

Поступило в Редакцию
17 октября 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 24

26 декабря 1990 г.

07

© 1990

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫХОДНОЙ ЭНЕРГИИ ПГС ПО ДЛИТЕЛЬНОСТИ ИМПУЛЬСНОЙ НАКАЧКИ

Г.П. Д ж о т я н, А.В. М е с р о п я н

Для ряда практических приложений является важным получение максимально больших значений энергии в импульсе выходного излучения параметрического генератора света (ПГС). В настоящей работе исследована возможность оптимизации длительности гауссового импульса накачки однорезонаторного ПГС (ОПГС) с целью получения максимальной энергии на частотах, генерируемых в ПГС воли при фиксированной энергии импульса накачки. Для анализа динамики взаимодействующих в ОПГС световых импульсов использована приближенная теория ОПГС, развитая в [1]. Эта теория основана на приближении среднего поля для резонирующей в ОПГС сигнальной волны, а также на предположении о достаточно большой длительности импульса накачки, превышающей время пробега импульсов взаимодействующих воли вдоль резонатора ПГС. Эти приближения позволили в [1] получить следующую сравнительно простую систему уравнений для интенсивностей волн, взаимодействующих в ОПГС:

$$T \cdot \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = N_0(t) \cdot \sin^2 \sqrt{y(t)},$$

$$I_x(z, t) = \frac{\delta_x}{\delta_H} \cdot I_H^0(t) \cdot \sin^2 \sqrt{y(t)} \cdot \frac{z}{L},$$

$$I_H(z, t) = I_H^0(t) \cdot \cos^2 \sqrt{y(t)} \cdot \frac{z}{L},$$

где

$$y(t) = \delta_H \cdot \delta_x \cdot L^2 \cdot I_C(t), \quad T = \frac{L}{\mu_c \cdot (1 - \sqrt{R})},$$

$$N_0(t) = \frac{\mu_c \cdot T \cdot \delta_x \cdot \delta_c \cdot L \cdot I_H^0(t)}{2}.$$

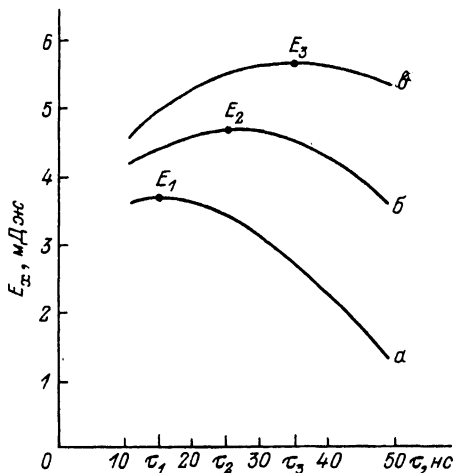


Рис. 1. Зависимости энергии холостой волны от длительности гауссового импульса входной накачки.

а - энергия входной накачки 60 мДж, б - энергия входной накачки 65 мДж, в - энергия входной накачки 70 мДж. τ_1 , τ_2 , τ_3 - оптимальные длительности накачки. E_1 , E_2 , E_3 - максимумы энергии холостой волны.

Здесь $I_c(t)$ - усредненная по длине резонатора интенсивность резонирующей сигнальной волны, а $I_H(z,t)$ и $I_x(z,t)$ - интенсивности накачки и холостой волны в сечении z . $I_H^0(t)$ - интенсивность входной накачки, T - время релаксации холодного резонатора, u_c - групповая скорость резонирующей сигнальной волны, L - длина резонатора, совпадающая с длиной нелинейного кристалла, γ_c , γ_x , γ_H - коэффициенты нелинейной связи, пропорциональные тензору квадратичной нелинейности среды, R - коэффициент отражения по интенсивности выходного зеркала (входное зеркало предполагается 100%-м) на частоте резонирующей сигнальной волны. На частотах ω_x и ω_H зеркала предполагаются полностью прозрачными.

Решение уравнений (1) проведено с помощью ЭВМ. Получены временные кривые зависимостей $y(t)$, $I_x(l,t)$, $I_H(l,t)$, площади под которыми пропорциональны соответственно энергиям волн сигнальной, холостой и накачки на выходе из резонатора.

На рис. 1 представлены зависимости энергии холостой волны от длительности гауссового импульса входной накачки при сохранении энергии последней постоянной. Расчеты были проведены для кристалла $LiNbO_3$ длиной 5 см. Коэффициент отражения выходного зеркала 90%. Длины взаимодействующих волн равны соответ-

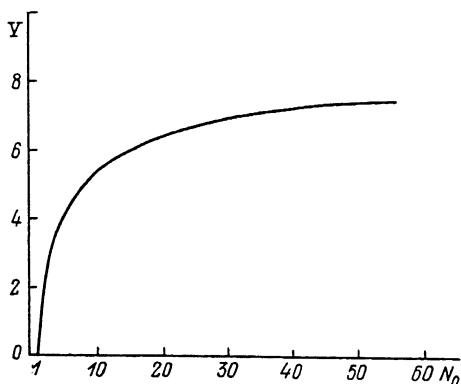


Рис. 2. Зависимость интенсивности Y резонирующей сигнальной волны от превышения N_0 интенсивности накачки над пороговым значением.

венно $\lambda_H = 1.064$ мкм, $\lambda_c = 1.649$ мкм, $\lambda_x = 3$ мкм.

Как видно из рис. 1, существует оптимальная длительность импульса входной накачки с фиксированной энергией, при которой энергия холостой волны максимальна. Энергия резонирующей сигнальной волны прямо пропорциональна энергии холостой волны и достигает максимального значения при той же длительности импульса накачки.

Наличие оптимальной длительности при фиксированной энергии входной накачки можно понять из следующих качественных соображений, если обратиться к зависимости приведенной интенсивности Y резонирующей сигнальной волны от превышения N_0 интенсивности накачки над пороговым значением, полученным в [2], в квазистационарном режиме генерации (см. рис. 2).

Увеличение длительности τ импульса входной накачки при сохранении ее энергии постоянной приводит к уменьшению ее средней интенсивности. На рис. 2 это соответствует движению вдоль оси в направлении к $N_0 = 1$, соответствующему порогу генерации ОПГС. Эффективность взаимодействия уменьшается и при достаточно большой длительности τ генерация срывается при $N_0 < 1$. С другой стороны уменьшение τ соответствует увеличению N_0 и перемещению в область насыщения (см. рис. 2). В этой области уменьшение длительности накачки, а соответственно и резонирующей сигнальной (холостой) волны имеет место при примерно постоянной величине интенсивности последней из-за насыщения усиления, что приводит к уменьшению энергии резонирующей сигнальной (холостой) волны. Таким образом, предельные увеличение и уменьшение дли-

тельности импульса входной накачки приводят к уменьшению энергии резонирующей сигнальной и холостой волн. Это указывает на существование оптимальной длительности $\tau_{опт}$ (при фиксированной энергии входной накачки), при которой выходная энергия на параметрических частотах максимальна. Для квазистационарного случая, как показывает анализ системы уравнений (1), оптимальное значение длительности входной накачки $\tau_{опт}$ линейным образом возрастает с ростом энергии входной накачки. Как видно из рис. 1 $\tau_{опт}$ для нестационарного случая также линейным образом возрастает с ростом энергии входной накачки.

Таким образом, в настоящей работе показано существование оптимального значения длительности импульса входной накачки при фиксированной энергии последней, при котором достигается максимальная выходная энергия генерации ОПГС. При этом значение оптимальной длительности накачки линейно возрастает с увеличением энергии входной накачки.

В заключение отметим, что существование оптимальной длительности входной накачки $\tau_{опт}$ подтверждается также при анализе точной системы укороченных уравнений, описывающих ОПГС (см., например, [3]) проведенным методом, использованным в [4]. Этот метод решения основан на аппроксимации возбуждающего ОПГС импульса накачки ступенчатой функцией и многократном (с учетом отражения на зеркалах) решении стационарных уравнений ОПГС.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Дьяков Ю.Е., Ковригин А.И. // Квантовая электроника. 1972. Т. 4(10). С. 86-89.
- [2] Джотян Г.П., Дьяков Ю.Е. // Квантовая электроника. 1977. Т. 4. С. 2338-2344.
- [3] Ахманов С.А., Дьяков Ю.Е., Чиркин А.С. Введение в статистическую радиофизику и оптику. М.: Наука, 1981. 640 с.
- [4] Дмитриев В.Г., Тарасов Л.В. В кн.: Прикладная нелинейная оптика. М.: Радио и связь, 1982. С. 311-312.

Поступило в Редакцию
21 июня 1990 г.