

# 不同结构光子晶体的带隙特性

李成凤<sup>①</sup>

(临沂大学实验与教育技术中心 山东省临沂市通达路 18 号 276005)

**摘要** 基于平面波展开法研究光子晶体的带隙特性,数值模拟了横磁波和横电波在三角晶格和正方晶格构成的二维光子晶体中的带隙特性,得到了三角晶格较正方晶格更容易出现带隙,且三角晶格的横电波光子带隙较大。实验结果为光子晶体器件的设计提供理论依据。

**关键词** 光子晶体;平面波展开法;带隙特性

中图分类号:O572.31

文献标识码:A

文章编号:1004-8138(2011)03-4382-03

## 1 引言

1987 年 John S.<sup>[1]</sup>和 Yablonovich E<sup>[2]</sup>等人提出了光子晶体的概念。光子晶体具有带隙特性。光子晶体可以制作滤波器、高效率的低损耗的反射镜、光子晶体微谐振腔等光子晶体器件,这些都是基于光子晶体在做器件的时候具有电磁波传播的低色散和低损耗特性。光子晶体的研究已经成为热点<sup>[3-5]</sup>,光子晶体中二维光子晶体的研究很重要,本文以横电波和横磁波在两种结构的光子晶体中的带隙比较进行研究,实验结果为光子晶体器件设计提供理论依据。

## 2 结果与讨论

### 2.1 横磁波的比较

研究电磁波在二维光子晶体中的带隙特性时,主要是通过求解麦克斯韦方程组,这里采用最常见的求解麦克斯韦方程组的平面波展开法,麦克斯韦方程组可以化为一个本征方程,求解它的本征值即可得到光子晶体的带隙特性。首先研究横磁波在二维光子晶体中带隙特性的情形。

图 1 采用的物理模型是二维光子晶体的三角晶格结构,即构成光子晶体柱状结构呈三角性结构排列,图 2 采用的物理模型是二维光子晶体的正方晶格结构,即构成光子晶体柱状结构呈正方形结构排列。

图 1 中横坐标是波矢量,是一个无量纲单位,纵坐标是归一化频率(Hz),图 1 中可以看到阴影部分表示光子晶体的禁带,它的范围是 0.4889—0.5421Hz,在此电磁波频率范围内的电磁波将不被传播,而其他的电磁波可以通过,从另外一个方面它具有滤波功能,图 1 中曲线表示简约波矢量。设计正方晶格,采用相同的参数,此时看到图 2 并没有出现光子晶体的禁带。

### 2.2 横电波的比较

图 3 和图 4 是横电波在二维光子晶体中的光子带隙图。图 3 同样是三角晶格结构,图 4 是正方

① 联系人,手机:(0)15069982506;E-mail:lydxlcf@126.com

作者简介:李成凤(1963—),女,山东省临沂市人,实验师,主要从事光子晶体方面的研究工作。

收稿日期:2011-01-07;接受日期:2011-01-10

晶格结构。图 3 中在 0.2821—0.4322Hz 出现光子晶体的带隙结构, 图 4 中并没有出现光子晶体的带隙结构。

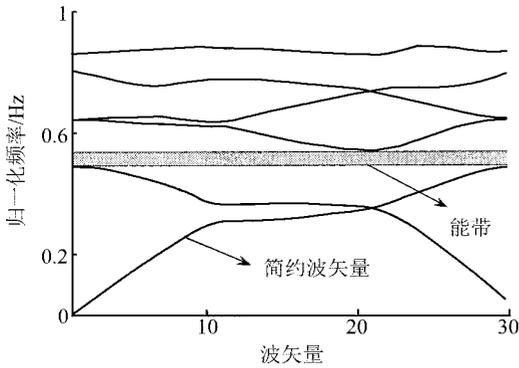


图 1 三角晶格横磁波的能带图

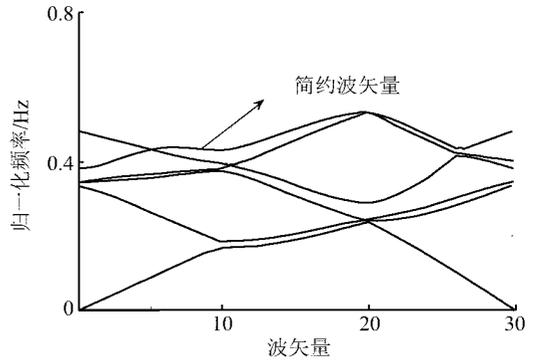


图 2 正方晶格横磁波的能带图

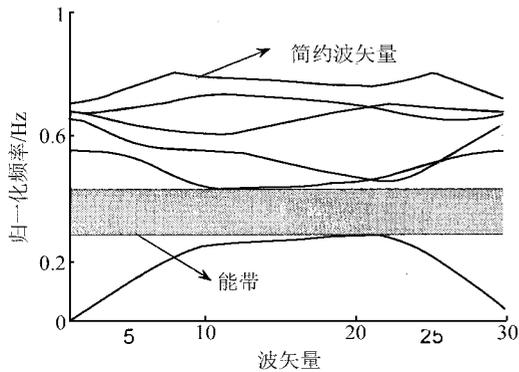


图 3 三角晶格横电波的能带图

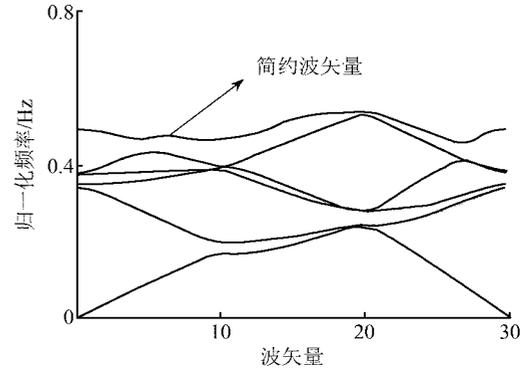


图 4 正方晶格横电波的能带图

### 3 结论

通过横磁波和横电波在二维光子晶体的三角晶格、正方晶格结构中的带隙特性分析, 得出三角晶格较正方晶格更容易出现光子晶体的带隙结构, 比较三角晶格的横磁波和横电波的光子晶体带隙特性发现, 三角晶格的横电波易于出现大的光子晶体带隙。实验结果为光子晶体器件的设计提供理论依据。

### 参考文献

- [1] John S. Strong Locali Zation of Photons in Certain Disordered Dielectric Superlattices[J]. *Physical Review Letter*, 1987, **58**(23): 2486—2488.
- [2] Yablonovich E. Inhibited Spontaneous Emission in Solid-State Physics and Electronics[J]. *Physical Review Letter*, 1987, **58**(20): 2059—2061.
- [3] 曾隽, 潘杰勇, 董建文等. 大小周期正方格子复合结构表的光子带隙特性[J]. *物理学报*, 2006, **55**(6): 2785—2788.
- [4] Benz A, Fasching G, Deutsch C *et al.* Terahertz Photonic Crystal Resonators Indouble-Metal Waveguides[J]. *Opt. Express.*, 2007, **15**(19): 12418—12424.
- [5] 龚春娟, 胡雄伟. 遗传算法优化设计三角晶格光子晶体[J]. *物理学报*, 2007, **56**(2): 927—932.

# Different Structure of Photonic Crystal Gap Properties

Li Cheng-Feng

(Experiment and Education Technology Center, Linyi University, Linyi, Shandong 276005, P. R. China)

**Abstract** The band gap characteristics of photonic crystals was investigated by the plane wave expansion method, and numerical simulation of transverse magnetic wave and the waves in the triangle lattice and square lattice constituted band gap characteristics of two-dimensional photonic crystals, and the obtained the triangle lattice was more likely to have band gap than square lattice, and the horizontal waves photonic band gap of triangle lattice was bigger. The results provide theoretical basis for the design of photonic crystal devices.

**Key words** Photonic Crystal; Plane Wave Expansion Method; Band Gap Characteristics

## 穷酸的西南联大与 3 位诺贝尔奖得主 ——真正意义上的世界一流大学

西南联大的历史,前后不过 8 年半(1937 年 9 月至 1946 年 5 月)。当年的物质条件可够穷酸的:学生宿舍无一砖一瓦,全是夯黄土为墙,堆茅草为顶,窗户没有一块玻璃,仅有几根树枝聊以象征。绝大多数师生经常是食不果腹,衣不蔽体,不时还要在敌机轰炸下逃生。在校学生不超过 2000。可是当年的西南联大,在三不管的地方,坚守大学理想,主张“教授是大学的灵魂”,实行“不妄用一钱,不妄用一人”,教师为爱国而教,学生为救国而学,吃红薯干,点桐油灯,以苦为乐,励精图治,弦歌不辍,为人师表,一身正气,人格独立,不党不官,沉潜专注,甘于寂寞。一言以蔽之,“五·四”运动所倡导的“科学和民主”精神之传承与发扬光大也!因此,培养出 3 位诺贝尔奖得主——杨振宁和李政道,另一位则是朱棣文(其父朱汝瑾是联大助教,其姑朱汝华是教授——曾昭抡的得意门生)。

拥有国家一流的教授阵容;运行一套“思想自由,兼容并包”和纯粹研究学问的办学理念;推行一种通才教育的培养目标;有一位深孚众望的校长——这些因素奠定了西南联大堪称世界一流大学的基础。

西南联大身后的三校(北大、清华和南开),当今在校学生总数当在 60000—70000 之间,相当于当年的 30 多倍,三校校园内高楼大厦林立,与当年西南联大的茅屋草舍相比,真是天壤之别。所耗费的资金当在西南联大的数百倍以上。三校的年寿,从 1950 年算起,已有 59 年,若从改革开放算起,亦有 30 年,为当年西南联大寿命的 4 倍至 5 倍。以人力、财力和时间来看,都是当年西南联大无法望其项背的。以如此优越的条件和实力,却培养不出世界一流杰出的人才——60 年来无 1 人获得诺贝尔奖,其故安在!?

清华大学 1 位教授在美国访问时发现,世界一流的哈佛大学大门,却是十分古旧俭朴的:拱型的门洞是用红砖砌的,中间是铁制的大门,门框上面是三角形的尖顶。两边的围墙也是红砖砌的,中间是陈旧的铁制护栏。但是而今中国学校的大门,甭说大学,就是一些重点中学的校门,也比哈佛大学的壮观。在一些国人看来,似乎成为世界一流大学、一流中学就在于校门以及办公大楼的气派和壮观!?

我国是世界最大的发展中国家(最大的穷国),美国是世界最大的发达国家(最大的富国)。这位清华大学教授还看到在这世界最大的富国中,名牌大学的办公大楼和办公家具仍是俭朴的:楼房大多是 3 层的,上个世纪的转盘电话和用过多的木制家具还在使用。而在我们这个世界最大的穷国中的某些名牌大学,转盘电话和古朴的木制家具早已(淘汰)不见踪影!仿佛这些“过时”的东西,与名牌大学的“身份”太不相称了吧!。

清华大学前校长梅贻琦说过:“失学者,非谓有大楼之谓也,有大师之谓也”。靠浮华的“形象工程”能建成世界一流名牌大学吗?

早在两千多年前,古希腊哲学大师亚里士多德就说过,产生杰出的思想家和杰出发明家需要三个条件:一是对学问有真正的兴趣,二是有充分的思想自由,三是有充足的闲暇时间。

北京大学前校长蔡元培说过,“失学并不是贩卖毕业证的机关,也不是灌输固定知识的机关,而是研究学问的机关。所以,大学的学生并不是熬资格,也不是硬记教员讲义,是在教员指导之下自动地研究学问的。”“尤当养成学问家之人格”。“所以延聘教员,不但是求有学问的,还要求于学问上很有研究的兴趣,并能引起学生的研究兴趣的。”

这些学术大师是许多人、甚至一些大人物推崇备至的,但其办学理念在现实中却常弃之如敝屣,也许正是我们需要深刻反思的。(2011-05-06)

(本刊摘编自《随笔》杂志 2008 年第 2 期何兆武《关于诺贝尔奖情节》等文)