

БЕЗРЕЗОНАТОРНЫЙ ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ ГЕНЕРАТОР СВЕТА НА КРИСТАЛЛЕ $\alpha\text{-НJO}_3$

А. И. Ковригин, П. В. Никлес

Получена генерация в безрезонаторном параметрическом генераторе света. Коэффициент преобразования излучения накачки по энергии в параметрические волны, плавно перестраиваемые по частоте в диапазоне $1 - 1,10 \mu\text{m}$, составлял 57%. Проведено измерение динамики развития генерации. Ширина спектра выходного излучения составляла $0,2 \text{ см}^{-1}$.

До последнего времени параметрическая генерация света была осуществлена в схемах с резонаторами хотя бы по одной из параметрических волн. В работе [1] была произведена попытка наблюдения параметрической генерации по схеме бегущей волны, однако усиление оказалось недостаточным для получения генерации в режиме чисто бегущей волны.

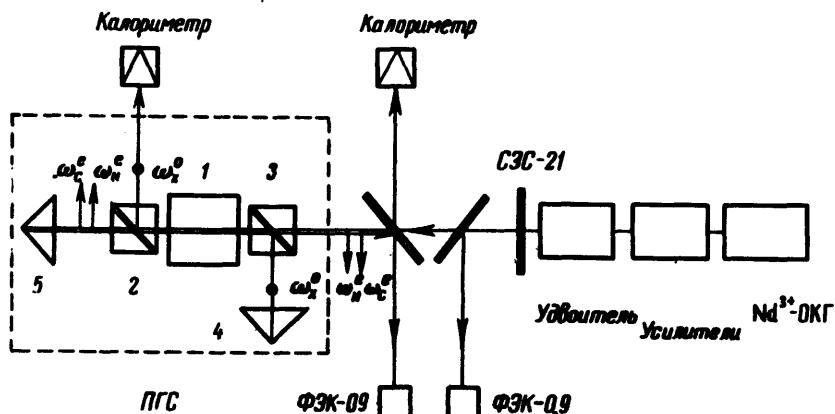


Рис. 1. Блок-схема установки безрезонаторного ПГС: 1 – кристалл, $\alpha\text{-НJO}_3$ длиной 2,3 см; 2, 3 – призмы Гланца; 4, 5 – стеклянные призмы

Интерес к безрезонаторным схемам ПГС определяется прежде всего тем, что в них перестройка частоты осуществляется плавно, тогда как в резонаторных ПГС – скачкообразно, вследствие модового характера излучения резонатора. Помимо схемы ПГС бегущей волны, рассмотренной в [1], безрезонаторная схема ПГС может быть осуществлена в ПГС с обратной волной [2], а также в схеме, предложенной в работе [3]. В безрезонаторных ПГС параметрические частоты определяются только резонансными свойствами линии параметрического усиления. Это позволяет получить узкие линии излучения, привязанные к центру линии усиления, независимо от стабильности геометрических размеров системы. Последнее представляет особый интерес в связи с тем, что частотная стабильность ПГС может быть выше стабильности частоты накачки [4].

Отличительной особенностью безрезонаторных ПГС является высокая пороговая мощность накачки, поэтому для экспериментальной реализации необходимо применение высокоеффективных нелинейных кристаллов.

таллов [5]. В нашем эксперименте использовался кристалл $\alpha\text{-HJO}_3$, $l = 2,5 \text{ см}$, вырезанный для взаимодействия $\epsilon_h - \epsilon_c \omega_x$, где индексы h , c , x , относятся соответственно к накачке, сигнальной и холостой волне. Такой тип взаимодействия позволил нам использовать коллинеарное распространение параметрически связанных волн, для которого пороговые мощности накачки являются минимальными в отличие от векторного взаимодействия, рассмотренного в работе [3]. Схема установки представлена на рис. 1. Безрезонаторный ПГС состоит из нелинейного кристалла 1, двух модифицированных призм Глана 2, 3 и двух стеклянных призм полного внутреннего отражения 4, 5.

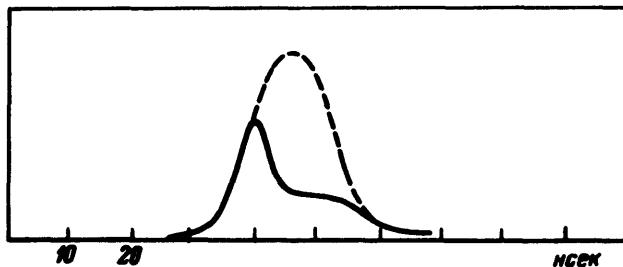


Рис. 2. Искажение импульса накачки, прошедшего через безрезонаторный ПГС (сплошная кривая). Пунктирная кривая характеризует падающие на ПГС импульсы накачки. Случай соответствует КПД преобразования по энергии 55%

Принцип действия такого генератора состоит в следующем. При распространении в прямом направлении необыкновенная волна накачки ϵ_h^1 проходит через призму Глана 3 и взаимодействует в нелинейном кристалле с обычной волной ω_x^0 , отраженной от призмы 4, при этом нарастает обыкновенная волна ω_c^e . После прохождения в нелинейном кристалле волна ω_x^0 отражается от призмы Глана и полностью выходит из генератора 2, тогда как необыкновенные волны накачки ω_h^e и сигнальная ω_c^e отражаются от призмы 5 и распространяются в кристалле 1 в обратном направлении, образуя обычную волну ω_x^0 , и т. д. Порог самовозбуждения такого ПГС в приближении плоских волн будет определяться следующим выражением:

$$\rho_{\text{порог}}^{\text{теор}} = \frac{4,2 \cdot 10^{-9}}{d_{\text{ЭФФ}}^2 l^2} \text{Арг} \operatorname{sh}^2 \frac{1}{(1 - \epsilon_c)} ,$$

где ϵ_c , ϵ_x — потери для сигнальной и холостой волны в одном направлении; $d_{\text{ЭФФ}}$ — эффективный нелинейный коэффициент. Для нашей установки $\epsilon_c = \epsilon_x = 0,5$, $\rho_{\text{теор}}^{\text{порог}}$ составляло $3,5 \text{ Мвт/см}^2$. Экспериментальное значение порога генерации, определяемое по появлению параметрического сигнала в регистрирующей схеме составляло $\rho_{\text{эксп}}^{\text{порог}} = 12 \text{ мвт/см}^2$.

¹⁾ Поляризации относятся к нелинейному кристаллу 1.

Отличие экспериментального и теоретического порога в основном определялось импульсным характером накачки.

Измерение КПД проводилось при помощи сравнения мощности накачки и мощности холостой волны ω_x^0 , а также сравнением импульсов накачки на входе и выходе ПГС. Как видно из рис. 2 имеет место существенное искажение импульса накачки. При $P_h = 20 \text{ Мвт}/\text{см}^2$ КПД по энергии достигал 57%. При больших плотностях мощности происходило разрушение кристалла $\alpha\text{-HJO}_3$. Время установления генерации $t_{\text{уст}}$, определенное по осциллограмме рис. 2 составляло $5 \cdot 10^{-9}$ сек. Выходную мощность параметрического сигнала можно оценить по формуле

$$P_c^{(N)} = R_c^{2(N)} P_{\text{co}} \text{sh}^{4(N)} s \ell, \quad (2)$$

где N – число переходов; P_{co} – мощность шумов на сигнальной частоте; $R_c \approx (1 - \epsilon_c)$

$$s = \left[\left(\frac{1,28 \pi^4 4d^2 \text{ЭФФ}}{c n_h n_c n_x \lambda_c \lambda_x} \frac{P_h}{w_0^2} \right) - \frac{(\Delta k)^2}{4} \right]^{1/2}.$$

Расчеты по этой формуле дают, что искажение импульса накачки должно наступить через 8 – 9 проходов, что при данной длине генератора находится в хорошем соответствии с измеренным временем $t_{\text{уст}} = 5 \cdot 10^{-9}$ сек.

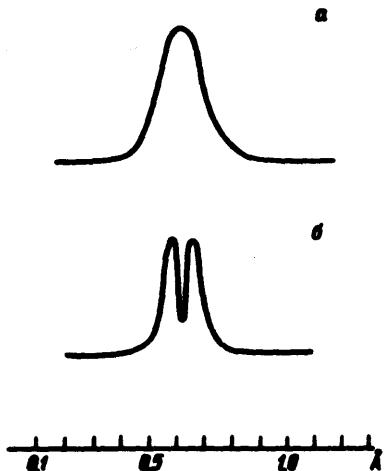


Рис. 3. Типичный спектр выходного излучения безрезонаторного ПГС. Спектр состоит только из одной компоненты шириной $\Delta\nu_x = 0,2 \text{ см}^{-1}$. Расстояние между спектральными компонентами соответствует межмодовому расстоянию нижнего резонатора. Длина резонатора в *a* и *b* одинакова. Интерферограммы сняты с помощью интерферометра Фабри – Перо с базой 6 мм

Исследование спектральной структуры проводилось с помощью интерферометра Фабри – Перо с базой 2 и 6 мм. Интерферограммы (рис. 3, *a*) показали, что спектр состоит только из одной компоненты с шириной $\Delta\nu_x = 0,2 \text{ см}^{-1}$ в случае холостой $\lambda_x = 1,09 \mu\text{м}$. Эта ширина спектра согласуется с оценками сужения спектра, рассчитанными по формуле (2). Дополнительное сужение спектра должно происходить вследствие насыщения усиления [6], имевшего место в нашем генераторе. Эксперименты показали, что выходное излучение безрезонаторного ПГС обладает хорошей направленностью ~ 4 мкс.

Исследованную схему безрезонаторного ПГС легко было преобразовать в ПГС с резонатором по одной частоте. Поворотом призмы Глана на 90° вокруг оси пучка образовался резонатор по холостой частоте ω_x^0 . В этом случае выходной спектр состоял из нескольких компонент обычно двух-трех, соответствующих модам резонатора (рис. 3, б). Экспериментальный порог этого ПГС был равен $7,5 \text{ МэВ/см}^2$, а теоретический порог 1 МэВ/см^2 . Выходные частоты безрезонаторного ПГС плавно перестраивались в диапазоне $1 - 1,10 \text{ мк}$ поворотом кристалла $\alpha\text{-НJO}_3$. Характеристики генератора при этом, как и ожидалось, заметно не менялись.

В заключение авторы выражают благодарность Л.Н. Рашкевичу за предоставление кристалла $\alpha\text{-НJO}_3$ и Ю.Бойкову за качественную оптическую обработку кристалла.

Физический факультет
Московского
государственного университета
им. М.В.Ломоносова

Поступила в редакцию
18 марта 1971 г.

Литература

- [1] А.И.Ковригин, П.В.Никлес, А.С.Пискарскас, А.С.Холодных, Тезисы IV Всесоюзной конференции по нелинейной оптике. Киев, 25 – 31 октября 1968 г., стр. 69.
 - [2] S.E.Harris. Appl. Phys. Lett., 9, 114, 1966.
 - [3] В.М.Фортус. Аннотации докладов V Всесоюзной конференции по нелинейной оптике. Кишинев, 10– 15 ноября 1970 г., стр. 127.
 - [4] A.I.Kovrigin, R.L.Byer. IEEE, QE-5, 384, 1969.
 - [5] А.Н.Израиленко, А.И.Ковригин, П.В.Никлес. Письма в ЖЭТФ, 12, 475, 1970.
 - [6] L.B.Kreutzer. Theory of the single resonant optical parametric oscillator. Bell Telephone Laboratories, 1968.
-