

ИНФРАКРАСНАЯ ГОЛОГРАФИЯ МЕТОДАМИ НЕЛИНЕЙНОЙ ОПТИКИ

*Э.С.Вороныи, Н.И.Дилекеев, Ю.А.Ильинский
В.С.Соломатин, Р.В.Хозлов*

Голография в инфракрасной области не может быть получена обычными методами, так как фотослой нечувствителен к инфракрасному излучению.

Нелинейная оптика позволяет преобразовать с помощью вспомогательного пучка накачки с частотой ω_1 инфракрасное излучение, имеющее частоту ω_2 , в излучение с частотой $\omega_3 = \omega_1 + \omega_2$, соответствующей видимой области спектра [1-3]. В настоящей работе предлагается новая схема преобразования изображения, которая, в отличие от имеющихся в литературе, позволяет преобразовывать объемное изображение, а также получать голограммы объемных предметов при инфракрасном облучении.

Если объект находится на расстоянии z_1 от нелинейного кристалла, то, как можно показать, изображение на суммарной частоте находится на расстоянии

$$z_2 = z_1(\omega_3/\omega_2) - \left[1 - (1/2n_3) - (\omega_3/2n_2\omega_2)\right] \quad (1)$$

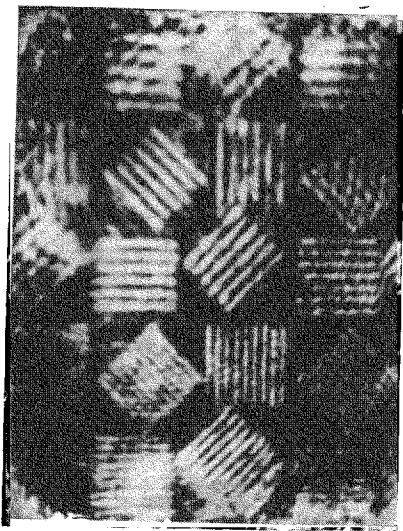


Рис. 2. Фотография восстановленного с голограммы изображения мира

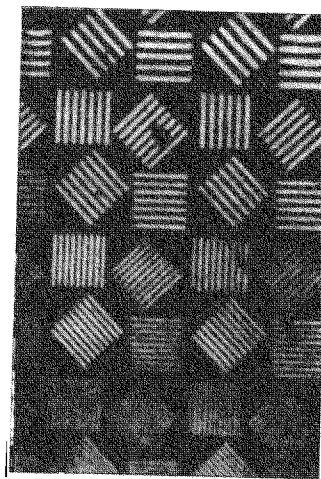


Рис. 3. Фотография мира

от кристалла. Здесь ℓ — длина кристалла, а n_1, n_2, n_3 — показатели преломления для соответствующих волн. Как видно из (1) продольные размеры в изображении на суммарной частоте изменяются в отношении частот раз по сравнению с объектом. Поперечные размеры не изменяются.

Поперечное разрешение при этом порядка

$$\Delta x = \Delta y = 1,4 \sqrt{n_1 \omega_1 c \ell / n_2 n_3 \omega_2 \omega_3}, \quad (2)$$

где c — скорость света, а продольное (в пространстве объекта)

$$\Delta z \propto \ell / n_2. \quad (3)$$

Эти формулы справедливы при $z_1 < d / \Delta \phi$, где d — эффективный поперечный размер кристалла (диаметр пучка накачки), а $\Delta \phi$ — допустимые угловые расстройки для волны с частотой ω_2 от точного синхронизма.

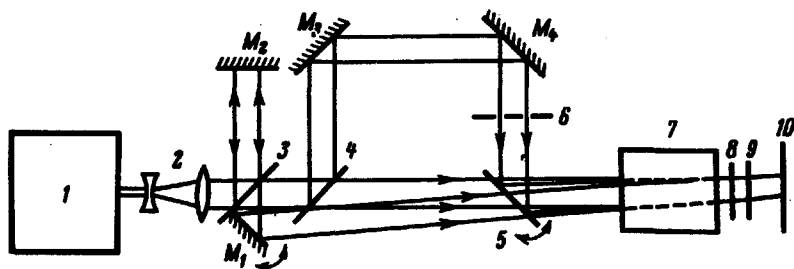


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 — лазер на стекле с Nd; 2 — телескоп; 3, 4, 5 — пластины из стекла К8; $M_1 : M_2, M_3, M_4$ — зеркала; 6 — мира; 7 — кристалл KDP; 8 — фильтр СЗС — 24; 9 — фильтр НС — 2; 10 — пленка

При соответствующей настройке $\Delta \phi$ порядка $\pi \sqrt{2n_2 n_3 \omega_3 c / \ell n_1 \omega_1 \omega_2}$ и составляет несколько градусов при ℓ порядка сантиметра.

Если $z_1 \geq d / \Delta \phi$, то $\Delta x = \Delta y \approx z_1 (\lambda_2 / d)$ и $\Delta z \approx 4 \lambda_2 (z_1 / d)^2$,

$$\text{где } \lambda_2 = 2\pi c / \omega_2$$

Голограмму можно получить, помещая фотопленку позади кристалла. Опорный пучок можно получить в том же кристалле, либо в другом, в котором также получается суммарная частота. Первый способ имеет то преимущество, что неоднородности кристалла и искажения волнового фронта накачки в известной степени компенсируются, так как одинаковы в основном и опорном пучках. Второй способ позволяет получить большие углы между опорным пучком и основным. При восстановлении с помощью све-

та частоты ω_3 , восстановленное изображение имеет те же свойства (перечисленные выше), что и изображение на ω_2 . При восстановлении с помощью света частоты ω'_3 получается изменение продольных масштабов в отношении ω'_3/ω_3 , а изображение отстоит от голограммы на расстоянии в ω'_3/ω_3 раз меньшее ($\omega'_3 < \omega_3$), чем при $\omega'_3 = \omega_3$.

Угловое поле зрения определяется углом $\Delta\phi$. Оно может быть увеличено методом последовательной съемки голограмм на одну фотопленку при изменении показателей преломления кристалла внешним полем или при небольших поворотах кристалла.

Экспериментально получена голограмма на излучении неодимового лазера 1,06 мк. Накачка также была 1,06 мк и была много больше по мощности, чем волна от объекта. Голограмма записывалась на длине волны 0,53 мк. Опорный пучок получался в том же кристалле, что и основной. Использовался кристалл KDP длиной 3 см. Объектом была мира для проверки объективов без матового стекла. Расстояние от кристалла до мира было 50 см, а диаметр пучка накачки и диаметр изображения 8 мм.

Схема установки показана на рис. 1. Восстановленное изображение мира приведено на рис. 2 (см. вклейку), а на рис. 3 (см. вклейку) приведена обычная фотография мира. Наблюдались и регистрировались как мнимое, так и действительное восстановленные изображения. Мнимое изображение фотографировалось фотоаппаратом, а действительное получалось на экране позади голограммы и регистрировалось фотоаппаратом без объектива.

Поскольку угол между сигнальным и опорным лучами был невелик, то регистрация голограммы осуществлялась на обычную фотопленку типа МЗ-2.

Московский

государственный университет
им. М.В.Ломоносова

Поступила в редакцию
2 июля 1969 г.

Литература

- [1] Midwinter. Appl. Phys. Lett. 12, 68, 1968.
- [2] L.Campel, F.Johnson. JEE J.Quantum Electronics, QE-4, 354, 1968.
- [3] J.Warner. Appl. Phys. Lett., 13, 360, 1968.