

掺镨硅酸钇晶体中双光脉冲的速度减慢和相干存储

量子光学

王海华 范云飞 王 荣 康智慧 高锦岳

(吉林大学物理学院, 吉林 长春 130023)

最近,利用电磁感应光透明(EIT)的光脉冲速度减慢和相干存储已经在实验上成功演示^[1-3],这些研究在量子信息领域有着重要应用。一个量子比特包含两个基本态,不能存储在传统的 EIT 三能级 Lambda 系统中,因为 Lambda 系统只有一个黑态极子,只能实现单通道光信息的相干操控。如何在单个原子系统中实现两个或多通道光子信息的相干控制成为研究者关注的焦点。目前的研究已经发现,在四能级 Tripod 系统中包含双黑态极子,可同时实现两个光通道的群速度减慢和相干存储。

目前关于光速减慢和相干存储的实验研究主要集中在原子气体里,为了实际应用,在固体材料里进行相关的研究具有更大的应用价值。固体材料明显的优点是具有良好的紧密型及高的原子密度,且不具有原子运动。研究者已发现 Pr³⁺:Y₂SiO₅ (Pr:YSO) 晶体具有窄的光谱线宽和长的退相干时间,可以用来进行原子相干效应的实验研究。已经有对 Pr:YSO 晶体中电磁感应光透明、量子开关、单光脉冲的减慢和相干存储等原子相干效应的报道。我们在实验上研究了 Pr:YSO 晶体中双光脉冲的速度减慢和相干存储^[4]。

通过施加一个强控制光场和两个弱的信号光场,在 Pr:YSO 晶体中选取了 Tripod 模型系统,如图 1 所示。首先从实验上研究了双光脉冲的同时速度减慢。Tripod 系统中存在双黑态极子,在控制光场的作用下,两个信号脉冲都经历了大的时间延迟,其群速度被同时减慢。如图 2(a)和(b),通过仔细调节两个信号光场的强度,两个信号脉冲获得了近似匹配的减慢群速度。两个信号脉冲的时间延迟是 18 μs,对应的群速度是 167 m/s。匹配群速度的双光脉冲可用来增强弱光脉冲之间的非线性作用时间,从而产生大的交叉相位调制。

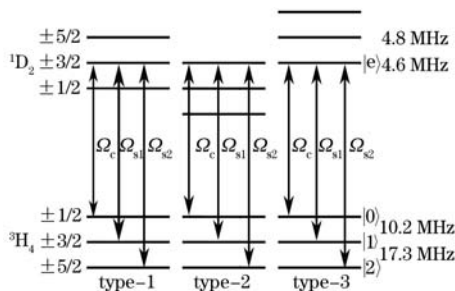


图 1 Pr:YSO 晶体的能级结构

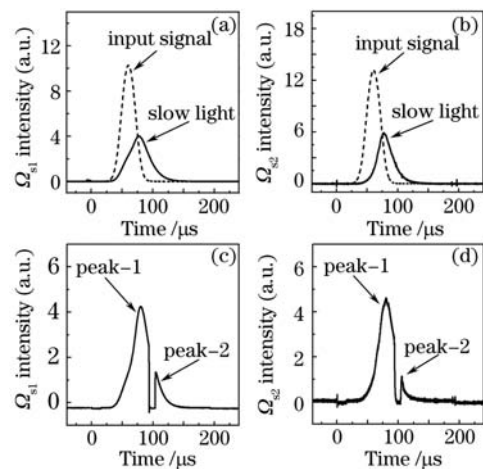


图 2 双光脉冲的速度减慢和相干存储

根据光存储的黑态极子理论,当减慢的信号脉冲在晶体内部传播时,通过关断和开启控制场可实现双光脉冲的存储和释放。图 2(c)和(d)显示了在 Tripod 系统的 Pr:YSO 晶体中双光脉冲的同时存储和释放。当控制场关断后,两个信号脉冲转换为基态的自旋激发(自旋相干),信号场的相干光学信息存储于其中。当控制场重新开启后,自旋相干转换为相应的信号光场,两个释放的光信号以减慢的群速度在晶体内部继续传播。

利用 Pr:YSO 晶体中 Tripod 系统的双黑态极子,从实验上研究了双光脉冲的速度减慢和相干存储,使实现光子比特的相干操控成为可能,将在量子信息和量子通讯中有重要的应用。

基金项目:国家自然科学基金(10774059 和 10904048),国家 973 计划(2006CB921103)资助课题。

通信作者:高锦岳, E-mail: jygao@mail.jlu.edu.cn

参考文献

1. M. Fleischhauer *et al.*, *Phys. Rev. Lett.*, 2000, **84** (22): 5094~5097
2. C. Liu *et al.*, *Nature*, 2001, **409**(6819): 490~493
3. D. F. Phillips *et al.*, *Phys. Rev. Lett.*, 2001, **86**(5): 783~786
4. H. Wang *et al.*, *Opt. Lett.*, 2009, **34**(17): 2596~2598