

Температурно-управляемая каскадная генерация третьей гармоники в кристаллах КТР/DKDP с синхронизмом 2-го типа

Н. В. КОНДРАТЮК, О. В. МАНЬКО, А. А. ШАГОВ

ЗАО "Солар Лазерные Системы"
77, пр. Партизанский, Минск, 220107

В ряду кристаллов-удвоителей частоты YAG:Nd-лазеров кристалл КТР с синхронизмом 2-го типа в плоскости XY занимает особое место. Обладая высокой нелинейностью, этот кристалл одновременно имеет большую угловую $20 \text{ мрад}\cdot\text{см}^{-1}$ и температурную $25 \text{ мрад}\cdot\text{см}^{-1}$ ширину синхронизма, которые значительно превышают аналогичные параметры кристаллов KDP, DKDP, BBO, LBO и др. [1]. При удвоении частоты в кристалле КТР с синхронизмом 2-го типа в плоскости XY непреобразованное излучение основной частоты эллиптически поляризовано, а излучение 2-ой гармоники поляризовано в плоскости XY. Для коррекции эллиптичности поляризации непреобразованного излучения основной частоты обычно используют фазовые пластинки [2]. С другой стороны, кристалл КТР можно рассматривать как температурно-чувствительную фазовую пластинку, в которой для излучения с $\lambda=1,064 \text{ мкм}$ изменение разности фаз между взаимодействующими волнами на 1 см длины равно $\pi/2$ при изменении температуры на $13,5^\circ\text{C}$ [2].

Возможность управления состоянием поляризации непреобразованного излучения основной частоты YAG:Nd лазера путем изменения температуры кристалла-удвоителя КТР представляет практический интерес при каскадной генерации нечетных гармоник.

В настоящей работе исследуются температурные зависимости поляризационных характеристик непреобразованного излучения YAG:Nd лазера при генерации 2-ой гармоники в кристалле КТР и влияние температуры кристалла КТР на эффективность генерации 3-ей гармоники в кристалле DKDP с синхронизмом 2-го типа.

В качестве источника излучения с $\lambda_1=1,0642 \text{ мкм}$ использовался YAG:Nd лазер импульсно-периодического действия с модулированной добротностью (модель LQ-727 фирмы "Солар ЛС"), генерирующий импульсы с энергией 330 мДж и длительностью 5 нс . Профиль распределения интенсивности излучения в поперечном сечении пучка диаметром $5,7 \text{ мм}$ и расходимостью 1 мрад был однородным и близким к прямоугольному. Линейно поляризованное в вертикальной плоскости (s-компонента) излучение с помощью четвертьволновой фазовой пластинки преобразовывалось в излучение, поляризованное по кругу. Кристалл КТР с просветленными торцами, размером $8 \times 8 \times 8 \text{ мм}^3$, вырезанный в направлении $\varphi_c=23,5^\circ$ и $\theta=90^\circ$, помещался в термостат и ориентировался таким образом, что излучение 2-ой гармоники было поляризованным в горизонтальной плоскости (p-компонента). Для коррекции эллиптичности поляризации непреобразованного излучения основной частоты использовалась дихроичная фазовая пластинка целоволновая для излучения 2-ой гармоники с $\lambda_2=0,5321 \text{ мкм}$ и четвертьволновая для излучения с $\lambda_1=1,0642 \text{ мкм}$, которая преобразовывала линейно поляризованное под углом 45° к оси Z кристалла КТР излучение в излучение, поляризованное по кругу, а излучение, поляризованное по кругу, — в излучение, линейно поляризованное в вертикальной (s-компонента) либо горизонтальной (p-компонента) плоскостях. Для исследования поляризационных характеристик непреобразованного излучения основной частоты использовался анализатор с пропусканием для p- и отражением для s-компонент соответственно.

Для импульсов излучения основной частоты с энергией 330 мДж и интенсивностью 260 мВт/см² эффективность генерации 2-ой гармоники в кристалле КТР достигала 55%. При этом длительности импульсов необработанного излучения основной частоты и 2-ой гармоники были равны 7 нс и 5 нс соответственно. При фиксированном угловом положении кристалла КТР и изменении температуры в диапазоне от 40°C до 60°C эффективность генерации 2-ой гармоники изменялась от 55% до 42%.

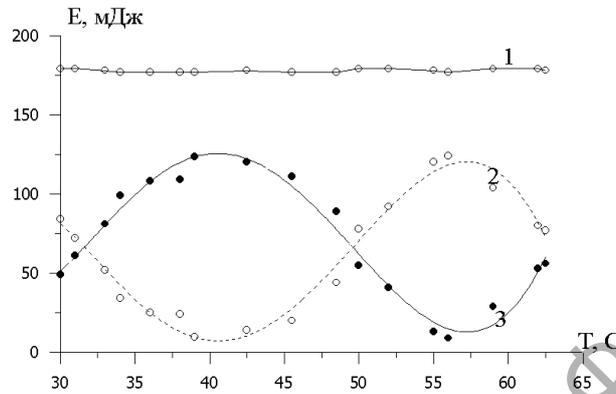


Рис.1 Температурные зависимости энергии импульсов второй гармоники - 1 и двух компонент необработанного излучения основной частоты s - 2 и p - 3 в условиях точного фазового синхронизма в кристалле КТР длиной 3 мм

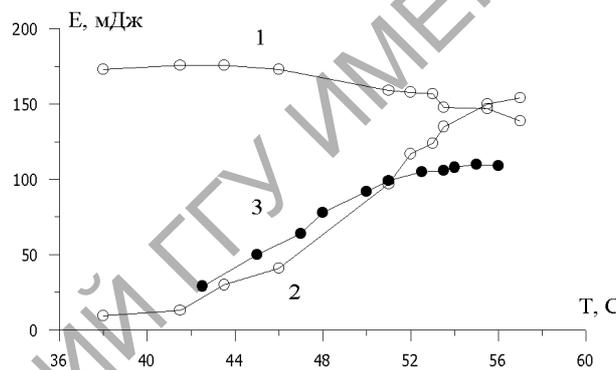


Рис.2 Зависимости энергии импульсов 2-й гармоники - 1, s-компоненты необработанного излучения основной частоты - 2 и 3-й гармоники - 3 от температуры кристалла КТР

При установке кристалла КТР в положение точного фазового синхронизма для заданной температуры измерялись энергии импульсов 2-ой гармоники — (1), и двух компонент необработанного излучения основной частоты s — (2) и p - (3), рис.1. Из рис.1 видно, что необработанное излучение основной частоты при температурах 31,5°C, 49,5°C и 63,5°C линейно поляризовано под углом 45° к оси Z кристалла КТР, а при температурах 39°C и 56°C поляризовано по кругу. При увеличении температуры от 39°C до 56°C разность фаз между p и s компонентами излучения с $\lambda_1=1,0642\text{мкм}$ изменяется на π . Это означает, что направления вращения круговой поляризации при температурах 39°C и 56°C противоположны. При прохождении дихроичной фазовой пластинки циркулярно-поляризованный свет преобразуется в линейно поляризованный, причем при температурах 39°C и 56°C излучение поляризовано в горизонтальной (p компонента) и вертикальной (s компонента) плоскостях соответственно.

Для каскадной генерации 3-ей гармоники использовался кристалл DKDP размером $12 \times 12 \times 20\text{мм}^3$, вырезанный в направлении $\theta=59^\circ$ для фазового e-o-e синхронизма.

При установке кристалла КТР с температурой 56°C в положение точного фазового синхронизма, когда энергии импульсов 2-ой и s- компоненты необработанного

излучения основной частоты были равны 178мДж и 125мДж, энергия импульсов 3-ей гармоники была равна 98мДж.

При повороте кристалла КТР с температурой 56°C вокруг оси Z на небольшой угол от направления точного фазового синхронизма, когда энергии импульсов 2-ой и s-компоненты непреобразованного излучения основной частоты были одинаковы и равны 150мДж, энергия импульсов 3-ей гармоники увеличилась и была равна 110мДж. Повышение эффективности генерации 3-ей гармоники в данном случае по-видимому обусловлено увеличением интеграла перекрытия во времени импульсов с $\lambda_1=1,06421$ мкм и $\lambda_2=0,5321$ мкм, так как при максимальной эффективности генерации 2-ой гармоники сильно искажается форма импульса непреобразованного излучения основной частоты и его длительность увеличивается до 7нс [4]. В этом положении кристалла КТР измерялись энергии импульсов 2-ой гармоники — (1), s-компоненты непреобразованного излучения основной частоты — (2) после кристалла-удвоителя и 3-ей гармоники — (3) после кристалла DKDP при уменьшении температуры кристалла КТР от 56°C до 42°C, рис.2. Из рис.2 видно, что при уменьшении температуры от 56°C до 42°C энергия импульсов 3-й гармоники монотонно уменьшается от максимального 110мДж до минимального 28мДж значений соответственно.

Таким образом, полученные экспериментальные данные указывают на то, что, изменяя соответствующим образом температуру кристалла КТР, можно управлять состоянием поляризации непреобразованного излучения основной гармоники и, следовательно, эффективностью каскадной генерации 3-ей гармоники в кристалле DKDP.

Литература

- [1] V.G.Dmitriev, G.G.Gurzadyan, D.N.Nikogosyan, *Handbook of nonlinear crystals* (Berlin, Springer-Verlag, 1997).
- [2] W.Koechner, *Solid-state laser engineering* (Berlin, Springer-Verlag, 1996).
- [3] APPLICATION NOTE “KTP for second harmonic generation with Q-switched 1m lasers” Crystal Technology, Inc. (1991).
- [4] В.М.Гармаш, А.А.Дивак, Н.А.Ковыженко и др., *Квантовая электроника*, 15, 1323(1988).