

О ЧАСТОТНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ
СИНХРОНИЗМОВ ГАРМОНИК НЕОДИМОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Л. В. Норинский

Описываются результаты исследования частотной зависимости пространственных синхронизмов гармоник неодимового излучения. Эксперименты проводились с помощью неодимового одномодового генератора, стабилизированного по частоте. Отмечается хорошее совпадение экспериментальных данных с расчетными. Ввиду значительного сужения пространственных синхронизмов для 3-й и 4-й гармоник отмечено увеличение чувствительности направления фазового синхронизма к нестабильностям частоты основного излучения.

В настоящее время хорошо изучена (как в теоретическом отношении, так и экспериментальном) генерация 2-й гармоники неодимового и рубинового излучения на кристаллах KDP, ADP и др. Известно, что частотная ширина синхронизма кристаллов KDP, ADP для 2-й гармоники неодимового и рубинового излучения гораздо шире линии люминесценции, что не накладывает никаких дополнительных требований на условия генерации 2-й гармоники.

В связи с дальнейшим продвижением в область укорочения длин волн путем сложения основной и 2-й гармоник (3-я гармоника) или путем вторичного удвоения (4-я гармоника), а также сложением основной и 4-й гармоник (5-я гармоника) становятся существенными частотная ширина синхронизма и величина частотной дисперсии данного нелинейного взаимодействия.

Генерация 3-й гармоники уже накладывает требование отсутствия частотных флуктуаций при генерации гармоники узким спектром [1]. При наличии флуктуации частоты основного излучения флуктуирует выходная мощность 3-й гармоники, а также невозможно получить точные сведения о пространственной ширине синхронизма, так как он как бы «расплывается». Поэтому, как будет указано ниже, для получения экспериментальной кривой пространственного синхронизма 3-й и 4-й гармоник необходимо иметь стабилизированное по частоте излучение, чтобы исключить влияние частотных флуктуаций на направление фазового синхронизма.

Особенно сильно влияние нестабильности частоты излучения проявляется при двойном каскадном умножении частоты, а также при трехкаскадном преобразовании (5-я гармоника). Это происходит благодаря резкому сужению частотной ширины синхронизма (на два порядка) и значительному увеличению частотной дисперсии синхронизма (на порядок) при двух-, трехкаскадном преобразовании частот.

Согласно выражению, полученному в работе [2], легко вычисляются значения частотной ширины синхронизмов преобразующих каскадов

$$\Delta\lambda_c = \frac{\lambda_1}{2L \left(\frac{1}{2} \frac{\partial n_2^2}{\partial \lambda_2} - \frac{\partial n_1^2}{\partial \lambda_1} \right)};$$

$\Delta\Lambda_c$ — полуширина частотного синхронизма; λ_1, λ_2 — длины волн основного излучения и гармоники; n_1^0, n_2^0 — показатели преломления для обыкновенной и необыкновенной волн; L — длина кристалла.

В таблице приводятся данные на KDP для интересовавших автора типов взаимодействия соответствующих гармоник.

Значения $2\Delta\Lambda_c$ в Å для кристалла длиной 1 см

Номер гармоники	Тип взаимодействия	KDP
Вторая гармоника неодима	oe-e	123
Вторая гармоника рубина	oo-e	12
Третья гармоника неодима	eo-e	22
Четвертая гармоника неодима	oo-e	3.5
Пятая гармоника неодима	oo-e	2.8

Из приведенной таблицы видно, что нелинейное взаимодействие 2-го удваивающего каскада и 3-го каскада сложения частот обладает большой чувствительностью направления фазового синхронизма к частоте, что позволило предложить этот принцип для создания «нелинейного спектрографа» [3, 4].

Чувствительность синхронизмов преобразующих каскадов 3-, 4- и 5-й гармоник к флуктуациям частоты увеличивается еще и тем, что они имеют и более узкий пространственный синхронизм по сравнению со 2-й гармоникой, как показали расчеты и экспериментальные исследования.



Рис. 1. Зависимость генерации 3-й гармоники от угловой расстройки (взаимодействие $eo-e$) на кристалле KDP длиной 4 см излучением генератора без стабилизирующего элемента.

В данной работе приводятся теоретические и экспериментальные зависимости ширины пространственных синхронизмов гармоник неодимового излучения, получаемых на кристаллах KDP.

Неодимовый генератор, с помощью которого проводились эксперименты, работал в двух режимах. В первом случае не принималось никаких специальных мер для стабилизации частоты, хотя генератор обеспечивал стабильность в пределах $\pm 0.18 \text{ см}^{-1}$. Во втором случае осуществлялась схема одномодового генератора, специально «жестко» стабилизированного по частоте в пределах $\pm 0.004 \text{ см}^{-1}$ с помощью анизотропных пластин [5].

На рис. 1 представлена экспериментальная кривая пространственного синхронизма для 3-й гармоники, полученная на нестабилизированном генераторе, генерирующем одну узкую линию. Из рис. 1 видно, что пространственный синхронизм выражен нечетко; в связи с флуктуациями частоты имеются отдельные выбросы и общая ширина синхронизма гораздо шире истинного.

На рис. 2 приведены экспериментальные данные, полученные для 4-й гармоники без стабилизации частоты излучения генератора с помощью

ов-
к-
ра

анизотропных пластин. Видно, что без достаточной стабилизации частоты невозможно настроиться точно в синхронизм, так как получается набор случайных значений энергии, по которым нельзя сделать никаких выводов.

В связи с этим до настоящего времени для генерации 4-й гармоники неодимового излучения старались работать с широким спектром основного излучения (модуляция вращающейся призмой), чтобы избежать необходимого для генерации узким спектром условия стабильности частоты

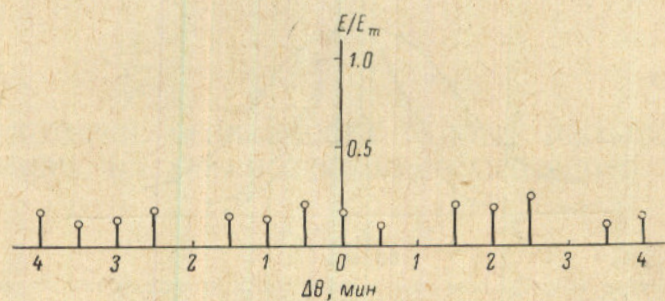


Рис. 2. Угловая зависимость генерации 4-й гармоники (взаимодействие $oo-e$) на кристалле KDP длиной 4 см излучением генератора без стабилизирующего элемента.

основного излучения. Поэтому эффективность генерации 4-й гармоники была весьма низкой: 5—8% от 2-й гармоники.

Были рассчитаны в приближении заданного поля теоретические зависимости пространственных синхронизмов для 2-й, 3-й и 4-й гармоник и соответствующих типов взаимодействий для кристаллов KDP длиной

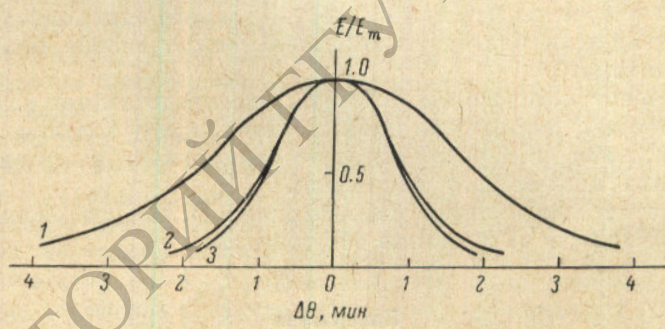


Рис. 3. Теоретические зависимости генерации гармоник неодимового излучения от угловой расстройки для кристалла KDP длиной 4 см.

1 — 2-я гармоника $oo-e$, 2 — 4-я гармоника $oo-e$, 3 — 3-я гармоника $eo-e$.

4 см. Эти зависимости приведены на рис. 3. Расчетные зависимости были получены из известного выражения

$$P \sim \frac{\sin^2 (\Delta\theta\beta l/2)}{(\Delta\theta\beta l/2)^2},$$

где P — мощность излучения, $\Delta\theta$ — угловая расстройка, β — коэффициент пропорциональности между волновой и угловой расстройкой для соответствующего типа взаимодействия и гармоники, l — длина кристалла.

С помощью одномодового стабилизированного по частоте генератора в пределах $\pm 0.004 \text{ см}^{-1}$ были получены экспериментальные данные, достаточно хорошо согласуемые с расчетными, о пространственной ширине синхронизмов соответствующих типов взаимодействия для 2-, 3- и 4-й

гармоник (рис. 4). Видно, что в первом приближении угловые зависимости фазовых синхронизмов 3-й и 4-й гармоник отличаются незначительно. Для получения более точных данных следует исключить влияние случайных температурных флуктуаций.

Пространственный синхронизм 3-й и 4-й гармоник гораздо уже, чем, например, синхронизм 2-й гармоники типа $eo-e$, а также синхронизм

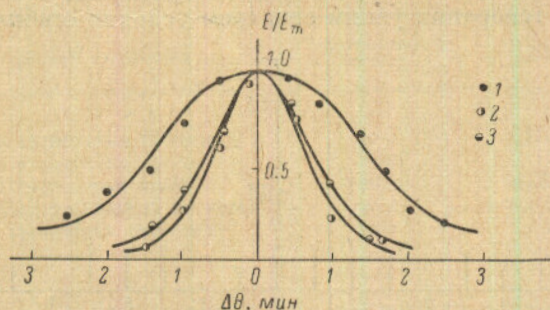


Рис. 4. Зависимость генерации гармоник неодимового излучения от угловой расстройки на кристалле KDP длиной 4 см излучением генератора, стабилизированного по частоте. 1—2-я гармоника $oe-e$, 2—3-я гармоника $eo-e$; 3—4-я гармоника $oo-e$.

3-й гармоники $eo-e$ уже, чем синхронизм 4-й гармоники $oo-e$. Можно предположить, что пространственный синхронизм 5-й гармоники будет еще более острым.

Таким образом, можно сделать вывод, что для 3-, 4- и 5-й гармоник неодимового излучения чувствительность фазового синхронизма к частоте будет увеличиваться благодаря значительному сужению пространственного синхронизма.

В заключение хотелось бы отметить, что представляет интерес получение аналогичных данных для ниобата лития, ввиду того что он обладает большой частотной дисперсией фазового синхронизма уже при генерации 2-й гармоники неодимового излучения.

Автор считает необходимым поблагодарить В. Г. Дмитриева, А. Г. Ершова, И. Я. Ицхоки за полезные обсуждения.

Литература

- [1] А. П. Сухоруков, И. В. Томов. Опт. и спектр., 28, 1211, 1970.
- [2] А. Г. Акманов. Канд. дисс., МГУ, 1969.
- [3] А. Г. Акманов, А. И. Ковригин, Н. К. Подсоцкая. Радиотех. и электрон., № 8, 1516, 1969.
- [4] В. Д. Волосов. ЖТФ, 38, 1762, 1968.
- [5] Л. В. Норинский, В. А. Колосов. Письма в ЖЭТФ, 13, № 4, 1971.

Поступило в Редакцию 11 февраля 1971 г.