

Э. С. Воронин, Нелинейное преобразование изображений и инфракрасная голография

Инфракрасный диапазон играет важную роль в оптической технике. Это связано с большей прозрачностью атмосферы в ИК диапазоне, с меньшим уровнем флуктуационных шумов и рядом других специфических особенностей. В то же время прием излучения в этом диапазоне много сложнее, чем, например, в видимом, и проблема приема во многих отношениях сдерживает развитие ИК техники.

Особенно тяжело обстоит дело с приемниками изображения, поскольку электронно-оптические преобразователи изображения работают только до длин волн 1,2 мкм, а тепловые системы видения обладают определенными недостатками. Использование явления преобразования частоты методами нелинейной оптики открывает в этом направлении широкие перспективы. Действительно, если используется плоская волна накачки с частотой ω_1 , то каждой плоской волне ИК излучения с частотой ω_2 и волновым вектором, лежащим в пределах некоторого телесного угла, будет соответствовать генерируемая в кристалле плоская волна с частотой $\omega_3 = \omega_1 + \omega_2$ и волновым вектором, направление которого однозначно определяется направлением волнового вектора сигнальной волны. Это позволяет получать изображение на суммарной частоте, если информация содержится в угловом спектре, т. е. если поле с частотой ω_2 соответствует излучению от объекта, находящегося на бесконечности. Именно эта возможность использована Мидвинтером¹ и Уорнером³ для получения видимого изображения объектов, освещаемых ИК излучением. При этом изображение объекта получалось в бесконечности с помощью обычных линзовых или зеркальных систем. Подобная методика, однако, позволяет получать результаты, далекие от предельно достижимых и с полной потерей информации о продольных размерах объекта.

В Московском университете М. И. Дивликеевым, Ю. А. Ильинским, В. С. Соломатинным, Р. В. Хохловым и автором был проведен цикл исследований в этом направлении. В результате была разработана новая схема (рис. 1) получения изображения на суммарной частоте, когда объект (или его изображение, построенное обычной оптической системой) находится на конечном расстоянии от нелинейного кристалла. При этом резко снижаются требования к расходимости сигнала накачки, а также к монохроматичности излучения и снимаются ограничения на получение предельной разрешающей способности. По разработанной методике впервые получено диффракционное разрешение изображения. Поскольку в разработанной схеме информация об объекте

содержится скорее в пространственной структуре поля, чем в угловой, сохраняется информация о продольных масштабах объекта. Это позволяет преобразовывать объемное изображение и получать голограммы объемных предметов, освещенных ИК излучением с последующим восстановлением в видимом свете. Опорный пучок для записи голограмм можно получить в том же кристалле (см. рис. 1) 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

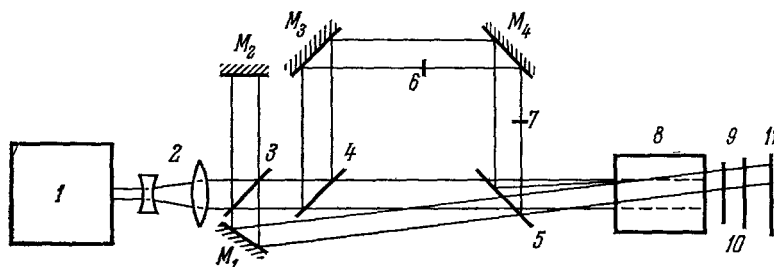


Рис. 1. Экспериментальная установка для получения голограмм.

1 — лазер на стекле с Na^+ ; 2 — телескоп; 3—5 — пластины из стекла К8; M_1 — M_4 — зеркала; 6, 7 — транспаранты; 8 — нелинейный кристалл; 9, 10 — фильтры; 11 — пленка.

компенсируются, так как они одинаковы в основном и опорном пучках. Второй способ позволяет получить большие углы между опорным и основным пучками и довести их до величины, определяемой разрешением существующих фотоматериалов. При восстановлении голограммы с помощью частоты ω_3 восстановленное изображение имеет те же

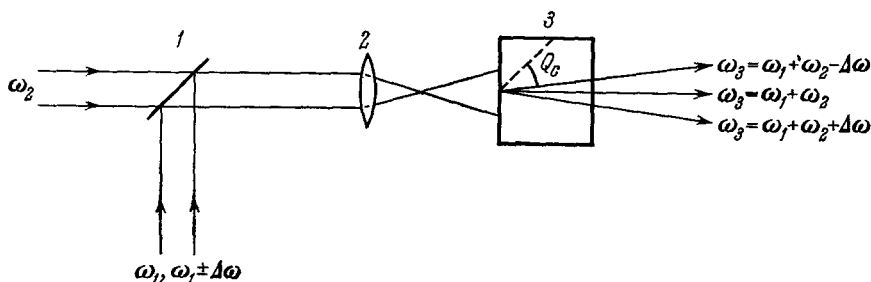


Рис. 2. Схема нелинейного спектрографа.

1 — пластина из стекла (кремния); 2 — линза; 3 — нелинейный кристалл.

свойства, что и изображение на частоте ω_2 . Угловое поле зрения может быть увеличено методом последовательной съемки голограммы на одну фотопленку при изменении показателей преломления кристаллов внешним полем или температурой.

В проведенных экспериментах по преобразованию изображения из 1,06 мкм в 0,53 мкм на кристалле KDP, используя двумерное взаимодействие сигнальной волны и волны накачки, получена предельная разрешающая способность. По схеме, приведенной на рис. 1, впервые получена обычная и объемная голограммы предметов, освещаемых инфракрасным излучением. Интересную возможность, которую указал Н. Г. Басов, открывает нелинейное преобразование частоты в спектроскопической технике. Если щель спектрографа с картиной спектра в ИК диапазоне преобразовывать в видимый диапазон, то возникает возможность сделать это одновременно для значительного участка спектра и с высоким разрешением. При этом можно так использовать дисперсионные характеристики кристалла, что разрешение в направлении, перпендикулярном к щели, может быть значительно увеличено за счет уменьшения разрешения по направлению вдоль щели.

Функции двух приборов — ИК спектрографа и преобразователя частоты — можно объединить в одной схеме нелинейного спектрографа. Схема нелинейного спектрографа (рис. 2) была предложена в Московском университете и независимо в ГОИ. Нелинейные спектрографы могут обладать более высоким разрешением и позволяют проводить спектроскопические исследования быстропротекающих процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Midwinter, Appl. Phys. Lett. **12**, 68 (1968).
2. L. Campbell, F. Johnson, IEE J. Quantum Electron, QE-4, 354 (1968).
3. J. Warner, Appl. Phys. Lett. **13**, 360 (1968).
4. Э. С. Воронин, М. И. Дивлекеев, Ю. А. Ильинский, В. С. Соломатин, Р. В. Хохлов, Письма в ЖЭТФ **10**, 172 (1969).
5. Э. С. Воронин, М. И. Дивлекеев, Ю. А. Ильинский, В. С. Соломатин, ЖЭТФ, № 1 (1970).