

С 374

К-659

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

12/4

P - 2652



Г.И. Копылов

О НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВАХ ГОЛОГРАММ

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

1966

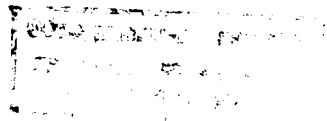
P-2652

Г.И. Копылов

О НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВАХ ГОЛОГРАММ

Направлено в *Physics Letters*

У/82/1, 49



Среди многих поразительных свойств голограммы /1/ стоит упомянуть об одном, по-видимому, не замеченном или не отмеченном изобретателями этого способа фотографирования /2/. Обычно интересуются вопросом о свойствах изображения, даваемого голограммой. Но можно поставить и другой вопрос: что будет, если изображение предмета - действительное или мнимое - совместить с самим изображаемым предметом? Здесь могут возникнуть новые физические явления, из которых мы отметим следующие два.

1. "Эффект невидимки" - возможность деструктивной интерференции лучей, идущих в глаз от произвольного предмета и от его мнимого изображения, даваемого голограммой. Пусть мы обычным методом "несущего луча" (рис. 1) получили голограмму предмета О.

Поле χ_1 света, рассеянного предметом, создало на поверхности фотопластинки Р поле χ_2 , которое совместно с несущим лучом - полем от зайчика $Ce^{i\xi x}$ - привело к появлению голограммы с прозрачностью

$$|\chi_2 + Ce^{i\xi x}|^2 = (|C|^2 + |\chi_2|^2) + C^* e^{-i\xi x} \chi_2 + Ce^{i\xi x} \chi_2^*$$

Поместим теперь на пути несущего луча пластянку в полволны и, осветив стоящие на том же месте предмет О и зеркало М прежним светом, посмотрим на предмет О сквозь голограмму. На голограмме возникнет поле $(\chi_2 - Ce^{i\xi x})|\chi_2 + Ce^{i\xi x}|^2$, и от нее, как всегда, разойдутся три пучка света, из которых мы рассмотрим идущий прямо вперед. Поле в нем (в плоскости Р) будет иметь вид

$$\phi = \phi_0 - \phi_1 = \chi_2 (|C|^2 + |\chi_2|^2) - |C|^2 \chi_2 = \chi_2 |\chi_2|^2$$

Знак минус в этой формуле и выражает эффект деструктивной интерференции. Если зеркало было освещено сильнее предмета ($|C| \gg |\chi_1|$), то видимое в итоге поле будет куда слабее, чем отдельно поле ϕ_1 , дающее мнимое изображение предмета, и поле ϕ_0 , позволяющее видеть сам предмет сквозь голограмму. Контраст будет особенно велик, если сперва легким поворотом голограммы развести поля ϕ_1 и ϕ_0 , а затем сближать обратно и в момент совпадения наблюдать разностный эффект. За меру эффекта тогда можно будет принять отношение полей до и после интерференции

$$\frac{\phi_0 - \phi_1}{\phi_1} = \frac{|\chi_2|^2}{|C|^2}$$

Если к тому же у самого предмета есть сильно поглощающие части, либо он расположен на широком темном фоне, то это мо-

жет сделать "эффект невидимки" еще более разительным.

2. "Эффект фокусировки" можно наблюдать, получив голограмму предмета и пустив выходящее из голограммы действительное световое поле на сам предмет, оставшийся на прежнем месте, но более не освещаемый лучом лазера. При некоторых условиях это поле, отразившись от предмета, сфокусируется опять в точку (рис. 2). Это следует из принципа обратимости: на поверхности предмета возникает поле χ_1^* с обращенными знаками фаз, которое при отсутствии поглощения поверхностью предмета движется в обратную сторону, по первоначальному пучку света. Для примера возьмем небольшое выпуклое зеркало Φ , поставленное так, чтобы рассеивать лучи только на фотопластинку. Осветив голограмму Γ зеркала с обратной стороны несущим лучом, увидим сходящийся к зеркалу пучок лучей, который после отражения сойдется в одну точку, т.е. выпуклое зеркало будет не рассеивать свет, а фокусировать его. Для успеха опыта необходимо, чтобы предмет не поглощал свет и не рассеивал луч лазера за пределы фотопластины (свет, не попавший на нее, голограмма, естественно, не обратит).

Было бы интересно получить опытное подтверждение возможности таких эффектов. С их помощью можно следить за процессами, слегка меняющимися в некоторых точках форму или оптические характеристики предмета: точки с изменившимися характеристиками уже не будут гаситься первоначальным изображением. Основным препятствием является, по-видимому, неравномерная деформация фотоэмульсии при проявлении.

Большая толщина светочувствительного слоя также может привести к появлению полос интерференции, но с уменьшением толщины этот эффект должен исчезнуть.

Я благодарен М.И. Подгорецкому, Л.М. Сороко, Я.А. Смородинскому за обсуждение этих вопросов и участникам семинара Лаборатория высоких энергий ОИЯИ за критические замечания.

Л и т е р а т у р а

1. Э. Лейт, Ю. Упатниекс. УФН, 87, 521 (1965).
2. D. Gabor, Nature, 161 (No. 4098), 777 (1948); E.N. Leith, J. Upatnieks, JOSA, 54; 1295 (1964); 52, 1123 (1962).

Рукопись поступила в издательский отдел
30 марта 1966 г.

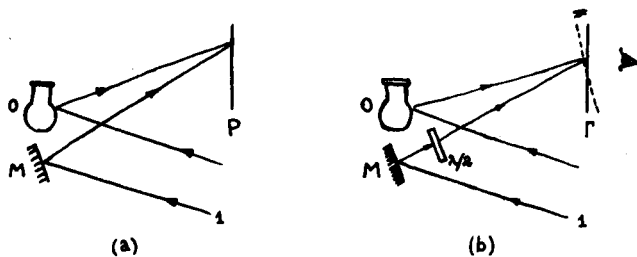


Рис. 1. (а) Получение голограммы предмета O . (б) Наблюдение эффекта деструктивной интерференции. M - зеркало, 1 - опорный луч, P - фотопластика, Γ - голограмма.

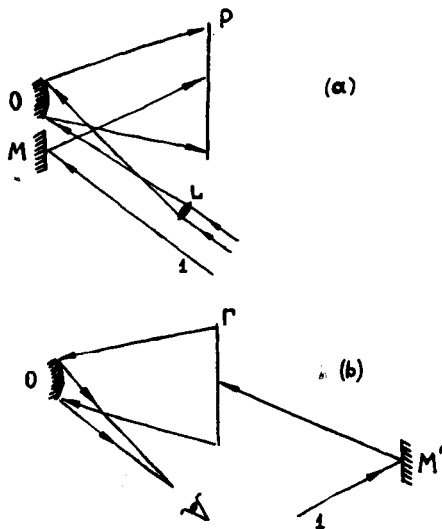


Рис. 2. (а) Получение голограммы металлического предмета O . (б) Наблюдение эффекта фокусировки. Зеркала M и M' симметричны относительно плоскости P (Γ). 1 - опорный луч.