

ПРЕПРИНТ Т-0171

А.Г. Смирнов
В.Г. Смирнов
Д.И. Стаселько

ОБ ОДНОЙ ВОЗМОЖНОСТИ МНОГОКАДРОВОГО
ГОЛОГРАФИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ
МИКРОСЕКУНДНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ
С СИНХРОНИЗАЦИЕЙ СИГНАЛАМИ
ОТ ИССЛЕДУЕМОГО ПРОЦЕССА

Ленинград 1972

Государственный комитет по использованию
атомной энергии СССР

Научно-исследовательский институт
электрофизической аппаратуры
имени Д.В.Ефремова

УДК 621.375.9:535

А.Г.Смирнов, В.Г.Смирнов, Д.И.Стаселько

ОБ ОДНОЙ ВОЗМОЖНОСТИ МНОГОКАДРОВОГО
ГОЛОГРАФИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ МИКРОСЕКУНДНОЙ
ДЛИТЕЛЬНОСТИ С СИНХРОНИЗАЦИЕЙ СИГНАЛАМИ
ОТ ИССЛЕДУЕМОГО ПРОЦЕССА

Ленинград 1972

Смирнов А.Г., Смирнов В.Г., Стаселько Д.И. Об одной возможности многокадрового голографирования процессов микросекундной длительности с синхронизацией сигналами от исследуемого процесса. Препринт Т-0171. Л., НИИЭФА, 1972 г., 9 стр., с ил. Цена 5 коп.

120.40

Описана голографическая установка для многокадрового голографирования процессов микросекундной длительности в термоядерной плазме. Пространственное временное разделение пучков когерентного света, необходимое для записи отдельных кадров-голограмм, осуществляется путем разделения активного элемента лазера экраном с отверстиями и бегущей волновой щелью, формируемой в акустооптическом затворе.

ABSTRACT

Smirnov A.G., Smirnov V.G., Staselko D.I. On one possibility of multiframe holographing of microsecond processes with synchronization by signals from investigated processes. Preprint T-0171. L., SRIEA, 1972, 9 pages, with ill. Price 5 cop.

A holographic device for multiframe holographing of microsecond processes in a thermonuclear plasma is described. The spatial-temporal separation of coherent light beams necessary for the registration of individual frames-holograms is made by the separation of the active laser element by a screen having holes and a travelling wave formed in an acoustic-optical shutter.

Создание голографических установок с многокадровой записью значительно расширяет возможности применения голографии для оптической диагностики термоядерной плазмы с нагревом за счет электродинамических воздействий. Характерными требованиями, предъявляемыми к установкам для проведения исследований, являются жесткая синхронизация моментов голографирования сигналами, поступающими от плазмы, а также широкий диапазон изменения временных интервалов между кадрами (от долей микросекунд, до нескольких сот микросекунд). Очевидным, но вместе с тем и наиболее громоздким решением проблемы многокадрового голографирования таких процессов является использование для записи голографических кадров отдельных лазеров с управляемыми затворами. В настоящее время широкое распространение в технике многокадрового голографирования получил прием разделения активного элемента лазера при помощи экранов с отверстиями или специальных светоделительных призм на ряд независимых каналов генерации, включаемых либо электрооптическими затворами, установленными в каждом из каналов [1], либо одним оптикомеханическим затвором (вращающейся призмой) [1,2], либо диском с отверстиями [3]. Преимуществом первого способа является возможность управления голографированием импульсами от исследуемого процесса. Однако необходимость использования ряда затворов с системами синхронизации, а также дополнительных светоделительных и отражательных элементов в каждом из каналов значительно затрудняет практическую реализацию этого способа. В то же время более простые оптико-механические затворы не позволяют запускать каналы генерации от исследуемого процесса.

Ниже описывается установка для многокадрового голографирования, в которой используется прием пространственно-временного разделения пучков в лазере, свободный от указанных недостатков. Последовательное включение тех или иных каналов осуществляется движущимися всплывающими щелями, формируемыми в акустооптическом затворе. Момент образования этих щелей синхронизируется импульсами от исследуемого процесса. Ранее в работах [4,5] отмечалось, что акустооптический затвор обладает рядом преимуществ по сравнению с электрооптическим затвором: на три порядка меньшей амплитудой управляемого напряжения, более простой и надежной конструкцией, низкими потерями излучения в открытом состоянии.

Вместе с тем акустооптический затвор обладает еще одним, пожалуй: самым важным, свойством - возможностью использования его в качестве щелевого затвора^{х)}. Формирование щели, которую в дальнейшем будем называть волновой щелью, происходит следующим образом (рис.1).

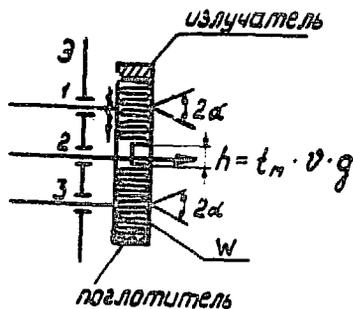


Рис.1. Принцип формирования волновой щели:

W - акустическая волна; \mathcal{E} - экран с отверстиями 1,2,3; α - угол дифракции; \sim - направление перемещения волновой щели

Если интенсивность акустической бегущей волны, распространяющейся в упругой среде затвора, промодулировать так, чтобы характер этой волны стал бы в виде двух цугов волн бегущих друг за другом, а интенсивность волны между цугами практически равнялась нулю, тогда в упругой среде будет распространяться область - волновая щель, которая не оказывает влияния на проходящий через нее свет. Скорость перемещения волновой щели равна скорости распространения волны v в среде, а ширина h определяется длительностью импульса модуляции t_m и равна $h = v \cdot t_m \cdot g$, где g - импульсная реакция излучателя. Схема установки приведена на рис.2. Активный элемент делится непрозрачным экраном с отверстиями на несколько каналов (для того чтобы не загромождать рисунок, указаны только три канала). Глухое зеркало и используемый в качестве выходного зеркала резонансный отражатель РО образуют резонатор, который является общим для всех каналов. В качестве акустооптического затвора используется дифракционный модулятор со встречным и взаимно перпендикулярным включением излучателей. В зависимости от того, сколько работает излучателей, существуют три режима работы затвора: с одной щелью (один излучатель), со встречными щелями (встречное включение излучателей),

^{х)} Околицануі Р. [6], еще в 40-х годах использовал волновую щель для создания строчной развертки в телевизионных устройствах.

$$\Delta t_{ik} = \frac{d_{ik} \cdot \cos \alpha_{ik}}{v}$$

Из этого соотношения следует, что изменение временного интервала между импульсами в пределах от d_{ik}/v до 0 осуществляется путем поворота экрана Э вокруг оси резонатора. При использовании в качестве упругой среды нитробензола ($v = 1473$ м/сек) и активного элемента диаметром 10 мм, разделенного на каналы, диаметры которых 2 мм, наибольший временной интервал между кадрами достигает $\frac{0,008 \text{ м}}{1473} = 5,4$ мсек. Увеличение временного интервала между кадрами достигается в остальных двух режимах работы затвора (рис.3 и 4).

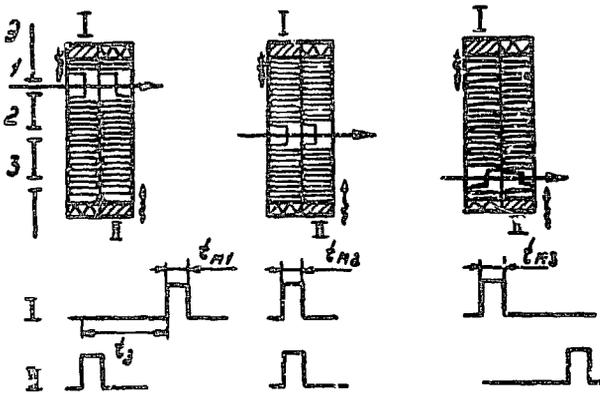


Рис.3. Формирование волновой щели в случае встречного включения излучателей:

I, II - излучатели; Э - экран с отверстиями 1,2,3 (внизу приведены временные диаграммы); t_{M1} ; t_{M2} ; t_{M3} - длительность модулирующего импульса; t_3 - временной сдвиг между импульсами модуляции на I и II излучателе

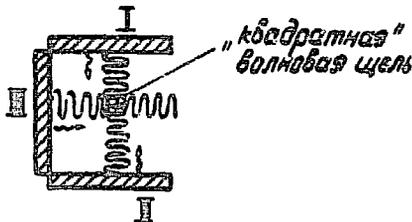


Рис.4. Формирование "квадратной" волновой щели

В этих случаях генерация в каналах возникает при одновременном пересечении щелями соответствующего канала. Для этого между импульсами модуляции вводится временной сдвиг t_3 . Временной интервал при этом будет определяться только интервалами между импульсами от исследуемого процесса. Импульсы излучения лазера, генерируемые каналами, направляются в схему объектных и референтных пучков. Разделение пучков на объектный и референтный осуществляется с помощью системы голографических светоделителей ГС, причем нулевые порядки дифракции используются в качестве референтных пучков, а первые порядки дифракции образуют систему сходящихся пучков, которые через коллимационную систему К просвечивают разрядную камеру. Телескопическая система Т, установленная за разрядной камерой, направляет объектные пучки на фотопластинку Р, разделенную на кадры таким образом, что каждый кадр освещается только одним референтным пучком и соответствующим ему объектным пучком. Управление акустооптическим затвором производится электронным блоком управления, синхронизируемым импульсами от исследуемого процесса. Блок управления состоит из электронного коммутатора и формирователей радиоимпульсов Φ_I , Φ_{II} , Φ_{III} , возбуждающих излучатели I, II, III затвора соответственно.

В заключение отметим, что выбор режима работы затвора зависит от того, какой информации - скорости голографирования (частоте кадров) или числу кадров отдается предпочтение. Для получения максимальной скорости голографирования следует использовать режим с одной волновой щелью и экран, в котором расстояние d_{ik} между отверстиями минимальны. При размещении отверстий в экране нужно учитывать, что для временного разделения импульсов необходимо, чтобы волновая щель полностью перекрывала только один канал. Число кадров в этом режиме будет определяться неоднородностью инверсии населенности по поперечному сечению активного элемента, а также его оптическим качеством, т.е. равенством условий формирования гигантских импульсов в каналах генерации. Поэтому наиболее предпочтительно в качестве активных элементов использовать стекло, активированное неодимом, обладающее более высоким оптическим качеством по сравнению с кристаллами рубина (нами использовались кристаллы рубина с диаметрами 16 и 10 мм соответственно). Требования к однородности распределения инверсии значительно смягчаются при формировании гигантских импульсов либо встречными волновыми щелями, либо "квадратной" волновой

щелью. В этих случаях путем оптимального выбора длительности модулирующего импульса [5] удается добиться того, что генерация гигантского импульса в каналах происходит в сравнительно одинаковых условиях.

Вместе с тем в режиме с "квадратной" волновой щелью размещение отверстий в экране может выполняться любым образом и поэтому можно добиться максимального использования активного элемента, а соответственно и максимального числа кадров.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Landry M.J. Appl. Phys. Let. 11, 494, (1971).
2. Кружилин Ю.И. "Приборы и техника эксперимента", стр.1, 1966.
3. Никашин В.А., Рукман Г.И., Сахаров В.К. "Оптика и спектроскопия", т.32, № 3, 626, (1972).
4. Смирнов А.Г., Стаселько Д.И., Терентьев В.Е. "Оптика и спектроскопия", т.31, № 7, 103, (1971).
5. Смирнов А.Г., Терентьев В.Е. "Оптика и спектроскопия", т.27, № 1, 163, (1969).
6. Okolicsanyi F. "Television", 11, No.2, (1938).
Okolicsanyi F. Wireless Eng., 14, 527, (1938).

Рукопись поступила на издание 2/Х-72 г. Заказ № 18/326.
Отпечатано 175 экз. Ротапринт НИИЭФА. Цена 5 коп. Т-09514.
Ответственный за выпуск Штукатурова Л.И.

