

ШУМОВЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ОБЪЕМНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

А.Л.Микаэлян, В.И.Бобринев

Методы голографии позволяют получить объемные изображения предметов при высокой разрешающей способности и с большим динамическим диапазоном по яркости [1-4]. Однако реализация этих достоинств затрудняется наличием шумов, которые проявляются при реконструкции изображения совершенно иначе, чем в обычной фотографии.

Действительно, поскольку фотозульсия представляет собой не непрерывную среду, а систему хаотически расположенных зерен, отстоя-

них друг от друга на значительные — (по сравнению с длиной волны λ) расстояния, интерференционная картина регистрируется на голограмме с разрывами. При просвечивании такой голограммы когерентным светом места разрывов становятся источниками рассеянного излучения, распределение которого в пространстве подчиняется статическим закономерностям, характерным для дробового шума.

Окончательная формула, характеризующая отношение мощности полезного сигнала к мощности фона, создаваемого рассеиванием на указанных неоднородностях, имеет вид:

$$P_c/P_\Phi = n_0 \lambda^2 \frac{R^2}{S_{об}} \frac{f'(W_c)}{f(W_r)} \frac{S_{эф}}{S_r},$$

где n_0 — плотность зерен эмульсии; R — расстояние от голограммы до диффузного объекта съемки; $S_{об}$ — площадь объекта; $f(W)$ — зависимость доли проявленных зерен эмульсии от энергии света; S_r — общая площадь голограммы; $S_{эф}$ — площадь участка голограммы, на котором интерференционная картина, соответствующая данному элементу изображения, разрешается эмульсией.

Вывод этой формулы основан на том, что полезный сигнал получается в результате когерентного сложения волн, исходящих из различных элементов голограммы, а фон является результатом сложения волн, рассеянных отдельными зернами эмульсии, со случайными фазами.

При $\lambda = 0,63$ мк; $R = 30$ см; $S_{об} = 10$ см² и $n_0 \approx 10^7$ получается $P_c/P_\Phi = 6$, для лучших эмульсий ($n_0 \approx 10^8 - 10^9$) получается $P_c/P_\Phi \approx 60 - 600$, что на 2-3 порядка величины меньше, чем указывается в литературе [2-4]. Для подтверждения этих оценок были проведены эксперименты по получению голограмм и реконструкции объемных изображений на различных эмульсиях. Для съемки голограмм использовался одномодовый газовый лазер с мощностью около 2,5 Вт; выдержки составляли несколько минут при размере голограммы 9 x 12 см². Для реконструкции изображений использовался лазер ЛГ-75 в многомодовом режиме с мощностью 20-25 Вт.

На рисунке (см. вклейку) приведены фотографии мнимых изображений. Верхнее изображение соответствует эмульсии с $n_0 = 10^7$ (объек-

том съемки был значок); две нижних фотографии получены на более качественных эмульсиях ($\eta_0 \approx 5 \cdot 10^8$). Как видно, качество изображения существенно улучшается. Путем фотометрирования изображений для этих случаев были определены P_c / P_φ , которые оказались близкими к расчетным.

Поскольку наблюдаемое изображение было объемным (10x10x15 см), то на плоских фотографиях, приведенных здесь, нельзя сфокусировать одновременно все предметы. Две нижние фотографии соответствуют фокусировке фотоаппарата на различные предметы.

Приведенные расчеты и эксперименты показывают, что зернистость эмульсии влияет не только на разрешающую способность изображения, но, что еще более важно, на уровень фона, искажающего распределение яркости в изображении.

Авторы благодарят И.Р.Протас и Г.П.Фейермана, предоставивших фотопластинки, с помощью которых были получены наиболее качественные объемные изображения, а также Д.Г.Туркова, И.В.Потапову и Л.Н.Разумова за большую помощь в проведении экспериментальных исследований.

Поступило в редакцию

14 июня 1966 г.

Литература

- [1] D.Gabor. Proceedings of the Royal Soc., 197. № 105, 1949.
- [2] E.Leith, J.Upatnicks. J.Opt.Soc. America, 52, № 10, 1962.
- [3] E.Leith, J.Upatnicks. J.Opt.Soc.America, 53, № 12, 1963.
- [4] E.Leith, J.Upatnicks. J.Opt. Soc.America, 54, № 11, 1964.