

ЭФФЕКТИВНАЯ ГЕНЕРАЦИЯ МОЩНОГО КОГЕРЕНТНОГО УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ¹⁾

Л.В. Норинский, В.А. Колосов

Несмотря на ряд достижений в области генерации когерентного (УФ) ультрафиолетового излучения путем каскадного преобразования [1, 2], до настоящего времени оптика не имела достаточно эффективных и мощных источников когерентного УФ излучения.

Из приведенных в работах данных о полученных мощностях УФ следует, что эффективность преобразования второй гармоники неодимового излучения в УФ не превышала по мощности 10%. Как правило, бралось излучение основной гармоники с широким спектром (модуляция вращающейся призмой) также, как и в работе [3], чтобы избежать необходимого для эффективного преобразования в третью, четвертую, пятую гармонику неодима условия стабилизации длины волны основного излучения.

Известно, что мощность получаемой гармоники при удвоении частоты описывается выражением :

$$P_2 \sim P_1^2 k_1^2 \chi^2 \frac{\sin^2 \left[\frac{k_2 - 2k_1}{2} \right]}{(k_2 - 2k_1)^2},$$

где P_1 – мощность основного излучения, P_2 – мощность гармоники, k_1 , k_2 – волновые числа соответствующих излучений, χ – коэффициент нелинейной восприимчивости.

Отсюда видно, что мощность гармоники обратно пропорциональна квадрату длины волны, откуда следует, что при втором каскадном преобразовании неодимового излучения эффективность преобразования должна значительно увеличить-

¹⁾ Результаты данной работы докладывались на 5-й Всесоюзной конференции по нелинейной оптике, г. Кишинев 10 – 15 ноября 1970 г. Тезисы конференции тех же авторов.

ся. Но подтвердить это экспериментально было невозможно, ввиду большой чувствительности второго удваивающего каскада к флуктуациям частоты основного излучения (так называемый, "нелинейный спектрограф") [4]. Необходимо было осуществить стабилизацию частоты основного излучения, ввиду небольшой частотной ширины синхронизма четвертой гармоники и большой его дисперсии.

В настоящей работе сообщаются первые результаты эффективного стабилизированного преобразования в УФ диапазон на уровнях мощности порядка десятков Мегаватт, благодаря применению задающего генератора, стабилизированного по частоте.

Стабилизация частоты излучения задающего генератора осуществлялась с помощью эталона Фабри – Перо, а также с помощью дополнительных анизотропных пластин (шпат, кварц) вырезанных и сориентированных с учетом работы [5].

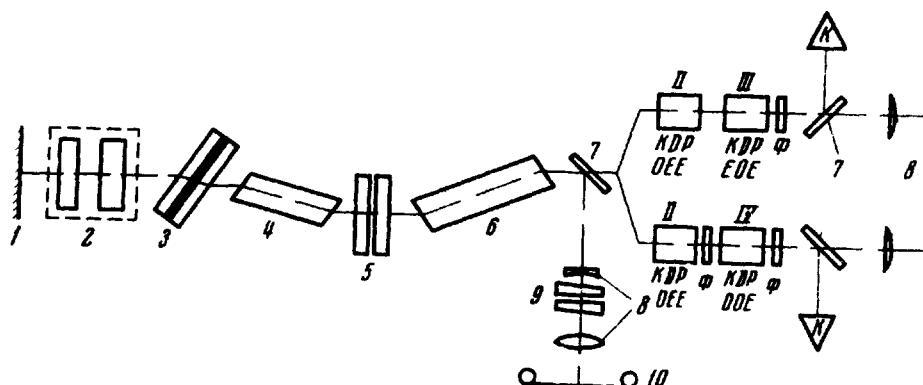


Рис. 1. 1 – "Глухое" зеркало на $\lambda = 1,06 \text{ мк}$, 2 – стабилизирующий элемент-анизотропные пластины (шпат, кварц), 3 – цвета с красителем, 4 – активный элемент ГЛС – 110 × 158, 5 – эталон Ф. – П., в качестве выходного зеркала, 6 – активный элемент ГЛС-1 12 × 302, 7 – делительные пластины, 8 – линзы, 9 – интерферометр Ф. – П., 10 – фотопленка, К – калориметр, ϕ – разделительный фильтр

Отличием этого генератора является то, что все рабочие поверхности внутриструнаторных элементов (за исключением пластин) выполнены под углом Брюстера, благодаря этому генератор обладает оптимальными энергетическими характеристиками.

Предварительно проводилась стабилизация частоты задающего генератора при отсутствии дополнительного стабилизирующего элемента. В этом случае генерируется одна узкая линия шириной порядка $0,5 \text{ см}^{-1}$ (на уровне 0,5) и обеспечивается стабилизация в пределах $\pm 0,18 \text{ см}^{-1}$, благодаря отсутствию влияния торцов стержня и оптимизации зазора эталона для данного резонатора согласно работе [7].

Работа генератора на одной продольной стабилизированной по частоте моде осуществлялась с помощью анизотропных пластин, подобранных по толщине для данного резонатора (шпат – 6 мм , кварц – 15 мм) и ориентированных под 45° друг к другу и плоскости поляризации резонатора.

Производилась предварительная настройка анизотропных пластин с помощью спектрографа на центр линии люминесценции в режиме свободной генерации.

В режиме модуляции добротности осуществлялась окончательная подстройка по выходной энергии. Введение в резонатор пластин ухудшало энергетические характеристики примерно на 10%.

Схема стабилизированного задающего генератора представлена на блок-схеме установки рис. 1. Генератор работал на одной стабилизированной по частоте продольной mode. Ширина линии излучения на уровне 0,5 была не шире 0,005 см. Обработка интерферограмм, полученных с интерферометром с базой 4,0 см для излучения $\lambda = 1,06 \text{ мк}$, показала, что нестабильности частоты находятся в пределах $\pm 0,004 \text{ см}$ при периодическом режиме работы и фиксированной величине энергии накачки, что является довольно "жесткой" стабилизацией.

Энергетические характеристики задающего генератора были следующие: $E = 1,0 \text{ дж}$, $T = 25 \text{ мсек}$, расходимость на уровне 0,5 была 2 – 3 мин. Мощность задающего генератора позволяла получить мощность излучения четвертой гармоники порядка 1,0 $M_{\text{вт}}$.

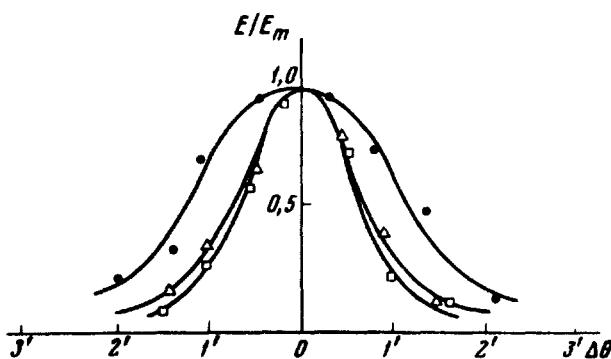


Рис. 2. Угловая зависимость генерации гармоник на кристаллах KDP длиной 4 см (● – вторая гармоника OEE; Δ – четвертая гармоника OOE, □ – третья гармоника EOE)

После задающего генератора использовалась одна усилительная головка с брюстеровским стержнем. В многомодовом режиме выходная мощность усилителя была на пределе допустимой плотности мощности KDP.

Частотная стабилизация одномодового излучения позволила осуществить эффективное преобразование в третью и четвертую гармонику, а также получить первые экспериментальные данные о частотной зависимости пространственных синхронизмов гармоник рис. 2.

Эффективность преобразования в четвертую гармонику по мощности превышала 50% от второй гармоники в связи с тем, что узкая стабильная линия одномодового излучения второй гармоники попадала в центр частотного синхронизма четвертой гармоники. Полученные результаты сведены в таблицу.

Гармоники	Плотность мощности, $M_{\text{вт}}/\text{см}^2$			Тип взаимодействия
	P_2	P_3	P_4	
2	100			$K_{(\omega)}^{\circ} + K_{(\omega)}^{\text{e}} = K_{(2\omega)}^{\text{e}}$
3		68		$K_{(\omega)}^{\text{e}} + K_{(2\omega)}^{\circ} = K_{(3\omega)}^{\text{e}}$
4			55	$K_{(2\omega)}^{\circ} + K_{(2\omega)}^{\circ} = K_{(4\omega)}^{\text{e}}$

Полученные уровни мощности в УФ диапазоне позволили наблюдать оптический пробой при фокусировании излучения в воздухе кварцевой линзой с фокусным расстоянием 75 мм . На четвертой гармонике пробой возникал начиная с 7 Мвт , на третьей гармонике начиная с 13 Мвт .

Основным результатом работы является то, что насколько известно авторам, впервые осуществлено эффективное каскадное преобразование в УФ диапазон. Получены мощности УФ излучения на уровне десятков Мегаватт.

Является очевидным, что для дальнейшего повышения эффективности каскадного преобразования и увеличения мощности получаемого УФ излучения, желательно работать на одной пространственной и частотной моде типа TEM_{00} , чтобы избежать локального разрушения кристаллов. Очевидно также, что данная схема окажется полезной при получении мощной пятой гармоники неодимового излучения, а также при эффективной генерации второй гармоники неодима на ниобате лития, который также обладает большой частотной дисперсией синхронизма [6].

В заключение авторы считают необходимым поблагодарить С.А.Ахманова, А.Г.Ершова, В.Г.Дмитриева, за ряд ценных обсуждений.

Всесоюзный
Электротехнический институт
им. В.И.Ленина

Литература

Поступила в редакцию
2 декабря 1970 г.

- [1] С.А.Ахманов, А.И.Ковригин, Р.В.Хохлов, А.С.Пискарская. Письма в ЖЭТФ, 2, 223, 1965.
 - [2] А.Г.Акманов, С.А.Ахманов, Б.В.Жданов, А.И.Ковригин, Н.К.Подсоцкая, Р.В.Хохлов. Письма в ЖЭТФ, 10, 244, 1969.
 - [3] Barthélemy Claude, Michele Leblanc, C.r.Acad. Sci., 266, B1234, 1968.
 - [4] А.Г.Акманов, А.И.Ковригин, Н.К.Подсоцкая. Радиотехника и электроника, №8, 1516, 1969.
 - [5] Ю.Н.Беляев, А.М.Киселев, М.А.Новиков. Изв. высш. уч. зав.сер. Радиофизика, 13, 1405, 1970.
 - [6] W.F.Hagen. P.C.Magnante. J.Appl. Phys., 40, 219, 1969.
 - [7] А.Н.Рубинов, В.Н.Николаев. ДАН БССР, 14, 20, 1970.
-