

非单色光抽运的光参量啁啾脉冲放大的 带宽及增益特性研究*

刘华刚[†] 章若冰 朱 晨 柴 路 王清月

(天津大学精密仪器与光电子工程学院, 光电信息技术科学教育部重点实验室, 天津 300072)

(2007 年 8 月 23 日收到, 2007 年 9 月 25 日收到修改稿)

采用傅里叶变换的方法将脉冲光分解成不同的频率成分, 建立了非单色光抽运的光参量放大耦合方程组的数值求解模型, 研究了非单色抽运光对光参量啁啾脉冲放大的小信号增益、大信号增益以及增益带宽的影响. 非单色抽运光降低参量放大的增益水平, 但同时可提高增益带宽, 且抽运光谱宽越宽, 对增益带宽的提高作用越大. 还进一步从相位失配和参量带宽的角度分析了非单色抽运光使参量放大的增益降低、带宽增大的原因.

关键词: 光参量啁啾脉冲放大, 非单色光, 增益带宽, 飞秒激光

PACC: 4265K, 4260H, 4280W

1. 引 言

自从 1981 年, 人们首次获得飞秒量级的激光脉冲以来^[1], 飞秒激光因具有极窄的脉冲宽度和极高的峰值功率, 在超快光学以及强场物理等研究领域获得了广泛的应用^[2-4]. 而飞秒光参量放大(OPA)因为具有很宽的增益带宽以及覆盖从紫外到中红外波段的调谐范围^[2,4], 大大地扩展了飞秒激光的频率范围和应用领域. 光参量啁啾脉冲放大技术(OPCPA)是将啁啾脉冲放大(CPA)的原理应用于飞秒 OPA, 采用高增益、宽带的非线性晶体取代传统的激光增益介质, 它集 OPA 和 CPA 的优点于一身, 具有单程增益高、极宽的增益带宽、连续可调谐、放大信噪比高等特性, 使之成为获取高能量、连续可调谐的飞秒激光脉冲的最有效的方法之一^[4-9]. 目前采用 OPCPA 技术获得的最大峰值功率可达 350 TW^[4]. 而非共线光参量放大(NOPA)^[10-16]、消色差相位匹配(APM)^[17,18]、双光束抽运 OPA^[19,20]等技术在 OPCPA 中的应用, 使得 OPCPA 可以获得更宽的增益带宽, 现已可支持脉宽仅几个光学周期的飞秒激光放大.

OPA 是典型的三波耦合过程, 在理论上可以通

过求解三波耦合方程来研究 OPA 和 OPCPA 的带宽和增益特性. 然而在有关三波耦合方程的求解模型中, 一般都是把抽运光作为单色或准单色的准直光束来处理的. 但在实际的脉冲激光放大系统中, 所采用的抽运光都不是理想的单色平面波. 在光场的空间分布上, 抽运光是带有一定发散角的高斯光束. 有关发散光束对光参量过程中增益及带宽的影响, 文献^[21-24]对此作了系统地研究和分析, 本文将研究非单色光抽运的 OPCPA 的带宽及增益特性. 我们认为进行这方面的研究有如下两种意义. 首先, 将抽运光作为单色光和准单色光来处理, 在抽运光的脉宽很宽时, 这种近似是合理的, 但当脉宽进入皮秒、亚皮秒甚至飞秒时^[25-27], 实际上抽运光的谱宽就不能忽略, 此时就必须考虑抽运光谱宽的影响^[27]. 此外通过研究非单色光抽运的 OPCPA 的带宽和增益特性, 有利于我们探求抽运光的谱宽对 OPCPA 增益以及增益带宽的影响, 从而将抽运光的谱宽作为增加增益带宽的因素. 这对于实现支持高增益、窄脉宽的飞秒激光脉冲放大具有积极意义. 本文采用傅里叶变换的方法, 将非单色抽运光近似地分解成若干单色光之和, 建立新的耦合方程组并用标准四阶 Runge-Kutta 算法求解. 研究了非单色光抽运情况下 OPCPA 大信号以及小信号的增益特性, 分析了抽运

* 国家重点基础研究发展规划(批准号: G1999075201), 高等学校博士学科点专项科研基金(批准号: 20030056021)资助的课题.

[†] 通讯联系人, E-mail: liuhg2007@gmail.com

光谱宽对增益带宽的影响作用. 研究表明, 非单色抽运光使 OPCPA 的增益降低, 但可以增加参量放大的增益带宽. 适当选取抽运光的谱宽和光强有利于实现高增益、更宽带宽的激光脉冲放大.

2. 数值求解模型的建立

当抽运光为脉冲光时, 考虑光场包络为高斯型的激光脉冲:

$$E(t) = E_0 \exp\left(-\frac{t^2}{2T_0^2}\right) \exp(i\omega_0 t), \quad (1)$$

其中 ω_0 是中心角频率, T_0 为定义在脉冲光强峰值 $1/e$ 处的脉冲半宽度. 对 (1) 式作傅里叶变换

$$E(\omega) = \sqrt{2\pi} E_0 T_0 \exp\left[-\frac{T_0^2(\omega - \omega_0)^2}{2}\right], \quad (2)$$

可以得到高斯型激光脉冲的光谱分布. 式中 ω 表示角频率. (2) 式是一个关于频率的高斯函数. 由 (2) 式可知脉冲光有一定的谱宽范围, 定义光谱强度的半极大波长宽度 $\Delta\lambda_p$ 为抽运光的谱宽.

考虑抽运光的衰减效应, 光参量放大三波耦合方程没有解析解, 需要采用数值方法求解. 为建立非单色光抽运时三波耦合方程的数值计算模型, 对于高斯型脉冲, 借鉴文献中对于空间分布的发散光束的处理方法^[21-23], 我们把 (2) 式连续的光谱分布分解成 N 个离散的频率成分, 根据傅里叶变换关系, 各频率成分应满足如下关系式:

$$E(t) = \sum_{j=1}^N A_j \exp(-i\omega_j t), \quad (3)$$

$$C \sum_{j=1}^N A_j^2 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \frac{I}{2n}, \quad (4)$$

式中 A 为振幅, C 为归一化常数, I 是抽运光强, n 为抽运光在介质中的折射率. (3) 式是把脉冲光分解成 N 个频率成分的单色光之和, 且 N 值越大, 精度越高. (4) 式作为限制条件, 保证分解过程中满足能量守恒, N 束单色光成分的光强之和应等于入射抽运光强.

作出以上处理后, 参量放大中三波的相互作用可以看成这 N 个单色光与信号光、闲频光共同作用的结果, 那么三波耦合方程组可以改为^[21]

$$\frac{dA_s}{dz} = \frac{i2\omega_s}{n_s c} d_{\text{eff}} \sum_{n=1}^N A_{in}^* A_{pn} \exp(i\Delta k_n z),$$

$$\frac{dA_{in}}{dz} = \frac{i2\omega_{in}}{n_{in} c} d_{\text{eff}} A_s^* A_{pn} \exp(i\Delta k_n z),$$

$$(n = 1, 2, \dots, N),$$

$$\frac{dA_{pn}}{dz} = \frac{i2\omega_{pn}}{n_{pn} c} d_{\text{eff}} A_s A_{in} \exp(-i\Delta k_n z), \quad (5)$$

$$(n = 1, 2, \dots, N),$$

式中下标 p, s, i 分别表示抽运光、信号光和闲频光, Δk_n 是第 n 束单色光与信号光和闲频光之间的相位失配量, 对于非共线相位匹配形式, Δk_n 可表示为^[23]

$$\begin{cases} \Delta k_n = k_{pn} - k_s \cos\alpha_n - k_{in} \cos\beta_n \\ k_s \sin\alpha_n = k_{in} \sin\beta_n \end{cases} (n = 1, 2, \dots, N), \quad (6)$$

$$\omega_{pn} = \omega_s + \omega_{in}, \quad (7)$$

其中 α, β 为非共线角. (7) 式表示抽运光、信号光和闲频光之间的频率关系.

在 (5) 式中, 我们忽略了对时间的微分项, 主要考虑到在 OPCPA 系统中, 信号光在放大之前要展成纳秒 (ns) 或皮秒 (ps) 量级的啁啾脉冲, 脉宽较大可以忽略脉冲之间时间上的走离^[2, 14]. (5) 式是一个关于 z 的一阶常微分方程组, 可以使用标准四阶 Runge-Kutta 算法求解.

3. 数值计算结果与分析

根据上面所介绍的数值计算模型, 在非单色光抽运的 OPCPA 系统中, 若采用 BBO 晶体 I 类相位匹配方式, 给出非线性介质的有关参数和输入光的初始条件, 用数值方法求解 (5) 式, 可以计算出信号光随不同晶体长度的增益变化情况, 也可以进一步研究不同谱宽的非单色光抽运的 OPCPA 的增益带宽特性.

图 1 是不同谱宽的非单色光抽运的 OPCPA 的小信号增益随晶体长度的变化曲线. 抽运光中心波长 λ_{p0} 和信号光中心波长 λ_{s0} 分别为 532 nm 和 800 nm, 采用非共线相位匹配形式, 相位匹配角 $\theta = 24^\circ$, 非共线角 $\alpha = 2.5^\circ$. 图 1 中曲线 a 表示抽运光为 532 nm 的单色光时 (记 $\Delta\lambda_p = 0$ nm) 用数值方法求解三波耦合方程所得的参量增益随晶体长度的变化关系. 此时三波之间的相位失配为零. 而“▲”标记则是忽略抽运光的衰减效应, 采用小信号增益的解析公式^[6]计算得到的. 由于输入初始光强 I_s 远小于 I_p , 抽运光的衰减可以忽略, 采用数值方法与采用解析公式所得的曲线符合得很好, 因此图 1 所描绘的是小信号增益. 比较不同谱宽的非单色光抽运下的增益曲线, 可以发现在经历相同的晶体长度后, OPCPA

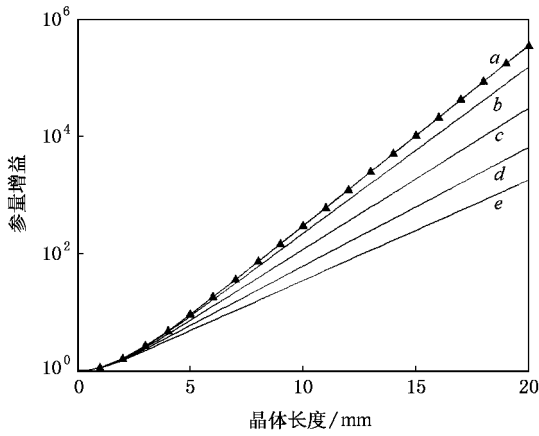


图1 不同谱宽的非单色光抽运的 OPCPA 的小信号增益 $\lambda_{p0} = 532 \text{ nm}$, $\lambda_{s0} = 800 \text{ nm}$, $I_p = 500 \text{ MW/cm}^2$, $I_s = 10^{-2} \text{ W/cm}^2$. 曲线 a: $\Delta\lambda_p = 0 \text{ nm}$; 曲线 b: $\Delta\lambda_p = 1 \text{ nm}$; 曲线 c: $\Delta\lambda_p = 2 \text{ nm}$; 曲线 d: $\Delta\lambda_p = 3 \text{ nm}$; 曲线 e: $\Delta\lambda_p = 4 \text{ nm}$

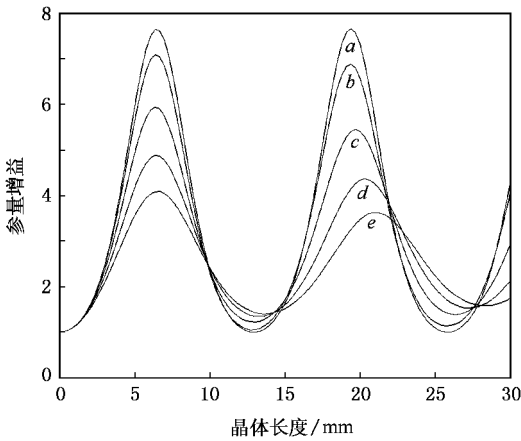
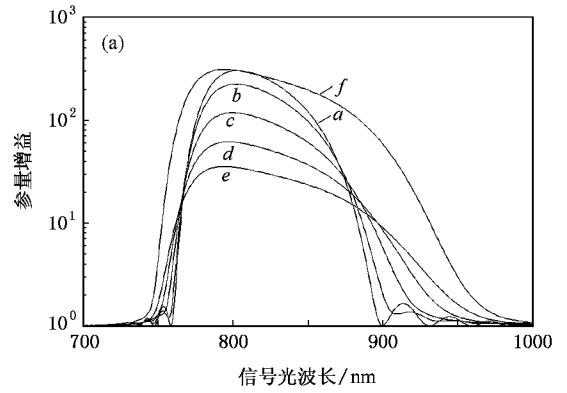


图2 不同谱宽的非单色光抽运的 OPCPA 的大信号增益 $\lambda_{p0} = 532 \text{ nm}$, $\lambda_{s0} = 800 \text{ nm}$, $I_p = 500 \text{ MW/cm}^2$, $I_s = 50 \text{ MW/cm}^2$. 曲线 a: $\Delta\lambda_p = 0 \text{ nm}$; 曲线 b: $\Delta\lambda_p = 1 \text{ nm}$; 曲线 c: $\Delta\lambda_p = 2 \text{ nm}$; 曲线 d: $\Delta\lambda_p = 3 \text{ nm}$; 曲线 e: $\Delta\lambda_p = 4 \text{ nm}$

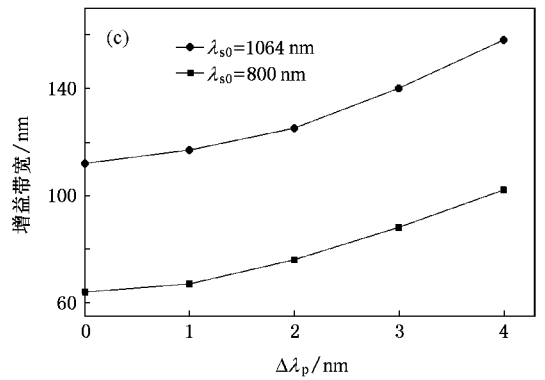
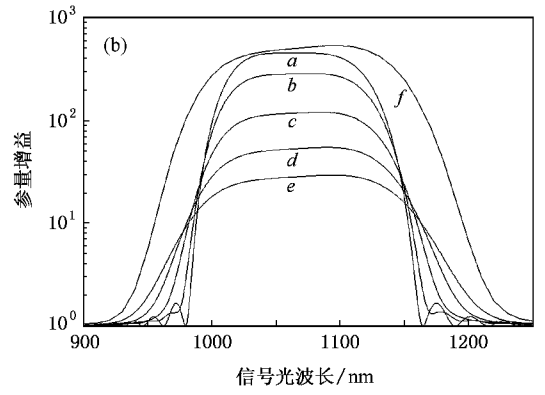


图3 $\lambda_{p0} = 532 \text{ nm}$ 的非单色抽运光作用下的增益谱曲线和带宽 晶体长度为 10 mm , $I_p = 500 \text{ MW/cm}^2$, $I_s = 10^{-2} \text{ W/cm}^2$ (a) $\lambda_{s0} = 800 \text{ nm}$ 时不同谱宽抽运光作用下的增益谱曲线, 曲线 a: $\Delta\lambda_p = 0 \text{ nm}$; 曲线 b: $\Delta\lambda_p = 1 \text{ nm}$; 曲线 c: $\Delta\lambda_p = 2 \text{ nm}$; 曲线 d: $\Delta\lambda_p = 3 \text{ nm}$; 曲线 e: $\Delta\lambda_p = 4 \text{ nm}$; 曲线 f: $\Delta\lambda_p = 4 \text{ nm}$, $I_p = 0.9 \text{ GW/cm}^2$. (b) $\lambda_{s0} = 1064 \text{ nm}$ 时不同谱宽抽运光作用下的增益谱曲线, 曲线 a: $\Delta\lambda_p = 0 \text{ nm}$; 曲线 b: $\Delta\lambda_p = 1 \text{ nm}$; 曲线 c: $\Delta\lambda_p = 2 \text{ nm}$; 曲线 d: $\Delta\lambda_p = 3 \text{ nm}$; 曲线 e: $\Delta\lambda_p = 4 \text{ nm}$; 曲线 f: $\Delta\lambda_p = 4 \text{ nm}$, $I_p = 1.15 \text{ GW/cm}^2$. (c) 增益带宽随 $\Delta\lambda_p$ 的变化曲线

的小信号增益是随 $\Delta\lambda_p$ 的增大而减小. 这是因为在抽运光中心波长 532 nm 处, 三波之间满足完全相位匹配关系, 但是在抽运光的非中心波长处, 就会产生相位失配, 且抽运光谱宽 $\Delta\lambda_p$ 越大, 抽运光越偏离中心波长, 产生的相位失配就越大, 造成参量增益降低也就越快.

图2 描述的是不同谱宽的非单色光抽运的 OPCPA 的大信号增益, 其中初始 $I_s = 50 \text{ MW/cm}^2$, 是抽运光强的十分之一, 这时就不能忽略抽运光的抽空效应. 由图2 中抽运光为单色光的增益曲线 ($\Delta\lambda_p$

$= 0 \text{ nm}$) 可以看出, 参量增益最起初随晶体长度增加而增加, 达到一个最大值, 光参量放大也达到了最高的转换效率. 随后由于抽运光能量的抽空, 三波之间

互作用发生了能量的逆转换,信号光的增益开始降低.整体来说信号光的增益大小随晶体长度的变化是一个循环的振荡关系.而当抽运光是有有一定谱宽的非单色光时,参量增益随晶体长度的关系仍然是一个周期变化曲线,只是振荡的幅值随着抽运光谱宽的增大而减小.值得注意的是由非单色光作为抽运光时,图2中曲线b、曲线c、曲线d和曲线e都不是等幅地周期变化,而是衰减的振荡曲线.这是由于非单色抽运光中不同的频率成分在光参量作用过程中有不同的相位失配(Δk_n)不同的参量转换效率以及逆转换效率,它们综合作用的结果就表现为图2中的衰减的振荡曲线,类似的现象在发散光束对倍频和参量放大的影响中也有报道^[21 22].

在 OPCPA 系统中,采用较多的是波长为 532 nm 和 400 nm 的抽运光,我们重点研究了这两种中心波长的非单色抽运光对增益带宽的影响.图3中 λ_{p0} 为 532 nm,其中图3(a)采用非共线相位匹配形式,图3(b)采用共线相位匹配形式.在图3(a)和图3(b)中,信号光的增益谱曲线随抽运光谱宽的增大而整体上呈下降的趋势,增益水平逐渐下降,但能够放大的信号光波长范围向两边扩展,即增益带宽逐渐增大.如图3(c)所示,采用 532 nm 的单色抽运光时的增益带宽(增益谱的半极大全宽度,FWHM)为 64 nm,而 $\Delta\lambda_p$ 为 4 nm 时,增益带宽则增加到 102 nm.这种非单色抽运光对参量放大的增益带宽的影响作用也与文献^[27]中报道的实验相符合.图4是 $\lambda_{p0} = 400$ nm 时不同谱宽的抽运光作用下的参量放大的增益谱曲线和带宽.比较图4(a)和图4(b)中不同谱宽下的增益谱曲线,并由图4(c)中增益带宽随 $\Delta\lambda_p$ 的变化曲线,很显然抽运光中心波长为 400 nm 也符合上述结论.当然,抽运光谱宽的增大在提高增益带宽的同时也伴随着信号光增益的减小,这时可以适当增大抽运光强,以提高信号光的增益水平.图3(a)中的曲线f以及图3(b)中的曲线f是在 $\Delta\lambda_p = 4$ nm 时,将抽运光强分别提高到 0.9 GW/cm² 和 1.15 GW/cm² 时获得的增益谱,在获得与单色抽运光相当的增益水平的同时,明显地提高了参量放大的增益带宽.

为研究非单色抽运光使参量放大的增益降低,带宽提高的原因,我们分析了对增益和带宽影响比较大的两个因素,即相位失配和参量带宽.图5是图3(a)中抽运光谱宽 $\Delta\lambda_p = 4$ nm 时的不同波长成分的抽运光产生的相位失配.由图5中曲线b可知,取抽运光波长 λ_p 为 532 nm,在信号光中心波长 $\lambda_{s0} = 800$

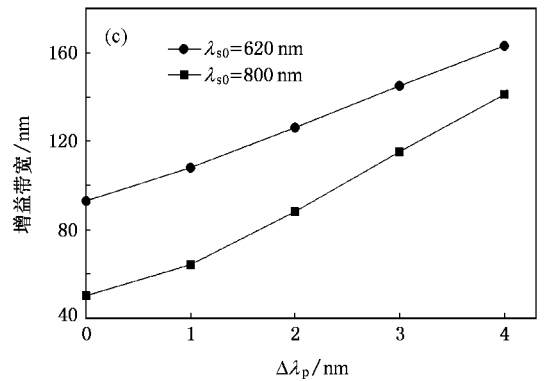
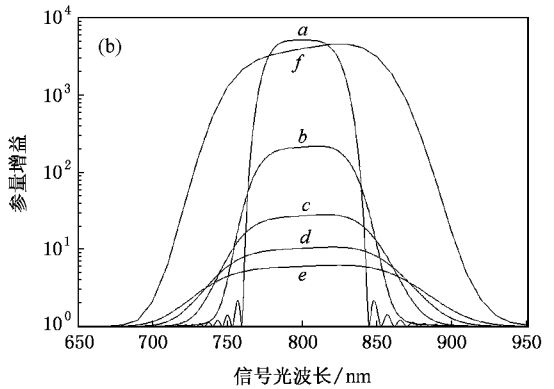
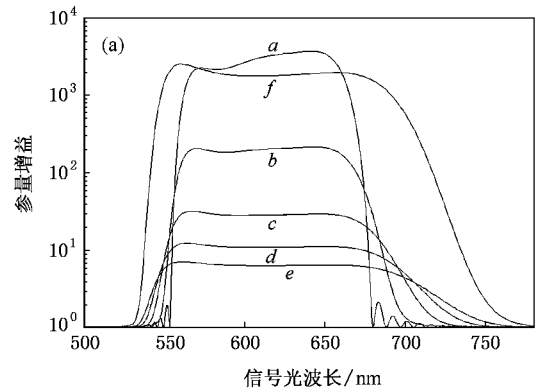


图4 $\lambda_{p0} = 400$ nm 的非单色抽运光作用下的参量放大的增益谱曲线和带宽.晶体长度为 10 mm, $I_p = 500$ MW/cm², $I_s = 10^{-2}$ W/cm².(a) $\lambda_{s0} = 620$ nm 时不同谱宽抽运光作用下的增益谱曲线,曲线 a: $\Delta\lambda_p = 0$ nm; 曲线 b: $\Delta\lambda_p = 1$ nm; 曲线 c: $\Delta\lambda_p = 2$ nm; 曲线 d: $\Delta\lambda_p = 3$ nm; 曲线 e: $\Delta\lambda_p = 4$ nm; 曲线 f: $\Delta\lambda_p = 4$ nm, $I_p = 2.1$ GW/cm².(b) $\lambda_{s0} = 800$ nm 时不同谱宽抽运光作用下的增益谱曲线,曲线 a: $\Delta\lambda_p = 0$ nm; 曲线 b: $\Delta\lambda_p = 1$ nm; 曲线 c: $\Delta\lambda_p = 2$ nm; 曲线 d: $\Delta\lambda_p = 3$ nm; 曲线 e: $\Delta\lambda_p = 4$ nm; 曲线 f: $\Delta\lambda_p = 4$ nm, $I_p = 2.3$ GW/cm².(c) 增益带宽随 $\Delta\lambda_p$ 的变化曲线

nm 处 相位失配为 0.在偏离中心波长处 相位失配不再为 0.由最大允许相位失配量的范围 $|\Delta k| \leq \pi/l_c$ ^[28] 可得出 532 nm 的单色光抽运时的参量带宽

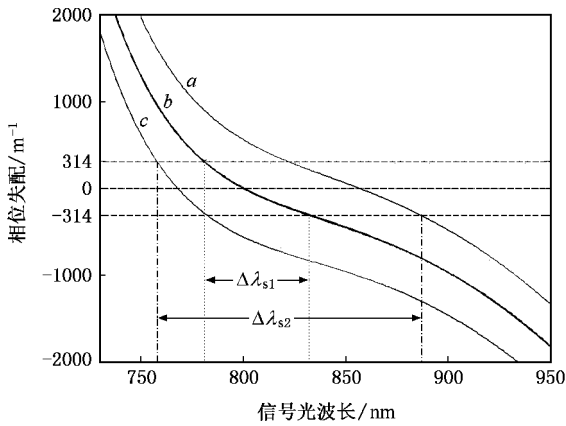


图5 信号光中心波长 800 nm 附近的相位失配 曲线 $a: \lambda_p = 534$ nm; 曲线 $b: \lambda_p = 532$ nm; 曲线 $c: \lambda_p = 530$ nm

$\Delta\lambda_{s1}$. 而当采用非单色抽运光时, 抽运光中 534 nm 和 530 nm 的波长成分产生的相位失配如图 5 中的曲线 a 和曲线 c , 此时的参量带宽则为 $\Delta\lambda_{s2}$. 显然非单色抽运光中不同的波长成分增加了同信号光满足相位匹配的波长范围, 从而大幅地提高了参量带宽, 而且抽运光的谱宽越大, 对增益带宽的增加作用也越明显. 当然, 抽运光谱宽的增加, 也使抽运光能量更加分散, 且在信号光中心波长附近产生更大的相

位失配, 造成参量放大的增益下降.

4. 结 论

针对非单色光抽运的 OPCPA 系统, 采用傅里叶变换的方法, 将抽运光分解成不同的频率成分, 建立了非单色光抽运的三波耦合方程组的数值求解模型. 在 BBO 晶体 I 类相位匹配方式下, 研究了非单色抽运光对 OPCPA 小信号增益、大信号增益以及增益带宽的影响. 与单色光相比较, 非单色抽运光使参量放大的增益水平下降, 但却使增益带宽有一定的提高, 且抽运光谱宽越大, 对增益带宽的提高作用越大, 而增益的下降可通过增加抽运光强度来改善. 这对于支持超宽带相位匹配、实现脉宽尽可能短的激光脉冲的放大具有积极意义. 本文还从相位失配和参量带宽的角度分析了非单色抽运光使参量放大的增益降低、带宽提高的原因. 本文所考虑的非单色光作为抽运光更接近于实际情况, 所建立的数值计算模型对于研究非单色光抽运的 OPA, OPCPA 的带宽和增益特性, 以及选择合适的抽运光谱宽、初始光强, 实现宽带、窄脉宽激光脉冲的参量放大可以提供理论依据.

- [1] Fork R L, Greene B I, Shank C V 1981 *Appl. Phys. Lett.* **38** 671
- [2] Cerullo G, Silvestri S D 2003 *Rev. Sci. Instrum.* **74** 1
- [3] Riedle E, Butter M, Lochbrunner S, Piel J, Schenkl S, Spörlein S, Zinth W 2000 *Appl. Phys. B* **71** 457
- [4] Audrius D, Rytis B, Algis P 2006 *IEEE J. Sel. Topics Quantum Electron.* **12** 163
- [5] Dubietis A, Jonusauskas G, Piskarskas A 1992 *Opt. Commun.* **88** 437
- [6] Ross I N, Matousek P, Towrie M, Langley A J, Collier J L 1997 *Opt. Commun.* **144** 125
- [7] Ross I N, Collier J L, Matousek P, Danson C N, Neely D, Allott R M, Pepler D A, Hernandez-Gomez C, Osvey K 2000 *Appl. Opt.* **39** 2422
- [8] Yang X D, Xu Z Z, Leng Y X, Lu H H, Lin L H, Zhang Z Q, Li R X, Zhang W Q, Yin D J, Tang B 2002 *Opt. Lett.* **27** 1135
- [9] Zhu P F, Qian L J, Xue S L, Lin Z Q 2003 *Acta Phys. Sin.* **52** 587 (in Chinese) [朱鹏飞、钱列加、薛绍林、林尊琪 2003 物理学报 **52** 587]
- [10] Gale G M, Cavallari M, Driscoll T J, Hache F 1995 *Opt. Lett.* **20** 1562
- [11] Wang J, Dunn M H, Rae C F 1997 *Opt. Lett.* **22** 763
- [12] Shirakawa A, Kobayashi T 1998 *Appl. Phys. Lett.* **72** 147
- [13] Cerullo G, Nisoli M, Stagira S, Silvestri S D 1998 *Opt. Lett.* **23** 1283
- [14] Xia J F, Wei Z Y, Zhang J 2000 *Acta Phys. Sin.* **49** 256 (in Chinese) [夏江帆、魏志义、张杰 2000 物理学报 **49** 256]
- [15] Ma J, Zhang R B, Liu B, Zhu C, Chai L, Zhang W L, Zhang Z G, Wang Q Y 2005 *Acta Phys. Sin.* **54** 3675 (in Chinese) [马晶、章若冰、刘博、朱晨、柴路、张伟力、张志刚、王清月 2005 物理学报 **54** 3675]
- [16] Zhao W, Liu H J, Wang Y S, Wang H Y, Cheng Z, Chen G F 2005 *Chin. Phys.* **14** 359
- [17] Arisholm G, Biegert J, Schlup P, Hauri C P, Keller U 2004 *Opt. Express* **12** 518
- [18] Cardoso L, Figueira G 2004 *Opt. Express* **12** 3108
- [19] Žeromskis E, Dubietis A, Tamošauskas G, Piskarskas A 2002 *Opt. Commun.* **203** 435
- [20] Wang C, Leng Y X, Zhao B Z, Zhang Z Q, Xu Z Z 2004 *Opt. Commun.* **237** 169
- [21] Jovanovic I, Comaskey B J, Pennington D M 2001 *J. Appl. Phys.* **90** 4328

- [22] Wong S K , Fournier G , Mathieu P , Pace P 1992 *J. Appl. Phys.* **71** 1091
- [23] Liu H G , Zhang R B , Zhang H Q , Zhu C , Ma J , Wang Q Y 2007 *Acta Phys. Sin.* **56** 4635 (in Chinese) [刘华刚、章若冰、张海清、朱 晨、马 晶、王清月 2007 物理学报 **56** 4635]
- [24] Li H Q , Geng A C , Bo Y , Wu L A , Cui D F , Xu Z Y 2005 *Chin. Phys.* **14** 2026
- [25] Khakhulin D V , Savel 'ev A B , Volkov R V 2007 *Lasers Phys. Lett.* **4** 345
- [26] Shirakawa A , Sakane I , Kobayashi T 1998 *Opt. Lett.* **23** 1292
- [27] Baltuska A , Fuji T , Kobayashi T 2002 *Opt. Lett.* **27** 306
- [28] Barnes N P , Corcoran V J 1976 *Appl. Opt.* **15** 696

Bandwidth and gain of optical parametric chirped pulse amplification pumped by non-monochromatic light *

Liu Hua-Gang[†] Zhang Ruo-Bing Zhu Chen Chai Lu Wang Qing-Yue

(Key Laboratory of Opto-electronics Information Science and Technology of Ministry of Education ,
College of Precision Instrument and Opto-electronics Engineering , Tianjin University , Tianjin 300072 , China)

(Received 23 August 2007 ; revised manuscript received 25 September 2007)

Abstract

Laser pulse was decomposed into components of different frequencies using Fourier transform , and the numerical calculation model was built up for coupled equations of optical parametric amplification pumped by non-monochromatic light . Effects of non-monochromatic light on small signal gain , large signal gain and gain bandwidth of optical parametric amplification were investigated . Though non-monochromatic pump light decreases the gain of optical parametric process , it can improve the gain bandwidth . The larger the bandwidth of the pump light , the wider the gain bandwidth . Reasons for parametric gain decrease and gain bandwidth improvement were analyzed with respect to the phase mismatch and the parametric bandwidth .

Keywords : optical parametric chirped pulse amplification , non-monochromatic light , gain bandwidth , femto-second laser

PACC : 4265K , 4260H , 4280W

* Project supported by the State Key Development Program for Basic Research of China (Grant No. G1999075201) , the Doctoral Program Foundation of Institution of Higher Education of China (Grant No. 20030056021) .

[†] Corresponding author. E-mail : liuhg2007@gmail.com