

УДК 534.212;548.535

ВОЗМОЖНОСТЬ УМЕНЬШЕНИЯ ШУМОВ ГОЛОГРАММ
В КРИСТАЛЛАХ НИОБАТА ЛИТИЯ

Р. К. ОВСЕПЯН

Институт физических исследований АН АрмССР

(Поступила в редакцию 5 января 1984 г.)

Исследованы шумы, появляющиеся при записи и считывании голограмм в кристаллах ниобата лития с примесью железа, а также фурье-спектры шумов этих голограмм. Показано, что шум, обусловленный самоусилением, можно существенно уменьшить применением пространственной фильтрации. Предложена система возврата восстановленного изображения, позволяющая упразднить дифракционной эффективностью в процессе считывания.

Открытие эффекта фоторефракции [1] стимулировало большое число работ по применению кристаллов для записи информации [2]. Использование в качестве носителя информации кристаллов ниобата лития приводит к изменениям схемы голографических запоминающих устройств (ГЗУ). В частности, отсутствие процесса «фиксирования», подобного проявлению традиционных фотоматериалов, приводит к серьезным ограничениям на длительность записи и особенно считывания. Известно, что при записи и считывании происходит самоусиление [2—4] записанных голограмм и рассеянного фона. Применение же термического фиксирования [2] увеличивает стабильность дифракционной эффективности записанных голограмм. Однако светочувствительность не уменьшается до нуля, как в традиционных фотоматериалах. Поэтому усиление рассеянного фона наблюдается и в фиксированных голограммах [5, 6]. Таким образом, наряду с параметром «дифракционная эффективность» целесообразно рассмотреть и другой параметр — отношение сигнал-шум (с/ш). Последнее определяется как отношение мощности логической «1» к интенсивности логического «0» в изображении восстановленного транспаранта.

В настоящей работе рассмотрена возможность увеличения отношения с/ш в восстановленном изображении голограммы. Предложены схемы некоторых узлов ГЗУ с учетом экспозиционных характеристик кристаллов ниобата лития с примесью железа.

Спектр пространственных частот сигнала и шума исследовался на экспериментальной установке по схеме рис. 1. Бинарный транспарант 1 (непрозрачный материал с прозрачными кругами, расположенными на определенном расстоянии) освещается плоской монохроматической волной. Линза 2 формирует предметный пучок, в фокальной плоскости которого расположен носитель информации (кристалл ниобата лития LiNbO_3 с примесью 0,02% по массе Fe). На тот же участок кристалла падает опор-

ный пучок с плоским фронтом. Угол схождения опорного и предметного пучков составляет 30° . Для восстановления записи голограмма 3 освещается пучком, являющимся точной копией опорной волны.

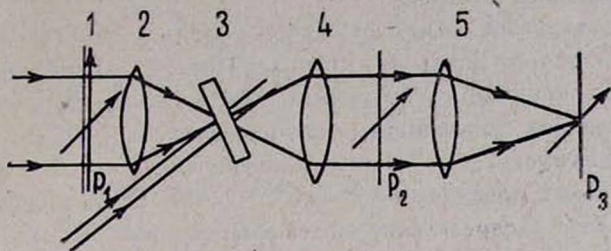


Рис. 1. Схема исследования пространственных частот шумов.

Если функцию пропускания транспаранта обозначить через $U(x, y)$, то восстановленный пучок после обратного фурье-преобразования линзой 4 в плоскости P_2 создаст действительное изображение транспаранта с распределением интенсивности $U(x_2, y_2)$. Линза 5 осуществляет фурье-преобразование восстановленного изображения и в плоскости P_3 получается его фурье-образ $G(x_2/\lambda f; y_2/\lambda f)$ [8], где f — фокусное расстояние линзы 5, λ — длина волны, G — фурье-образ функции $U(x_2, y_2)$.

Таким образом, измеряя зависимость интенсивности от координат $\xi = x_2/\lambda f$ и $\eta = y_2/\lambda f$, получим пространственный спектр восстановленного изображения.

На рис. 2а приведены спектры Фурье восстановленного изображения транспаранта: 1 — после записи

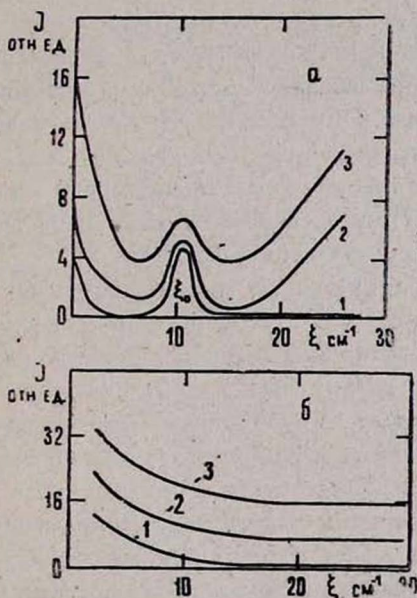


Рис. 2.

Рис. (2. а) Фурье-спектры восстановленного изображения при различных значениях времени считывания: 1— $t=0$; 2— $t=5$ мин; 3— $t=30$ мин. б) Фурье-спектры восстановленного плоского фронта при тех же значениях времени считывания.

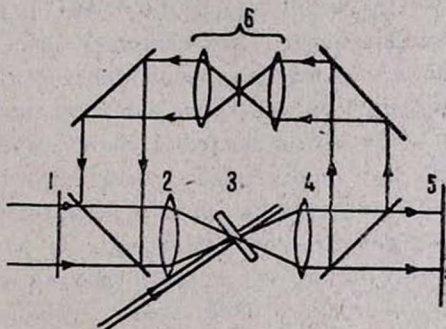


Рис. 3.

Рис. 3. Схема восстановления голограммы с системой возврата и пространственной фильтрации.

голограммы, 2 и 3—соответственно через 5 и 30 мин считывания голограммы; $\bar{\epsilon}_0 = 10 \text{ см}^{-1}$ —пространственная частота транспаранта. Система записи симметрична, поэтому распределение интенсивности по координате η имеет аналогичный вид.

Пространственный спектр рассеянного фона находится в основном за пределами частотного диапазона сигнала. Поэтому применение узкополосного фильтра, пропускающего только спектральный диапазон сигнала, позволит увеличить отношение с/ш изображения.

В предложенной схеме пространственный фильтр помещается в плоскости P_2 и имеет пропускание $H(x_2/\lambda f; y_2/\lambda f)$. Следовательно, за фильтром получается распределение интенсивности GH . В качестве фильтра используется диафрагма, поглощающая высокие и нулевые пространственные частоты и пропускающая пространственные частоты транспаранта. Пространственный спектр имеет сложную структуру (рис. 2а) с провалами в области частот, близких к частоте записи сигнала.

На рис. 2б приведены фурье-спектры восстановленного изображения голограммы плоского фронта, полученные по схеме рис. 1 без транспаранта 1. Распределение является достаточно однородным и не имеет провалов, присущих системам записи сложных объектов. На основе анализа полученных кривых можно предположить, что применение пространственного фильтра приводит к существенному увеличению отношения с/ш лишь при наличии сильного рассеянного фона.

Эксперименты подтвердили это предположение. Если в начале считывания применение пространственного фильтра не приводит к существенному увеличению отношения с/ш, то его применение через 30 мин считывания увеличивает отношение с/ш более чем в 10 раз. При этом происходит постепенное стирание голограммы в поверхностных слоях кристаллов и ее усиление в глубине. На рис. 3 представлена основная схема метода «возврата» восстановленного изображения. Предложенный метод позволяет повысить отношение с/ш в процессе восстановления голограмм.

Излучение лазера ($\lambda = 441 \text{ нм}$) коллимируется системой линз. Коллимированный пучок освещает транспарант 1. Линза 2 формирует фурье-образ в своей фокальной плоскости, в которой помещается носитель информации 3; на него же направляется опорный пучок.

При восстановлении голограммы носитель освещается опорной волной. Восстановленный пучок после обратного фурье-преобразования линзой 4 подается на систему регистрации 5. Часть пучка, пройдя систему пространственной фильтрации 6, возвращается на носитель информации и, интерферируя с опорной волной, записывает новую голограмму. Система пространственной фильтрации пропускает только пространственные частоты изображения транспаранта. С точки зрения самоусиления система эквивалентна толстому кристаллу, в котором происходит самоусиление только пространственных частот транспаранта.

Предложенная схема позволяет поддерживать дифракционную эффективность в заданных пределах, существенно увеличивает время хранения голограммы и сохраняет высокое отношение сигнал-шум в восстановленной голограмме. Применение системы пространственной фильтрации и возврата восстановленной информации позволяет увеличить отношение сигнал-шум и время считывания записанных голограмм.

1. Stabler D. L., Phillips W. Appl. Opt., 13, 788 (1974).
2. Бобринев В. И. и др. Письма в ЖЭТФ, 18, 267 (1973).
3. Magnusson R., Gaylord T. K. J. Appl. Phys., 47, 1970 (1976).
4. Stabler D. L., Amodi I. I. J. Appl. Phys., 43, 1942 (1972).
5. Amodi I. I., Stabler D. L. Appl. Phys. Lett., 18, 548 (1971).
6. Варгания Э. С. и др. Квантовая электроника, 7, 435 (1980).
7. Микаелян А. А., Бобринев В. И. Сб. Оптические методы обработки информации, 1974, с. 55.
8. Гудмен Дж. Введение в фурье-оптику. Изд. Мир, М., 1970.

ԼԻԹԻՈՒՄ ՆԻՈԲԱՏԻ ԲՅՈՒՐԵՂՆԵՐՈՒՄ ՀՈԼՈԳՐԱՄՆԵՐԻ ԱՂՄՈՒԿՆԵՐԻ ՆՎԱԶԵՑՄԱՆ ՀՆԱՐԱՎՈՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ռ. Կ. ՀՈՎՍԵՓՅԱՆ

Հետազոտված են լիթիում նիոբատի բյուրեղներում հոլոգրամների գրանցման և վերականգնման ժամանակ առաջացող աղմուկները և այդ հոլոգրամների աղմուկների ֆուրյե-սպեկտրները: Ապացուցված է, որ ինքնուժեղացմամբ պայմանավորված աղմուկը հնարավոր է դադարի չափով նվազեցնել տարածական ֆիլտրացման միջոցով: Առաջարկված է վերականգնված պատկերի ետադարձման համակարգ, որը հնարավորություն է տալիս ղեկավարել դիֆրակցիոն էֆեկտիվությունը վերականգնման պրոցեսում:

ON THE POSSIBILITY OF REDUCING THE HOLOGRAM NOISES IN LITHIUM NIOBATE CRYSTALS

R. K. OVSEPYAN

The noises arising at the recording and readout of holograms in iron doped lithium niobate crystals as well as their Fourier-spectra were investigated. It was shown that the self-amplification noise may be significantly reduced by the three-dimensional filtration. A restored pattern return system is proposed for the control of diffraction efficiency during the readout.