

文章编号: 1001-4322(2003)11-1041-06

激光与材料参数对瞬态 SBS 诱导的激光超声破坏效果的影响*

邓少永, 郭少锋, 陆启生, 程湘爱, 周萍, 李莉

(国防科学技术大学 理学院, 湖南 长沙 410073)

摘 要: 通过数值求解一维瞬态受激布里渊散射(SBS)声光耦合波方程,从理论上分析了泵浦激光参数及光学材料参数对 SBS 过程发生阈值的影响。以 SBS 过程中建立起来的应力场抗拉(压)强度和散射场的反射率为判据,分析了激光脉宽及作用区域长度对激光超声破坏材料效果的影响,探讨了短脉冲激光(约 ns)引起的激光超声对材料的破坏机理;讨论了通过参数配置有效遏制 SBS 过程激光超声对光学材料的破坏问题。

关键词: SBS; Stokes 种子光; 激光脉宽; 作用区域长度; 反射率; 抗拉(压)强度

中图分类号: TN249 **文献标识码:** A

1964 年 Hercher^[1]发现聚焦后的激光束会在光学材料内产生破坏。Chiao^[2]和 Guliano^[3]等人试图将这种破坏归结为布里渊散射在材料内部产生的弹性声波,但理由并不充分。随着短脉冲、高功率激光器的发展,发现激光器窗口在激光的辐照下经常发生力学断裂,有人将这种破坏归结为激光超声。即当激光辐照光学材料时,与某种形式的物质激发波相互作用,一方面产生受激发射光波,另一方面将这种激发波迅速放大,到达一定程度时,就造成了材料的力学破坏。

国内外作了大量实验来研究受激布里渊散射过程产生的超声破坏机理,并根据实验结果给出了激光超声破坏阈值的半经验估计判据^[4]。要弄清激光超声破坏的机理,了解激光参数和光学材料参数对 SBS 破坏阈值及破坏效果的影响,可从理论入手,对 SBS 声光耦合波方程进行数值分析。在不考虑泵浦光衰减的近似情况下,Akhmanov 等人 and Carman 等人对此做了较完整的工作,而最重要的早期理论工作是由 Kroll^[5],Wang 和 D'yakov 完成的。目前国外开发了计算机软件来模拟二维、三维瞬态横向 SBS,而国内所作的纵向受激布里渊散射数值模拟研究,都是基于对 SBS 声光耦合波方程的一维近似。虽然会带来一定误差,但目前实验激光束焦斑面积远小于靶截面积,一维近似结果与实验吻合得较好^[6~8]。

了解激光超声的破坏机理,有助于有效抑制高功率激光对固体激光器和光纤激光器的光学器件的破坏。

1 一维后向 SBS 的声光耦合波理论

从非线性光学的角度来看,介质感应声学运动的响应时间在 $10^{-8} \sim 10^{-9}$ s,其主要作用的机理是电致伸缩效应。电致伸缩效应使介质密度随时间和空间周期性变化,从而改变了材料的介电常数,介电常数的改变会产生非线性电极化效应。相应的声波方程中的驱动力形式是 $F_s = \nabla[\rho_0(\partial/\partial t)E^2]$ 。式中 ρ_0 是材料的平均密度, ρ 是材料在光场作用下发生变化后的密度, ϵ 是介电常数。

受激布里渊散射是入射到介质的强泵浦光波场与其在介质内通过电致伸缩效应产生的声波场相互作用、相互激发而产生的一种光的散射现象。产生的散射光称为 Stokes 光。由于声波能量与强泵浦激光能量相比可忽略,所以不考虑声波,SBS 过程可看作是能量由泵浦光到 Stokes 光的转移。对各向同性材料,由空间反演对称性知,强光场作用下最低阶非线性效应是三阶效应。受激布里渊散射即属于三阶非线性效应,它产生阈值一般比较高。当作用于光学材料的强泵浦光达到一定强度后,受激布里渊散射过程建立,这时介质内光场和声场耦合在一起,忽略材料的线性衰减作用^[9~13],作缓变振幅近似并认为波矢完全匹配,则透明光学材料中一维后向 SBS 过程的三波耦合非线性动力学方程组为^[12,14]

$$\frac{\partial A_p(x, t)}{\partial x} + \frac{n}{c} \frac{\partial A_p(x, t)}{\partial t} = \frac{i}{2} \frac{k_p}{\rho_0 n^2} A_a(x, t) A_s(x, t) \quad (1)$$

* 收稿日期:2003-04-26; 修订日期:2003-06-09

基金项目:国家 863 计划项目资助课题

作者简介:邓少永(1979),女,博士生,主要从事激光破坏机理研究工作;E-mail:dengshaoyong@sina.com。

$$-\frac{\partial A_S(x,t)}{\partial x} + \frac{n}{c} \frac{\partial A_S(x,t)}{\partial t} = \frac{i}{2} \frac{k_S}{\rho_0 n^2} A_a^*(x,t) A_p(x,t) \quad (2)$$

$$\frac{\partial A_a(x,t)}{\partial x} + \frac{v_a}{2} A_a(x,t) + v_a \frac{\partial A_a(x,t)}{\partial t} = \frac{i}{2} \frac{k_a}{v_a^2} A_S^*(x,t) A_p(x,t) + f(x,t) \quad (3)$$

方程(1)是SBS过程中,泵浦光场的传播方程;方程(2)是SBS过程中,散射光场的传播方程,其右端表示在声波场作用下由介质密度起伏引起的光弹性效应对光电场的影响;方程(3)是介质内弹性声波波动方程,右端表示在电场作用下电致伸缩效应对介质中声波场的贡献。以上3个方程描述了泵浦光场、散射光场与声波场相互激励的耦合过程。 v_a 是声波在介质内的传播速度, c 是真空中光速, α_a 代表声波的吸收, ρ_0 是介质平均密度, ϵ_0 是介质介电常数, β 是介质的电致伸缩系数, n 为介质的光学折射率, k_p, k_S, k_a 分别为三种波量子的波数,其中, A_p, A_S 和 A_a 分别是泵浦光、Stokes光和声波场的复振幅, A_a 事实上表征的是存在光场的情况下介质密度的起伏量。

(3)式中, $f(x,t)$ 为Langevin噪声源项,用来表征导致布里渊散射的介质密度的热起伏。一般认为 $f(x,t)$ 是一高斯随机变量,满足关系 $\langle f(x,t) \rangle = 0, \langle f(x,t) f(x',t') \rangle = Q(x-x')(t-t')$,式中 $Q = 2 \rho_0 h_a (1 + \bar{n}) / 2 v_a^2 A$ 为噪声强度参量, $\bar{n} = [\exp(h_a / 2 A k T) - 1]^{-1}$ 为声场中每一模式的平均声子数, A 为介质作用区的有效截面面积, ω_a 为感应产生的声子的频率。数值分析将联合求解方程(1)~(3)。

2 数值分析

以K9玻璃为例进行分析,采用ns脉宽的Nd:YAG脉冲激光,相互作用区域长度为 L (m),数值模拟中将抗拉(压)强度($5 \times 10^7 \sim 5 \times 10^8$ Pa)作为材料的强度极限^[12]。建立如图1所示的数值模拟模型,参数选取: $\rho_0 = 2.5 \times 10^3$ kg/m, $n = 1.5132$,杨氏模量 $E = 8.0 \times 10^{10}$ Pa, $k_S = k_p = 8.9506 \times 10^6$ /m, $k_a = 1.7901 \times 10^7$ /m, $v_a = 5.98 \times 10^3$ m/s,声子的衰减距离 $l_a = 2 \times 10^{-5}$ m。从Lorentz-Lorenz关系式得到 $\beta = (n^2 - 1)(n^2 + 2) / 3 = 1.84$ 。 I_1 为入射泵浦光, I_2 为Stokes种子光。当 $I_2 = 0$ 时,为SBS发生器,即噪声起振;当 $I_2 \neq 0$ 时,为SBS放大器。计算过程中,将泵浦光脉宽 τ_p 取为相当于或短于声子寿命 τ_a ($\tau_a = 4$ ns, $\tau_p < 5 \tau_a$ ^[15]),以使计算模型限于瞬态情况。取矩形光脉冲,近似认为小光斑光强分布均匀。当泵浦光强度较低时,声波振荡无法建立,很快衰减。当逐渐提高泵浦光强度并超过某一阈值时,声波增长超过衰减,小幅度声波振荡开始建立,进一步增加泵浦光强度,即可建立起大幅度的超声波,并引起光学材料破坏。

影响破坏阈值的因素有很多方面,由三波耦合的饱和效应^[11]可知,SBS散射过程的反射率达到100%

时,种子光强度 I_2 的增大只能影响SBS过程建立的快慢,对应力场的建立没有贡献,只能靠增强泵浦光能量($E = I_p$)来达到超声破坏的目的。对激光阈值的研究已比较充分,本文选取统一的阈值光强 $I_1 = 2 \times 10^{15}$ W/m²,主要通过数值求解过程,分析脉宽 τ_p 及相互作用区域长度 L 对SBS过程中激光超声破坏材料效果的影响。其中破坏效果以材料内后向Stokes散射光的反射率及材料内部应力场^[11,12]为判据。

分析图2发现,在ns脉宽范围内,当其它参数一定时,泵浦光脉宽越大,泵浦光与材料相互作用时间越充分,SBS有足够时间发展起来,反射率和应力极值越大,越易达到三波耦合的饱和效应,材料也越易被破坏。可以预见,在其它条件一定的情况下,脉冲宽度达到一定程度后,SBS过程建立起来的应力场趋于稳定,再增大脉宽,应力的极值将不会随其增大。由于这一模型中的声波驱动源是由电致伸缩效应贡献的,脉宽太短时,这一假设已不成立,这时对介质密度起调制作用的主要是分子定向克尔效应,所以即使激光功率很大,脉宽太小也同样无法通过激光超声对材料造成破坏。同时也可看出,脉宽大到一定程度后,应力的发展达到饱和,若此时的应力极值未达到破坏极限($E = I_p < 600$ J/cm²),再增大脉宽,应力值也不会超过材料的抗压(拉)强度。因此,在入射泵浦光强一定的情况下,需考虑影响激光超声破坏效果的另一个重要参数:相互作用区域长度 L 。

图3、图4将数值模拟结果进行了比较,给出了不同相互作用区域长度对破坏效果的影响。虽然相互作用区域长度会影响反射率的峰值及其达到峰值的时间,但它们都趋向于1。相互作用区域长度对应力场的建立也有影响,相互作用区域长度大则应力场会较早发展起来。在一定长度范围内($L > 0.04$ m),介质内后向散射

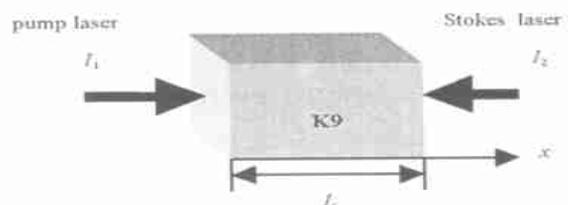


Fig.1 Interaction of biharmonic laser

图1 泵浦光、种子光联合作用于K9玻璃

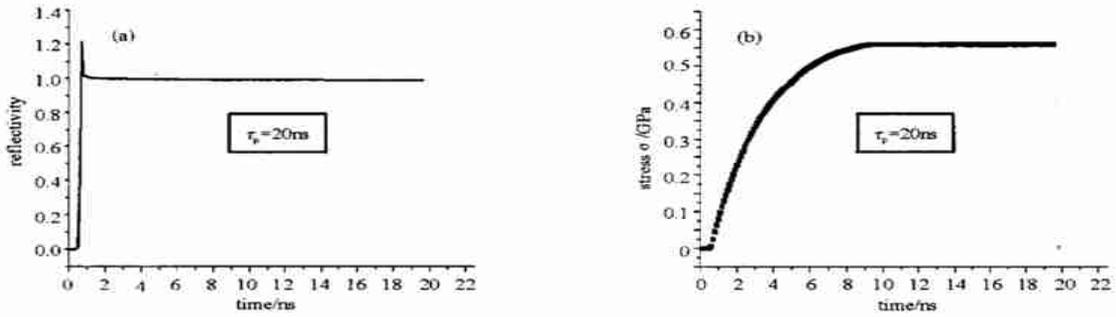


Fig. 2 When $I_1 = 2 \times 10^{15} \text{ W/m}^2$, $I_2 = 100 \text{ W/m}^2$, $L = 0.04 \text{ m}$, temporal variation of reflectivity of Stokes wave (a) and stress field (b)
 图 2 $I_1 = 2 \times 10^{15} \text{ W/m}^2$, $I_2 = 100 \text{ W/m}^2$, $L = 0.04 \text{ m}$ 条件下, Stokes 散射光的反射率 (a) 和应力场 (b) 随时间的变化

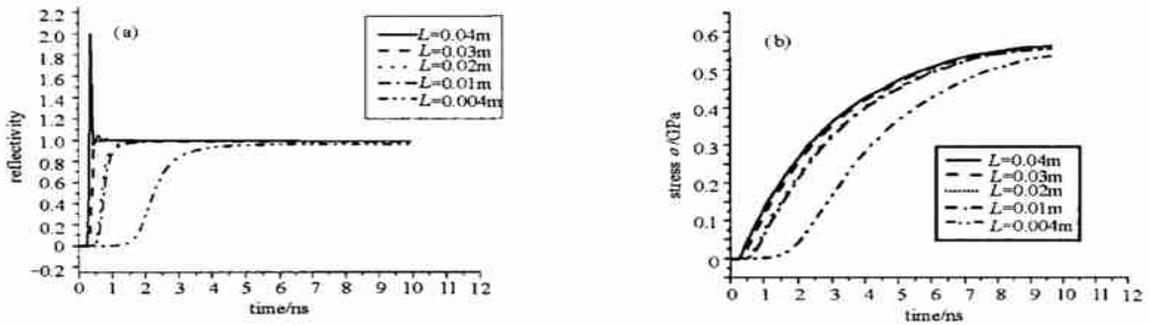


Fig. 3 When $\tau_p = 20 \text{ ns}$, $I_1 = 2 \times 10^{15} \text{ W/m}^2$, $I_2 = 10^8 \text{ W/m}^2$, temporal variation of reflectivity of Stokes wave (a) and stress field (b)
 图 3 $\tau_p = 20 \text{ ns}$, $I_1 = 2 \times 10^{15} \text{ W/m}^2$, $I_2 = 10^8 \text{ W/m}^2$ 条件下, Stokes 散射光的反射率 (a) 和应力场 (b) 随时间的变化

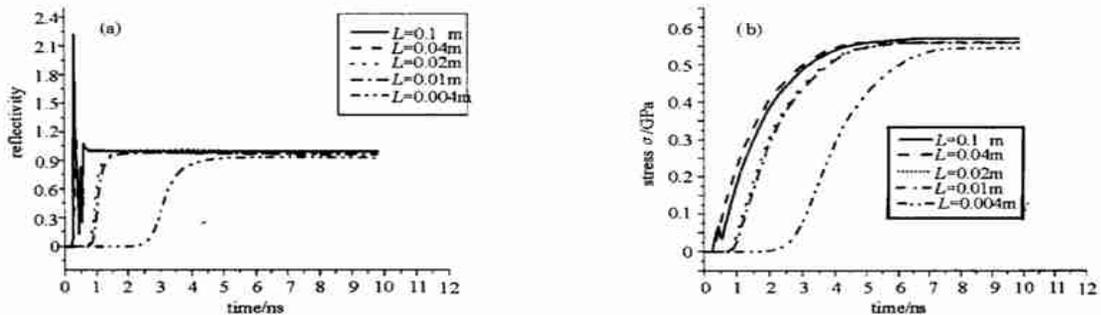


Fig. 4 When $\tau_p = 20 \text{ ns}$, $I_1 = 2 \times 10^{15} \text{ W/m}^2$, $I_2 = 10^2 \text{ W/m}^2$, temporal variation of reflectivity of Stokes wave (a) and stress field (b)
 图 4 $\tau_p = 20 \text{ ns}$, $I_1 = 2 \times 10^{15} \text{ W/m}^2$, $I_2 = 10^2 \text{ W/m}^2$ 条件下, Stokes 散射光的反射率 (a) 和应力场 (b) 随时间的变化

Stokes 光反射率峰值出现了大于 1 的情况,即出现了脉宽压缩;在 $L < 0.03 \text{ m}$ 时,脉宽压缩现象消失;而当 $0.01 \text{ m} < L < 0.02 \text{ m}$ 时,散射光的反射率和材料内应力场的建立时间对相互作用长度的变化反应不敏感,即相互作用长度的变化对反射率和应力场建立的快慢及程度影响很小,在此相互作用长度范围内研究激光超声破坏机理时,可忽略 L 的影响,而只考虑其它参数的影响。随着泵浦光作用时间的增长,对相互作用长度 $L < 0.04 \text{ m}$ 的 K9 玻璃,其内部应力场发展趋势相同, L 越大,应力场发展的越快,越容易达到材料的破坏极限,即所需的泵浦光破坏阈值越低;相反, L 越小越不易被破坏,即破坏阈值越高。分析图 4 发现,虽然脉宽与 Stokes 种子光强比图 3 有了变化,但反射率与应力场的发展趋势并未变化。由此可以预测,在实际情况下,当无 Stokes 种子光入射,即噪音起振的情况下,依然遵从由图 3、图 4 得到的结果,而与 Stokes 种子光入射与否无关。

图 5 中可清晰地看到:当相互作用长度 $L > 0.04 \text{ m}$ 时,随 L 大小的不同,应力场的建立几乎发生在同一时刻; L 大则应力场先建立起来。当 $L > 0.1 \text{ m}$ 时,应力场的发展并非一路增长,而是在某一时刻出现起伏, L 越大,则起伏次数越多;在其不同起伏节点处,会被不同 L ($L < 0.1 \text{ m}$) 对应的应力场超过(如表 1 所示)。由此分析可知,相互作用长度越大,则材料越容易达到抗拉强度破坏阈值,即较低的入射泵浦光强即可导致材料因抗

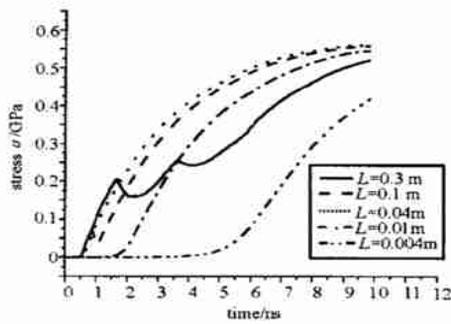


Fig. 5 When $p = 20\text{ns}$, $I_1 = 2 \times 10^{15}\text{W/m}^2$, $I_2 = 10^2\text{W/m}^2$, temporal variation of stress field

图 5 $p = 20\text{ns}$, $I_1 = 2 \times 10^{15}\text{W/m}^2$, $I_2 = 10^2\text{W/m}^2$ 条件下, 应力场随时间的变化

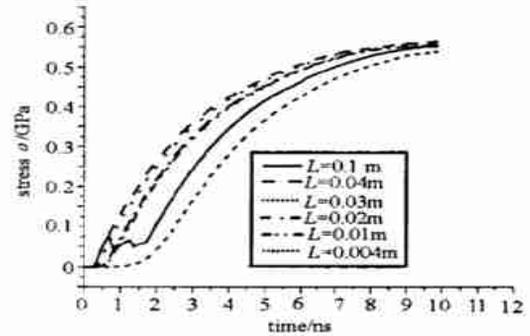


Fig. 6 When $p = 20\text{ns}$, $I_1 = 2 \times 10^{15}\text{W/m}^2$, $I_2 = 10^8\text{W/m}^2$, temporal variation of stress field

图 6 $p = 20\text{ns}$, $I_1 = 2 \times 10^{15}\text{W/m}^2$, $I_2 = 10^8\text{W/m}^2$ 条件下, 应力场随时间的变化

拉强度而被破坏,抗拉强度导致的破坏应处于材料内部接近后表面处。而当 $p < 1\text{ns}$ 的激光使 $L > 0.04\text{m}$ 的材料因达到抗拉极限而被破坏时, $L < 0.02\text{m}$ 的材料内部应力场尚未发展起来。可见泵浦光脉宽短时,厚度大的材料会因抗拉强度而被破坏。同时还发现,随着泵浦光作用时间的增长, $L = 0.04\text{m}$ 的材料内部应力场的强度发展最快,最先达到 $5 \times 10^8\text{Pa}$ 即抗压强度破坏极限,此时其前表面应被破坏。可见,对透明光学材料而言,若仅考虑 SBS 过程引起的激光超声破坏,则当相互作用长度处于某一值时材料最容易被破坏。而超过这一值,采用短脉冲 ($p < 2\text{ns}$) 激光可造成有效的内部接近后表面的破坏,即破坏阈值较低。若材料厚度较小 ($I_1 = 2 \times 10^{15}\text{W/m}^2$, $I_2 = 10^2\text{W/m}^2$ 时, $L < 0.02\text{m}$) ,则 $p > 2\text{ns}$ 才可对材料造成破坏,即破坏阈值较高。且在此相互作用长度范围内,材料越薄越不易被破坏。

表 1 与图 5 对应的各交点值

Table 1 Points of intersection in Fig. 5

times/ ns	0.9	1.75	1.95	3.7
stress / 10^8Pa	0.65	1.9	1.7	2.5

图 6 中则清楚地表明了:当厚度超过一定值(约 0.1m)时,要造成其前表面的破坏,需要更大的破坏阈值,甚至比相互作用长度小的材料更难破坏,但其内部却很容易因抗拉强度而被破坏,要造成其内部的抗拉强度破坏只需脉宽很短的激光,即泵浦光阈值比 $L = 0.004\text{m}$ 的抗拉强度破坏阈值约低 $3/4$ (以 $\sigma = 5 \times 10^7\text{Pa}$ 对应的不同 L 的脉宽为判据)。对比图 4 可以看出,在大约 $p = 12\text{ns}$ 时,材料内部应力场达到稳定,此时,相互作用长度 L 大的材料内部应力场稳定值也稍大一些。此稳定值是由三波耦合的饱和效应造成的,且不同的 L 对应的稳定值差别很小。

3 结 论

从数值模拟的结果来看,在脉冲激光作用于材料的短暂时间内,应力场建立所需时间可能小于激光脉宽,即在激光作用于材料的一瞬,SBS 过程尚未达到稳态时即可由激光超声对材料造成破坏。总之,通过对影响破坏效果的两个主要参数 p , L 的分析,可得到如下结论:

(1) 脉宽 p 在 $1 \sim 20\text{ns}$ 范围内,固定其它参数,随着脉宽增大,应力场随时间积累呈增大趋势,若此时 I_1 足够大,则 p 越大,材料越易被破坏;若 I_1 不够大,在 12ns 时应力场的发展已达到稳定,其强度仍无法达到材料的破坏极限,则即使脉宽继续增大,应力场的大小也不会有明显变化,仍无法达到破坏。

(2) 固定其它条件不变,相互作用区域长度在一定范围内 ($L < 0.04\text{m}$) ,由 SBS 过程在材料内部建立的应力场发展趋势相同,且相互作用区域长度越小,需要的破坏阈值越高,材料越不易破坏。在 $L > 0.04\text{m}$ 和 $L < 0.02\text{m}$ 两个区间内, L 的变化对材料内部应力场建立的快慢影响不大,但从总体上来看, L 越大,应力场建立得越早。对 $L > 0.1\text{m}$ 的材料,较早 ($t < 1\text{ns}$) 达到抗拉强度破坏极限 ($\sigma = 5 \times 10^7\text{Pa}$) ,材料内部靠近后表面处更容易被破坏,若以抗拉强度极限为破坏标准,则材料厚,破坏阈值低;在此相互作用长度范围内,材料内部应力场的发展会出现一定起伏,致使应力场强度在某一时刻的发展落后于相互作用长度短的材料,反而使其前表面很难达到抗压强度极限,即要使其前表面破坏需要的泵浦光能量较大,且 L 越大,越难被大功率激光破坏。而

对于 $L < 0.02\text{m}$ 的材料,要在其内部通过 SBS 过程建立应力场并达到材料抗拉强度,需要的泵浦光能量是 $L = 0.04\text{m}$ 时的 2~3 倍;要达到抗压强度所需激光能量也比 $L = 0.04\text{m}$ 时大得多。可见,从高功率激光器发展角度来看,激光器中的光学器件越薄越不易被破坏。

(3) 相互作用长度 L 存在一个最佳值,当选取此值时,无论是达到该材料的抗拉强度还是达到材料的抗压强度均很容易,即需要的泵浦光阈值均较低。

(4) 在一定范围内,相互作用区域长度的变化对反射率和材料内部应力随时间的变化及最后达到的峰值的影响将很小。可见,相互作用区域长度对激光超声破坏程度的影响是有一定限制的,不能完全依赖于改变相互作用区域长度来控制激光超声破坏阈值。

(5) 从计算结果中也可以发现:材料后表面反射率大,材料内应力大,材料也易被破坏,这也从另一方面证明后表面镀全反膜的材料更容易被激光超声破坏。

(6) 从 $L > 0.04\text{m}$ 开始出现了脉宽压缩现象,可见通过调整相互作用区域长度,可利用 SBS 实现很好的脉宽压缩,得到 fs 脉宽的激光。

4 讨 论

和 SBS 竞争的非线性效应包括 SRS,受激热散射,自聚焦,双光子吸收。数值求解过程中只考虑了理想的 SBS 过程,未考虑其竞争效应。

数值求解所采用的泵浦光脉冲为小光斑矩形脉冲,即假定光强均匀分布;实际稳定腔的激光器输出的激光为高斯光束,激光强度呈高斯分布。目前高功率激光器一般为非稳腔,输出的是环形光束,且其强度无法达到 SBS 发生的阈值,一般均须聚焦才能得到大功率密度的泵浦光,聚焦光作用于介质时的情况必与矩形脉冲不同,针对这种情况需进一步完善数值求解程序,以比较真实地模拟出 SBS 的发展过程。

参考文献

- [1] Hercher M. Laser-induced damage in transparent media[Abstract]. Program of the 1964 spring meeting. *J Opt Soc Amer*, 1964, **54**(4):563.
- [2] Chiao R Y, Townes C H, Stoicheff B P. Stimulated Brillouin scattering and coherent generation of intense hypersonic waves[J]. 1964, *Phys Rev Letters*, **12**(21):592—595.
- [3] Giuliano C R. Laser-induced damage to transparent dielectric materials[J]. *Appl Phys Letters*, 1964, **5**(7):137—139.
- [4] Kyrakis D T, Weiland T L. Determination of SBS induced damage limits in large fused silica optics for intense, time varying laser pulse[A]. Proc SPIE: Laser-induced Damage in Optical Materials[C]. 1991, **1441**:469—467.
- [5] Kroll Norman M. Excitation of hypersonic vibrations by means of photoelastic coupling of high-intensity light waves to elastic waves[J]. *J Appl Phys*, 1965, **36**(1):34—43.
- [6] 陈 飞, 孟绍贤. 2ns 大口径高功率激光对光学玻璃材料破坏研究[J]. 光学学报, 1998, **18**(10):1362—1365. (Chen F, Meng S X. Damage of optical glasses materials with 2ns large aperture high power laser. *Acta Optica Sinica*, 1998, **18**(10):1362—1365)
- [7] Offenberger Allan A, Thompson David C, Fedosejevs Robert, et al. Experimental and modeling studies of a Brillouin amplifier[J]. *IEEE Journal of Quantum Electronics*, 1993, **29**(1):207—216.
- [8] 於海武, 孟绍贤. 光学材料破坏的超声模型[J]. 光学学报, 1996, **16**(10):1446—1450. (Yu H W, Meng S X. Ultrasound model on damage of optical glasses. *Acta Optica Sinica*, 1996, **16**(10):1446—1450)
- [9] Yu H W, Meng S X. Transient stimulated Brillouin scattering and damage of optical glass[J]. *J Appl Phys*, 1997, **81**(1):85—88.
- [10] 陈 飞, 孟绍贤. 光学材料破坏机理[J]. 物理学进展, 1998, **18**(2):187—206. (Chen F, Meng S X. Damage mechanism of optical materials. *Progress in Physics*, 1998, **18**(2):187—206)
- [11] 郭少锋, 陆启生, 程湘爱, 等. 双谐激光场作用下 SBS 过程诱导的光学材料破坏[J]. 强激光与粒子束, 2003, **15**(3):229—233. (Guo S F, Lu Q S, Cheng X A, et al. Damage of optical materials induced by SBS process under biharmonic laser irradiation. *High Power Laser and Particle Beams*, 2003, **15**(3):229—233)
- [12] 郭少锋, 陆启生, 程湘爱, 等. 光学透明材料中瞬态 SBS 过程的数值研究[J]. 物理学报, 2004, **53**(1). (Guo S F, Lu Q S, Cheng X A, et al. Numerical study for transient SBS process in transparent optical material. *Acta Physica Sinica*, 2004, **53**(1))
- [13] 王劲松, 汤伟中, 周文. 单色光在损耗介质中激励的受激布里渊散射[J]. 光学学报, 1997, **17**(9):1164—1167. (Wang J S, Tang W Z, Zhou W. Stimulated Brillouin scattering excited by monochromatic light in absorption media. *Acta Optica Sinica*, 1997, **17**(9):1164—1167)
- [14] Robert W Boyd, Kazimierz Rzazewski, Paul Narum. Noise initiation of stimulated Brillouin scattering[J]. *Physical Review A*, 1990, **42**(9):5514—5521.
- [15] Murray J R, Smith J Ray, Ehrlich R B, et al. Experimental observation and suppression of transverse stimulated Brillouin scattering in large optical components[J]. *Optical Society of America*, 1989, **6**(12):2402—2411.

Influence of pulse duration and interaction length on transient SBS induced damage

DENG Shao-yong, GUO Shao-feng, LU Qi-sheng, CHENG Xiang-ai, ZHOU Ping, LI Li
(College of Science, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: Transient Stimulated Brillouin Scattering (SBS) coupled equations are solved for one-dimension approximation. Through numerical study, dependence of influence induced by SBS procession on parameters of laser and medium is investigated respectively. The relationship between pulse duration, interaction length and the damage threshold is discussed in terms of the stress and reflectivity built in SBS procession. Find out a better configuration of parameters to restrain the damage induced by SBS procession. We can get the conclusion that temporal variation of stree field in the SBS medium with different size follows the same rule when interaction length is less than some value; a greatest interaction length which SBS medium is easy to be damaged is existent; and we also find that we can obtain high power laser which has much shorter pulse duration through SBS pulse compression.

Key words: SBS; Seeding Stokes light; Pulse duration; Interaction length; Reflectivity; Stress

* * * * *

第十一届全国等离子体科学技术会议在合肥和苏州召开

第十一届全国等离子体科学技术会议于 2003 年 9 月 18 至 22 日分两阶段分别在合肥、苏州举行。本次会议由中国科学院等离子体物理研究所承办、苏州大学物理系协办。参加本次会议的代表 150 多人来自全国各地,是历届大会中规模最大的一次全国等离子体科学界的交流研讨盛会。会议的研讨重点为等离子体基础理论、热等离子体物理与技术、核聚变等离子体、低压冷等离子体物理与技术、等离子体诊断与测量、常压冷等离子体物理与技术、脉冲功率技术等。

出席开幕式的有中科院物质研究院院长谢纪康、中科院等离子体物理研究所所长李建刚、安徽省科技厅厅长张国栋、安徽省政府秘书长余焰炉、西北核技术研究所邱爱慈院士、中科院力学研究所吴承康院士,以及长期从事等离子体物理研究的专家郭文康、钱尚介、白希尧、宁兆元等人。美国的利伯曼教授作了“Plasma Processing in the 21st Century”专题报告,白希尧教授作了“高压下强电场电离放电的产生理论和方法”的报告,邱爱慈院士就“高功率 Z 箍缩技术在西北核技术研究所的研究进展”作了报告,刘昌俊、胡征、时家明三位教授也分别在大会上作了相关的学术报告。

整个会场气氛热烈而有序,来自全国各地从事等离子体科学研究的专家学者带来了最新的研究成果,在大会上进行技术研讨和交流。随着国民经济长期稳定的快速发展,科学技术是第一生产力的作用突现出来,等离子体科学与技术的研究领域也在不断扩展,学术水平不断提高,在高新产业中应用的需求更加广泛,从事研究的队伍更加壮大。近几年,在聚变等离子体物理、等离子体与物质相互作用、常压等离子体物理等基础研究方面取得了丰硕的成果,特别是等离子体技术在新材料合成、材料表面改性、纳米材料制备、空间环境模拟、大气环境净化、高危垃圾处理、以及医学消毒灭菌等领域都在开展广泛研究,并取得了令人鼓舞的成果,从而极大地推动了我国等离子体科学与技术的深入研究。也必将形成“等离子体商机无限”的可喜局面。

会议期间,与会专家学者们兴致勃勃地参观了中国科学院等离子体物理研究所 HT-7U 国家大科学工程装置和 HT-7U 线圈绕制生产大厅。代表们对等离子体所从事的科研工作倍感兴趣,对科技工作者在高科技领域所取得的研究进展十分赞赏。(程军莉)