

新型 Kerr 介质中非线性光学效应的研究

刘思敏 康明荐 张光寅 武原庆 许京军

南开大学物理系, 天津, 300071

1990年7月30日收到

本文通过 z 扫描方法重新研究中国茶的酒精或水溶液的非线性光学效应, 表明它们仅与介质中光热感应的负透镜效应相关.

PACC: 4265J; 4255M; 4220

张洪钧等人在中国茶、中草药及叶绿素的酒精或水溶液中观察到了自散焦、自聚焦和自陷效应^[1]. 他们认为, 介质中激光电场提供的光压力将介质中的高折射率分子推到了高光强区域, 使得介质中的高斯激光束感应了一个正透镜, 因而导致自陷与自聚焦^[1,2].

本文通过 z 扫描方法^[3]重新研究了这些现象, 表明它们仅与介质中光热感应的负透镜效应相关. 实验装置如图1所示. 使用连续波 He-Ne 激光束, 经透镜会聚, 将装有茶叶的酒精溶液的样品池置于激光束焦点的前、后不同位置处. 在样品前方设置的屏上, 我们也观察到类似张洪钧等人观察到的光斑图样. 把观察屏换成有一定孔径光阑的激光功率计, 并将样品池的位置从靠近透镜到远离透镜逐渐改变(z 扫描), 分别测得相应每个样品池位置 z 的透射比(有样品时透射光强与无样品时入射光强之比), 经过归一化, 便得到 z 扫描曲线 $T(z)-z$, 如图2所示.

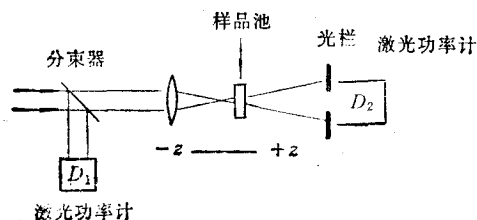


图1 实验装置

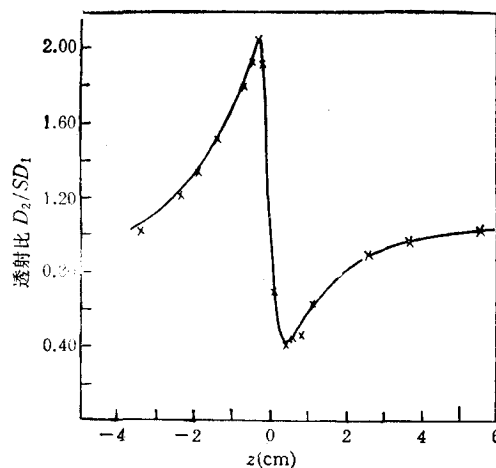


图2 茶叶的酒精溶液的 z 扫描曲线
纵坐标中的 S 为透射比归一化常数

由测得的透射比峰值与谷值之差 ΔT_{p-v} 便可由下式直接求得二次非线性系数 h_2 的近

似值^[2]:

$$h_2 \approx \frac{c\epsilon_0\lambda\alpha w_0^2\Delta T_{p-v}}{0.81(1 - e^{-\alpha L})P}$$

其中 c, ϵ_0 分别为真空中光速和介电常数, w_0 为束腰直径, 此处 $w_0 = 4\lambda f/\pi d = 2.2 \times 10^{-3}\text{cm}$. 测得介质的吸收系数 $\alpha = 0.4\text{cm}^{-1}$, 样品池长度 $L = 0.5\text{cm}$, 入射激光功率 $P = 19.5\text{mW}$, $\Delta T_{p-v} = 1.615$, 计算结果为 $h_2 \approx -1.3 \times 10^{-5}\text{esu}$, 此数值与文献[1]中的结果一致. 由 z 扫描曲线的峰与谷的位置可知, 茶叶的酒精溶液的非线性系数 $h_2 < 0$, 这证明在连续波 He-Ne 聚焦激光束辐照下, 这种介质由于光热感应引起负透镜效应, 而不是正透镜效应. 对于茶叶的水溶液的结果也是一致的, 只不过 h_2 的数值小一些.

我们可以用介质中的光热感应负透镜效应圆满地解释了文献[1]中所观察到的现象:

1) 当入射激光束焦点位置在样品池出射表面时, 在样品池中的入射光束为会聚光束, 介质的负透镜效应抵消了它的一部分会聚性, 这等效于伸长了聚焦透镜的焦距, 因而使聚焦光束的束腰尺寸变大. 文献[1]中原入射激光束的束腰直径为 $w_0 = 12\mu\text{m}$ ($f = 30\text{mm}$, $d = 2.0\text{mm}$), 由于介质的负透镜效应等效于使 $f \rightarrow f'$, 且 $f' > f$, 因而 $w'_0 > w_0$. 因为 $w_0 = 4\lambda f/\pi d$, 所以文献[1]中此时在屏上测得的最小光斑尺寸 $w'_0 = 0.67\text{mm}$, 约为原束腰直径 w_0 的 50 倍. 原束腰长度 $z_0 = 16\lambda f^2/\pi d^2 \approx 7.3 \times 10^{-2}\text{cm}$, 由 $z'_0/z_0 = (f'/f)^2 = (50)^2 = 2500$, 得 $z'_0 \approx 180\text{cm}$. 如此束腰长度的高斯光束必然会像文献[1]中所描述的那样, 在远场屏上会聚焦成一个直径近似为 0.67mm 的细丝, 即比无样品池时小束

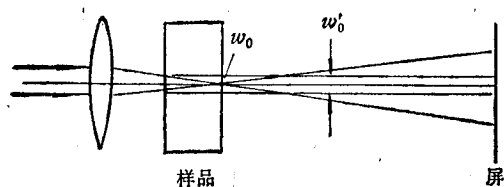


图3 入射激光束在样品池出射面时, 介质中的负透镜效应对出射激光束的影响

腰 w_0 . 在屏上的光斑尺寸要小得多 (图3). 这种现象只是由于介质的负透镜效应等效于伸长了聚焦透镜的焦距, 使出射的高斯光束束腰直径变大、束腰长度增长所致, 而与“自陷”是不相干的.

同时, 焦点后介质的负透镜效应又使激光束的焦斑变小, 两者互相抵消, 因而在远场屏上的光斑尺寸较没有样品池时同样位置处的光斑尺寸变化不大. 但由于热透镜 Δh 的径向分布曲线 $\Delta h(r)$ 具有“钟形”分布, 相同梯度 $d(\Delta h)/dr$ 处的光线波矢方向相同, 在远场处相干而形成一暗环, 使得有样品池时在屏上的有效光斑尺寸略有减小 (即文献[1]中图3的光斑尺寸略小于图2(a)的光斑尺寸).

3) 当入射激光束的焦点位于样品池的入射面时, 样品中光束的发散性与介质的负透镜效应相迭加, 使得出射激光束的焦斑变小而更加发散, 因而在远场屏上的光斑尺寸较没有样品池时显著增大 (即文献[1]中图4的光斑尺寸大于图2(a)中的光斑尺寸).

作为结论, 我们用 z 扫描方法测得茶叶的酒精或水溶液的二次非线性系数 h_2 的数值与符号. 其数值与文献[1]中的实验结果一致, 为 $1.3 \times 10^{-5}\text{esu}$, 其符号为负. 这就证明了此介质的非线性光学效应均为光热效应引起的负透镜效应, 而不存在正透镜与自陷等物理原因.

- [1] Hong-jin Zhang, Jian-hua Dai, Peng-ye Wang and Ling-~~an~~ Wu, *Opt. Lett.*, 14(1989), 695.
- [2] A. Ashkin, J. M. Dziedzic and P. W. Smith, *Opt. Lett.*, 7(1982), 276.
- [3] M. Sheik-bahae, A. A. Said and E. W. Van Stryland, *Opt. Lett.*, 14(1989), 955.

A STUDY ON THE OPTICAL NONLINEARITY OF SOME NEW TYPES OF KERR MEDIA

LIU SI-MIN KANG MIN-JIAN ZHANG GUANG-YIN WU YUAN-QING XU JING-JUN

Department of Physics, Nankai University, Tianjin, 300071

(Received 30 July 1990)

ABSTRACT

We have restudied the optical nonlinearity of the solutions of Chinese tea in ethyl alcohol or water using *z*-scanning method. The study shows that the optical nonlinearity only depends on the laser-heating-induced negative lens effect in the media.

PACC: 4265J; 4255M; 4220