



固定格式，不可修改（放大或缩小等）

河北学院

毕业论文（设计）

三号宋体加粗

论文（设计）题目：晶格常数对一维光子晶体透射谱的影响研究

四号宋体加粗

从系别到时间，几行居中对齐；副教授
以下职称不用填写；时间为当年的6月

院 别： 物理与机电工程学

专 业： 物 理 学

学 号： 2008105089

姓 名： [REDACTED]

指导教师： 苏端酸 副教授

时 间： 2013 年 06 月

河 池 学 院

毕 业 论 文（设 计）开 题 报 告

四号宋体，可加粗

系别：物理与电子工程系

专业：物理学

学 号	2008105089	姓 名	苏松安
论文（设计）题目	晶格常数对一维光子晶体透射谱的影响研究		
命题来源	<input type="checkbox"/> 教师命题 <input type="checkbox"/> 学生自主命题 <input checked="" type="checkbox"/> 教师课题		
<p>选题意义(不少于 300 字)：</p> <p>近代人们对半导体材料的研究和利用，使人类进入了飞速发展的电子信息时代，特别是集成电路和大规模集成电路，已成为现在电子和信息产业乃至现代工业的基础。近年来，由于互联网通信的快速发展，其对于器件的集成度的要求也越来越高，但是半导体电子器件的集成度现在几乎已经达到了极限，成为制约进一步发展的瓶颈。</p> <p>人们感到电子产业发展的极限，转而把目光投向了光子，提出了光子代替电子，作为信息载体的假设。通过研究，现在人们发现了一种可以控制光子传播的材料，那就是光子晶体。</p> <p>光子晶体是一种介电常数按周期性排列的人工微结构材料，其主要特征是具有光子禁带。利用光子晶体的特性可控制光在光子晶体中的传播，制造出光传输器件。光子晶体被看成是二十一世纪最有可能代替半导体的新材料。现在，对光子晶体的研究已成为光学基础领域和光子应用技术领域的热点。</p> <p>晶格常数是晶体物质的基本结构参数，经常被用作单位来描述光子晶体介质层厚度。晶格常数变化将会引起介质层厚度变化，从而引起光子晶体带隙变化。现在，对光子晶体各参数对光子晶体带隙影响的研究，包括了周期数、折射率比值、中心波长（频率）、填充因子、角度等。但有关晶格常数对一维光子晶体透射谱影响的研究，是少之又少。因而，研究晶格常数对一维光子晶体透射谱的影响，具有重要的意义和价值。</p>			
<p>研究综述(前人的研究现状及进展情况，不少于 600 字)：</p> <p>光子晶体的发展历史虽然只有短短二十几年，但已经引起了学术界的广泛重视，许多科研工作者在光子晶体的理论研究和实际应用方面进行了大量的工作。</p> <p>光子晶体是具有光子带隙的材料。光子晶体分为一维(1D) 光子晶体、二维(2D) 光子晶体和三维(3D)</p>			

五号宋体，1.5 倍行距，下同

光子晶体。一维光子晶体是光子晶体最基本的构型，其折射率在一维空间方向上呈周期性分布。一维光子晶体结构简单、易于制备，同时具备二、三维光子晶体的性质，极有可能成为全光通信领域中的关键材料，因此具有较高的理论价值和广泛的应用前景。

科研工作者们对于一维光子晶体材料中各参数，即周期数、折射率比值、中心波长（频率）、填充因子、角度等，对光子晶体带隙的影响，已经有了深入的研究。对于一个基本周期取定（即膜层厚度确定）的光子晶体，它的周期数决定了光子晶体的带隙的宽度。不同中心波长对应不同的禁带范围。当中心波长固定，高低折射率的比值越大，光子晶体的带隙越宽。并且，光子晶体的带隙宽度随入射角度的增大，也不断增大，但随着角度等间隔的增加，带隙宽度的差值不断增大。

但是，有关晶格常数对一维光子晶体透射谱影响的研究，是少之又少。晶格常数是晶体物质的基本结构参数。在材料科学研究中，为了便于分析晶体中粒子排列，可以从晶体的点阵中取出一个具有代表性的基本单元（通常是最小的平行六面体）作为点阵的组成单元，成为晶胞；晶格常数指的就是晶胞的边长，也就是每一个立方格子的边长。晶格常数经常被用作单位来描述光子晶体介质层厚度。晶格常数变化将会引起介质层厚度变化，从而引起光子晶体带隙变化。但其变化规律如何，目前还没有定论。对于晶格常数对一维光子晶体透射谱的影响研究，目前还处在一个初级阶段。因此，现研究不同晶格常数引起光子晶体的带隙如何变化，找出其规律，具有重要意义。

研究的目标和主要内容（不少于 400 字）

研究的目标：

利用传输矩阵法理论研究一维光子晶体模型 $(AB)_5(CD)_2$ 的晶格常数，绘出具有不同晶格常数的光子晶体模型 $(AB)_5(CD)_2(BA)_5$ 的透射谱，找出带隙结构影响的规律，并对这些规律的应用加以说明。

要注意研究目标与内容的区别

研究的主要内容：

- （1）光子晶体的基本理论，即光子晶体的概念、特性、能带结构特点及理论研究方法等。
- （2）关于晶格常数的概念及一般表示方法。
- （3）掌握传输矩阵法计算一维光子晶体光子晶体的带隙结构的理论计算过程。
- （4）建立一维光子晶体模型 $(AB)_5(CD)_2(BA)_5$ ，通过 Matlab 编程计算，绘出一维光子晶体模型的透射谱。
- （5）分别改变介质 A、介质 B 的晶格常数和介质 C、介质 D 的晶格常数，绘出参数改变后的一维光子晶体的模型 $(AB)_5(CD)_2(BA)_5$ 的透射谱。
- （6）通过对一维光子晶体透射谱图形的分析研究，找出晶格常数对光子晶体能带结构的影响规律。

拟采用的研究方法

- (1) 通过研读相关文献，理解和掌握光子晶体的基本知识与计算方法；
- (2) 学习 Matlab 软件的基本理论和编程方法；
- (3) 构造一维光子晶体模型 $(AB)_5(CD)_2(BA)_5$ ，利用传输矩阵法，通过 Matlab 软件进行程序编写与调试，模拟出一维光子晶体模型 $(AB)_5(CD)_2(BA)_5$ 透射谱；
- (4) 对一维光子晶体透射谱分析研究，找出晶格常数对光子晶体能带结构的影响规律。

从选题到开题，至少要有一个月以上的時間

研究工作的进度安排

- | | |
|-----------------------|-------------------------------|
| 2010.12.25—2010.12.31 | 与指导老师沟通交流，完成毕业论文选题； |
| 2011.01.01—2011.01.30 | 通过查阅相关书籍及网上资料，大概的理解光子晶体的基本理论； |
| 2011.01.31—2011.03.02 | 完成毕业论文开题报告的编写； |
| 2011.03.03—2011.03.10 | 深入查阅相关书籍及网上资料，最终选取最优研究方案； |
| 2011.03.11—2011.03.31 | 构造模型，利用 Matlab 工具软件进行程序编写与调试； |
| 2011.04.01—2011.04.10 | 完成计算程序的最后调试，并作图，开始撰写毕业论文 |
| 2011.04.11—2011.05.10 | 完成毕业设计论文初稿； |
| 2011.05.11—2011.05.30 | 修改毕业论文并定稿，打印装订，参加答辩。 |

类型、格式等要求与论文末尾的参考文献相同，详细看论文结尾示例

参考文献目录（作者、书名或论文题目、出版社或刊号、出版年月日或出版期号）

- [1]YABLONOVITCH E.Inhibited spontaneous emission in solid-state physics and electronics[J].*Phys Rev-Lett*, 1987, **58** (20): 2059-2061.
- [2] JOHN S. Strong localization of photons in certain disordered dielectric superlattices[J].*Phys RevLett*, 1987, **58** (23): 22486-2489.
- [3] 苏 安, 高英俊. 含复介电常数一维光子晶体的滤波特性[J]. 中国激光, 2009, 36 (6) :1535-1538.
- [4] 苏 安, 李现基. 实现多种通道滤波功能的一维光子晶体缺陷模[J]. 激光与红外, 2010, **40** (5) : 0532-0536.
- [5] D. S. Wiersma, P. Bartolini. Localization of light in a disordered medium[J]. *Nature*, 1997, **390** (6661): 671-673.
- [6] 苟清泉编. 固体物理学简明教程[M]. 北京:人民教育出版社, 1987, 3-10.
- [7] 许玉龙, 郝清海, 苏希玉. 具有复介电常量一维光子晶体的特性研究[J]. 量子光学学报, 2006,

12(2):109-112.

[8] 杨 广, 梁瑞生, 罗仁华, 等. 含激活介质的一维光子晶体缺陷模特性研究[J]. 光电子技术. 2008, 28(4):258-262.

[9] 王 辉, 李永平. 用特征矩阵法计算光子晶体的带隙结构[J]. 物理学报, 2001, 50(11):2172-2174.

[10] 安丽萍, 刘念华. 含负折射率缺陷的一维光子晶体的杂质带[J]. 光子学报, 2009, 38(2):289-292.

[11] 苏 安, 高英俊, 焦美娜, 等. 可实现奇数通道滤波功能的光量子阱透射谱[J]. 发光学报, 2009, 30(3):394-398.

[12] 娄淑琴, 王 智, 任国斌, 等. 具有复介电常量二维光子晶体的特性研究[J]. 光学学报. 2004, 24(3):313-317.

[13] 李正华, 沈廷根, 郑 浩, 等. 掺杂光子晶体光纤自发辐射与掺杂激活杂质的光增益透射谱研究[J]. 量子光学学报. 2006, 12(2):113-119.

为强调是否同意开题, “同意开题”四字加粗

指导教师意见

该生采用传输矩阵法, 通过MATLAB软件编程模拟具有不同的晶格, 时的一维光子晶体透射谱, 并对这些透射谱进行分析讨论, 总结出规律, 为光子晶体制作新型光学器件提供参考。选题有一定的现实意义, 研究路线和方法得当, 工作量充足。同意开题。

签名:

年 月 日

教研室主任意见

从美观角度考虑: 开题报告表格结束时, 如果只占当前页的小部分留下大半页空白, 或是占了大部分留下小部分空白, 则可以通过缩小前页的行距让其满页排版, 或是通过回车增加各栏空白行让其满页排版。

签名:

年 月 日

目录之前空两行，“目录”二字为四号黑体，1.5 倍行距，页边距上、下、左、右均为 2.5 厘米。从封面到目录均没有页码

目录从摘要开始编写。格式：从摘要开始写，小四号宋体，1.5 倍行距，分散对齐。最好用手工编排方法

目 录

摘要.....	1
关键词.....	1
引言.....	1
1 光子晶体的概论.....	2
1.1 光子晶体的概念.....	2
1.1.1 光子晶体的基本理论.....	2
1.2 光子晶体的分类.....	2
1.3 光子晶体的特征.....	3
2 晶格常数.....	4
3 光子晶体的研究方法.....	4
3.1 在在一维光子晶体中的传输矩阵.....	5
.....	
.....	
6.2 介质 C、D 的晶格常数心位数改变.....	6
7 结论.....	8
参考文献.....	8
Abstract	9
Key words	10
附录.....	10
致谢.....	11

新罗马 (Time New Roman) 字体加粗

标题：黑体小二号，居中。如有副标题，副标题使用黑体三号字，紧挨正标题下居中，文字前加破折号

河池学院 2013 届本科毕业论文（设计）

从正文页开始有页眉，页眉内容格式固定：宋体小五号，居中，固定下划线样式，直接用学院格式即可

晶格常数对一维光子晶体透射谱的影响研究

正文页边距上、下、左、右均为 2.5 厘米。

物理学专业 苏松安

指导老师：苏端酸

空一行（小四号）

署名：宋体小四号，居中，1.5 倍行距

[摘 要] 在适当选择结构参数基础上，通过传输矩阵法理论研究一维光子晶体 $(AB)_5(CD)_2(BA)_5$ 的透射谱，结果发现：当介质 A、B 的晶格常数以整数倍连续变化时，整个禁带区发生分裂，形成多个禁带，分裂成的禁带数目 m 等于介质 A、B 的晶格常数变化的倍数 n 。并且，当介质 A、B 的晶格常数以偶数倍增大时，在中心频率 $0.5(\omega a/2\pi c)$ 处形成透射带，两侧禁带分别出现分布的双条透射峰；当介质 A、B 的晶格常数以奇数倍增大时，则在中心频率处总出现一条透射率为 100% 的透射峰。当介质 C、D 的晶格常数以 0.5 的奇数倍增大时，光子晶体禁带中出现完全透射峰，并且随着倍数的增大，两完全透射峰之间的距离逐渐缩小，但总是有一条出现在 $0.5(\omega a/2\pi c)$ 处。当介质 C、D 的晶格常数以整数倍增大时，倍数越大，禁带中的透射峰数目保持奇数不变，并且透射峰的数目和改变介质 C、D 的晶格常数的倍数 n 的关系为 $2n+1$ 。这些现象可用于研究设计可调性多通道光学滤波器。

黑体小四号，首行空两个中文字符

摘要内容：宋体五号，1.5 倍行距

黑体小四号，首行空两个中文字符

关键词内容：宋体五号，1.5 倍行距

[关键词] 光子晶体；晶格常数；透射谱；传输矩阵法

空一行（五号）

引言

一级标题：黑体四号，单行，顶格，无序号，段前段后 0.5 行，1.5 倍行

近代人们对半导体材料的研究和利用，使人类进入了飞速发展的电子信息时代，特别是集成电路和大规模集成电路，已成为现在电子和信息产业乃至现代工业的基础。近来，由于互联网通信的快速发展，其对于器件的集成度的要求也越来越高，但是半导体电子器件的集成度现在几乎已经达到了极限，成为制约进一步发展的瓶颈。人们感到电子产业发展的极限，转而把目光投向了光子，提出了光子代替电子，作为信息载体的假设。通过研究，现在人们发现了一种可以控制光子传播的材料，那就是光子晶体。

从正文页开始有页脚，页脚仅为页码：宋体小五号，居中，无下划线

光子晶体是由介电常数按周期性排列的人工结构材料，其主要特征是具有光子禁带。利用光子晶体的特性可控制光在光子晶体中的传播，制造出光传输器件。光子晶体被看成是二十一世纪可能代替半导体的新材料。现在光子晶体的研究已成为光学基础领域和光子应用技术领域的热点。

正文：宋体小四号，1.5 倍行距

科研工作者们对于一维光子晶体材料中各参数，即周期数、折射率比值、中心波长（频率）、填充因子、角度等，对光子晶体带隙的影响，已经有了深入的研究。对于一个基本周期取定（即膜层厚度确定）的光子晶体，它的周期数决定了光子晶体的带隙的

宽度。不同中心波长对应不同的禁带范围。当中心波长固定，高低折射率的比值越大，光子晶体的带隙越宽。并且，光子晶体的带隙宽度随入射角度的增大，也不断增大，但随着角度等间隔的增加，带隙宽度的差值不断增大。

晶格常数是晶体物质的基本结构参数，在微结构材料中扮演着重要的尺度角色。在材料科学研究中，为了便于分析晶体中粒子排列，可以从晶体的点阵中取出一个具有代表性的基本单元（通常是最小的平行六面体）作为点阵的组成单元，成为晶胞；晶格常数指的就是晶胞的边长，也就是每一个立方格子的边长。晶格常数经常被用作单位来描述光子晶体介质层厚度。晶格常数变化将会引起介质层厚度变化，从而引起光子晶体带隙变化。但其变化规律如何，目前还没有报道。对于晶格常数对一维光子晶体透射谱的影响研究，目前还处在一个初级阶段。因此，研究不同晶格常数引起光子晶体的透射能带谱的变化，找出其规律，具有重要意义。

一级标题：黑体四号，单行，顶格，段前段后 0.5 行，1.5 倍行距，标题号与标题文字之间加一个半角空格

1 光子晶体的概念

二级标题：黑体小四号，单行，顶格，1.5 倍行距，标题节号与标题文字之间加一个半角空格

1.1 光子晶体的概念

三级标题，宋体小四号，单行，顶格，1.5 倍行距，章节号与文字之间加一个半角空格

1.1.1 光子晶体基本理论

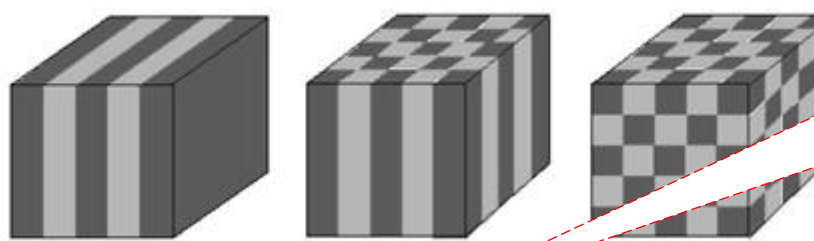
光子晶体是一种介电常数按周期性排列的人工微结构材料。这个概念首先是由从 E.Yablonovitch^[1]和 S.John^[2]分别在 1987 年提出的。从晶体结构来说，晶体内部的原子是周期性有序排列的，正是这种周期势场的存在，使得运动的电子受到周期势场的布拉格散射，从而形成能带结构，带与带之间就可能存在带隙，而在带隙中，电子不能传播。与半导体类似，光子晶体中光的折射率的周期性变化，从而由光带隙结构控制光在光子晶体中的运动^[3]。同样光波的色散曲线形成带状结构，带与带之间可能会出现类似半导体禁带的“光子禁带”。频率在禁带中的光波是被严格禁止传播的。如果只在一个方向上有周期结构，光子禁带只可能出现在这个方向上，如果存在三维的周期结构，就可能出现全方位的光子禁带，落在禁带中的光在任何方向上都被禁止。利用光子晶体具有光子禁带这一特性，人们可控制光在光子晶体中的传播。正因光子晶体有如此显著的特点，这种材料成为广泛的应用于光电集成、光子集成、光通讯、微波通讯、空间光电技术以及国防科技等现代高新技术的一种新材料，也是为相关学科发展和高新技术突破带来新机遇的关键性基础材料。

参考文献标注，宋体小四号，半角状态中括号、阿拉伯数字，上标，标注顺序与文后参考文献顺序一致

1.2 光子晶体的分类

如果根据光子晶体的介质排列方式的不同，可将光子晶体分为一维、二维和三维光

体的子晶体。



图题：要有图序号，五号黑体，“图”与序之间加一个半角空格，图序与图名之间加两个半角空格，句末无标点

图 1 光子晶体空间结构示意图

一维光子晶体是指介电常数在空间一个方向上具有周期性结构的光子晶体。简单结构的一维光子晶体通常由两种介质交替叠层而成，在垂直于介质层方向上介电常数是空间位置的周期性函数，而在平行于介质层平面的方向上介质常数不随空间位置变化。一维光子晶体结构简单、易于制备，同时具备二、三维光子晶体的性质^[4]，极有可能成为全光通信领域中的关键材料，因此具有较高的理论价值和广泛的应用前景。

二维光子晶体是由一系列具有不同介电常数材料的圆柱、球或者棒在空间二维周期排列而成，光子带隙将出现在二维平面内各个方向上。

三维光子晶体由一系列具有不同介电常数材料的球形或六面体形晶胞按面心立方、体心立方或其他方式排列而成，光子带隙将出现在各个方向上。

光子晶体的另外一种分类方式是按照构成材料的非线性性质分类，可以将其分为线性光子晶体和非线性光子晶体。非线性光子晶体的能带可以随着入射光强的改变而变化，利用这个特性可以使基于光子晶体结构的光学器件达到动态控制的目的，为全光器件和全光网络的实现提供有效的实现手段。

1.3 光子晶体的特征

光子晶体的最根本的特征是具有光子禁带，光子禁带有完全禁带和不完全禁带之分。完全禁带是指光在整个空间的所有传播方向上都有禁带，且各个方向上的禁带能相互重叠；不完全禁带是指空间各方向上的禁带并不完全重叠，或只是在特定的方向上有禁带。频率落在光子禁带中的光是被严格禁止传播的。光子禁带的出现依赖于光子晶体的结构和介电常数的配比。当光子晶体中两种介质的介电常数比越大，入射光将被散射的越强烈，就越有可能出现光子禁带。

光子晶体的另一主要特征是光子局域。S.John 月 1987 年提出^[2]：在一种精心设计的无序介电材料组成的超晶格（相当于现在所称的光子晶体）中，光子呈现出很强的 Anderson 局域。如果在光子晶体中引入某种程度的缺陷，和缺陷态频率吻合的光子有可

能被局域在缺陷位置，一旦其偏离缺陷处光就将迅速衰减^[5]。当光子晶体理想无缺陷时，根据其边界条件的周期性要求，不存在光的衰减模式。但是，一旦晶体原有的对称性被破坏，在光子晶体的禁带中央就可能出现频带极窄的缺陷态。

2 晶格常数

晶体是由离子、原子或分子（统称为微粒）有规律地排列而成。晶体中微粒的排列按照一定的方式不断地作周期性的重复，这种性质称为晶体结构的周期性。晶体中微粒重心，作周期性的排列所组成的骨架，称为晶格。微粒重心的位置，称为晶格的格点（或称结点），这些格点的总体，称为点阵^[6]。

晶体中原子的排列具有周期性的特点，因此，通常只从晶格中选取一个能够完全反映晶格特征的、最小的几何单元来分析晶体中原子的排列规律，这个最小的几何单元称为晶胞。实际上整个晶格就是由许多大小、形状和位向相同的晶胞在三维空间重复堆积排列而成的。

晶胞的大小和形状常以晶胞的棱边长度 a 、 b 、 c 及棱边夹角 α 、 β 、 γ 来表示。晶胞的棱边长度称为晶格常数（或称点阵常数）。当棱边长度 $a=b=c$ ，棱边夹角 $\alpha=\beta=\gamma$ 时，这种晶胞称为简单立方晶胞，由简单立方晶胞组成的晶格称为简单立方晶格。

晶格常数是晶体物质的基本结构参数。在材料科学研究中，为了便于分析晶体中粒子排列，可以从晶体的点阵中取出一个具有代表性的基本单元（通常是最小的平行六面体）作为点阵的组成单元，成为晶胞；晶格常数指的就是晶胞的边长，也就是每一个立方格子的边长。晶格常数经常被用作单位来描述光子晶体介质层厚度，表示为 a 。

文中代表变量的字母、符号用斜新罗马格式，其他的阿拉伯数、字母等用新罗马格式

3 光子晶体的研究方法

光子晶体特性的计算方法很多，如平面波展开法，传输矩阵法，时域有限差分法等。传输矩阵法^[7-10]是研究多层薄膜理论的现代方法，对于基本研究和数值计算，它具有快捷，普遍的特点。对于光子晶体的计算，首先由 Pendry 和 Mackinnon 引入的。传输矩阵运用电磁波理论和矩阵光学的方法研究稳定情况下的光子晶体的光学透射率，反射率和色散关系等，是通过 Maxwell 方程组化成传输矩阵的形式，变成本征值问题来求解的。传输矩阵表示一层格点的场强与相邻的一层格点的场强的关系。它假设在构成的空间中在同一格点层上有相同的频率，这样可以利用 Maxwell 方程组将场从一个位置外推到整个晶体空间。这种方法特点是传输矩阵小，矩阵元少，能够很精确的处理一些简单的典

型的光子晶体结构，如一维光子晶体。

3.1 光在一维光子晶体中的传输特征矩阵

如图 2 所示，假设光以 θ_0 角从折射率为 n_1 的介质 1 射入折射率为 n_2 的介质 2。现要讨论光在介质 1 中的传播情况，如图 3 所示，将介质 1 水平放置，并标出光传播时的各个参量。介质层上方空间、介质层及介质层下方空间的折射率和电磁场分别为 (n_0, E_0, H_0) (n_1, E_1, H_1) 和 (n_2, E_2, H_2) ，介质层的厚度为 d_1 。界面 1 上的入射角和出射角分别为 θ_0 和 θ_1 。

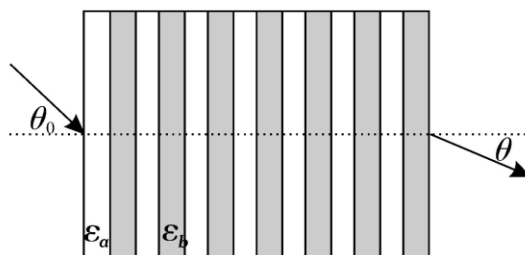


图 2 一维周期性介质结构

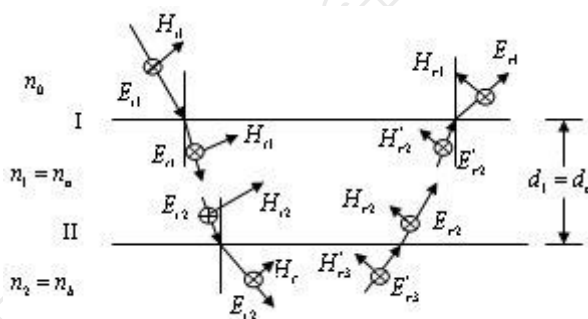


图 3 单层介质中的光传播

界面 1 处：

$$\begin{cases} E_1 = E_{i1} + E_{r1} = E_{i1} + E'_{r2} \\ H_1 = H_{i1} \cos \theta_{i1} - H_{r1} \cos \theta_{i1} = H_{i1} \cos \theta \end{cases} \quad (01)$$

界面 2 处：

$$\begin{cases} E_2 = E_{t2} + E'_{r3} = E_{i2} + E_{r2} \\ H_2 = H_{t2} \cos \theta_{i2} - H'_{r3} \cos \theta'_{r3} = H_{i2} \cos \theta_{i2} - H_{r2} \cos \theta_{r2} \end{cases} \quad (02)$$

由于：

$$\theta_{i1} = \theta_{i2} = \theta_{r2} = \theta'_{r2} = \theta_1 \quad (03)$$

$$E'_{r2} = E_{r2} e^{i\delta_b} \quad (04)$$

$$E_{i2} = E_{i1} e^{i\delta_b} \quad (05)$$

$$H = \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} \sqrt{\epsilon_i} E \quad (06)$$

.....

公式用数学公式编辑器输入，公式中字体大小以默认的为准。为避免大小格式不同可复制第一个后修改成第二个公式。变量一律为斜体字格式

公式序号：如果整篇论文公式不多，从头到尾顺序即可；如果比较多，序号前或加章节号，如右公式序号可标为“(3.1.2)”。论文排版时，同页内的上下行公式注意对齐。

.....

如图 10 所示，当改变介质 C、D 的晶格常数，使其变为原来的 1.5 倍时，即 $d_C=d_D=1.5a$ ，同样整个禁区仅出现两条透射峰，其中一条仍然出现在中心频率 $0.5(\omega a/2\pi c)$ 处，但透射峰之间的距离缩小，而且两条透射峰分布在中心频率 $0.5(\omega a/2\pi c)$ 处的左侧，图 9 则分布在右侧。

如果使介质 C、D 的晶格常数以 0.5 的奇数倍继续改变，光子晶体禁带中恒定出现两条完全透射峰，并且随着倍数的增大，两完全透射峰之间的距离逐渐缩小，但总是有一条出现在中心频率 $0.5(\omega a/2\pi c)$ 处，而另外一条则是在中心频率 $0.5(\omega a/2\pi c)$ 处左右交替出现。

因为在很宽的禁带范围了恒定出现两条透射峰，并且有一条恒定在中心频率处，所以利用这个透射谱特性，可以为设计双通道光学器件提供理论参考。

6.2 介质 C、D 的晶格常数以整数倍改变

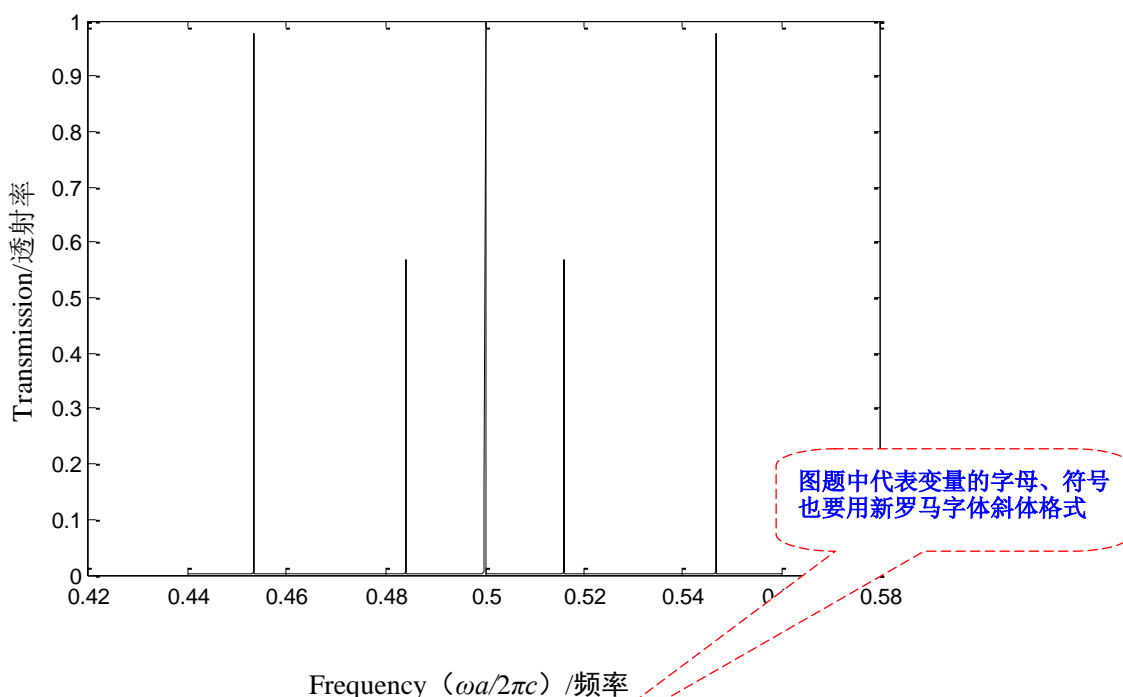


图 11 一维光子晶体模型 $(AB)_5(CD)_2(BA)_5$ 的透射谱
 $d_A=d_B=0.5a$, $d_C=d_D=2a$

如图 11 所示，当改变介质 C、D 的晶格常数，使其变为原来的 2 倍时，即 $d_C=d_D=2a$ ，在中心频率 $0.5(\omega a/2\pi c)$ 周围增加了两条不完全透射峰。整个禁带区出现了 5 条透射峰，即 $2n+1$ 条。

顶线，线条磅
数 1.5 磅

表 1 晶格常数对透射峰透射影

栏目线，线条
磅数 0.5 磅

	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#
晶格常数大小 a (nm)	1.50	1.70	2.48	2.70	3.00	2.45	2.12	2.00
透射率 (%)	78.4	78.4	78.4	78.4	78.4	78.4	78.4	78.4
变化率 (%)	10.40	8.25	4.66	4.00	3.52	4.53	5.65	6.53

表中，小五号宋
体

底线，线条磅
数 1.5 磅

续表 1

	1#	2#	3#	4#	5#	7#	8#	
晶格常数大小 a (nm)	1.50	1.70	2.48	2.70	3.00	2.45	2.12	2.00
透射率 (%)	78.4	78.4	78.4	78.4	78.4	78.4	78.4	78.4
变化率 (%)	10.40	8.25	4.66	4.00	3.52	4.53	5.65	6.53

一个表不够时用续表，
“续表序”右对齐，黑体
五号字，续表没有表序和
表题

表 1 因素水平表

因素	水平			
	1	2	3	4
源极电压 U/V	1 050	1 000	950	900
工件电压 U/V	275	250	350	300
气压 p/Pa	35	30	45	40
极间距 d/mm	15	20	25	22.5

辅助线，线条
磅数 0.5 磅

表 3 人工神经网络训练与预测值

试验编号	源极电压	工件电压	极间距	气压	吸收率 $s\%$		渗层厚度 $\delta/\mu m$	
	U/V	U/V	d/mm	p/Pa	试验值	预测值	试验值	预测值
1	1	1	1	1	70.900	70.587	34.5	34.579
2	1	2	2	2	61.200	60.871	36.5	36.380
3	1	3	3	3	33.330	32.847	19.0	19.245
4	1	4	4	4	44.650	44.401	21.0	20.871
5*	2	1	2	3	48.100	47.753	25.5	24.950
17*	1	2	1	1	79.340	80.920	38.0	38.459

注：*为检测样本值，试验编号 17 为正交优化工艺

表注：宋体小五号

如果使介质 C、D 的晶格常数以整数倍继续改变，随着倍数的增大，禁带中的透射峰也会持续增加，透射峰的数目保持奇数不变，并且透射峰的数目和改变介质 C、D 的晶格常数的倍数 n 的关系为 $2n+1$ 。

可见，通过改变 $(CD)_2$ 的晶格常数，使其整数倍改变，可以控制透射峰的数量和位置，因为其始终保持透射峰数目为奇数，可为设计奇数通道光学滤波器提供理论指导，具有重要的意义。

7 结论

利用传输矩阵法研究晶格常数对一维光子晶体 $(AB)_5(CD)_2(BA)_5$ 透射谱的影响，发现并得出如下结论：

(1) 当介质 A、B 的晶格常数以整数倍连续变化时，整个禁带区发生分裂，形成多个禁带，分裂成的禁带数目 m 等于介质 A、B 的晶格常数变化的倍数 n 。当介质 A、B 的晶格常数以偶数倍增大时，在中心频率 $0.5(\omega a/2\pi c)$ 处形成透射带，两侧禁带分别出现对称分布的双条透射峰；当介质 A、B 的晶格常数以奇数倍增大时，则在中心频率处总出现一条透射率为 100% 的透射峰。

(2) 当介质 C、D 的晶格常数以 0.5 的奇数倍增大时，光子晶体禁带中恒定出现两条完全透射峰，并且随着倍数的增大，两完全透射峰之间的距离逐渐缩小，但总是有一条出现在 $0.5(\omega a/2\pi c)$ 处。

(3) 当介质 C、D 的晶格常数以整数倍增大时，倍数越大，禁带中的透射峰越多，透射峰的数目保持奇数不变，并且透射峰的数目和改变介质 C、D 的晶格常数的倍数 n 的关系为 $2n+1$ 。

利用上述透射谱的特征，对于设计高性能、高灵敏度的单通道、多通道或是奇、偶数通道等光学滤波器件将具有理论和现实指导意义，并具有巨大的应用潜力。

参考文献：

- [1] 李晓东,张庆红,叶瑾林.气候学研究的几个问题[J].北京大学学报:自然科学版,2009,35(1):101-106.
- [2] 蒋有绪,郭泉水,马娟,等.理想的图书馆员和信息专家的素质与形象[J].密码学与数学.自然杂志,2011,7(7):527-532.

书籍、专著类[M]

池学院 2013 届本科毕业论文（设计）

外文期刊类[J]

姓名全大写，名只写首字母，不加点；题名首单词首字母大写，刊名实词首字母大写

[3] EMADI A, RAJASHEKARA K, WILLIAMSON S, et al. Some theoretical issues in
IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2008, 54 (3) :763-766.

翻译类书籍、专著[M]

[4] 厉朝龙,陈枢青,刘子贻.生物化学与分子生物学实验技术[M]. 北京:科学出版社, 2009: 125-136.

三个作者以上英文文献表示方法

2009:

学位论文类[D]

[5] 尼葛洛庞帝. 数字化生存[M]. 胡泳,范海燕,译. 海口:海南出版社, 2010:250-256.

[6] 刘玉国. 络合物光谱探针法定量测定蛋白质的研究[D]. 天津: 南开大学化学系,2011:27-29.

[7] 姜锡洲.一种温热外敷药制备方案:中国,88105607.3[P].2009-07-26.

[8] 江向东. 互联网环境下的信息处理与图书管理系统解决方案[J/OL]. 情报学报,2009,18 (2) :4[2000-01-18]. http://www.chinainfo.gov.cn/periodical/qbxb/qbxb99/qbxb99_003.

专利类[P]

[9] 丁文祥. 数字革命与竞争国际化[N]. 中国青年报,2010-11-20 (15) .

[10] 安丽萍, 刘念华. 含负折射率缺陷的一维光子晶体的杂质带[J]. 光子学报, 2009, 30 (5) :394-398.

报纸文献类[N]

30 (5) :394-398.

电子文献,包括专著或连续出版物中析出的电子文献类[J/OL]

[12] 姜淑琴,王 智,任国斌,等. 具有复介电常量二维光子晶体的特性研究[J]. 光学学报. 2004, 24 (3) :313-317.

[13] 李正华, 沈廷根, 郑 浩, 等. 掺杂光子晶体光纤自发辐射与掺杂激活杂质的光增益[J]. 量子光学学报. 2006, 12 (2) :113-119.

三个作者以上中文文献表示方法

英文标题: 新罗马字体小二号, 居中, 1.5 倍行距。非介词首字母大写

空两行, 直接从参考文献回车生成

Transmission Spectrum of One-dimensional Photonic Crystal Versus Lattice Constant

Major: Physics SU Song-an

Supervisor: SU Duan-suan

专业、姓名、指导教师英文行: 新罗马字体 12 号, 居中, 1.5 倍行距, 段前段后 0.5 行。专业和指导教师英语单词加粗。姓英文全部大写, 名首字母大写

空一行, 直接从上行回车生成

[Abstract] Based on the proper selections of structural parameters, the transmission spectra of one-dimensional photonic crystal $(AB)_5(CD)_2(BA)_5$ in this paper are studied by means of the transfer matrix method. The result of the research shows that: When the lattice constant of dielectric A, B is multiple, the entire forbidden band split to form multiple bands. In other words, the number- m equals to changes of multiplier- n for the lattice constant of dielectric A, B. Moreover, when the lattice constant of dielectric A, B enlarges with even times, forming transmission band at center frequency $0.5 (\omega a/2\pi c)$, forbidden band at both sides appears dual transmission peaks with symmetrical distribution respectively. However, when the lattice constant of

新罗马字体五号, 1.5 倍行距

新罗马字体小四号, 加粗, 首行空两格

dielectric A, B enlarge with odd times, appearing transmission peaks with transmissivity of 100% at center frequency. When the lattice constant 0.5 of dielectric C, D enlarge with odd times, photonic crystal band gap constantly appears transmission peak, and the distance between the transmission peaks gradually reduces. Besides, when the lattice constant of dielectric C, D enlarges with integer multiples, but there is always one transmission peak at 0.5 ($\omega a/2\pi c$). the more the transmission peaks in the forbidden band. At the same time the number of transmission peaks remain odd unchanged, and the relation between numbers of the transmission peaks and multiple- n which change the lattice constant of dielectric C, D is $2n + 1$. This can be used for designing the adjustable multiple filters.

[Key words] Photonic crystal; lattice constant; transmission; transfer matrix method

空一行，直接从上行回车

附录：计算实验过程编写的部分关键 MATLAB 程序

```
for m=0.3:0.00005:0.7 % 入射频率的取值范围
e0=8.85*10^(-12); % ε0 的取值赋初值
p0=4*pi*10^(-7); % μ0 的取值赋初值
c0=3*10^8; % 给光速赋值
n1=3; n2=1; n3=4; n4=1; % 给各层介质的折射率赋初值
g0=sqrt(e0/p0); % 给 η0 赋初值
g1=sqrt(e0/p0)*n1; % 给介质 A 的 ηA 赋初值
g2=sqrt(e0/p0)*n2; % 给介质 B 的 ηB 赋初值
g3=sqrt(e0/p0)*n3; % 给介质 C 的 ηC 赋初值
g4=sqrt(e0/p0)*n4; % 给介质 D 的 ηD 赋初值
.....
s1=- n1*pi*m; % 给 δA 赋初值
s2=- n2*pi*m; % 给 δB 赋初值
s3=-2* n3*pi*m; % 给 δC 赋初值
s4=-2* n4*pi*m; % 给 δD 赋初值
.....
M1=(A*B)^(5)*( C*D)^(2)*(B*A)^(5); % 求模型的传输矩阵
```

.....

A1=M1(1,1); B1=M1(1,2); C1=M1(2,1); D1=M1(2,2); % 取各传输矩阵中的各个元素

.....

t1=2*g0./(A1.*g0+B1.*g0^2+C1+D1.*g0); % 求透射谱中的透射系数

f1=t1*t1'; % 求透射率

T1(1,j)=f1;

end

plot(k,T1,'k'), % 绘出透射谱

黑体四号，居中，
1.5 倍行距，段前
段后 0.5 行

致谢

宋体小四号，
1.5 倍行距

本文是在苏安副教授的悉心指导和无私帮助下完成的。从毕业论文的选题到查阅资料，提纲的确定，中期论文的撰写和修改，后期论文格式调整等各个环节中，苏老师都给予了我悉心的指导。苏老师的指导和帮助使我掌握了正确的研究方法。并培养了严谨认真的学习和工作态度，使我顺利地完成了毕业论文（设计）的各项工作，在此谨向我的指导老师苏端酸老师表示诚挚的谢意和崇高的敬意。

论文正文到本页结束，页眉页脚、页码亦到此页结束。往下是相关表格，不再有页眉页脚、页码

此表从系别到指导教师职称、学位，由学生根据实际帮指导教师填写，评分和评语由指导教师填写

河池学院

毕业论文（设计）指导教师评阅表

系别：物理与电子工程系

专业：物理学

学号	2008105089		姓名	苏松安					
论文（设计）题目	晶格常数对一维光子晶体透射谱的影响研究								
指导教师	苏端酸		职称或学位			副教授			
论文（设计）评分	评分项目	分值	评分参考标准					评分	总分
			优	良	中	及格	不及格		
	学习与工作态度	20	18	16	14	12	12分以下	20	93
	选题的价值与意义	10	9	8	7	6	6分以下	10	
	文献资料检索与运用能力	10	9	8	7	6	6分以下	9	
	研究水平与设计能力	30	27	24	21	18	18分以下	27	
	语言文字表达能力与论文规范	20	18	16	14	12	12分以下	18	
	成果的价值与创新性	10	9	8	7	6	6分以下	9	
指导教师评语	<p>黄蓉贞同学研究、学习态度端正，选题《晶格常数对一维光子晶体透射谱的影响研究》具有较高的理论与实际设计价值。该生在研读大量相关文献的基础上，选择适当的参数，构造并计算模拟了晶格常数对一维光子晶体光传输特性的影响，利用所学专业知识和掌握的文献理论分析、讨论，并预测这些特性的可能应用等，得出若干对光子晶体实际应用设计具有参考价值的结论。研究方法、路线正确，研究成果对设计单系、多系新型超窄带多通道光学滤波器件有一定的参考作用。撰写的论文格式规范合理，符合相关要求，文章条理清晰、层次分明、逻辑性强。</p> <p>建议把该成果整理后公开发表。</p> <p>综合该同学所做的工作，其毕业论文（设计）已经达到学士学位论文（设计）水平，同意其参加学士学位论文答辩，并拟评定为优秀等级。</p>								
是否同意参加答辩			同意参加答辩						
指导教师签名：			年 月 日						

此表从系别到题目，由学生根据实际帮指导教师填写，评分和评语由评阅教师填写

河 池 学 院

毕业论文（设计）评阅教师评阅表

系别：物理与电子工程系

专业：物理学

学 号	2008105089			姓 名	苏松安				
论文（设计）题目		晶格常数对一维光子晶体透射谱的影响研究							
评阅教师		苏端酸		职称或学位			教授		
论 文 （ 设 计 ） 评 分	评分项目	分值	评分参考标准					评分	总分
			优	良	中	及格	不及格		
	选题的价值与意义	15	135	12	105	9	9分以下	14	92
	文献资料检索与运用能力	10	9	8	7	6	6分以下	9	
	研究水平与设计能力	30	27	24	21	18	18分以下	27	
	语言文字表达能力与论文规范	30	27	24	21	18	18分以下	28	
	成果的价值与创新性	15	135	12	105	9	9分以下	14	
评 阅 教 师 评 语	<p>黄蓉贞同学选题《晶格常数对一维光子晶体透射谱的影响研究》具有较高的理论与实际设计价值。该生在研读大量相关文献的基础上，选择适当的参数，构造并计算模拟了晶格常数对一维光子晶体光传输特性的影响，利用所学专业知识和掌握的文献理论分析、讨论，并预测这些特性的可能应用等，得出若干对光子晶体实际应用设计具有参考价值的结论。研究方法、路线正确，研究成果对设计单系、多系新型超窄带多通道光学滤波器件有一定的参考作用。论文格式规范合理，符合相关要求，文章条理清晰、层次分明、逻辑性强。</p> <p>综合该同学所做的工作，其毕业论文（设计）拟评定为优秀等级。</p>								
是否同意参加答辩					同意参加答辩				
评阅教师签名：					年 月 日				

注：评阅教师至少 1 人。

河 池 学 院

毕业论文（设计）答辩记录

系别：物理与电子工程系

专业：物理学

学 号	2008105089	姓 名	苏松安
论文（设计）题目	晶格常数对一维光子晶体透射谱的影响研究		
答辩情况记录：			
<p>一、陈述选题价值与意义、研究方法、研究内容、结果及创新点等。</p> <p>二、答辩</p> <p>问 1、影响光子晶体带隙的因素有哪些？</p> <p>答：光子晶体中的各参数，即周期数、折射率比值、中心波长、频率、填充因子、入射角度、介质厚度等，都会影响光子带隙结构。</p> <p>问 2、论文中写“晶格常数经常被用作单位来描述光子晶体介质层厚度”，为什么选择研究晶格常数，不直接选择研究介质厚度？</p> <p>答：晶格常数是晶体物质的基本结构参数，表示的是长度单元，在微观结构中衡量；介质厚度表示的是介质上下表面之间的距离，在宏观中衡量。同一介质厚度可以任意改变，但晶格常数改变就意味着介质材料改变。</p> <p>问 3、晶格常数为什么以倍数改变，不是线性改变？</p> <p>答：对于晶格常数如何改变，我做了大量的尝试，线性改变的话，规律不是很明显；我选择以整数倍改变，规律明显，并且对研究设计可调性多通道光学滤波器有参考意义，所以我选择以倍数改变。</p> <p>问 4、光子晶体厚度是以晶格常数为尺寸特征，那半导体晶体以什么为尺寸特征？</p> <p>答：半导体晶体是以波长为尺寸特征的。</p>			
记录员签名	年 月 日		
答辩小组成员签名	年 月 日		
答辩小组组长签名	年 月 日		

河 池 学 院

毕业论文（设计）答辩情况评价表

系别：物理与电子工程系

专业：物理学

学 号	2008105089			姓 名	苏松安				
论文（设计）题目		晶格常数对一维光子晶体透射谱的影响研究							
答 辩 小 组 评 分	评分项目	分值	评分参考标准					评分	总分
			优	良	中	及格	不及格		
	选题的价值与意义	10	9	8	7	6	6分以下	10	
	文献资料检索与运用能力	10	9	8	7	6	6分以下	9	
	研究水平与设计能力	20	18	16	14	12	12分以下	19	
	语言文字表达能力与论文规范	20	18	16	14	12	12分以下	18	
	成果的价值与创新性	10	9	8	7	6	6分以下	9	
	答辩效果	30	27	24	21	18	18分以下	27	
答 辩 小 组 评 语	<p>（对学生自述情况和回答提问情况等进行评价）</p> <p>该生能在规定时间内比较流利、清晰地阐述论文的主要内容，能正确、恰当地回答与论文有关的问题。答辩小组经过充分讨论，根据该生论文质量和答辩中的表现，同意评定论文成绩为“优秀”。</p>								
是否同意通过答辩									
答辩小组成员									
答辩小组组长签名：		年 月 日							

附件 1

2012 届本科生毕业论文（设计）中期检查表

姓 名	苏松安	班 级	08 物本 1 班	指导教师	苏端酸
论文题目	晶格常数对一维光子晶体透射谱的影响研究				
<p>1.原计划目前应完成的任务（截至 11 周）：</p> <p>收集并整理资料，了解题目背景和发展方向，确定研究的方向、方法及论文提纲，完成开题报告；完成计算机程序的编程、调试和计算机绘图；开始撰写论文初稿。</p>					
<p>2.现已完成的任务：</p> <p>收集并整理资料，确定研究方案，写好论文提纲；在 MATLAB 环境调试编程，得出所需图形，并开始撰写论文初稿。</p>					
<p>3.遇到的困难和存在的问题：</p> <p>主要存在的问题：对 MATLAB 程序编程不是很熟悉；变量的选择存在疑惑；不会分析图形；对论文格式要求不够清楚。</p>					
<p>4.拟解决的办法：</p> <p>查阅 MATLAB 相关资料，尽快掌握 MATLAB 程序编程；多跟同学们交流了解论文格式；从资料中寻找突破口，尽快完成余下内容，多跟老师沟通、交流，虚心请教，多听多问。</p>					
<p>5.指导教师意见：</p> <p>该生能按原计划，正常的开展课题的研究，现在已经顺利进入论文初稿的完成阶段。</p>					

注： 1. 此表 1—4 栏由学生填写。学生填写完后交教学系秘书处。

2. 指导教师填写第 5 栏。

河 池 学 院

毕业论文（设计）指导记录表

系别：物理与电子工程系

专业：物理学

学 号	2008105089		姓 名	苏松安	
论文（设计）题目	晶格常数对一维光子晶体透射谱的影响研究				
<p>第一次指导记录（主要填写指导内容及学生存在问题）</p> <p>指导学生选题，并对该命题的背景及发展趋势简要说明，确定研究方向，提出该命题的研究重点；指导学生查阅相关文献，学会使用MATLAB软件编程。</p> <p>主要存在问题：对光子晶体的理论知识不了解，没有明确研究方向；不熟悉MATLAB软件编程。</p>					
指导时间：2012 年 1 月 17 日	指导教师 签 名		学 生 签 名		
<p>第二次指导记录（主要填写指导内容及学生存在问题）</p> <p>指导学生确定一维光子晶体的模型及参数，指导学生利用MATLAB编程绘图，指导学生学会分析图形，对开题报告进行修改，对学生论文提纲提出修改意见，指导其撰写毕业论文初稿。</p> <p>主要存在问题，对光子晶体传输矩阵不够了解、处理问题的能力不强、编程水平不高及对论文结构框架不够了解。</p>					
指导时间：2012 年 3 月 25 日	指导教师 签 名		学 生 签 名		
<p>第三次指导记录（主要填写指导内容及学生存在问题）</p> <p>指导学生完成计算程序的最后调试、作图，完成开题报告，撰写并完成毕业论文初稿。</p> <p>主要存在问题，对绘图处理不够细心，论文结构比较完整但语句不够通俗流畅、对格式要求不够了解。</p>					
指导时间：2012 年 4 月 20 日	指导教师 签 名		学 生 签 名		
<p>第四次指导记录（主要填写指导内容及学生存在问题）</p> <p>审阅初稿，指导学生修改：格式方面作出明确要求并提出修改的具体意见或建议；提出论文观点存在的问题，调整文章布局，在行文、语言表达等提出观点。</p> <p>主要存在问题：未能完全理解老师的论文意图，行文累赘，文字未能仔细斟酌，格式出现多处错误；论文布局不够合理，透射谱的研究不够合理和科学。</p>					
指导时间：2012 年 5 月 10 日	指导教师 签 名		学 生 签 名		

注：1. 本表由指导教师填写。指导形式包括与学生见面、电话、网络指导等。

2. 指导教师至少指导 3 次。本表不够填写，可续页。

3. 此表填写一式一份，由学生所在系（院）保存。