

以一定重复频率工作的 KTP 倍频效率的演化规律^{*}

张秋慧¹⁾ 冯国英^{1)†} 韩敬华¹⁾ 李彬厚¹⁾ 谢旭东²⁾ 朱启华²⁾

1) (四川大学电子信息学院, 成都 610064)

2) (中国工程物理研究院激光聚变研究中心, 绵阳 621900)

(2009 年 10 月 29 日收到; 2009 年 11 月 13 日收到修改稿)

基于导带电子密度和材料的有效介电函数的表达式, 推导了 KTP 晶体对 532 nm 光波的吸收系数. 对比研究了不同峰值功率密度和重复频率下 KTP 晶体的导带电子密度和 532 nm 吸收系数的演化规律, 以及倍频转换效率的演化规律. 结果表明, 随着导带电子密度的增加, KTP 晶体 532 nm 吸收系数随之增加, 其倍频转换效率随之减小; 当基频光入射功率密度一定时, 不同重复频率脉冲作用引起的导带电子密度存在积累效应, 导致 KTP 晶体 532 nm 透过率及倍频转换效率均随着作用时间的增加呈指数形式变化, 随着脉冲重复频率的增加其积累效果更加明显, 但随着作用时间的增加, 导带电子密度、吸收系数均趋于同一稳定值.

关键词: KTP 晶体, 灰迹, 倍频转换效率

PACC: 4265K, 6220M

1. 引 言

磷酸氧钛钾 (KTP) 晶体具有大的非线性系数和电光系数, 能在较宽的温度范围内实现 I, II 类相位匹配, 是一种优良的非线性光学晶体材料. 但是倍频过程中, 在光行进的路径上出现灰色的暗迹, 即灰迹, 这说明激光与 KTP 晶体相互作用区域大量吸收可见光能量, 灰迹严重限制了 KTP 晶体的倍频转换效率, 大量相关工作者对此进行了研究^[1-9]. 灰迹 KTP 晶体在一定条件下可以恢复初始透明^[1], 这涉及光学材料的疲劳问题, 极为复杂^[10-12]. 因此研究灰迹 KTP 晶体吸收系数的演化规律, 以及对倍频转换效率的影响规律具有很大的指导意义. 目前, 对于晶体可逆损伤的物理过程尚不十分明确, 但普遍认为激光辐照下产生的电子-空穴对是引起激光损伤的根源^[2, 13]. 电子-空穴对的产生主要有多光子电离、碰撞电离和加热等三种方式^[14, 15]. 由于多光子吸收, 电子从价带跃迁到导带, 导带电子大量吸收入射激光的能量致使材料的吸收系数增加^[16], 对于不同材料其后续影响不同, 对 KTP 晶体表现为灰迹, 而对于 KDP 晶体表现为不连续的亮

线^[17]. 因此对 KTP 晶体灰迹过程中其吸收系数和倍频转换效率的演化规律进行研究, 有利于提高高功率激光系统的输出功率和稳定性.

目前对于重复脉冲作用下 KTP 晶体中灰迹的积累对倍频转换效率演化规律的影响研究很少. 本文根据有效介电函数表达式推导了 KTP 晶体吸收系数的表达式, 并根据导带电子密度的演化规律推导了 KTP 晶体吸收系数和倍频转换效率的演化表达式, 并模拟了其演化规律.

2. 理论模型

2.1. 灰迹 KTP 晶体吸收系数理论模型

超过一定功率密度的激光入射在 KTP 晶体上, 在倍频过程中由于多光子吸收, 电子从价带跃迁到导带, 光致电离产生大量电子-空穴对, 产生的电子或空穴被 KTP 晶体中的杂质或缺陷捕获形成色心, 从而在光行进的路径上产生灰色暗迹, 即灰迹. 随导带电子密度变化材料的有效介电函数为^[16]

$$\varepsilon^*(\hbar\omega) = 1 + [\varepsilon(\hbar\omega) - 1] \frac{N_0 - n_e}{N_0} - \frac{1}{3}$$

^{*} 国家自然科学基金 (批准号: 10676023, 60890203) 资助的课题.

[†] 通讯联系人. E-mail: guoing_feng@scu.edu.cn

$$\times \left[\frac{1}{1 + \frac{i}{\omega\tau_D}} + if_{\text{sub}} \frac{(\hbar\omega - \hbar\omega_0)^{3/2}}{\hbar\omega} \right] \frac{e^2 n_e}{\varepsilon_0 m^* m_e \omega^2}, \quad (1)$$

其中 $\varepsilon(\hbar\omega)$ 为未激发材料的介电函数, N_0 为初始价带电子密度, n_e 为导带电子密度, τ_D 为导带电子散射时间, $\hbar\omega_0$ 为材料带隙, e 为电子电量, ε_0 为真空介电常数, m^* 为电子迁移有效质量, m_e 为电子质量.

由于材料吸收系数与有效介电函数之间满足关系式^[18]

$$\alpha = \frac{4\pi\kappa}{\lambda} = \frac{4\pi}{\sqrt{2}\lambda} [-\varepsilon_1 + (\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2)^{1/2}]^{1/2}, \quad (2)$$

其中 α 为吸收系数, ε_1 为有效介电函数的实部, ε_2 为有效介电函数的虚部. 将(1)式中实部和虚部分别代入(2)式可得随导带电子密度变化的 KTP 晶体吸收系数为

$$\alpha = \frac{4\pi}{\sqrt{2}\lambda} \left\{ - \left[1 + \frac{(\text{Re}(\varepsilon(\hbar\omega)) - 1)(N_0 - n_e)}{N_0} - \frac{\omega^2 \tau_D^2 e^2 n_e}{3\varepsilon_0 m^* m_e \omega^2 (\omega^2 \tau_D^2 + 1)} \right] + \left[\left[1 + \frac{(\text{Re}(\varepsilon(\hbar\omega)) - 1)(N_0 - n_e)}{N_0} - \frac{\omega^2 \tau_D^2 e^2 n_e}{3\varepsilon_0 m^* m_e \omega^2 (\omega^2 \tau_D^2 + 1)} \right]^2 + \left[\frac{(\text{Im}(\varepsilon(\hbar\omega)) - 1)(N_0 - n_e)}{N_0} + \frac{\omega\tau_D e^2 n_e}{3\varepsilon_0 m^* m_e \omega^2 (\omega^2 \tau_D^2 + 1)} - \frac{f_{\text{sub}}(\hbar\omega - \hbar\omega_0)^{3/2} e^2 n_e}{\hbar\omega^3 \varepsilon_0 m^* m_e} \right]^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/2}. \quad (3)$$

2.2. 导带电子密度演化理论模型

由于多光子吸收电子从价带跃迁到导带形成电子-空穴对,生成的电子或空穴被杂质或缺陷捕获形成色心,故跃迁到导带的电子数量近似等于激光作用过程中产生的色心数量的一半. 任何单脉冲作用后产生的色心数量为^[19, 20]

$$\Delta n = DF_0^m k_B T \exp[-(U_0 - \gamma\sigma)/k_B T], \quad (4)$$

其中 D 为比例常数, F_0 为峰值光子密度, m 为多光子吸收的阶数, k_B 为波尔兹曼常数, T 为温度, U_0 为激活能, γ 为取决于材料的参数, σ 为色心膨胀产生的应力. 故第一个脉冲作用后导带电子密度近似为

$$n_{e1} = \frac{n_{e0}V + \frac{1}{2} \times \{DF_0^m k_B T \exp[-(U_0 - \gamma\sigma)/k_B T] - \Delta N \times [1 - \exp(-rt)]\}}{V}, \quad (5)$$

其中 n_{e0} 为初始导带电子密度, V 为相互作用体积, ΔN 为脉冲作用后无穷时间内弛豫的色心数量, r 为弛豫速率常数, t 为作用时间, $\Delta N \times [1 - \exp(-rt)]$ 表示 t 时间内

弛豫的色心数量.

第二个脉冲作用后导带电子密度为

$$n_{e2} = \frac{n_{e0}V + \frac{1}{2} \times \{DF_0^m k_B T \exp[-(U_0 - \gamma\sigma)/k_B T] - \Delta N \times [1 - \exp(-rt)]\}}{V} + \frac{\frac{1}{2} \times \{DF_0^m k_B T \exp[-(U_0 - \gamma\sigma)/k_B T] - \Delta N \times [1 - \exp[-r(t - \frac{1}{f})]]\}}{V}, \quad (6)$$

其中 f 为脉冲重复频率.

第三个脉冲作用后导带电子密度为

$$\begin{aligned}
 n_{e3} = & \frac{n_{e0}V + \frac{1}{2} \times \{DF_0^m k_B T \exp[-(U_0 - \gamma\sigma)/k_B T] - \Delta N \times [1 - \exp(-rt)]\}}{V} \\
 & + \frac{\frac{1}{2} \times \{DF_0^m k_B T \exp[-(U_0 - \gamma\sigma)/k_B T] - \Delta N \times [1 - \exp[-r(t - \frac{1}{f})]]\}}{V} \\
 & + \frac{\frac{1}{2} \times \{DF_0^m k_B T \exp[-(U_0 - \gamma\sigma)/k_B T] - \Delta N \times [1 - \exp[-r(t - \frac{2}{f})]]\}}{V}, \quad (7)
 \end{aligned}$$

第 $n-1$ 个脉冲作用后导带电子密度为

$$\begin{aligned}
 n_{e(n-1)} = & \frac{n_{e0}V + \frac{1}{2} \times \{DF_0^m k_B T \exp[-(U_0 - \gamma\sigma)/k_B T] - \Delta N \times [1 - \exp(-rt)]\}}{V} \\
 & + \frac{\frac{1}{2} \times \{DF_0^m k_B T \exp[-(U_0 - \gamma\sigma)/k_B T] - \Delta N \times [1 - \exp[-r(t - \frac{1}{f})]]\}}{V} \\
 & + \frac{\frac{1}{2} \times \{DF_0^m k_B T \exp[-(U_0 - \gamma\sigma)/k_B T] - \Delta N \times [1 - \exp[-r(t - \frac{2}{f})]]\}}{V} \\
 & + \dots + \frac{\frac{1}{2} \times \{DF_0^m k_B T \exp[-(U_0 - \gamma\sigma)/k_B T] - \Delta N \times [1 - \exp[-r(t - \frac{n-2}{f})]]\}}{V}, \quad (8)
 \end{aligned}$$

第 n 个脉冲作用后导带电子密度为

$$\begin{aligned}
 n_e = & \frac{n_{e0}V + \frac{1}{2} \times \{DF_0^m k_B T \exp[-(U_0 - \gamma\sigma)/k_B T] - \Delta N \times [1 - \exp(-rt)]\}}{V} \\
 & + \frac{\frac{1}{2} \times \{DF_0^m k_B T \exp[-(U_0 - \gamma\sigma)/k_B T] - \Delta N \times [1 - \exp[-r(t - \frac{1}{f})]]\}}{V} \\
 & + \frac{\frac{1}{2} \times \{DF_0^m k_B T \exp[-(U_0 - \gamma\sigma)/k_B T] - \Delta N \times [1 - \exp[-r(t - \frac{2}{f})]]\}}{V} \\
 & + \dots + \frac{\frac{1}{2} \times \{DF_0^m k_B T \exp[-(U_0 - \gamma\sigma)/k_B T] - \Delta N \times [1 - \exp[-r(t - \frac{n-2}{f})]]\}}{V} \\
 & + \frac{\frac{1}{2} \times \{DF_0^m k_B T \exp[-(U_0 - \gamma\sigma)/k_B T] - \Delta N \times [1 - \exp[-r(t - \frac{n-1}{f})]]\}}{V} \\
 = & \frac{n_{e0}V + \frac{n}{2} \times \{DF_0^m k_B T \exp[-(U_0 - \gamma\sigma)/k_B T] - \Delta N \times \sum_{i=1}^n [1 - \exp[-r(t - \frac{i-1}{f})]]\}}{V}. \quad (9)
 \end{aligned}$$

将(9)式代入(3)式即可得到灰迹 KTP 晶体吸收系数随导带电子密度的演化规律。

2.3. KTP 晶体二次谐波转换效率演化理论模型

当材料带隙 E_g 与入射激光光子能量 $h\nu$ 的比值 $m-1 \leq E_g/h\nu \leq m$ 时, m 光子吸收是材料吸收激光

能量产生载流子的主要过程. 当 $m > 2$ 时, 材料吸收横截面已经非常小, 故只有 $m \leq 2$ 阶多光子吸收在高功率激光与材料相互作用中起主要作用^[20]. 故 KTP 晶体灰迹主要由倍频过程中产生的 532 nm 的倍频光引起的双光子吸收引起的, 由于双光子吸收电子由价带跃迁到导带, 导带电子密度的增加导致

KTP 晶体 532 nm 复介电函数发生变化,从而引起 KTP 晶体 532 nm 吸收系数增加. 根据朗伯定律可以得到 KTP 晶体 532 nm 透过率 T_{532} 同吸收系数的关系式为

$$T_{532} = \frac{I}{I_0} = e^{-\alpha L}, \quad (10)$$

其中 L 为晶体长度. 将吸收系数同导带电子密度的关系式(3)以及导带电子密度演化规律关系式(9)代入上式,并将得到的表达式带入小信号近似时倍频转换效率的表达式^[21]即可得到灰迹 KTP 晶体二次谐波转换效率随导带电子密度的演化规律

$$\eta = \frac{8\omega_1^2 d^2 L^2}{n_1^2 n_3 c \epsilon_0} \cdot I_1 \cdot T_{532} \cdot \text{sinc}^2\left(\frac{\Delta k L}{2}\right), \quad (11)$$

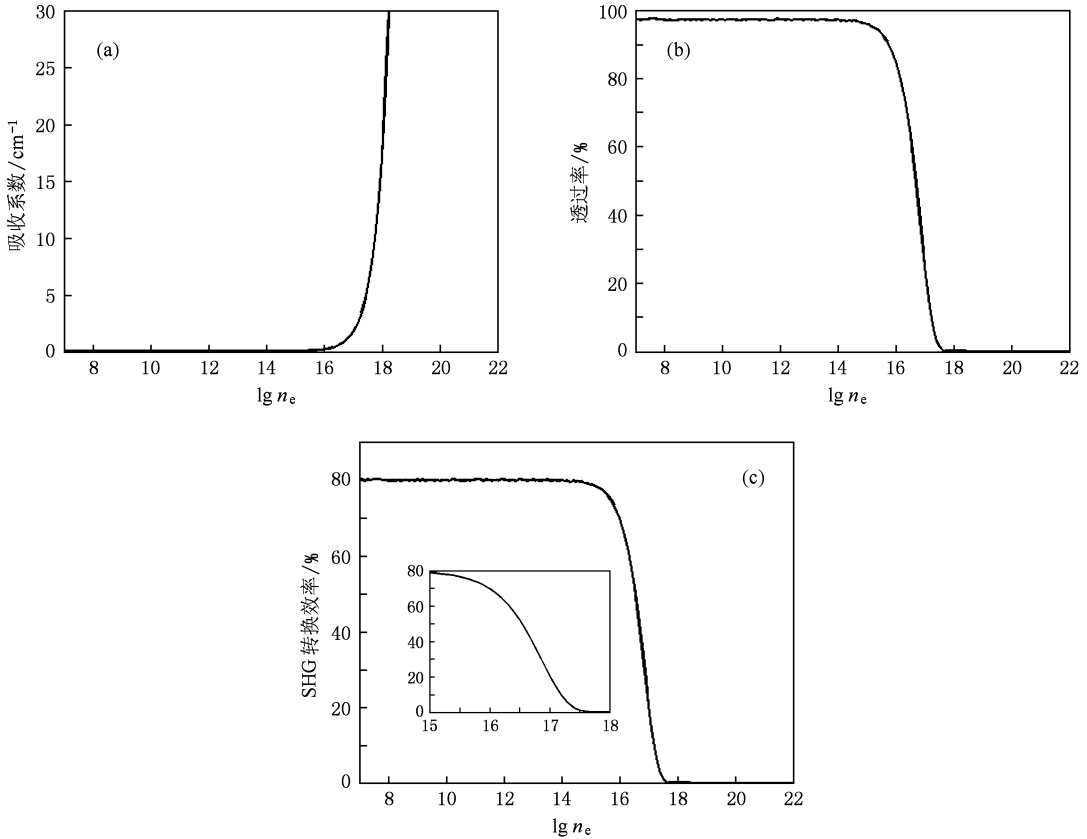


图 1 (a)KTP 晶体 532 nm 吸收系数与导带电子密度关系曲线; (b)KTP 晶体 532 nm 透过率与导带电子密度关系曲线; (c) 倍频转换效率与导带电子密度关系曲线

从图 1(a)和(b)的曲线可以看出当导带电子密度小于 10^{15} cm^{-3} 时,532 nm 吸收系数及透过率随导带电子密度增加几乎没有变化,当导带电子密度大于 10^{15} cm^{-3} 时,532 nm 吸收系数随导带电子密度的增加迅速增加,532 nm 透过率随导带电子密度的增加迅速减小,并最终趋于零. 这说明导带电子密度大于 10^{15} cm^{-3} 时,灰迹现象对 KTP 晶体的不良影

其中 η 为倍频转化效率, ω_1 为基频光角频率, d 为有效非线性系数, n_1 为基频光折射率, n_3 为倍频光折射率, c 为真空中的光速, ϵ_0 为真空介电常数, I_1 为入射基频光功率密度, Δk 为相位失配因子.

3. 计算结果和讨论

KTP 晶体一旦出现灰迹将大量吸收入射激光能量,导致倍频效率降低,这意味着 KTP 晶体的吸收系数迅速增加,由(3),(10)和(11)式可得 KTP 晶体 532 nm 吸收系数、透过率以及倍频转换效率同导带电子密度的关系曲线,如图 1 所示.

响开始起作用. Jones 等人^[20]认为当色心密度超过 10^{17} cm^{-3} 时,样本不再透明,即在光行进的路径上出现灰色暗迹,从图 1(b)中可以看到此时 KTP 晶体 532 nm 的透过率也仅有 40% 左右,这也与实验结果是基本符合的. 一般材料击穿时,导带电子密度大约为 10^{18} cm^{-3} ,故此时透过率趋于零.

将(3)式与倍频转换效率结合得到小信号近似

下倍频转换效率与导带电子密度关系曲线如图 1 (c) 所示, 入射基频光峰值光强 $I_0 = 120 \text{ MW/cm}^2$, 波长 1064 nm , 晶体长度为 8 mm , KTP 晶体满足 II 类相位匹配, 有效非线性系数 $d_{\text{eff}}^{\text{II}} = 7.4 \text{ pm/V}$, 模拟过程中忽略了相位失配. 当导带电子密度小于 10^{15} cm^{-3} 时, 灰迹对倍频转换效率几乎没有影响; 当导带电子密度大于 10^{15} cm^{-3} 时, 灰迹对倍频转换效率影响迅速加著, 并使倍频转换效率最终趋于零.

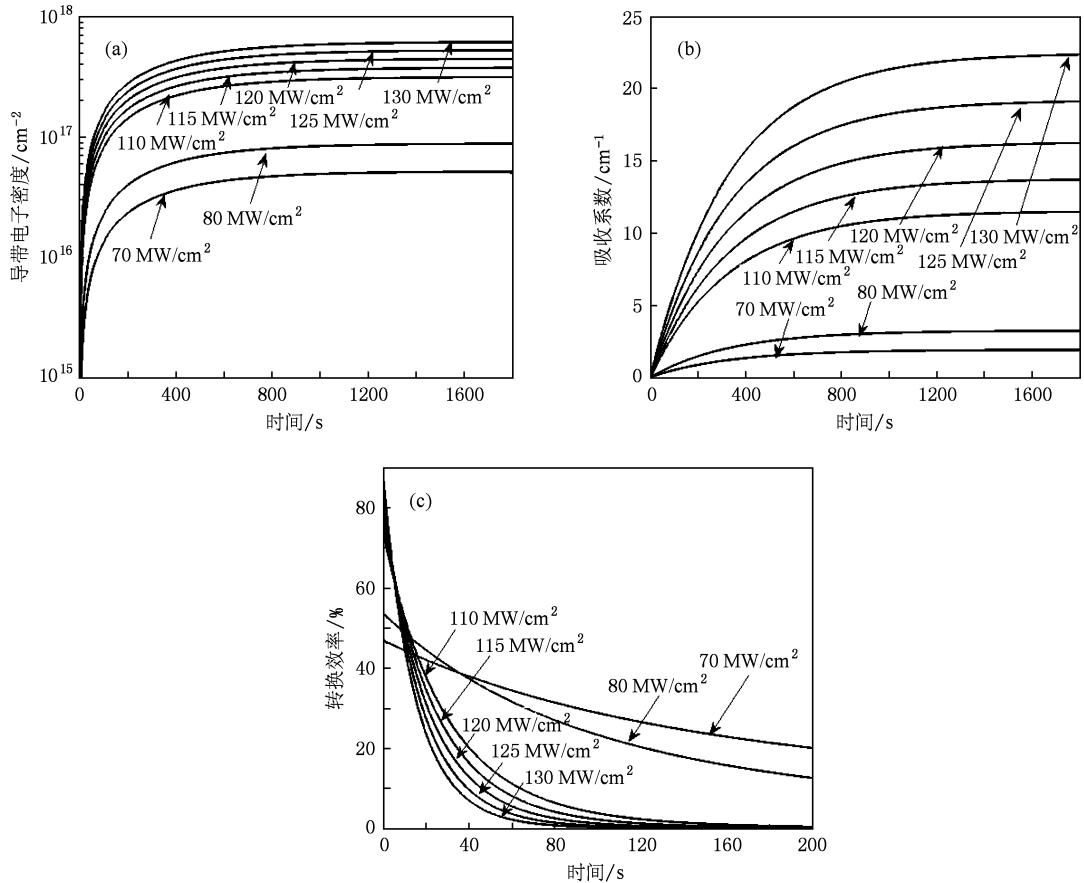


图2 重复频率 $f = 10 \text{ Hz}$ 时, 基频光不同入射峰值功率密度脉冲作用时 (a) 导带电子密度, (b) KTP 晶体 532 nm 吸收系数和 (c) 倍频转换效率随时间的演化规律

密度和 532 nm 吸收系数随着时间的增加均迅速增加, 并最终趋于一稳定值; 随着基频光入射功率密度以及重复频率的增加, KTP 晶体导带电子密度和 532 nm 吸收系数也随之增加; KTP 晶体倍频转换效率随着时间的增加迅速减小, 并最终趋于零; 当基频光重复频率一定时, 在基频光作用前期, 入射功率密度高的倍频转换效率高, 但是倍频转换效率下降速度随入射基频光的功率密度的增加而增加, 这导致脉冲作用一段时间后入射功率密度高的脉冲的倍频转换效率反而低; 当基频光峰值功率密度一定

时, 随着重复频率的增加, 色心积累效果越来越明显, 倍频转换效率立即下降; 当固定基频光入射功率密度而改变其重复频率时, 随着作用时间的增加, 导带电子密度、吸收系数均趋于同一稳定值. 这是因为当激光作用在 KTP 晶体时由于双光子吸收在光行进的路径上出现灰迹, 随着脉冲作用时间的增加, 灰迹迅速累积, 灰迹大量吸收入射激光的能量, 但是灰迹的积累并不是无限制的, 而是随着作用时间的增加灰迹的产生和弛豫将达到一个动态的平衡, 故 KTP 晶体导带电子密度和 532 nm 吸收

从图2和图3中可以看出, KTP 晶体导带电子

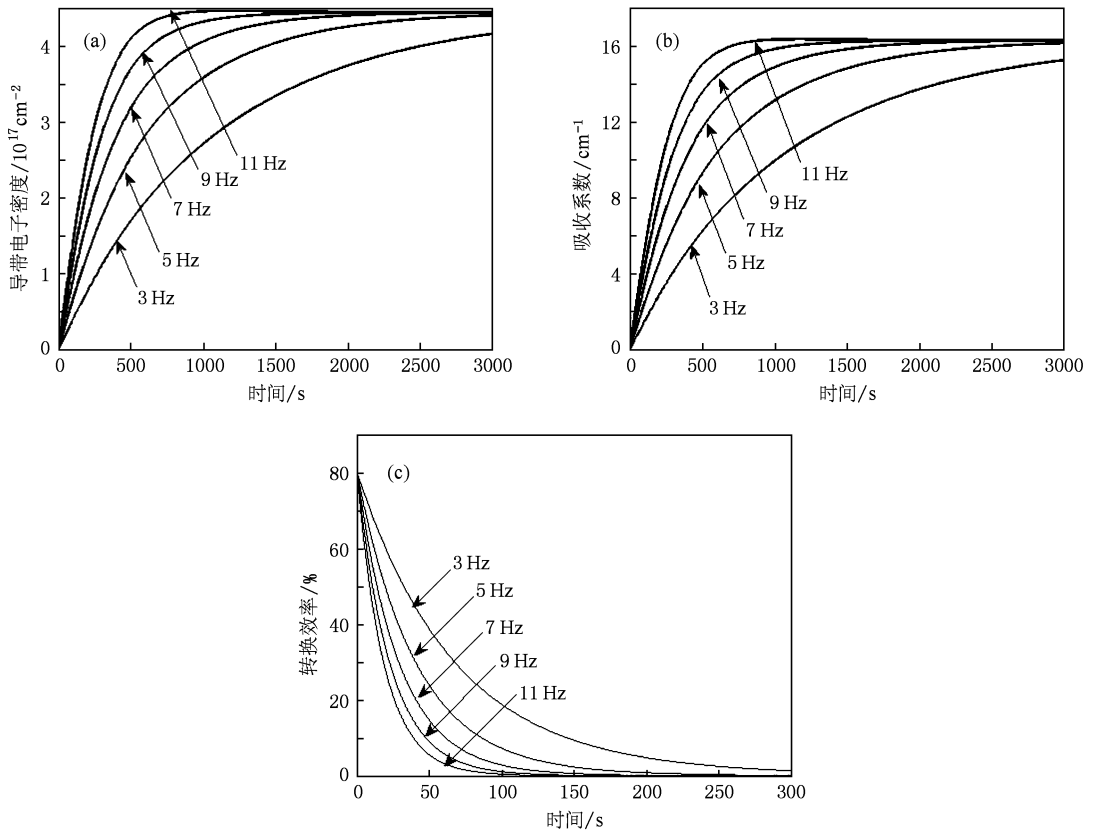


图3 基频光入射峰值功率密度 $I_0 = 120 \text{ MW/cm}^2$ 时,不同重复频率脉冲作用时(a)导带电子密度,(b)KTP晶体532 nm吸收系数和(c)倍频转换效率随时间的演化规律

系数随着作用时间的增加趋于一稳定值,而当固定基频光入射功率密度时,根据(4)式单脉冲产生的色心数量是一定的,即产生导带电子数是一定的,随着作用时间的增加,不同重复频率脉冲引起的导带电子密度趋于同一稳定值.从(11)式可以看出,倍频转换效率同基频光入射功率密度成正比,而灰迹的积累速度同入射光功率密度成反比,故出现如图2(c)所示现象.

导带电子密度的积累是入射激光能量和重复频率共同作用的结果,不同入射激光能量和不同的重复频率均将导致导带最终积累的电子密度不同.前面已经提到当色心密度超过 10^{17} cm^{-3} 时,即导带电子密度超过 10^{17} cm^{-3} 时样本不再透明,在光行进的路径上出现灰色暗迹,这也就是说当导带电子密度的累积超过此值时KTP晶体出现灰迹.从图2可以看出,当基频光入射功率密度较小时,随着作用时间的增加,导带电子密度将稳定在此临界值以下,这意味着晶体在此功率密度下不表现为灰迹现象,但导带电子密度的累积对入射光存在吸收,故倍频转换效率同样出现下降现象.此时虽未出现灰迹现象,但如果长时

间运行,导带电子的长期累积将降低KTP晶体的损伤阈值,这对实际的激光系统来说也是致命的,故在实际应用中如果出现倍频转换效率下降现象应立即停止操作,将激光器放置一段时间或通过退火等手段恢复晶体初始透明后再操作.

4. 结 论

本文考虑灰迹对KTP晶体吸收系数和倍频转换效率的影响,推导了KTP晶体532 nm吸收系数同导带电子密度的关系表达式,同时根据导带电子密度的演化规律推导了KTP晶体倍频转换效率的演化表达式,结果表明:导带电子密度的积累大量吸收入射光的能量使KTP晶体表现为灰迹,而导带电子密度的积累是入射激光能量和重复频率共同作用的结果,同时还是材料参数的函数,随着作用时间的增加灰迹密度增加,并最终趋于一稳定值,即灰迹的产生和弛豫最终达到一动态的平衡,当导带电子密度的积累超过 10^{17} cm^{-3} 时晶体将不再透明,应立即停止操作;基频光入射功率密度较小时,

虽未出现灰迹现象,但长时间运行将降低 KTP 晶体的损伤阈值;KTP 晶体 532 nm 吸收系数随着灰迹的积累而增加,并最终趋于一稳定值;KTP 晶体的倍频转换效率呈指数下降趋势,并且基频光功率密度和重复频率越高,其下降速度越快. 这些结论为进

一步研究激光对晶体等光学材料的影响机理具有一定的指导意义.

感谢与陈建国、李大义教授和傅玉青博士的有益讨论.

- [1] Boulanger B, Fejer M M, Blachman R, Bordui P F 1994 *Appl. Phys. Lett.* **65** 2401
- [2] Tyminski J K 1991 *J. Appl. Phys.* **70** 5570
- [3] Edwards G J, Scripsick M P, Halliburton L E, Belt R F 1992 *Phys. Rev. B* **48** 6884
- [4] Loiacono G M, Loiacono D N, McGee T, Babb M 1992 *J. Appl. Phys.* **72** 2705
- [5] Blachman R, Bordui P F, Fejer M M 1994 *Appl. Phys. Lett.* **64** 1318
- [6] Satyanarayan M N, Bhat H L, Srinivasan M R, Ayyub P, Multani M S 1995 *Appl. Phys. Lett.* **67** 2810
- [7] Scripsick M P, Loiacono D N, Rottenberg J 1995 *Appl. Phys. Lett.* **66** 3
- [8] Feve J P, Boulanger B, Marnier G, Albrecht H 1997 *Appl. Phys. Lett.* **70** 277
- [9] Boulanger B, Rousseau I, Feve J P, Maglione M, Ménaert B, Marnier G *IEEE J. Quantum Electronics* **35** 281
- [10] Chmel A E 1997 *Materials Science and Engineering B* **49** 175
- [11] Han J h, Feng G Y, Yang L M, Zhang Q H, Xie X D, Zhu Q H, Zhou S H 2008 *Acta Phys. Sin.* **57** 5558 (in Chinese) [韩敬华、冯国英、杨李茗、张秋慧、谢旭东、朱启华、周寿桓 2008 物理学报 **57** 5558]
- [12] Ding H Z, Xing X S, Zhao R B 1996 *Chin. Phys.* **5** 801
- [13] Xiao Z Y, Wang T Y, Luo W Y, Wang Z H 2008 *Acta Phys. Sin.* **57** 2273 (in Chinese) [肖中银、王廷云、罗文芸、王子华 2008 物理学报 **57** 2273]
- [14] Chaffee P H, Ehrlich R B 1987 *IEEE Laser and Elector Optics Soc.* **25** 18
- [15] Demos S G, Staggs M, Kozlowski M R 2002 *Appl. Opt.* **41** 3628
- [16] Jia T Q, Chen H X, Huang M, Zhao F L, Li X X, Xu S Z, Sun H Y, Feng D H, Li C B, Wang X F 2006 *Phys. Rev. B* **73** 54105
- [17] Wang K P, Fang C S, Zhang J X, Wang S L, Sun X, Gu Q T, Li Y P 2004 *J. Synthetic Crys.* **33** 48 (in Chinese) [王坤鹏、房昌水、张建秀、王圣来、孙 洵、顾庆天、李义平 2004 人工晶体学报 **33** 48]
- [18] Fox M 2009 *Optical properties of solids* (Beijing: Science Press) p6
- [19] Casper R T, Jones S C, Braunlich P, Kelly P 1990 *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B* **46** 231
- [20] Jones S C, Braunlich P, Casper R T, Shen X A, Kelly P 1989 *Optical Engineering* **28** 1039
- [21] Qian S X, Wang G M 2002 *Nonlinear Optics-Principle and Progress* (Shanghai: Fudan University Press) p58 (in Chinese) [钱世雄、王恭明 2002 非线性光学原理与进展 (上海: 复旦大学出版社) 第 58 页]

The evolution law of KTP SHG conversion efficiency in special repetition rate *

Zhang Qiu-Hui¹⁾ Feng Guo-Ying^{1)†} Han Jing-Hua¹⁾ Li Bin-Hou¹⁾ Xie Xu-Dong²⁾ Zhu Qi-Hua²⁾

1) (*College of Electronics and Information Engineering, Sichuan University, Chengdu 610064, China*)

2) (*China Academy of Engineering Physics, Mianyang 621900, China*)

(Received 29 October 2009; revised manuscript received 13 November 2009)

Abstract

Based on the conduction band electron density and the expression of the effective dielectric function, the absorption coefficient at 532nm of KTP crystal is deduced. The evolution law of conduction band electron density, absorption coefficient and second harmonic generation (SHG) conversion efficiency are comparatively studied. The results are as follows. The 532 nm absorption coefficient of KTP crystal is increasing with conduction band electron density, and the SHG conversion efficiency is decreasing with conduction band electron density. When the power density of fundamental frequency laser is a fixed value, conduction band electron density shows accumulation effects a different repetition rates, which caused the 532 nm transmission and the SHG conversion efficiency of KTP crystal to vary exponentially with acting time, and the accumulation effect is increasing obviously with repetition rate, but conduction band electron density and absorption coefficient approach their steady values.

Keywords: KTP crystal, gray-tracking, SHG conversion efficiency

PACC: 4265 K, 6220 M

* Project supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant Nos. 10676023, 60890203).

† Corresponding author. E-mail: guoing_feng@scu.edu.cn