

Письма в ЖЭТФ, том 18, вып. 11, стр. 679 – 682

5 декабря 1973 г.

ДИНАМИЧЕСКИЕ ГОЛОГРАФИЧЕСКИЕ РЕШЕТКИ В СУЛЬФИДЕ КАДМИЯ

*А. А. Борш, М. С. Бродин, В. В. Овчар, С. Г. Одулов,
М. С. Соскин*

В настоящее время известен ряд регистрирующих сред, в которых возможна запись фазовых голограмм в динамическом режиме. Это кристаллы сегнетоэлектриков, где изменение показателя преломления связано с перераспределением объемных зарядов [1] и постоянная време-

ни колеблется от 0,1 до 10^3 сек; растворы поглощающих веществ с записью тепловых голограмм ($10^{-4} \div 10^{-6}$ сек) [2] и кристаллы кремния ($2 \div 3 \cdot 10^{-8}$ сек) [3]. В данной работе приведены результаты исследования динамических голографических решеток в кристаллах CdS с характерным временем жизни не более, чем $5 \cdot 10^{-9}$ сек, т. е. самым коротким из известных в настоящее время.

Для записи голограмм использовалось излучение ОКГ на рубине в режиме модуляции добротности. Генерация осуществлялась в одномодовом по поперечному индексу режиме: в качестве модулятора использовался раствор криптоцианина в этаноле. Излучение ОКГ направлялось на бипризму, после которой два пучка сходились под углом 20° . В области максимального перекрытия пучков устанавливался плоскопараллельный кристалл CdS толщиной $t = 0,1$ см с отполированными гранями. Под воздействием света в кристалле возникало периодическое распределение показателя преломления и свет дифрагировал на им же записанной решетке. После кристалла, помимо двух прошедших пучков нулевого порядка, наблюдались также " ± 1 " и высшие порядки дифракции (рис. 1).



Рис. 1. Картина самодифракции излучения рубинового лазера на записываемой решетке. Расстояние между дифракционными порядками — 20 угловых минут

При мощности записываемого излучения порядка 50 Вт/см² дифракционная эффективность, т. е. отношение интенсивности " ± 1 " порядка дифракции к интенсивности одного из падающих пучков, составляла $\approx 4\%$. Последовательная запись голографических решеток в одном и том же месте кристалла показала, что какие бы то ни было эффекты накопления отсутствуют.

Излучение рубинового лазера попадает в область прозрачности кристаллов CdS. Очень слабое поглощение ($\beta = 0,02$ см/Вт [4]) связано с двухфотонными переходами в зону проводимости. Достаточно большая дифракционная эффективность, наличие дифракционных порядков выше первого, а также слабое исходное поглощение свидетельствуют о фазовом характере записи голографической решетки.

При данном угле схождения и толщине кристалла согласно критерию Когельника [5]:

$$Q = \frac{8\pi t}{\lambda} \sin^2 \frac{\theta}{2} \approx 3 \cdot 10^{-2} \ll 1$$

и должна наблюдаться тонкая фазовая голограмма. Наличие многих порядков дифракции подтверждает это предположение. Интенсивность " $m = 20$ " порядка дифракции в этом случае может быть определена по формуле

$$I_m = I J_m\left(\frac{2\pi\Delta n t}{\lambda}\right),$$

где $J_m(2\pi\Delta n t/\lambda)$ – значение функции Бесселя порядка m при значении аргумента, равного фазовому набегу на толщине решетки $2\pi\Delta n t/\lambda$, I – интенсивность записывающего импульса. Отсюда, зная дифракционную эффективность голограммы, можно оценить по порядку величины глубину модуляции коэффициента преломления

$$\Delta n = 10^{-5}.$$

Временные характеристики излучения исследовались при помощи осциллографа и коаксиального фотоэлемента с разрешением не хуже 10^{-9} сек. Импульс излучения рубинового лазера имел симметричную форму, длительность его составляла 15 – 20 нсек. Длительность дифрагированного импульса сокращалась в полтора – два раза по сравнению с длительностью лазерного импульса, форма его несколько изменялась от образца к образцу (рис. 2). Многократные измерения показали, что импульс дифрагированного излучения имел очень крутой фронт нарастания и несколько затянутый задний фронт, который, однако, всегда был круче заднего фронта записывающего лазерного импульса.

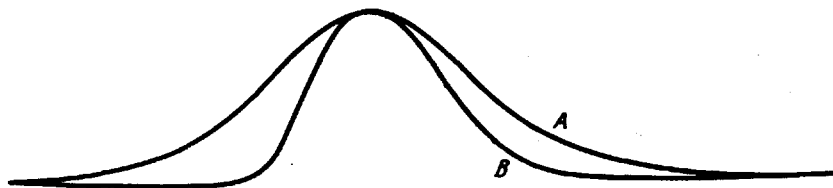


Рис. 2. Осциллограммы записывающего (A) и дифрагированного (B) импульсов. Полная длительность развертки 50 нсек

Обострение дифрагированного импульса и большая крутизна его фронтов свидетельствуют о том, что в данном случае изменение показателя преломления среды, приводящее к появлению фазовой решетки, действительно носит нелинейный характер.

Проведенные ранее исследования [6, 7] показали, что самовоздействие излучения рубинового лазера в кристаллах типа CdS носит сложный характер, проявляющийся в конкуренции положительного и отрицательного изменения дисперсии. Механизм положительного изменения дисперсии в значительной мере обусловлен нелинейной поляризуемостью экситонов, отрицательное же изменение Δn связывается с возбуждением свободных носителей. Оба эти механизма нелинейности в достаточной мере безынерционны (по крайней мере, для времен порядка длительности лазерного импульса). Из проведенных экспериментов по-

ка нельзя сделать вывод о знаке изменения дисперсии в записанной фазовой решетке, однако, из временного хода записывающего и дифрагированного импульсов, можно заключить, что наводимые изменения показателя преломления следят за интенсивностью лазерного импульса с постоянной времени, которая не превышает половины длительности дифрагированного импульса.

Кристаллы CdS высокого оптического качества могут быть выращены достаточно больших размеров. При приведенном значении Δn возможна запись объемной голограммы с дифракционной эффективностью десятки процентов в образце толщиной 1 см. Учитывая, что наводимые изменения Δn зависят от длины волны и увеличиваются по мере приближения к краю собственного поглощения [8, 9], можно записывать решетку излучением рубинового лазера, а считывание производить в другой области спектра, где глубина модуляции значительно больше. Другой путь повышения эффективности — использование смешанных кристаллов, в которых можно направленно смещать край собственного поглощения в сторону рабочей длины волны записывающего ОКГ.

Отметим в заключение, что помимо непосредственного использования для голографических целей, данная методика может быть успешно применена для исследования нелинейных характеристик конденсированных сред.

Институт физики

Академии наук Украинской ССР

Поступила в редакцию
29 октября 1973 г.

Литература

- [1] I. J. Amodei, W. Philips, D. L. Stabler. Appl. Opt., 11, 390, 1972.
- [2] H. Eichler et al. Z. Ang. Physik, 31, 1, 1971.
- [3] J. P. Woerdman. Optics Comm. 2, 212, 1971.
- [4] М. С. Бродин, К. А. Дмитриенко, В. Я. Резниченко. ФТТ, 13, 1584, 1971.
- [5] Н. Kogelnik. BSTJ, 48, 2909, 1969.
- [6] И. В. Барановский, А. А. Борщ, М. С. Бродин, А. М. Камуз. ЖЭТФ, 60, 1593, 1971.
- [7] М. С. Бродин, А. А. Борщ. УФЖ, 18, 647, 1973.
- [8] М. С. Бродин, А. М. Камуз. ФТТ, 12, 1251, 1970.
- [9] А. А. Борщ, М. С. Бродин, А. М. Камуз. Тезисы Всесоюзной конференции по нелинейной оптике, Минск, 1972, стр. 3.