

文章编号: 1001—4322(1999)03—0313—04

高通量条件下 KDP 晶体三倍频参数的优化*

秘国江, 魏晓峰, 袁晓东, 郑万国, 袁 静

(中国工程物理研究院核物理与化学研究所激光技术工程部, 成都 525 信箱 80 分箱, 610003)

蔡邦维, 何钰娟, 杨春林

(四川大学激光物理与化学研究所, 成都, 610064)

摘 要: 采用四阶龙格-库塔(R-K)数值计算方法, 以 I/II 角度失谐和 II/II 偏振失配两种三倍频方案为例, 给出了入射基频光为平面方波, 功率密度 $5\text{GW}/\text{cm}^2$ 的情况下, KDP 晶体三倍频参数的优化结果。

关键词: 角度失谐; 偏振失配; 晶体厚度

中图分类号: O437.1 文献标识码: A

在 ICF 驱动器中, 高强度、大口径的高效三倍频技术是衡量驱动器总体技术指标的一个重要方面。为了实现在高强度和较大动态范围情况下的高效三倍频转换, 本文在基频光功率密度为 $5\text{GW}/\text{cm}^2$ 的情况下, 对 ICF 驱动器中最常用的 I/II 角度失谐(图 1a)与 II/II 偏振失配(图 1b)两种三倍频方案的参数进行了优化。前者角度失谐比后者敏感 2.6 倍, 但在强激光作用下 I 类匹配晶体内产生 SBS 和 SRS 的阈值比 II 类匹配高的多^[1]。

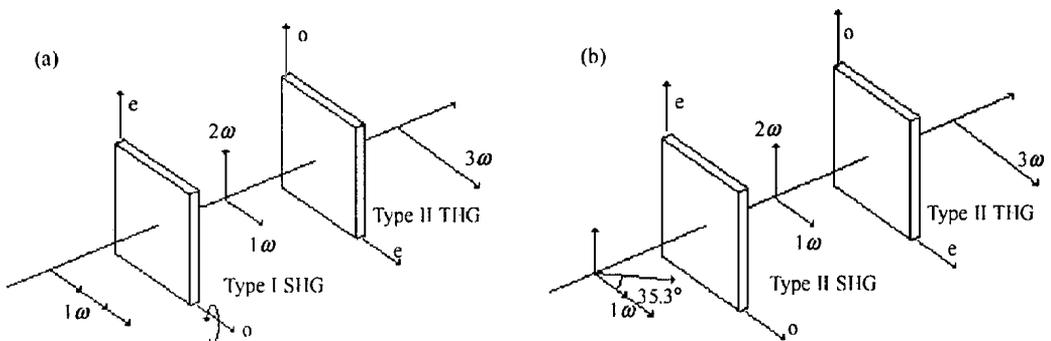


Fig. 1 Cascaded third harmonic generation schemes

(a) I/II angle-detuning scheme; (b) II/II polarization mismatch scheme

图 1 KDP 晶体三倍频方案

影响 KDP 晶体三倍频效率的因素很多, 其中晶体厚度、相位失谐角度、偏振失配角度和进入三倍频器的基频、二倍频光子数的混合比例最为重要^[2]。在高功率激光器的三倍频方案时, 倍频系统不仅要有高的转换效率, 还要求三倍频效率要有比较大的动态范围, 因此倍频参数的优化很重要。本文先优化二倍频晶体的参数, 在此基础上再优化三倍频晶体的参数。KDP 晶体对三种频率光的吸收系数分别为 $\alpha_{1\omega} = 0.04\text{cm}^{-1}$, $\alpha_{2\omega} = \alpha_{3\omega} = 0.0001\text{cm}^{-1}$, 忽略了晶面反射

* 国家 863 惯性约束聚变领域资助课题
1998 年 10 月 12 日收到原稿, 1999 年 4 月 2 日收到修改稿。
秘国江, 男, 1973 年出生, 在读硕士

损耗, 谐波耦合方程组与其它系数见文献[3, 4].

1 I/II 角度失谐匹配方案参数的优化

在 I/II 角失谐方案中, 入射线偏振光平行于二倍频器晶体 o 轴方向, $\omega + \omega = e_{2\omega}$, 调整失谐角度, 使其内转换效率约为 66.7%, 这样进入三倍频器的基频 e 光子与二倍频 o 光子数比为 1:1; $\omega + 2\omega = e_{3\omega}$, 一个基频 e 光子正好与一个二倍频 o 光子结合, 三倍频效率最高.

首先, 优化二倍频晶体的失谐角度和厚度. 目前激光装置光束平均发散角一般为 $100\mu\text{rad}$ 左右, 考虑晶体厚度要合适, 我们将二倍频晶体失谐角度 θ_1 定为 $300\mu\text{rad}$. 在 $5.0\text{GW}/\text{cm}^2$ 附近, 通过数值计算方法做二倍频内转换效率 ($\theta_1 = 300\mu\text{rad}$) 随基频光功率密度和晶体厚度变化的等高线, 从中可测出内转换效约为 66.7% 且有较大动态范围时, 二倍频晶体的厚度约为 1.24cm .

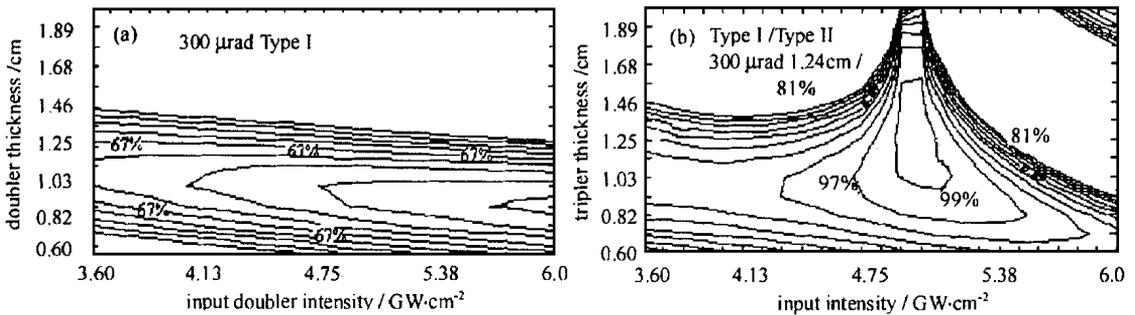


Fig 2 Harmonic generation efficiency as a function of incident intensity and the thickness of the crystal

图 2 倍频效率随基频光功率密度和晶体厚度变化的等高线

(a) I 类匹配, 二倍频; (b) I/II 角度失谐三倍频

以所得的二倍频器晶体厚度 1.24cm , 在 $5.0\text{GW}/\text{cm}^2$ 附近做 I/II 角度失谐匹配方式 ($\theta_1 = 300\mu\text{rad}$, $\theta_2 = 0\mu\text{rad}$) 三倍频内转换效率随基频光功率密度和三倍频器晶体厚度变化的等高线如图 2 所示, 具有高的三倍频转换效率和较大动态范围的最佳匹配厚度为 $1.24\text{cm}/1.05\text{cm}$.

2 II/II 偏振失配匹配方案参数的优化

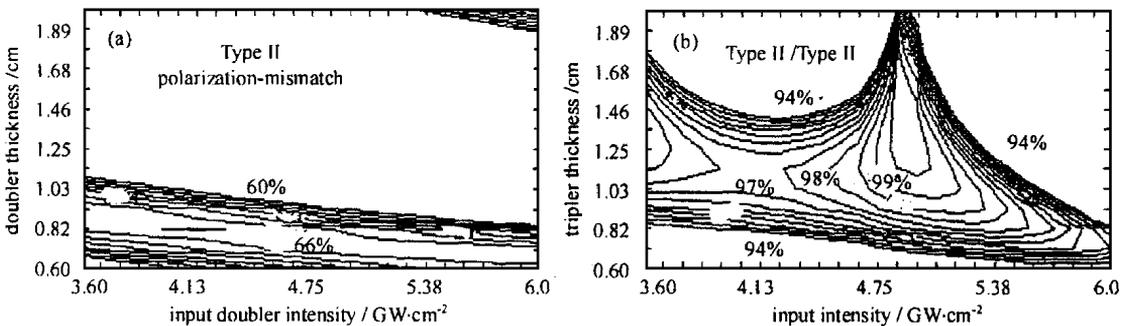


Fig 3 Harmonic generation efficiency as a function of incident intensity and the thickness of the crystal

图 3 倍频效率随基频光功率密度和晶体厚度变化的等高线

在 II/II 偏振失配匹配方案中, 基频光线偏振方向与二倍频晶体 o 轴夹角为 35.3° , $e_{\omega^+} \cdot e_{\omega} \cdot e_{2\omega}$, 选择二倍频晶体的厚度, 使其内转换效率约为 66.7%, 这样进入三倍频(混频)器的基频 e 光子与二倍频 o 光子数比为 1:1, $e_{\omega^+} \cdot e_{2\omega} \cdot e_{3\omega}$, 三倍频效率最高。

首先使入射基频光线偏振方向与二倍频晶体 o 轴夹角为 35.3° , 优化二倍频晶体的厚度。在 5.0 GW/cm^2 附近做 II 类匹配方式二倍频内转换效率随基频光功率密度和晶体厚度变化的等高线如图 3a, 可测出内转换效率约为 66.7%, 且有较大动态范围时二倍频晶体的厚度为 0.82cm。以所得二倍频参数, 作 II/II 偏振失配三倍频内转换效率的等高线如图 3b 所示, 优化三倍频晶体的厚度为 1.03cm。

用所优化的参数做 I/II 角度失谐(图 4a)与 II/II 偏振失配(图 4b), 三倍频外转换效率曲线。显而易见, 所优化的三倍频参数具有较高的转换效率和较大的动态范围, 并且倍频晶体的失谐角度或基频光的偏振态在一定范围内变化时具有一定的稳定性。

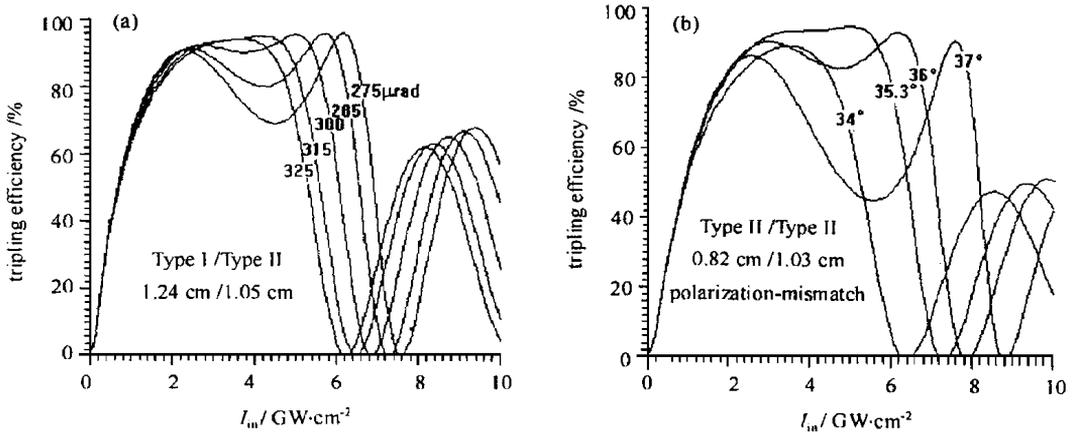


Fig 4 Triple harmonic generation efficiency
图 4 三倍频效率曲线

3 结 论

通过数值计算与分析, 在 5.0 GW/cm^2 附近获得最佳转换效率时, I/II 角度失谐和 II/II 偏振失配两种三倍频方案的优化参数为 $\Delta\theta = 300 \mu\text{rad}$, 1.24cm/1.05cm 和 0.82cm/1.03cm。此方法也同样适用于 KDP 晶体 II/I 偏振失配等其他三倍频方案和 BBO、LBO 等非线性晶体二、三倍频时参数的优化, 因而有很强的普适性, 对高强度和大动态范围情况下驱动器三倍频方案参数的优化具有指导意义。

参考文献

- 1 Barker C E, et al Design and performance of the Beam let laser third harmonic frequency converter. *SPIE*, 1997, **2633**: 398
- 2 任兆玉, 张纪岳 KDP 晶体高效二倍频理论的分析. *激光杂志*, 1997, **18**(4): 18
- 3 Craxton R S High efficiency frequency tripling schemes for high power Nd: glass lasers. *IEEE J QE*, 1981, **QE-17**(9): 1771
- 4 Craxton R S, et al Basic properties of KDP related to the frequency conversion of 1 μm laser radiation. *IEEE J QE*, 1981, **QE-17**(9): 1782

OPTIMIZING OF THIRD HARMONIC GENERATION PARAMETERS IN KDP CRYSTAL UNDER THE HIGH FLUENCE

BI Guo-jiang, WEI Xiao-feng, YUAN Xiao-dong, ZHENG Wan-guo, YUAN Jing
Institute of Nuclear Physics & Chemistry, CAEP, Chengdu, Box 525-80, 610003

CAI Bang-wei, HE Yu-juan, YANG Chun-lin
Institute of Laser Physics & Chemistry, Sichuan University, Chengdu, 610064

ABSTRACT: In third harmonic generation, it is very important to select the parameters of the generator. In this paper, we optimized the thickness of the doublers and triplers, mismatch angles and other parameters of I/II angle-detuning and II/II polarization mismatch third harmonic generation schemes by numerical calculation way. We also give the tripling efficiency curves which the pulse shape of the input intensity is flat in space and time around $5.0 \text{ GW}/\text{cm}^2$.

KEY WORDS: angle-detuning; polarization mismatch; the thickness of the crystal