

加压光折变晶体中屏蔽暗空间孤子的自偏转特性*

光折变空间光孤子是非线性光学领域近年来的研究热点。光折变屏蔽空间孤子形成于有外加电压的非光伏光折变晶体中,其成因源于对外加电场的非均匀空间屏蔽。光折变空间亮孤子的理论研究表明,若考虑扩散效应的影响,孤子的中心在传播过程中将沿着一条抛物线轨迹偏转。本文通过考虑扩散效应的影响,利用数值方法,分析了外加电压的光折变晶体中的屏蔽暗空间孤子的自偏转特性,讨论了外加电压和入射孤子波强度对暗孤子自偏转的影响。

以外加电压的 SBN 晶体中的暗孤子为研究对象,在考虑扩散效应的影响下获得暗孤子的动态演化方程。首先,忽略扩散效应的影响,通过数值积分获得暗孤子的归一化强度包络(暗孤子解);然后,将获得的暗孤子作为入射孤子波代入含扩散项的动态演化方程考察暗孤子的偏转演化规律。

由暗孤子的动态演化方程可以看出,孤子的偏转量与归一化强度包络对空间坐标(s)的偏导数有

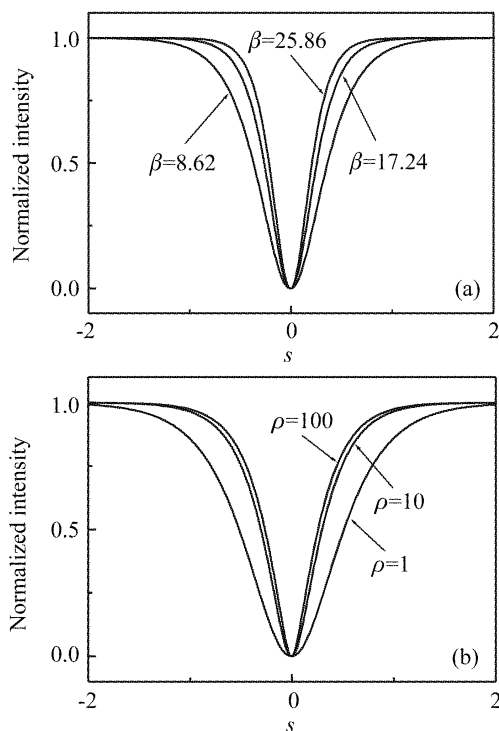


图 1 暗孤子归一化强度 $y(s)$ 与 β (a) 和 ρ (b) 的依赖关系

Fig. 1 Normalized intensity profiles of dark solitons dependence on β (a) and ρ (b)

关,即与归一化强度的宽窄有关。图 1(文中所有图的坐标单位均为归一化的量)给出了孤子归一化强度随外加电压(β)和孤子入射强度(ρ)的变化关系。可以看出,外加电压越大、入射孤子强度越大,孤子归一化强度包络越窄,孤子将获得更大的偏转。

图 2 给出了入射孤子波强度一定,不同外加电压下的暗孤子偏转规律。结果表明,暗空间孤子沿抛物线轨迹在光轴方向产生自偏转,暗孤子的这一偏转特性与亮孤子有明显区别,对亮空间孤子的研究表明,亮孤子总是在逆光轴方向上产生偏转。图 2 还表明暗孤子的偏转距离随外加电场绝对值的增加而增加。因为 β 的绝对值越大,暗孤子的包络越窄,孤子包络对空间坐标的导数越大,孤子会有更大的自偏转产生,这一结果与图 1(a)的结论相吻合。

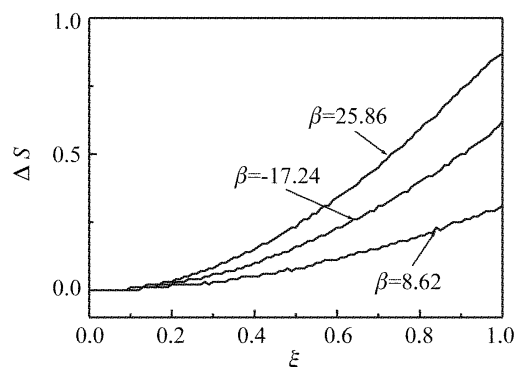


图 2 暗孤子中心偏转距离随外加电压的演化规律
Fig. 2 Evolution of spatial shift of dark solitons for various bias fields strengths

为研究入射孤子波强度对暗孤子自偏转的影响,固定外加电压,在不同入射孤子强度下数值求解动态演化方程,图 3 给出了暗孤子中心偏转距离随入射孤子强度的演化规律。由图可以看出,暗空间孤子沿一条抛物线轨迹在光轴方向上产生偏转,且偏转距离随入射光强的增加而单调增加。外加电压一定时, β 值确定,入射光强越大,暗孤子包络越窄,孤子包络对空间坐标的导数越大,暗孤子就会有更大的自偏转产生。这一结论与图 1(b)的结果相符。暗孤子的这一自偏转特性与亮空间孤子有明显不同,亮空间孤子的自偏转随入射光强不是单调变化的,孤子归一化包络在 r (入射亮孤子波强度与暗辐

* 国家自然科学基金(10574051,10174025)和中国地质大学(武汉)优秀青年教师资助计划(CUGQNL0621)资助项目。

射的比值) 约为 10 处最窄, 所以偏转距离在 r 约为 10 处取得最大值, 且亮孤子总是在逆光轴方向上产

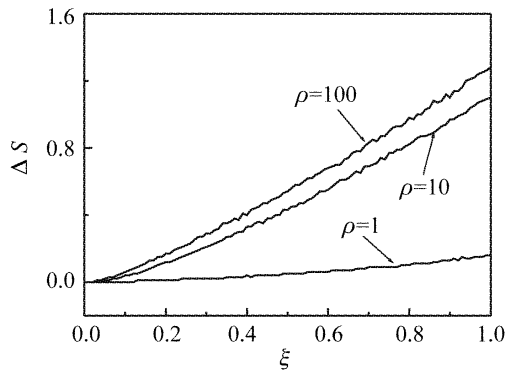


图 3 暗孤子中心偏转距离随入射孤子强度的演化规律

Fig. 3 Evolution of spatial shift of dark solitons for different input solitary beams intensity

生自偏转的。

总之, 考虑扩散效应的影响时, 屏蔽暗空间孤子在晶体中传播时, 会在晶体光轴方向产生自偏转, 且孤子中心偏转距离随外加电压的绝对值以及入射孤子波强度的增加而单调增加。通过调节晶体外加电压和入射暗孤子波光强的大小, 可以控制暗孤子在光轴方向上的自偏转大小。

¹ 中国地质大学物理系, 湖北 武汉 430074

² 华中科技大学光电子科学与工程学院,
湖北 武汉 430074

张光勇^{1,2}, 刘劲松², 许德胜²

收稿日期: 2007-02-08