

# 在有机染料溶液中简并的四波混频

吴存恺 杨天龙 舒海珍 王志英

(中国科学院上海光机所)

R. M. Hellwarth<sup>[1]</sup>、A. Yariv 和 D. M. Pepper<sup>[2]</sup>、D. M. Bloom 和 G. C. Bjorklund<sup>[3]</sup> 在 1977 年几乎同时提出简并的非线性四波混频的概念, 这引起人们很大的兴趣。用这种简并的四波混频过程可以得到原始波的位相复共轭波。因此, 这在信息处理中有很大的意义, 并且用这种方法可以获得高质量波面的反射放大器和振荡器。

在文献 [1] 和 [3] 中, 作者们用具有克尔非线性的透明介质  $CS_2$ , 基于简并的四波混频过程获得了任意入射波的复共轭波前, 从而使通过位相畸变介质的成象质量得到明显的改善。接着, S. M. Jensen 和 R. W. Hellwarth<sup>[4]</sup> 发表了类似的实验结果。后来, D. M. Bloom 等人<sup>[5]</sup> 用钠原子蒸气做介质, 将激发光精细调谐到钠的  $D_1$  或  $D_2$  共振线, 观察到简并的四波混频反射放大作用, 并且反射象的分辨率为 4 条线/毫米。这种反射放大器是一个两能级系统, 要求激发光精细调谐, 另外, 介质在激发波长有强荧光。最近, P. F. Liao 和 D. M. Bloom<sup>[6]</sup> 用氩离子激光做激发源, 用晶轴与光轴成  $60^\circ$  的红宝石做介质观察到简并的四波混频作用。这是一个三能级系统, 它在一定程度上克服了两能级系统的缺点。但所选用的工作上能级  $^2B$  有较长的寿命 (几个毫秒), 因此容易出现功率饱和。并且由于后向反射波强度的上升时间和下降时间分别为  $[1 - \exp(-t/\tau)]^2$  和  $\exp(-2t/\tau)$ , 其中  $\tau$  为选用的工作上能级的寿命, 因此这种系统不能做到快响应。

我们第一个观察到有机染料溶液做介质的简并的四波混频作用。激发光是钇铝石榴石掺钕离子倍频 5320 埃脉冲激光。激光的半最大全宽度约为 7 毫微秒。有机染料介质是若丹明 6G、若丹明 B 酒精溶液, 浓度为  $5 \times 10^{-5}$  克分子。染料盒作用程长 7 毫米。实验表明, 这种四波混频作用与染料溶液的浓度关系不灵敏。由于有机染料具有很宽的几乎是连续的吸收带, 因此可以选用吸收带内各种波长做激发光而无需精细调谐。另外, 在图 1 所示的四能级系统中, 激发的上能级 4 的寿命为微微秒量级, 工作上能级 3 为毫微秒量级, 处于能级 3 的粒子经辐射跃迁到能级 2。能级 2 的寿命为 (0.1~1) 微微秒。因此这种四能级系统不易出现功率饱和效应并且具有极快的响应。

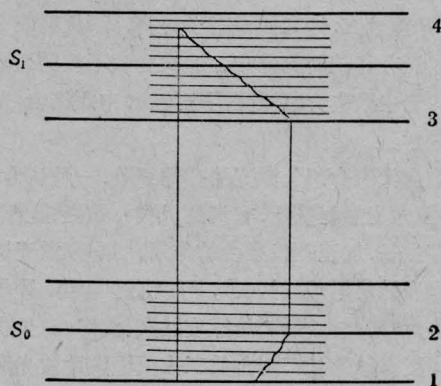


图 1 简并的四波混频四能级系统

我们采用图 2 的实验装置对简并的四波混频四能级系统进行了初步的实验观察。来

收稿日期: 1978 年 10 月 11 日。

自 YAG:Nd<sup>3+</sup> 的倍频激光, 经楔形分束器 2 分光, 其透射束做为激发光束 A<sub>1</sub>, 反射束经反射镜 1 反射后做为探测光束 A<sub>3</sub>。激发光束经 2 米焦距的透镜 4 聚焦。调整反射镜 1 使激发光束和探测光束在染料盒 5 内相交产生一迭加场。调整凹面反射镜 6 使反射光束 A<sub>2</sub> 的传播方向与激发光束 A<sub>1</sub> 相反。图中 7 是取样板, 用来观察后向反射波; 3 是光程补偿板。因此在这种配置中有  $k_1 = -k_2$ , 在四波混频中所产生的后向反射波的波矢量  $k_4 = -k_3$ 。k<sub>1</sub> 与 k<sub>3</sub> 的夹角为  $6.2 \times 10^{-2}$  弧度。

这种简并的四波混频过程很类似于实时全息照相。探测波 A<sub>3</sub> 是全息照相的物光束, 激发波 A<sub>1</sub> 是参考波, A<sub>2</sub> 波是再现光束和  $A_2 = A_1^*$ , 所得到的再现物波  $A_4 \propto A_3^*$ , 即原来

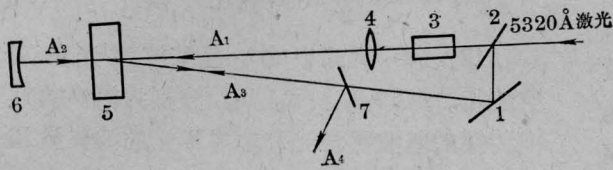


图 2 简并的四波混频实验装置

1—反射镜; 2—分束器; 3—补偿板; 4—透镜;  
5—染料盒; 6—凹面反射镜; 7—取样板

物波的位相复共轭波。有机染料分子在激发光束 A<sub>1</sub> 的作用下, 基态粒子数被激发到染料分子第一激发单重态上, 由于它有极短的生命, 被激发到此能级的粒子很快弛豫到能级 3 上。激发光束 A<sub>1</sub> 和物光束 A<sub>3</sub> 在染料盒中产生的相干场, 造成基态能级 1 和激发态能级 3 的粒子数分布的空间变化, 这就形成一个体全息光栅。在再现光束  $A_2 = A_1^*$  的作用下, 复制出原始物波的复共轭波。这在信息处理中是很有用的, 图 3 给出了由简并的四波混频过程所得到的后向反射波的光场分

布。当 A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub> 任意一束光被遮断时, 后向反射光消失。由于参考光束是一条细光束, 所以只记录了物光束的一部分。

由于有机染料溶液有宽的几乎是连续的

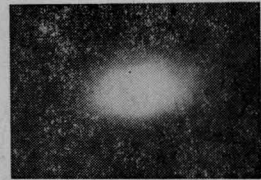


图 3 后向反射波的光场分布

吸收带, 因此我们所提出的这种简并的四波混频四能级系统适用于多种泵浦波长。另外, 有机染料能级的寿命很短, 因而它有极快的 (小于毫微秒) 的响应和不易产生功率饱和。这两点对简并的四波混频的信息处理和高速光开关作用具有很大的实用价值, 特别是对瞬变过程引起的象差补偿。

我们所提出的这种简并的四波混频四能级系统, 适用于多种有机染料溶液, 它的宽的吸收带和快响应特性是二能级系统和三能级系统无法比拟的。采用这种方法可以方便地修正畸变介质引起的象差。另外, 由于这种快响应特性, 可以制作快响应的的时间开关及瞬时信息储存。

### 参 考 文 献

- [1] R. M. Hellwarth; *JOSA*, 1977, **67**, 1.
- [2] A. Yariju, D. M. Pepper; *Opt. Lett.*, 1977, **1**, 16.
- [3] D. M. Bloom, G. C. Bjorklund; *Appl. Phys. Lett.*, 1977, **31**, 592.
- [4] S. M. Jensen, R. Hellwarth; *Appl. Phys. Lett.*, 1977, **32**, 116.
- [5] D. M. Bloom, P. F. Liao, N. P. Economou; *Opt. Lett.*, 1978, **2**, 58.
- [6] P. F. Liao, D. M. Bloom; *Opt. Lett.*, 1978, **3**, 4.