

文章编号: 0253-2239(2004)12-1705-2

用飞秒激光在 α -BBO 晶体中诱导析出 β -BBO 相*

潘守夔 姜本学 李红军 姜雄伟 陈庆希 邱建荣 朱从善

(中国科学院上海光学精密机械研究所中日光子技术实验室, 上海 201800)

通常超快强激光主要用于研究发生在材料内部, 时间尺度在皮秒(10^{-12} s)到飞秒(10^{-15} s)范围内的动力学现象。然而, 其极短的脉冲宽度, 使得激光束经聚焦后在焦斑处的功率强度可达 10^{14} W/cm²。所以, 当这种激光束被聚焦在透明材料的内部时, 巨大的能量可在极短的时间内积聚在非常小的区域内, 并使该区域内的温度和内压力急剧上升。由于这种被聚焦的激光束具有极高的时空分辨率, 在与透明材料相互作用时, 不会像大能量, 大功率长脉冲激光那样使材料受到破坏, 而会在材料内部留下室温可永久保留的结构上的显微改性^[1~3]。因此, 超快强激光可成为制作复合功能材料的一种有用的工具。

α -BBO(BaB_2O_4)晶体是一种可用于紫外波段的双折射材料, β -BBO(BaB_2O_4)晶体是一种非常有用的非线性光学晶体。它们具有相同的化学组分, 但是结构相异。BBO晶体的熔点约为 1095 °C, α -BBO 是高温相, β -BBO 是低温相, 相变温度约为 910 °C。用超快强激光与 α -BBO 晶体相互作用, 有可能在 α -BBO 晶体中析出 β -BBO 相, 在适当条件下可使其成为微晶体, 与 α -BBO 晶体形成复合的功能材料。本简报扼要报道我们在这方面所观察到的现象和所得到的结果。

用引上法生长了 α -BBO 晶体, 将 α -BBO 晶体毛坯, 沿其光轴面切割成 10 mm × 7 mm × 3 mm 的样品, 并对样品的六个面进行光学抛光处理。用激光二极管为抽运源的 LiYF_4 激光器的二次谐波抽运的钛宝石再生放大器作为飞秒激光光源。该激光器的输出波长为 800 nm, 脉冲宽度为 120 fs, 脉冲重复频率为 1 kHz 或 200 kHz, 输出的平均功率分别为 100~200 mW 和 300~420 mW。将飞秒激光引入一显微镜系统, α -BBO 晶体的样品被放置在可作三维精密调控的样品台上。飞秒激光通过 5 倍或

50 倍(数值孔径为 0.8)的显微物镜(Nikon ME600L)会聚在 α -BBO 晶体样品表面(垂直于光轴的平面)之下 1.5 mm 的平面上。然后, 从与显微镜相连的 CCD 监视器的显示屏上观察和记录用飞秒激光辐照 α -BBO 晶体时发生的发光现象。

在实验中观察到当 α -BBO 晶体经会聚的飞秒激光辐照一定的时间后, 会在 CCD 监视器的显示屏上观察到强烈的蓝光发射。当实验在脉冲重复频率为 200 kHz 的器件上进行, 辐照功率为 420 mW 时, 几乎与飞秒激光开始辐照的同时, 在 CCD 监视器的显示屏上观察到强烈的蓝光发射。图 1 为用光谱仪记录辐照功率为 300 mW 时, 发射的蓝光光谱及其强度与辐照时间的关系。光谱仪记录的蓝光波长为 400 nm, 是波长为 800 nm 的入射飞秒激光的倍频光, 其强度随辐照时间增加而加强。 α -BBO 晶体不是非线性光学晶体, 不会使 800 nm 的近红外激光倍频成蓝光。在被飞秒激光辐照的体系中, 只有生成 β -BBO 相才会使 800 nm 的近红外激光倍频成蓝光。所以, 这个结果说明 α -BBO 晶体经飞秒激光辐照后, 在焦斑所在微小区域内发生的温度效应诱导 α -BBO 晶体发生相变, 析出了 β -BBO 相。

为此, 在脉冲重复频率为 1 kHz 的飞秒激光器

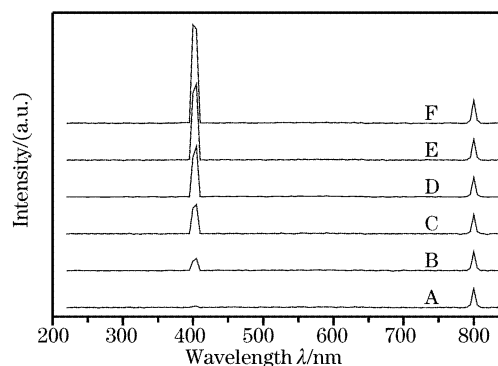


Fig. 1 The strengthening procedure of frequency doubling light. by the irradiation of femtosecond laser. A: 0 s, B: 3 s, C: 14 s, D: 25 s, E: 32 s, F: 56 s. Irradiation conditions of femtosecond laser: objective lens 50×, NA: 0.8, laser power 300 mW

* 国家自然科学基金(60178026、60378033)资助课题。

E-mail: skpan@mail.shnc.ac.cn

收稿日期: 2004-10-27

上实验了辐照功率及辐照时间对 β -BBO 相形成的影响: 飞秒激光聚焦在 α -BBO 晶体样品表面下 1.5 mm 处的平面上, 当辐照功率为 170 mW 时, 在 CCD 监视器显示屏上观察并记录了随辐照时间的延长焦斑处发光颜色的变化。图 2(a) 为辐照刚开始时除了白光发射外, 还有 800 nm 的红光。这种白光发射是飞秒激光入射 α -BBO 晶体后发生光谱加宽现象后形成的白光连续谱的发射; 图 2(b) 为辐照 3 min 后出现蓝色发光, 说明已有 β -BBO 相析出; 图 2(c) 为辐照 4 min 后, 在原辐照区中央白光区也出现蓝光发

时, 加强了蓝光发射。这说明随着辐照时间的增加, β -BBO 相也随着增加; 图 2(d) 为辐照 10 min 后原来伴有的 800 nm 红光进一步减弱, 整个被辐照区以蓝光发射为主, 并在中央区出现半透明相。辐照时间增加到 30 min 后所观察到的现象同图 2(d) 相同。这个结果表明经 10 min 辐照后被辐照区析出的 β -BBO 相已近饱和。图 3 为经 10 min 辐照后出现的半透明相的照片。这种半透明相很可能是析出的 β -BBO 相经不完全晶化过程的产物。

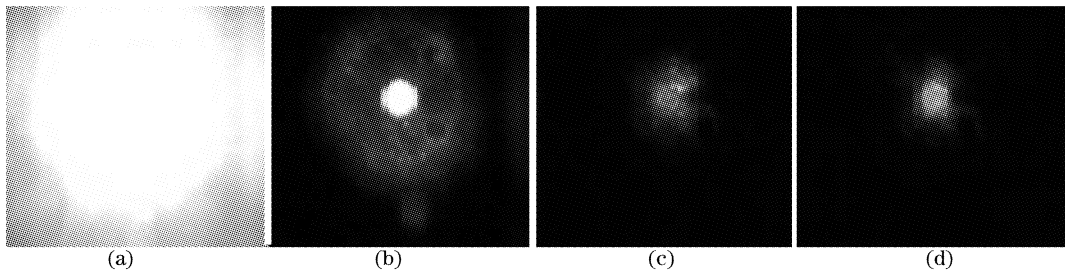


Fig. 2 The increment of β -BBO phase follow the increase of irradiation time

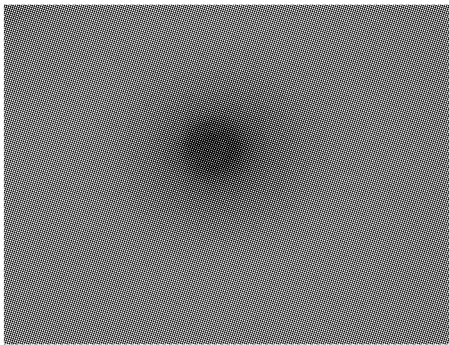


Fig. 3 After 10 min irradiation with 170 mW, the semitransparent phase occur in α -BBO crystal

从已经获得的结果来看在合适的条件下有可能在 α -BBO 晶体中诱导生长出 β -BBO 微晶体, 与

α -BBO 晶体构成复合功能材料。

参 考 文 献

- 1 Qiu Jianrong, Kawsaki M, Tanaka K *et al.*. Phenomenou and mechanism of long-larting phosphorescence in Eu^{2+} -doped aluminosilicat glasses. *J. Phys. Chem. Solids*, 1998, **159**(9): 1521~1525
- 2 Kiyotaka Miura, Qiu Jianrong, Tsuneo Mitsugu *et al.*. Space-selection growth of f -frequency-conversion crystals in glasses with ultrashort inf rared laser pulses. *Opt. Lett.*, 2000, **25**(6): 408~410
- 3 Qiu Jianrong, Zhu Congshan, Takayuki Nakaya *et al.*. Space-selective valenie state manipulation of transition metal ions inside glasses by a femtosecond laser. *Appl. Phys. Lett.*, 2001, **79**(20):3567~3569