в последовательной регистрации двух противофазных волновых полей с введением фазового сдвига путем изменения параметров оптической схемы (например, угла между опорным и предметным пучками [4]) в промежутке времени между экспозициями. Освещение зарегистрированной таким образом двукратно экспонированной голограммы нерасширенным лазерным пучком в области, соответствующей минимуму суперпозиционной интерференционной картины, обеспечивает формирование разностного изображения (в данном случае - треков в пузырьковой камере) с повышенным отношением сигнал/шум за счет исключения фона.

Экспериментальная демонстрация проводилась на модели пузырьковой камеры, где роль треков элементарных частиц играла песка  $\varnothing$  150 мкм (характерный размер пузырьков), вводимая в камеру в промежутке времени между экспозициями. Регистрация двукратно экспонированной голограммы проводилась по внеосевой схеме Френеля с освещением пузырьковой камеры диффузно рассеянным когерентным излучением и с коллимированной опорной волной. Фазовый сдвиг вносился за счет смещения коллимирующего объектива опорного пучка на 20-40 мкм перпендикулярно его оптической оси.

Понятно, что подобная модель работы пузырьковой камеры является довольно грубым приближением к реальности. На самом деле процессы, происходящие во время регистрации треков элементарных частиц, несравненно сложнее и уровень помех может быть значительно выше, чем рассмотренный в настоящей работе. Однако, по нашему мнению, предлагаемый механизм регистрации позволяет повысить отношение сигнал/шум изображения треков хотя бы за счет исключения части шумового фона.

В случае использования голографического вычитания разновозрастное изображение имеет вид ярких треков на темном фоне (рис. 1, а), в то время как обычная голограмма строит изображение в виде темных полос на светлом поле (рис. 1, б). На рис. 2 представлены результаты сканирования плоскости действительного изображения, построенного обычной голограммой (кривая 1), и действительного разностного изображения (кривая 2). Измеренные отношения сигнал/шум составляют соответственно 1.4 и 5.4, что свидетельствует о значительном улучшении качества изображения треков элементарных частиц.

Особую роль при предлагаемом способе регистрации треков играет спекл-шум, поскольку реконструкция разностного изображения происходит путем освещения двукратно экспонированной голограммы существенно ограниченным по апертуре лазерным пучком. Оценки и эксперименты показывают [5], что спекл-шум ограничивает разрешение разностного изображения до величины 50–60 мкм, но эта цифра может быть значительно снижена за счет уменьшения смещения коллимирующего объектива и использования восстанавливающего лазерного пучка большего радиуса.

С другой стороны, принципы голографического вычитания изображений, кратко изложенные выше, распространяются также и на те компоненты восстанавливаемого голограммой волнового фронта, которые отвечают за формирование шумовой спекл-структуры в выходной плоскости оптической схемы. Поскольку мы предположили, что среда, где формируются треки элементарных частиц, в промежутке времени между экспозициями (5–20 мсек) изменяется незначительно, то вправе считать, что и восстанавливаемые двукратно экспонированной голограммой поля также отличаются несущественно. Поэтому в плоскости действительного изображения волновые фронты, ответственные за формирование спекл-структуры, взаимно вычитаются. В частности, этот факт иллюстрирует рис. 1, а, где спекл-шум, несмотря на диффузную подсветку, незначителен.

Рассмотрим возможный алгоритм работы схемы голографической регистрации треков элементарных частиц. От синхротрона подается стартовый импульс в пульт управления, который вырабатывает электрический сигнал для запуска расширительного электромагнитного клапана за 15–20 мс перед впуском пучка элементарных частиц. Непосредственно перед впуском (за 2–4 мс) срабатывает импульсный лазер, осуществляя первую экспозицию. Затем, во время роста пузырьков в камере, который длится 5–20 мс, происходит смещение коллимирующего объектива опорного пучка на 20–40 мкм перпендикулярно его оптической оси и импульсный лазер вторично засвечивает рабочий объем пузырьковой камеры и регистрирующую среду. Восстановление разностного изображения производят по стандартной методике [3, 4].

Показатель преломления фреона (или любой другой тяжелой жидкости, используемой в пузырьковой камере) меняется в процессе расширения, создавая существенный фон для наблюдения изображе-

жений треков. Предлагаемый в настоящей работе метод исключения этого фона позволяет в значительной мере повысить отношение сигнал/шум изображения, повышая достоверность снимаемой информации и способствуя автоматизации обработки изображения.

## С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Турухано Б.Г. Голографирование пузырьковых камер и обработка камерных голограмм. / Материалы первой Всесоюзной школы по голографии. Л.: ФТИ, 1971. С. 360-401.
- [2] G a b o r D., S t r o k e G.W., R e s t r i c k R. et al. // Phys. Lett. 1965. В. 18. P. 116-118.
- [3] Островский Ю.И., Шепинов В.П., Яковлев В.В. Голографические интерференционные методы измерения деформаций. М.: Наука, 1988. 248 с.
- [4] Клименко И.С., Малов С.Н. // ЖТФ. 1985. Т. 55. № 7. С. 1329-1337.
- [5] Клименко И.С. Голография сфокусированных изображений и спекл-интерферометрия. М.: Наука, 1985, 224 с.

Поступило в Редакцию  
3 октября 1989 г.  
В окончательной редакции  
12 июня 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 19 12 октября 1990 г.

02; 04; 10

© 1990

## КОНСЕРВАЦИЯ ЭНЕРГИИ РЭП В АЗОТЕ

С.Н. Кабанов, А.А. Королев,  
Т.И. Тархова

Известно, что колебательные степени свободы молекул азота являются эффективным резервуаром, в котором накапливается энергия в газовом разряде и при других способах возбуждения газов [1, 2]. Среди прочих выделяется способ возбуждения газа мощными электронными пучками, что связано с их широкими прикладными возможностями. Консервация энергии во внутренних степенях свободы может существенно влиять на эффективность большинства процессов, происходящих в плазме, что чрезвычайно важно, например, в плазмохимии [3]. В настоящей работе экспериментально измерена доля энергии торможения электронного пучка (ЭП) запаасаемая во внутренних степенях свободы в чистом азоте, и