

# 晶格鞍点孤子：混合非线性和各向异性衍射的完美平衡

非线性光学

胡毅<sup>1</sup> 楼慈波<sup>1</sup> 张鹏<sup>2</sup> 许京军<sup>1</sup> 陈志刚<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>南开大学泰达应用物理学院弱光非线性光子学教育部重点实验室, 天津 300457  
<sup>2</sup>旧金山州立大学物理和天文系, 旧金山 美国 94132

周期性光学结构中光波的传输行为一方面与自然界中其他离散系统(如生物分子链、固体物理和 BEC 等)中的波传输动力学过程密切相关,另一方面在全光路由、全光开关和光子计算机等方面具有重要的应用前景。最近除了光子晶体和光栅结构以外,光子晶格(即光波导阵列)作为另一类周期性光学结构引起人们的广泛关注<sup>[1]</sup>。二维光子晶格衍射关系曲面中存在一个鞍点<sup>[2]</sup>(即 X1 点),利用单一的非线性效应(自聚焦或自散焦)无法同时平衡该点处的各向异性衍射。类似于 X-波和光弹的研究(同时平衡光束的衍射和光脉冲的色散),我们旨在同时平衡鞍点处两种不同的衍射关系而获得一类新颖的鞍点孤子。

采用如图 1(a)所示的偏置方式(外加电场垂直于晶体光轴),在光折变 SBN 晶体中获得的混合非线性<sup>[3]</sup>与光诱导光子晶格(图 1(b))中的鞍形衍射关系相互平衡,形成一种新颖的晶格空间孤子,即二维鞍点孤子<sup>[4]</sup>。该孤子和以往所发现的任何晶格孤子均不同,其相位结构[图 1(f)和图 1(i)~(j)]匹配带隙结构中第一布洛赫带鞍点[图 1(c)中 X 点]的布洛赫模式。同时由图 1(g)和图 1(k)可以看出,它的空间

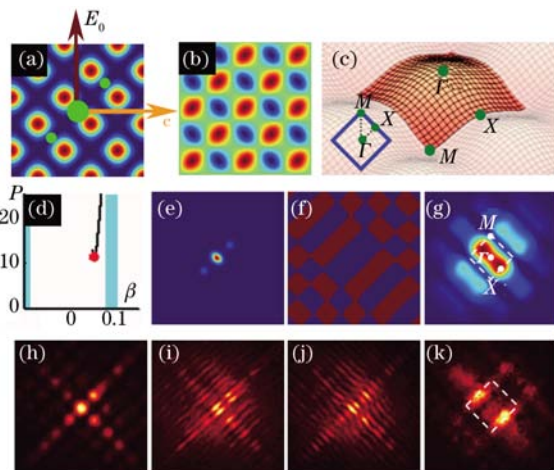


图 1 (a) 周期光场; (b) 光子晶格; (c) 衍射关系; (d) 鞍点孤子存在曲线; (e)~(g) (d) 中红点处孤子的强度、相位和频谱分布的模拟结果; (h)~(k) 鞍点孤子的实验结果, 依次对应孤子光强分布、与不同方向平面波的干涉图和空间频谱

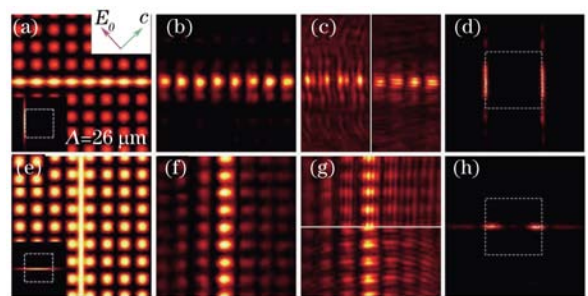


图 2 自聚焦(a)~(d)和自散焦(e)~(h)带内鞍点孤子的光学转换。从左到右依次为激发条件、孤子串光强分布,及其干涉图和空间频谱

频谱主要集中在第一布里渊区的两个 X 点上,进一步证实了它是由鞍点(X1)处分化出来的。

同时,在混合非线性效应存在的情况下,利用图 2(a)的几何配置首次证实了自聚焦非线性效应也可以支持带内鞍点孤子串,孤子强度分布、相位结构和空间频谱分别如图 2(b)~(d)所示。另外,在保持其他实验条件不变的情况下,仅改变入射条形光束的空间取向[图 2(e)],就可以激发自散焦非线性情况下的带内鞍点孤子[图 2(f)~(h)],从而实现了不同机制带内鞍点孤子的光学转换<sup>[5]</sup>。

需要强调的是,二维鞍点孤子的形成和不同带内鞍点孤子的选择激发是无法利用单一非线性(自聚焦或自散焦)观测到的,混合非线性在其中起着非常重要的作用。鞍点孤子的存在拓宽了人们对光子晶格中空间孤子的理解,同时我们期待在光学和其他物理系统中,混合非线性本身及其与离散体系的结合能够导致更加丰富的非线性动力学现象。

基金项目:国家 973 计划(2007CB613203),高等学校学科创新引智计划(B07013),国家自然科学基金(10904078)资助课题。

## 参考文献

通信作者:陈志刚, E-mail: zgchen@nankai.edu.cn

- 1 F. Lederer *et al.* *Phys. Rep.*, 2008, **463**(1~3): 1~126
- 2 X. Wang *et al.* *Phys. Rev. Lett.*, 2007, **99**(24): 243901
- 3 P. Zhang *et al.* *Opt. Lett.*, 2008, **33**(8): 878~880
- 4 Y. Hu *et al.* *Opt. Lett.*, 2009, **34**(21): 3259~3261
- 5 Y. Hu *et al.* *Opt. Lett.*, 2009, **34**(7): 1114~1116