

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ КОГЕРЕНТНОСТИ ОПТИЧЕСКИХ  
ГАРМОНИК НЕОДИМОВОГО ЛАЗЕРА С СИНХРОНИЗАЦИЕЙ МОД

Н. П. Китаев, Ю. В. Коробкин

УДК 621.373.535

Представлены результаты исследования пространственной когерентности основного, а также второй, третьей и четвертой гармоник излучения неодимового лазера с синхронизацией мод.

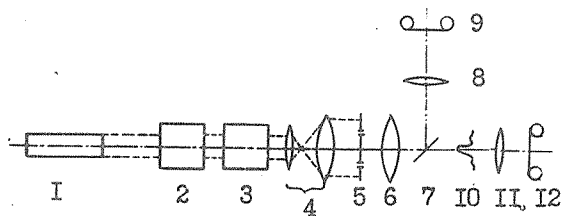
В настоящее время одним из основных методов получения когерентного излучения в области коротковолнового оптического диапазона является умножение лазерных частот. Для ряда применений наряду с энергетическими и спектральными параметрами важна и пространственная когерентность излучения оптических гармоник.

В данной работе представлены результаты экспериментального исследования функции пространственной когерентности поля (ФПКП) основного излучения неодимового лазера с синхронизацией мод, а также, второй, третьей и четвертой гармоник, получаемых с помощью нелинейного преобразования в кристаллах КДП.

В большинстве работ, посвященных исследованию ФПКП, например, /1-3/, рассматривались корреляционные функции основного излучения и второй гармоники, причем использовалось либо модовое излучение лазера, работающего в квазинепрерывном беспикетовом режиме /1/, либо моноимпульсного лазера с модуляцией добротности /2,3/. В связи с интенсивным развитием работ по генерации гармоник пикосекундными импульсами с целью продвижения в область вакуумного ультрафиолета /4,5/, представляет большой интерес исследовать когерентные свойства гармоник лазера с синхронизацией мод.

В эксперименте использовался лазер с синхронизацией мод,

в режиме  $TEM_{00q}$ , аналогичный описанному в /5,6/. Параметры излучения на выходе системы: длительность  $\sim 200$  пс, ширина спектра менее  $0,15 \text{ см}^{-1}$ . Для генерации второй гармоники использовался синхронизм типа  $oo-e$ , третьей гармоники - синхронизм типа  $eo-e$ , четвертой -  $oo-e$ . Для определения ФПКП использовался классический интерференционный метод Юнга. Схема эксперимента представлена на рис. 1.



Р и с. 1. Схема экспериментальной установки: I - неодимовый лазер с синхронизацией мод; 2,3 - кристаллы KDP; 4 - телескопическая система; 5 - экран; 6,8,11 - линзы; 7 - плоскопараллельная пластинка; 10 - плоскость изображения; 9,12 - фотопленка

Диаметр  $d$  отверстий экрана был сравним с расстоянием между ними, что было связано с необходимостью измерять ФПКП при малых расстояниях между точками волнового поля и необходимостью достижения достаточной плотности мощности на фотопленке. При нарушении условия  $d/l \ll 1$  необходимо учитывать влияние апертурных явлений /7/. При этом распределение интенсивности определяется формулой:

$$I(x) = I_1 \left[ \frac{2J_1 \left( \frac{kd}{2f} x \right)}{\frac{kd}{2f} x} \right]^2 + I_2 \left[ \frac{2J_1 \left( \frac{kd}{2f} x \right)}{\frac{kd}{2f} x} \right]^2 + 2 \sqrt{I_1 I_2} x \times \left[ \frac{2J_1 \left( \frac{kd}{2f} x \right)}{\frac{kd}{2f} x} \right]^2 \cos(klx/f - \varphi), \quad (I)$$

где  $I$  - интенсивность излучения в точке  $x$ ,  $I_1, I_2$  - интенсивность излучения в отверстиях на экране,  $k$  - волновое число,

$f$  - фокусное расстояние линзы,  $\gamma$  - функция пространственной когерентности,  $\varphi$  - фаза величины  $\gamma$ ,  $J_1$  - функция Бесселя.

Если нас не интересует фаза  $\varphi$ ,  $I_1 = I_2$  и измерения проводятся в центральном максимуме, то путем несложных преобразований можно получить выражение, аналогичное [3/],

$$|\delta| = \frac{\pi I_{\max} - I_{\min}}{\pi I_{\max} + I_{\min}}, \quad (2)$$

где поправочный множитель

$$m = \left[ \frac{2J_1(kdx_{\min}/2f)}{(kdx_{\min}/2f)} \right]^2 / \left[ \frac{2J_1(kdx_{\max}/2f)}{(kdx_{\max}/2f)} \right]^2$$

и координаты  $x_{\max}$  и  $x_{\min}$  определяются из условия  $x_{\max} = 0$ ,  $x_{\min} = \pi f/kl$ . Исходя из этого, окончательное выражение для поправочного множителя имеет вид:

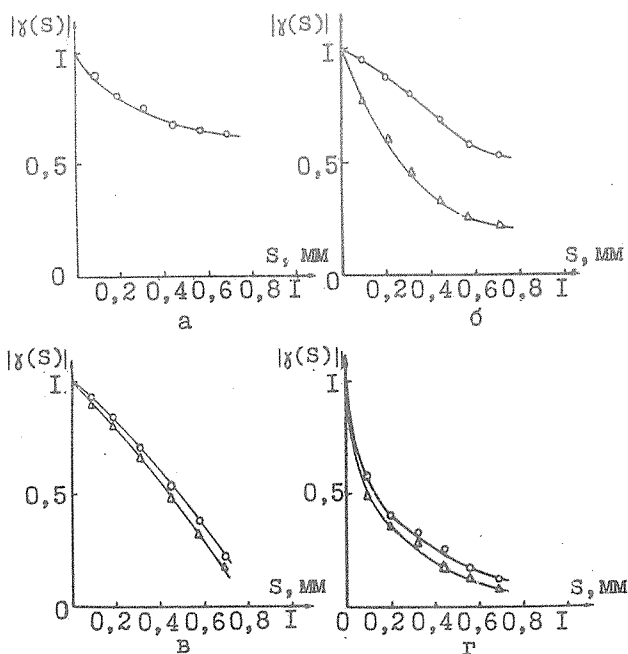
$$m = \left[ \frac{2J_1(\pi d/2l)}{\pi d/2l} \right]^2.$$

Для определения  $|\delta|$  по экспериментальным данным формулу (2) удобно переписать в виде:

$$|\delta| = \frac{m - 10^{\Delta S/\gamma}}{m + 10^{\Delta S/\gamma}},$$

где  $\Delta S$  - разность почернений,  $\gamma$  - коэффициент контрастности фотоматериала.

Результаты эксперимента представлены рис. 2, на котором приведена зависимость ФПКП для основного излучения, второй, третьей и четвертой гармоник от расстояния между точками волнового фронта, причем, измерения проводились как вдоль направления сноса энергии в нелинейном кристалле (ось X), так и в перпендикулярном направлении (ось Y). Для второй гармоники ФПКП, измеренная вдоль направления сноса энергии (ось X), значительно



Р и с. 2. Зависимость ФПКП от расстояния  $s$  между точками волнового фронта: а) основное излучение, б) вторая гармоника, в) третья гармоника, г) четвертая гармоника; о - измерения вдоль направления сноса энергии (ось X),  $\Delta$  - измерения перпендикулярно направлению сноса энергии (ось Y)

отличается от ФПКП в перпендикулярном направлении (ось Y), в то время как для третьей и четвертой гармоник этот эффект проявляется незначительно и соизмерим с ошибкой измерения. Необходимо отметить, что ФПКП второй гармоники была сравнима с ФПКП основного излучения при измерении вдоль оси X. ФПКП третьей и четвертой гармоник во всех случаях была меньше ФПКП основного излучения, причем ФПКП третьей гармоники была выше, чем ФПКП второй гармоники в направлении оси Y.

Как известно из литературы (см., например, /1, 2/), при преобразовании во вторую гармонику степень пространственной когерентности излучения второй гармоники может быть как меньше так и

большие степени пространственной когерентности основного излучения. Степень когерентности третьей гармоники определяется степенью когерентности основного излучения и второй гармоники, что может привести к повышению ФПКП третьей гармоники по отношению к ФПКП второй гармоники. Следует отметить, что отсутствие точного расчета изменения степени когерентности гармоник порядка выше второго затрудняет интерпретацию экспериментальных данных. Полученные результаты необходимо учитывать в экспериментах, требующих знания степени пространственной когерентности.

В заключение авторы выражают благодарность А. С. Маркину и П. П. Папинину за полезные советы и обсуждение полученных результатов.

Поступила в редакцию  
24 апреля 1981 г.

#### Л и т е р а т у р а

1. С. А. Ахманов, Ю. Д. Голяев, В. Г. Тункин, Квантовая электроника, 2, 1171 (1975).
2. А. М. Духовный, А. Е. Королев, Д. И. Стаселько, Оптика и спектроскопия, 47, 780 (1979).
3. А. М. Духовный, А. Е. Королев, Д. И. Стаселько, Оптика и спектроскопия, 48, 560 (1980).
4. J. Reintjes, R. C. Eickardt, Appl. Phys. Lett., 130, 91 (1977).
5. В. И. Берков и др., Краткие сообщения по физике ФИАН № 5, 25 (1979).
6. В. В. Коробкин и др., Письма в ЖТФ, 7, 536 (1981).
7. М. Борн, Э. Вольф, Основы оптики, "Наука" М., 1973 г.