

**ВЫСОКОЭФФЕКТИВНАЯ ГЕНЕРАЦИЯ
ВТОРОЙ И ЧЕТВЕРТОЙ ГАРМОНИК
ПИКОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ**

В.Д.Волосов, В.Н.Крылов, В.А.Серебряков, Д.В.Соколов

Сообщается об экспериментальной реализации теоретически предельного коэффициента преобразования лазерного излучения во вторую гармонику, а также о высокоэффективной генерации четвертой гармоники пикосекундных импульсов (КПД 80 и 30% соответственно).

В настоящее время значительное внимание уделяется вопросам высокоэффективной генерации высших гармоник сверхкоротких импульсов света, что связано с определенными перспективами, которые открывают мощные источники ультрафиолетового излучения в решении проблемы управляемого термоядерного синтеза.

Несмотря на то, что теоретически показана принципиальная возможность практически полной перекачки излучения основной частоты во вторую гармонику [1], экспериментально эта возможность не реализована даже в мощных лазерных пучках. Для осуществления такой перекачки необходимо выполнение целой совокупности требований к параметрам пучков и кристаллов. В мощных пикосекундных генераторах главным ограничением являются эффекты группового запаздывания волн основной частоты и гармоники, что не позволило до сих пор достичь КПД более 50% [2].

Заметим, что для инициирования реакции термоядерного синтеза оптимальными являются импульсы субнаносекундной длительности [3]. Кроме того, при длительностях, превышающих десятки пикосекунд, процесс генерации гармоник идет квазистатически, т. е. без группового запаздывания, поскольку длина реальных нелинейных кристаллов зна-

чительно меньше квазистатической длины L_T , на которой сказываются эффекты запаздывания ($l_{\text{крист}} \ll L_T = \tau_u (u_2^{-1} - u_1^{-1})^{-1}$, где τ_u — длительность импульса, $u_{1,2}$ — групповые скорости основной частоты и гармоники). Очевидно, режим субнаносекундных импульсов наиболее благоприятен для достижения предельно высокого КПД при генерации оптических гармоник.

Блок-схема нашей экспериментальной установки показана на рис. 1. Здесь I — задающий генератор, работающий в режиме нано- и пикосекундных импульсов, II — предусилитель со схемой формирования одиночного импульса (~ 200 псек) из светового цуга или длительностью 10 псек из гладкого импульса [4]. III — линейка усилителей, IV — преобразователь частоты.

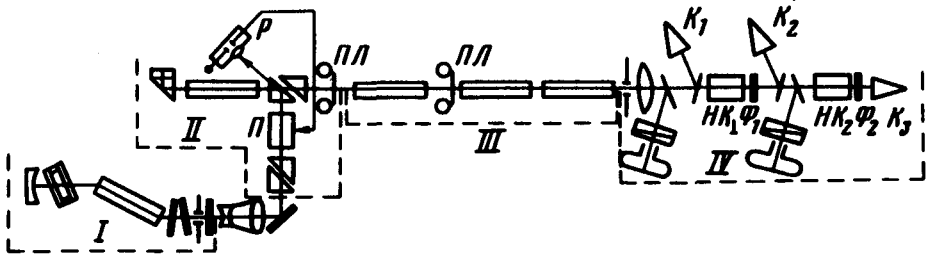


Рис. 1. Блок-схема экспериментальной установки

Резонатор задающего генератора с базой 1850 мкм имел конфигурацию близкую к полуконфокальной. Выходным зеркалом служила плоскопараллельная пластина толщиной 0,7 мкм. Для повышения воспроизводимости генерируемых импульсов [5], а также для их удлинения до ~ 200 псек внутрь резонатора помещались две тонкие селектирующие пластинки. Модуляция добротности осуществлялась кюветой с полиметиновым красителем №3955 в нитробензоле.

Слабый сигнал задающего генератора усиливался в двухпроходовом предусилителе, а затем в линейке из трех усилителей со скошенными торцами активных элементов для устранения самовозбуждения. Для этой же цели применялись развязки на основе просветляющейся пленки ПЛ [6]. Диаметр пучка на выходе усилителей равнялся 30 мкм. Перед преобразователем помещалась круглая диафрагма диаметром 15 мкм и длиннофокусная линза, изменяющая расходимость пучка с 4° (сферически расходящаяся волна сформирована телескопом после задающего генератора, что необходимо для повышения порога самофокусировки в усилителях) до $1'20''$.

Генерация второй гармоники осуществлялась в нелинейных кристаллах KDP и LiJO_3 , а четвертой — в KDP и ADP (на рис. 2 НК₁ и НК₂). Плоскопараллельными пластинами часть излучения отводилась на эталоны Фабри — Перо для регистрации спектров лазера и гармоники. Энергия лазера и гармоник измерялась калориметрами K_1 , K_2 и K_3 соответственно. Разделение излучения по частотам осуществлялось калиброванными фильтрами Φ_1 и Φ_2 .

Поскольку линейно поляризованное излучение генератора в усилителе испытывало значительную (до 30%) деполаризацию, для генерации

второй гармоники использовались как *ОО-Е* взаимодействие, традиционное для генерации гармоник пикосекундных импульсов, так и *ОЕ-Е* взаимодействие. При субнаносекундных импульсах длительностью 200 псек и мощностью 3 Гвт/см² при *ОО-Е* взаимодействии в KDP длиной 40 мк эффективность преобразования во вторую гармонику достигала 40% (см. рис. 2), а в LiJO₃ длиной 12 мк – лишь 18%. Сравнительно низкий КПД в LiJO₃ объяснялась низкой стойкостью кристалла к излучению на частоте гармоники, что не позволило возбуждать гармонику точно в направлении синхронизма.

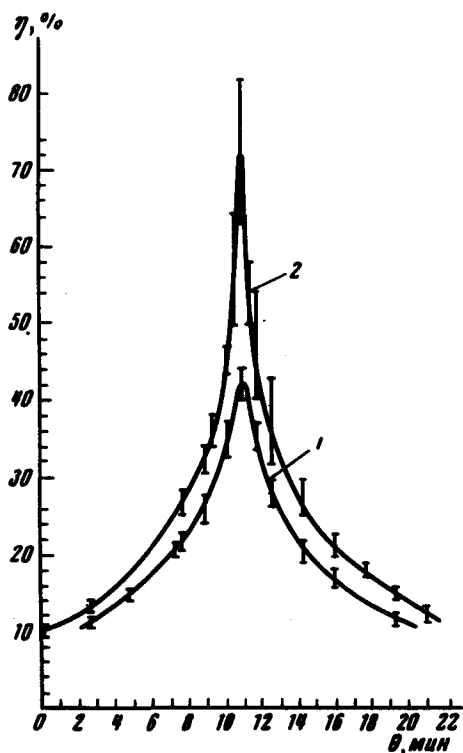


Рис. 2. Угловая зависимость КПД при генерации второй гармоники

Для более полного использования излучения лазера при *ОЕ-Е* взаимодействии кристалл KDP ориентировался нами так, чтобы плоскость его главного сечения составляла угол 45° с плоскостью преимущественной поляризации. При этом в процессе генерации второй гармоники участвовало все лазерное излучение, независимо от степени его деполаризации. В кристалле длиной 40 мк достигнут рекордный КПД ~80% (рис. 2), что хорошо согласуется с теоретическим значением ~75%, рассчитанным при учете диссипативных потерь в кристалле.

Результаты исследований по генерации четвертой гармоники в кристаллах KDP и ADP длиной 40 и 12 мк соответственно представлены на рис. 3. Максимальный КПД достигал 30%.

Исследование спектральных характеристик показало, что при генерации второй гармоники наблюдается увеличение ширины спектра с 3 Å на основной частоте до 7 Å на частоте гармоники. Расчет показал,

что если вторая гармоника возбуждалась в поле квазимонохроматической волны (спектральная ширина синхронизма, определяемая выражением $\delta\theta = 5,56/K(d\theta/dl)l$, где $d\theta/dl$ – дисперсия направления синхронизма, K – параметр, пропорциональный двулучепреломлению, составила для KDP $\delta\theta = 30\text{ \AA}$), то генерация четвертой гармоники проходила в существенно немонахроматическом режиме ($\delta\theta \sim 1\text{ \AA}$). Этим объясняется сравнительно низкий уровень эффективности преобразования в четвертую гармонику.

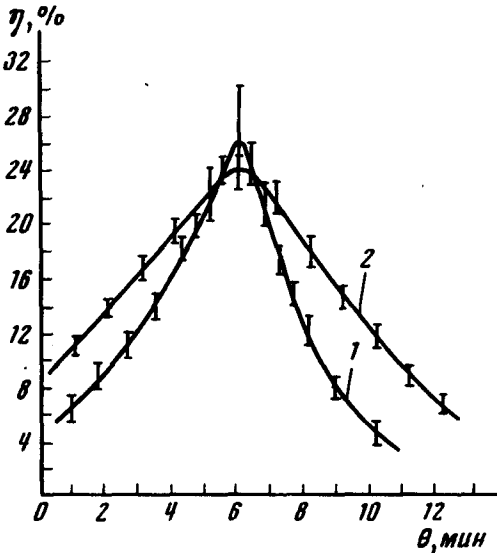


Рис. 3. Угловая зависимость КПД при генерации четвертой гармоники

Световая прочность кристалла KDP исследовалась в фокусированных лучах основной частоты и гармоники. Порог пробоя составлял 23 Гвт/см^2 и 17 Гвт/см^2 соответственно.

Оптический институт
им. С.И.Вавилова

Поступила в редакцию
27 ноября 1973 г.

Литература

- [1] С.А.Ахманов, Р.В.Хохлов. Проблемы нелинейной оптики, М., изд. Наука, 1964.
- [2] Н.Г.Басов, А.Р.Зарицкий, С.Д.Захаров и др. Сб. "Квантовая электроника", № 5, 63, 1972.
- [3] Н.Г.Басов, О.Н.Крохин. Вестник АН СССР, 6, 55, 1970.
- [4] М.П.Ванюков, В.И.Крыжановский, В.А.Серебряков, А.Д.Стариков. Сб. "Квантовая электроника" №5, 69, 1971.
- [5] М.П.Ванюков, В.И.Крыжановский и др. ОМП, №12, 31, 1972.
- [6] В.И.Авдеев, М.А.Альперович, М.П.Ванюков и др., Сб. "Квантовая электроника", №2, 69, 1971.