

- [7] Г р у д и н и н А.Б. и др. // Письма в ЖЭТФ. 1987. Т. 46. № 5. С. 175-177.
- [8] T a j i m a K. // Opt. Lett. 1987. V. 12. N 1. P. 54-56.
- [9] B o g a t y r e v V.A. Nonlinear guided-wave phenomena, Houston, USA, 1989, Postdeadline papers PD9.
- [10] M o l l e n a u e r L.F., S t o l e n R.H., G o r d o n J.P. // Phys. Rev. Lett. 1980. V. 45. N 13. P. 1095-1097.
- [11] H a s e g a w a A., K o d a m a Y. // Proc. IEEE. 1981. V. 69. N 9. P. 1145-1150.
- [12] D i a n o v E.M. et al. // Opt. Lett. 1989. V. 14. N 18. P. 1008-1010.
- [13] M i t s c h k e F.M., M o l l e n a u e r L.F. // Opt. Lett. 1986. V. 11. N 10. P. 659-661.
- [14] G o r d o n J.P. // Opt. Lett. 1986. V. 11. N 10. P. 662-664.
- [15] S a r g e n t III M., S c u l l y M.O., L a m b, Jr.W.E, Jr. // Laser physics. London, 1974. 432 p.
- [16] К у з и н Е.А. // Письма в ЖТФ. 1981. Т. 7. В. 7. С. 410-413.
- [17] M o l l e n a u e r L.F., G o r d o n J.P., I s l a m M.N. // IEEE J. of Quant. Electr. 1986. V. QE-22. N 1. P. 157-173.

Институт общей физики
АН СССР, Москва

Поступило в Редакцию
17 октября 1989 г.
В окончательной редакции
26 февраля 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 9

12 мая 1990 г.

06.3; 07

© 1990

СРАВНЕНИЕ ДВУХЛУЧЕВЫХ СХЕМ ОДНОВРЕМЕННОЙ
ЗАПИСИ И СЧИТЫВАНИЯ ОБЪЕМНЫХ ГОЛОГРАММ
В ФОТОРЕФРАКТИВНЫХ КРИСТАЛЛАХ ТИПА $Bi_{12}SiO_{20}$

А.А. Камшилин, Е.В. Мокрушина

Динамические среды для записи голограмм (в частности, фото-
рефрактивные кристаллы) позволяют проводить считывание объем-
ных голограмм одновременно с их записью. Особый интерес пред-

ставляют двухлучевые схемы записи-считывания, основанные на самодифракции записывающих лучей. На их основе возможно создание надежных и простых в эксплуатации адаптивных голографических интерферометров [1, 2].

Вследствие брэгговского характера дифракции при двухлучевом голографировании основной трудностью является выделение сигнала на фоне прошедшего через кристалл объектного луча, который в данном случае играет роль шума. Возможны два способа решения этой задачи, соответствующие двум режимам записи голограмм на фоторефрактивных кристаллах со структурой силленита ($Bi_{12}SiO_{20}$, $Bi_{12}TiO_{20}$).

1. Повышение сигнала до величины, многократно превышающей интенсивность прошедшего объектного луча (голографическое усиление).

2. Подавление прошедшего объектного луча за счет эффекта изменения поляризации света при дифракции (поляризационное выделение).

Конструктивно второй режим записи-считывания отличается от первого только величиной угла α между плоскостью поляризации записывающих лучей и осью [001] кристалла, а также наличием выходного анализатора (рис. 1).

Первый способ (ГУ-режим) для достаточного (в 20 и более раз) превышения сигнала над шумом требует приложения к кристаллу постоянного [1] или знакопеременного [3] внешнего электрического поля, записи на относительно низких пространственных частотах и малых потерь света в кристалле. Второй способ (ПВ-режим) более универсален: применим в широком спектре пространственных частот как при диффузионной записи [2], так и при записи во внешнем поле [4], менее зависим от потерь света в кристалле. Основным требованием тут является отсутствие внутренних напряжений, приводящих к неоднородной деполяризации света, прошедшего через кристалл.

Настоящая работа посвящена сравнению этих двух методов с точки зрения записи голограмм диффузно-рассеивающих свет объектов. Для такой записи характерна относительно малая мощность объектного луча. Действительно, если объект равномерно рассеивает падающую на него световую мощность P_0 , то мощность света в изображении, полученном при помощи объектива со светосилой R (мощность объектного луча), $P_{0\delta} = (R^2/8)(d/D)^2 P_0$, где d/D — отношение диаметров изображения и объекта. Отсюда при $R = 0.5$ и $d/D = 0.1$ получаем $P_{0\delta} = 0.03\%$ от P_0 . Так как значение d ограничено размерами кристалла (5–8 мм), то увеличение освещаемой площади объекта ведет к снижению мощности (интенсивности) объектного пучка. В первом приближении уровень (интенсивность) сигнала $I_c \sim P_{0\delta}$, поэтому максимальные размеры объекта могут в принципе ограничиваться чувствительностью приемной системы. В этом случае предпочтение следует отдать ГУ-режиму, дающему в среднем в 100 раз более интенсивный сигнал, чем ПВ-

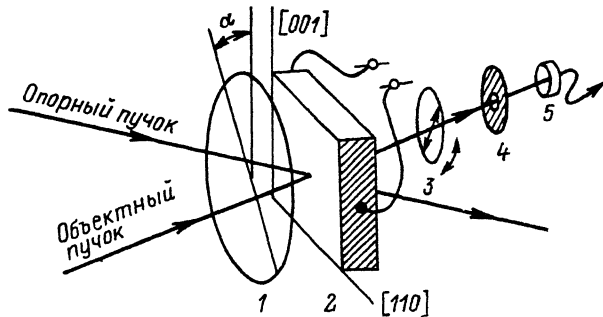


Рис. 1. Двухлучевая схема записи и одновременного считывания голограммы: 1 – входной поляризатор, 2 – фоторефрактивный кристалл, 3 – анализатор (только для работы в ПВ-режиме), 4 – диафрагма, 5 – фотоприемник. α – угол между осью пропускания входного поляризатора и перпендикуляром к плоскости падения (или осью [001] кристалла).

режим, и обеспечивающему до 10 % использования исходной лазерной мощности.

Однако чаще всего ограничения связаны со световым шумом, возникающим за счет рассеяния опорного пучка на поверхности и в объеме кристалла. Интенсивность такого шума $I_{ш1}$ возрастает с увеличением мощности $P_{оп}$ опорного пучка, поэтому отношение сигнал/шум будет определяться отношением $P_{об}/P_{оп}$. Другими словами, уровень $I_{ш1}$ определяет минимально допустимое отношение мощностей (интенсивностей) записывающих лучей. Время записи голограммы в кристалле обратно пропорционально интенсивности опорного луча; поскольку в большинстве случаев увеличение времени записи нежелательно, рассеянный шум является фактором, определяющим наименьший уровень $P_{об}$ (или максимальную величину голографируемого объекта).

В связи с этим нами было проведено экспериментальное сравнение шумовых характеристик динамических голограмм, получаемых на одном и том же ориентированном (рис. 1) образце кристалла $Bi_{12}TiO_{20}$ при двух режимах записи-считывания. Длина волны записывающего света (0.63 мкм) и достаточно большая толщина образца (5.8 мм) выбирались из условий получения высокого коэффициента голографического усиления. По той же причине запись в ГУ-режиме велась на низкой пространственной частоте (215 лин/мм). ПВ-режим осуществлялся на более высокой пространственной частоте (980 лин/мм), что конструктивно удобнее и обеспечивает более низкий уровень рассеянного шума.

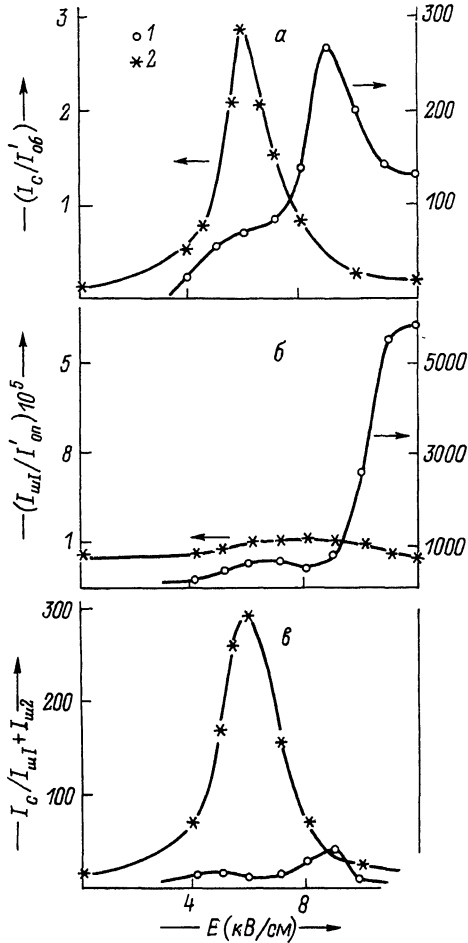


Рис. 2. Зависимости величины сигнала (а), рассеянного шума (б) и отношения сигнал/шум $\frac{I_c}{I_{ш1} + I_{ш2}}$ (в) от напряженности внешнего электрического поля E : 1 - режим голографического усиления, 2 - режим поляризационного выделения сигнала.

Запись голограммы производилась двумя слаборасходящимися пучками. Интенсивность одного из них на поверхности образца составляла около 5 мВт/см^2 , второй (объектный) был в 1000 раз слабее, что при $\rho_{оп} = 0.1 \rho_0$ и $R = 0.6$ соответствует $d/D = 20$. Поляризация записывающих лучей задавалась входным поляризатором (рис. 1). Угол α в ГУ-режиме составлял -45° , а в ПВ-режиме менялся с изменением напряженности внешнего электрического поля в соответствии с формулой (1) из [4]. Приложенное к образцу напряжение имело форму меандра чередующейся полярности с частотой следования около 50 Гц.

Измерения велись с помощью фотоэлектронного умножителя с входной апертурой около 1 мм^2 , помещаемого в прошедший через кристалл объектный пучок без использования какой-либо собирающей оптики, т.е. как сигнал, так и шум измерялись в узкой полосе пространственных частот. Рассеянный шум от опорного луча ($I_{ш1}$) измерялся при закрытом объектном пучке. Когда оба пучка были открыты, регистрировалась суммарная интенсивность I_+ , а уровень сигнала (восстановленной голограммы) определялся как $I_c = I_+ - I_{ш1} - I_{ш2}$, где $I_{ш1}$ и $I_{ш2}$ соответственно шум от опорного и объектного лучей. В режиме усиления в качестве $I_{ш2}$ выступает весь объектный пучок, прошедший через кристалл ($I_{ш2} = I_{0\delta}$), а в режиме поляризационного выделения — его малая часть, не подавленная анализатором ($I_{ш2} \cong 0.002 I_{0\delta}$). Следует отметить, что не зависящая от внешнего поля величина $I_{ш2}$ почти всегда (за исключением предельно низких уровней усиления) оказывалась много меньше $I_{ш1}$.

На рис. 2 представлены экспериментальные зависимости приведенной величины сигнала ($I_c/I_{0\delta}$) и рассеянного шума ($I_{ш1}/I_{0\delta}$) от напряженности внешнего поля E . Здесь $I_{0\delta}$ — интенсивность прошедшего через кристалл опорного пучка при нулевом внешнем поле. В ГУ-режиме (1) вначале с ростом поля происходит быстрое возрастание сигнала и слабый рост рассеянного шума. Резкое увеличение шумов при $E > 9 \text{ кВ/см}$ приводит к истощению опорного пучка и, как следствие, падению полезного сигнала.

В ПВ-режиме (2) условия для сильного энергообмена отсутствуют, эффективность растет гораздо медленнее, опорный пучок не истощается. Спад сигнала при $E > 6 \text{ кВ/см}$ определяется поляризационными свойствами голограммы, т.к. выходной анализатор вместе с прошедшим светом подавляет и часть продифрагировавшего.

Уровень рассеянного шума, изначально низкий (что обусловлено высокой пространственной частотой и значительным ослаблением шума анализатором) в этом случае не зависит от поля, т.е. шум в основном определяется не записью паразитных голограмм, а обычным рассеянием света с частичной деполаризацией. По этой причине рост сигнала сопровождается соответствующим ростом отношения сигнал/шум, в частности, при $E = 6 \text{ кВ/см}$ сигнал/шум оказывается в 30 раз выше, чем при $E = 0$ (рис. 2, в). Примерно во столько же раз возрастает и время записи голограммы (с

8 до 240 с), т.е. данный режим позволяет осуществить накопленные сигналы без какого-либо возрастания шума.

Напротив, при записи в условиях сильного энергообмена быстрое возрастание сигнала (за те же 240 секунд сигнал возрастает не в 30, а в 3000 раз) неизбежно сопровождается записью шумовых голограмм (шум накапливается вместе с сигналом), так что шумовые характеристики в режиме усиления оказываются почти на порядок хуже (рис. 2,в).

Приведенные результаты показывают, что метод поляризационного выделения сигнала с приложением к кристаллу внешнего поля может быть с успехом использован в голографических интерферометрах на фоторефрактивных кристаллах, что позволит увеличить размеры исследуемых объектов.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] H u i g n a r d J.P., M a r r a k s c h i A. // Opt. Lett. 1981. V. 6. N 12. P. 622-624.
- [2] K a m s h i l i n A.A., P e t r o v M.P. // Opt. Commun. 1985. V. 53. N 1. P. 23-26.
- [3] Т р о ф и м о в Г.С., С т е п а н о в С.И. // Письма в ЖТФ. 1985. Т. 11. В. 10. С. 615-621.
- [4] К а м ш и л и н А.А., М о к р у ш и н а Е.В. // ЖТФ. 1989. Т. 59. В. 4. С. 178-180.

Физико-технический
институт им. А.Ф. Иоффе
АН СССР, Ленинград

Поступило в Редакцию
5 февраля 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 9

12 мая 1990 г.

06.1; 06.2; 12

© 1990

БАРЬЕРЫ ШОТТКИ НА АРСЕНИДЕ ГАЛЛИЯ,
ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ОБРАБОТАННОМ
В ПАРАХ СЕЛЕНА

Б.И. С ы с о е в, В.Д. С т р ы г и н,
Г.И. К о т о в

Металлы с различной работой выхода (ϕ_M) дают почти одинаковой высоты барьеры Шоттки (ϕ_B) на арсениде галлия. Это обстоятельство связывают с наличием большой плотности поверхностных состояний (D_g), которая обуславливает закрепление уровня