

文章编号: 1001-3806(2002)01-0033-02

光脉冲通过 F-P 滤波器后峰值功率的变化*

吴正茂^{1,2} 夏光琼^{1,2} 陈建国² 李北川¹

(¹西南师范大学物理系, 重庆, 400715) (²四川大学光电系, 成都, 610064)

摘要: 通过推导出的啁啾光脉冲通过 F-P 滤波器后输出脉冲光强的解析表达式, 对不同情况下输出脉冲的峰值功率进行了研究。发现对于一确定的滤波器, 峰值输出功率随输入脉冲的宽度及啁啾因子的大小而变化。

关键词: 光脉冲; F-P 滤波器; 峰值功率

中图分类号: TN713 文献标识码: A

Peak power of an ultrashort optical pulse passing through a F-P filter

Wu Zhengmao^{1,2}, Xia Guangqiong^{1,2}, Chen Jianguo², Li Beichuan¹

(¹ Department of Physics, Southwest Normal University, Chongqing, 400715)

(² Department of Optoelectronics, Sichuan University, Chengdu, 610064)

Abstract: Based on the derived analytical expression for the output pulse intensity of the input chirped optical pulse transmitting a F-P filter, the output peak power has been studied for different cases. It is found that the peak power changes with the width and the chirp of the input pulse.

Key words: optical pulse; F-P filter; peak power

引言

近年来, F-P 滤波器正日益受到人们的广泛关注, 已有不少相关的理论和实验报道^[1-6]。然而, 对于一个光脉冲(尤其是这一脉冲还具有啁啾)通过 F-P 滤波器后输出脉冲峰值功率的变化及影响这一变化的相关因素等方面的研究尚有待深入, 我们将着重就这一问题进行分析。

1 理论分析

为简便起见, 我们只就光脉冲正入射两端面 F-P 滤波器^[1,2]的情形进行讨论, 并忽略滤波器内介质的色散。考察一啁啾高斯脉冲正入射到 F-P 滤波器上, 该高斯脉冲可表示为:

$$E_1(t) = A \exp\left[-\left(\frac{t}{\tau}\right)^2\right] \exp[i(\omega_0 t - at^2)] \quad (1)$$

式中, A 是峰值振幅, ω_0 为入射光的中心频率, a 为线性啁啾因子, τ 为表征脉宽的因子, 它与脉冲强度宽度 T 的关系为: $T = \tau \sqrt{2 \ln 2}$ (2)

F-P 滤波器的传递函数为:

$$X(\omega) = k \sum_{m=0}^{\infty} (r_1 r_2)^m \exp(i 2m \omega t_0) \exp(-i \omega t_0) \quad (3)$$

式中, r_1, r_2 分别代表输入和输出端面的振幅反射率, ω 为考察脉冲的角频率, 而:

$$k = A \sqrt{(1-r_1^2)(1-r_2^2)} \quad (4a)$$

$$t_0 = \frac{\mu L}{c} \quad (4b)$$

式中, μ 为 F-P 滤波器内介质的折射率, L 为 F-P 标准具的几何长度, c 为真空中光速。

对(1)式表示的光脉冲, 利用傅里叶变换可求出其频谱 $E_1(\omega)$ 。结合(3)式, 在频域上可得到 F-P 滤波器的透射光场 $E_2(\omega)$ 为:

$$E_2(\omega) = E_1(\omega) X(\omega) \quad (5)$$

对(5)式进行逆傅里叶变换, 可得到时域上输出脉冲的振幅分布为:

$$E_2(t) = k' \sum_{m=0}^{\infty} (r_1 r_2)^m \exp\left[-(1-4a^2 \tau^4) \times \left(t - t_0 - 2mt_0 - \frac{2a\omega_0}{4a^2 \tau^4}\right)^2 / 2\tau^2\right] \exp(i \Psi_m) \quad (6)$$

式中,

$$k' = k \exp\left[-\frac{\omega_0^2 \tau^2}{2(1-4a^2 \tau^2)}\right] \exp\left[\frac{i \omega_0^2 a \tau^4}{1-4a^2 \tau^2}\right] \quad (7a)$$

* 高等学校骨干教师和重庆市科委资助项目。

作者简介: 吴正茂, 男, 1970 年 9 月出生。教授。现从事激光与光纤通信方面的研究。

收稿日期: 2000-11-27

$$\Psi_m = -2a \frac{2mt_0 - t + t_0 - \omega_0}{4a} + \frac{\omega_0^2}{8a} \quad (7b)$$

上式是在假设输入脉冲峰值到达FP滤波器输入端面的时间为0的条件下得到的。利用(6)式,可计算出输出脉冲强度分布 $I(t)$:

$$I(t) = k^2 \exp\left[-\frac{\omega_0^2 \tau^2}{1-4a\tau^2}\right] \sum_{m=0}^{\infty} (r_1 r_2)^{2m} \times \exp\left[\frac{(4a^2 \tau^4 - 1) \left(t - t_0 - 2mt_0 + \frac{2a\omega_0 \tau^3}{4a^2 \tau^4 - 1}\right)^2}{\tau^2}\right] + k^2 \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0, n \neq m}^{\infty} (r_1 r_2)^{(m+n)} \times \exp\left[\frac{(4a^2 \tau^4 - 1) \left(t - t_0 - 2mt_0 + \frac{2a\omega_0 \tau^3}{4a^2 \tau^4 - 1}\right)^2}{2\tau^2}\right] \times \exp\left[\frac{(4a^2 \tau^4 - 1) \left(t - t_0 - 2nt_0 + \frac{2a\omega_0 \tau^3}{4a^2 \tau^4 - 1}\right)^2}{2\tau^2}\right] \times \cos\left\{8a \left[(m+n)t_0 - t + t_0 - \frac{\omega_0}{4a\tau}\right] (m-n)t_0\right\} \quad (8)$$

由上式,我们就可以讨论经过FP滤波器后输出脉冲的峰值功率。

2 结果与讨论

基于以上理论,并假设输入脉冲的中心频率与滤波器的共振频率相同,我们作出了不同的啁啾因子下输出脉冲的峰值功率随输入脉冲宽度 T_{in} 的变化曲线,如图1所示。作图所用数据为: $A=1$, $r_1^2=r_2^2=0.9$, $t_0=1$ ps。从图中可以看出,对于一确定的滤波器(即给定 r_1, r_2, t_0 的值),随着输入脉冲宽度的增加,输出脉冲的峰值功率逐渐增大,最后趋于一常数,且这一常数随着啁啾因子的增大而逐渐减小。这可解释为:脉冲宽度越大,其频宽越小。

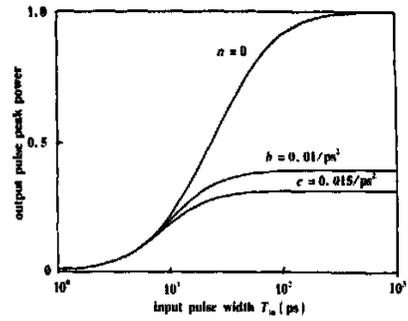


Fig. 1 Variation of the peak output power with the input pulse width for the chirp parameter

对于 $a=0$ (即无啁啾) 的情形,对一固定的滤波器,当输入脉冲的频宽大于或与滤波器的带宽相当时,它对输入脉冲能起滤波作用(即有部分频率的光不能通过);随着输入脉宽的增加,当其频宽远小于滤波器的带宽时,滤波器对输入脉冲几乎没有滤波作用,输出脉冲的峰值功率趋于常数1(即与入射时相同),此时滤波器几乎不改变入射脉冲的形状^[1]。而对于输入脉冲有啁啾的情形,啁啾脉冲经滤波器后其频率分布将出现变化,中心峰值处频率已不再为FP的共振频率^[3],故无论输入脉冲的脉宽多大,输出脉冲的峰值功率均小于1。且啁啾量越大,这种效应越显著。

参 考 文 献

- [1] Eldering C A, Dienes A, Kowal S T. *Opt Engng*, 1993, 32(3): 464-468.
- [2] Wu Z M, Xia G Q, Chen J G. *J Opt Commun*, 1997, 18(1): 19-23.
- [3] Mollenauer L F, Gordon J P, Evangelides S G. *Opt Lett*, 1992, 17(22): 1575-1577.
- [4] Leeson M S. *J Lightwave Technol*, 2000, 18(1): 13-25.
- [5] Town G E, Sugden K, Williams J A R *et al.* *IEEE Photon Technol Lett*, 1995, 7(1): 78-80.
- [6] Peerlings J, Dehe D, Vogt A *et al.* *IEEE Photon Technol Lett*, 1997, 9(9): 1235-1237.