

21, 95

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ ТОЛЬКО ПО ОДНОЙ ИЗ ВОЛН

Ю.Н.Беляев, А.М.Киселев, Г.И.Фрейдман

Исследования, проведенные в последнее время, показывают возможность применения параметрических генераторов света (ПГС) в качестве мощных источников когерентного излучения с перестраиваемой частотой и большим коэффициентом преобразования. Однако установление квазистационарного состояния при коэффициенте преобразования η_p по мощности сигнальной волны около 20% наблюдалось только в ПГС с обратной связью по двум генерируемым волнам [1,2]. В системах же с обратной связью только по одной волне квазистационарное состояние не достигалось и значение η_p не превышало 6% [2]. В то же время ПГС с обратной связью по одной волне в некоторых случаях могут иметь определенные преимущества, связанные, например, с возможностью более плавной перестройки [2,3] и с большей величиной максимального коэффициента преобразования [3,4]. Кроме того, до настоящего времени не решена задача об уменьшении ширины спектра излучения ПГС с большим коэффициентом преобразования до величины меньшей одного обратного сантиметра.

В настоящей работе приводятся результаты экспериментального исследования ПГС с обратной связью только по холостой волне, которые показывают возможность получения в таких системах значений коэффициента преобразования η_p до нескольких десятков процентов при достаточно малой ширине частотного спектра. Из оценок следует, что получение малой ширины спектра связано с прохождением волн в резонаторе ПГС через две области взаимодействия.

Исследуемый ПГС работал на кристалле KDP в невырожденном режиме. Коэффициент отражения для сигнальной волны был не более 10%, а для холостой волны равнялся практически 100%, хотя коэффициент обратной связи R_2 для нее из-за поглощения и отражений был около 60%. Накачкой служила вторая гармоника излучения неодимового ОКГ, работавшего с просветляющимся затвором в одночастотном режиме без селекции поперечных мод. Пучок излучения накачки с энергией 0,05 – 0,2 дж сжимался телескопом в два раза, при этом его диаметр становился равным примерно 4 мм. Форма импульсов излучения накачки на входе и выходе ПГС регистрировалась на осциллографе И-2-7, на вход которого с разной задержкой подавались импульсы с соответствующим образом поставленных ФЭК-13. Разрешающее время системы не больше 2 нсек. Отдельно измерялась энергия W_{H_1} импульса накачки на входе ПГС. Одновременно с этими измерениями можно было регистрировать энергию излучения сигнальной волны W_1 (измерителем ИЭК-1), форму его импульса (на осциллографе С-1-11 с сигналом от ФЭУ-22) и сечение ее пучка. Исследование частотного спектра излучения сигнальной волны или его диаграммы направленности можно было проводить вместо регистрации ее мощности, формы импульса и сечения пучка.

Пороговое значение энергии накачки W_{H_1} составляло 0,05-0,07 дж (пороговое значение мощности 3-5 Мвт). При превышении этой величины в полтора-два раза коэффициент преобразования по энергии сигнальной волны η_W достигал 7%. При этом форма импульса излучения накачки прошедшего через резонатор ПГС существенно отличалась от формы импульса на его входе (рис.1), а изменение энергии накачки ΔW за счет нелинейных процессов составляло 22% от W_{H_1} . Пиковое значение мощности излучения сигнальной волны непосредственно не измерялось. Однако, очевидно (это следует также из соотношений работы [4]), что величину η_p можно оценить по формуле $\eta_p \geq \Delta P \bar{P}_{H_1}^{-1} (\eta_W W_{H_1} W_{H_2}^{-1})^1$ ¹⁾. Здесь $\Delta P = (\bar{P}_{H_2} - \bar{P}_{H_1})$ – связанная с процессом генерации разность мощностей излучения накачки на выходе и входе ПГС после установления квазистационарного режима, $W_{H_2} = (W_{H_1} - \Delta W)$. Из данных, приведенных на рис.1 получается, что $\eta_p \geq 14\%$. Это согласуется с оценкой величины η_p , проведенной по измерению длительности импульса

¹⁾Знак равенства имеет место, очевидно, только при отсутствии потерь энергии накачки на поглощение и отражение от резонатора ПГС.

излучения сигнальной волны r_1 , которая оказалась примерно в два раза меньше длительности импульса накачки $r_H (\eta_p \approx \eta_W r_W r_1^{-1} \approx 1\%)$.

Разный характер изменения формы импульса накачки на выходе ПГС в отдельных экспериментах, а также меньше в два-три раза по сравнению с теоретической [4] величиной значение η_p связано, по-видимому, с неоднородностью пучка накачки и существованием в некоторых случаях нескольких областей генерации. Это подтверждается исследованием структуры пучка излучения сигнальной волны, которую оказалось возможным разделить на два типа. Излучение первого типа представляло собой правильной формы пучок, диаметром около 2,5 мм. Плотность потока мощности в этих случаях достигала 50 мкж/см^2 . Фотографии сечения пучка излучения второго типа представляли собой набор неправильной формы пятен.

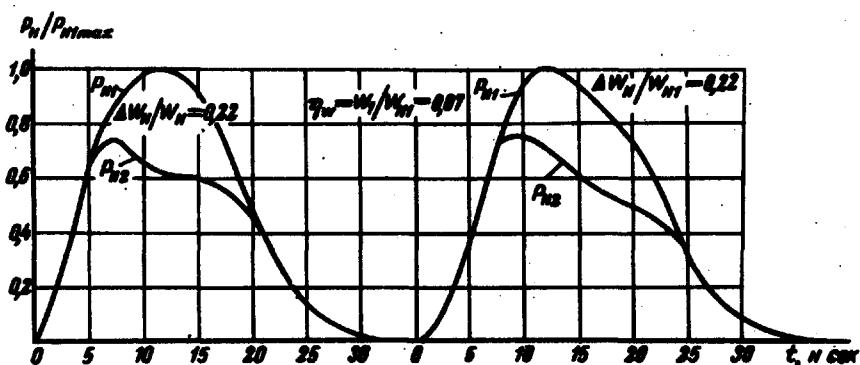


Рис.1. Характерные виды зависимостей мощности накачки на входе (P_{H1}) и выходе (P_{H2}) ПГС от времени

Спектр излучения сигнальной волны состоял в большинстве случаев из одной или двух линий (рис.2, см.вклейку). Ширина отдельной линии не превышала $0,1 \text{ см}^{-1}$. Расстояние между линиями было от долей ангстрема до нескольких ангстрем. Диаграммы направленности излучения сигнальной волны в отдельных экспериментах можно разделить на три типа (рис.3, см.вклейку).

Такой характер частотного и углового спектра излучения можно объяснить следующим образом. Из зависимости инкремента мод от частоты, полученной в работе [3] для одномерных взаимодействий в ПГС с одной зоной взаимодействия следует, что ширина спектра $2\Delta\omega$ должна

быть в таком ПГС не меньше $2 \cdot 4 \text{ см}^{-1}$). Однако в нашем случае волны проходили через две зоны взаимодействия, разделенных областью, в которой разность их фаз линейно зависела от частоты. Это обстоятельство делает зависимость инкремента мод от частоты более быстрой, вследствие чего, как показывают оценки, ширина спектра при одномерном взаимодействии должна уменьшиться до долей обратного сантиметра. Появление в спектре генерации линий разделенных интервалом в несколько ангстрем связано, по-видимому, с возбуждением волн с существенно неодномерным взаимодействием (фото 3 на рис.3) несмотря на их частичную селекцию слабоотражающими поверхностями в резонаторе ПГС. Следует отметить, что применение прохождения волн через две области взаимодействия с определенным образом ориентированными осями кристаллов (например, при двукратном прохождении через один кристалл после отражения волн от зеркала) позволяет в принципе подавить генерацию волн с двумерным взаимодействием (поскольку синхронизм на обоих проходах выполняется только для одномерных взаимодействий). Таким образом, приведенные выше результаты показывают возможность создания ПГС с большим коэффициентом преобразования и большой мощностью при малой ширине спектра излучения.

Научно-исследовательский
радио-физический институт
г. Горький

Поступило в редакцию
17 февраля 1969 г.

Литература

- [1] L.B.Kreuzer, Appl. Phys. Lett., 13, 57, 1968.
- [2] J.E.Bjorkholm, Appl. Phys. Lett., 13, 53, 1968.
- [3] Г.И.Фрейдман, Нелинейная оптика. Труды 2-го Всесоюзного симпозиума по нелинейной оптике. Наука, Новосибирск, 1968.
- [4] В.М.Фортус, Г.И.Фрейдман, Изв. высш. уч. зав., Радиофизика, (в печати). Труды 3-го Всесоюзного симпозиума по нелинейной оптике, Ереван, 1967 (в печати).

1) Оценку можно провести по формуле для прямоугольного импульса накачки при большом коэффициенте усиления ($\gamma_0 \ell > 1$)

$$2\Delta\omega = 4\gamma_0 |\nu_1^{-1} - \nu_2^{-1}| [2(\gamma_0 \ell + \ln(R_2/2))(\gamma_0 \ell - 1)^{-1}(P_0 r_c)^{-1}]^{1/2}.$$

Здесь ν , групповые скорости волн; $(P_0 r_c)$ – коэффициент усиления центральной моды за время установления стационарного состояния r_c ; ℓ – длина области взаимодействия; γ_0 – коэффициент взаимодействия волн, соответствующий пиковому значению плотности потока мощности накачки S_0 ($\gamma_0 = \bar{x}\sqrt{S_0}$).