

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: 18220051403040

UDC _____

厦门大学

博士学位论文

基于半导体光放大器(SOA)的波长转换技术研究

Research on the Wavelength Conversion Technology Based on Semiconductor Optical Amplifier (SOA)

吴兆喜

指导教师姓名: 黄元庆 教授

专业名称: 测试计量技术及仪器

论文提交日期: 2008年7月

论文答辩时间: 2008年9月

学位授予日期:

答辩委员会主席: _____

评阅人: _____

2008年7月

基于半导体光放大器(SOA)的波长转换技术研究

吴兆喜

指导教师: 黄元庆 教授

厦门大学

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学博硕

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘要

波长转换技术在光纤通信中有着广泛的应用,尤其是在基于波分复用的全光网络中将发挥关键性的作用。通过波长转换技术,可以提高波长的利用率,有效地解决网络中的阻塞问题,简化网络管理,增强网络对故障的适应能力。基于半导体光放大器的波长转换器具有结构简单、容易实现等优点,因此成为近年来研究的热点。

本文针对半导体光放大器交叉增益调制型、交叉相位调制型和四波混频型波长转换技术进行了深入的理论和实验研究,具体工作如下:

1、分析了进行波长转换技术研究的重要意义,较为全面地概述了波长转换器的种类和发展状况。

2、详细分析了半导体光放大器用于波长转换的理论基础,建立了比较完善的半导体光放大器用于模拟交叉增益调制型、交叉相位调制型和四波混频型波长转换的静态和动态分段模型,为数值模拟研究奠定了坚实的基础。

3、深入研究了半导体光放大器的增益特性,对半导体光放大器交叉增益调制型波长转换的消光比特性、转换效率和输出信噪比等进行了全面的仿真和实验研究,为实现参数优化提供了详细的理论依据。成功实现了 1.25Gb/s 的波长转换。

4、数值模拟了半导体光放大器交叉相位调制型的同相和反相波长转换,重点研究了其输出消光比特性和输入功率动态范围,并提出了有效的优化参数的新方案。

5、对半导体光放大器四波混频型波长转换进行了仿真研究,全面考虑了共轭光对四波混频过程的影响,深入研究了其转换效率和输出消光比特性,获得了对四波混频型波长转换技术的更客观的评价与结论。

6、首次提出了半导体光放大器交叉增益调制和交叉相位调制级联的波长转换新方案,并进行了数值模拟,所得结果证明了该方案能够同时获得很高的消光比和很大的输入功率动态范围,并且具有很宽的波长转换范围和能实现无波长转换等众多优点。

本文的主要创新工作如下:

1、首次提出了半导体光放大器交叉增益调制和交叉相位调制级联的波长转换新方案，该方案能够同时获得很高的消光比和很大的输入功率动态范围，并且具有很宽的波长转换范围和能实现无波长转换等众多优点。

2、提出了两路探测光输入功率不相等的理论与方案，获得了半导体光放大器交叉相位调制型的波长转换的优化参数，该方案比传统的交叉相位调制型波长转换具有更高的输出消光比和更大的输入功率动态范围。

3、采用半导体光放大器交叉增益调制型波长转换的输入输出特性曲线来分析交叉增益型波长转换的输出消光比特性，该方法较其它方法更能直观地揭示交叉增益型波长转换输出消光比退化的现象及其原因。

关键词： 波长转换；光放大器

厦门大学博硕

ABSTRACT

Wavelength conversion technology could be widely used in optical fiber communication, it will play the key role especially in the all-optical network based on wavelength division multiplexing (WDM). Wavelength conversion can increase the utilization efficiency of wavelengths, efficiently solve the blocking problem in the networks, simplify the management of the networks, enhance the adaptability to failure of the networks. Wavelength converter based on semiconductor optical amplifiers (SOAs) has become a research hotspot in recent years due to its advantages of simple configuration and easy realization.

In this dissertation, we focus on the wavelength conversion based on cross-gain modulation (XGM), cross-phase modulation (XPM) and four-wave mixing (FWM), several theoretical and experimental studies has been carried out as follows:

1. The research signification of wavelength conversion is analyzed. Many kinds of wavelength converters and their development status are summarized.
2. The theoretical basis of wavelength conversion based on SOAs is investigated. The static and dynamic model of SOA, which are used to simulate the wavelength conversion based on XGM, XPM and FWM, is established.
3. An in-depth study on the gain characteristics of SOA is carried out. Several properties of wavelength conversion based on XGM in SOA, such as output extinction ratio (ER), conversion efficiency, output signal-to-noise ration (SNR), are studied theoretically and experimentally. The results provide detail gists for parameters optimization. 1.25Gb/s wavelength conversion based on XGM in SOA is achieved.

4. Numerical simulation of both in-phase and out-of-phase wavelength conversion based on XPM in SOA is carried out, the study focus on the output ER characteristic and the input power dynamic range. An effective new scheme to optimize the parameters is proposed.

5. Numerical simulation of the wavelength conversion based on FWM in SOA is carried out, and the effects of the satellite light are considered. An in-depth study on the conversion efficiency and the output ER characteristic is carried out. More impersonal evaluations and conclusions are obtained.

6. A new scheme of wavelength conversion based on the cascade of XGM and XPM in SOAs is proposed for the first time. The new scheme has many advantages, such as both high ER and large input power dynamic range, broad conversion band and can realize no-conversion operation, which are proved by the simulation results.

The innovations of this dissertation are as follows:

1. A new scheme of wavelength conversion based on the cascade of XGM and XPM in SOAs is proposed for the first time. The new scheme has many advantages, such as both high ER and large input power dynamic range, broad conversion band and can realize no-conversion operation.

2. A new theory and scheme in which the input powers of the two probe beam are not the same is proposed. Based the scheme, the parameters optimization is achieved and results in larger ER and larger input power dynamic range.

3. The output ER characteristic of the wavelength conversion based on XGM in SOA is analysed through the in-out characteristic curve. This method can open out the degeneration of ER and its causation more intuitively than other methods.

Key words: wavelength conversion; optical amplifier

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 课题研究的背景和意义	1
1.3 波长转换器的种类和发展概况	4
1.3.1 光-电-光型波长转换器	5
1.3.2 基于半导体光放大器的全光波长转换器	6
1.3.3 基于激光器的全光波长转换器	10
1.3.4 基于光纤非线性效应的全光波长转换器	10
1.3.5 其它类型的全光波长转换器	11
1.4 本文的主要研究内容和章节安排	12
1.5 本章小结	13
第 2 章 基于 SOA 的全光波长转换技术的理论基础	14
2.1 引言	14
2.2 半导体光放大器的基本原理与结构	14
2.3 半导体光放大器中的非线性	16
2.4 半导体光放大器中的基本方程	18
2.4.1 基本传输方程	18
2.4.2 载流子速率方程	20
2.5 本章小结	22
第 3 章 基于 SOA 的全光波长转换器的理论模型	23
3.1 引言	23
3.2 半导体光放大器的分段模型	23
3.2.1 SOA 的空间分段	23
3.2.2 时间分段	24
3.3 分段模型下 SOA 的基本方程	24
3.4 SOA 分段模型的求解	26
3.5 本章小结	30
第 4 章 基于 SOA 交叉增益调制型的波长转换研究	32
4.1 引言	32
4.2 半导体光放大器的增益特性	32
4.2.1 半导体光放大器的增益饱和和特性	32
4.2.2 半导体光放大器的增益谱	34
4.2.3 半导体光放大器的增益恢复特性	35
4.3 交叉增益型波长转换的数值仿真	39
4.3.1 交叉增益型波长转换的基本原理	39

4.3.2 波长转换结果.....	40
4.3.3 输出消光比特性.....	43
4.3.4 转换效率的研究.....	48
4.4 交叉增益型波长转换的实验研究.....	51
4.4.1 实验系统描述.....	51
4.4.2 实验结果及讨论.....	53
4.4.3 输出消光比特性.....	54
4.4.4 输出信噪比特性.....	56
4.5 本章小结.....	59
第5章 基于 SOA 交叉相位调制型的波长转换研究.....	60
5.1 引言.....	60
5.2 半导体光放大器的交叉相位调制效应.....	60
5.3 交叉相位调制型波长转换的基本原理.....	61
5.4 交叉相位调制型波长转换的数值仿真.....	63
5.4.1 波长转换结果及其讨论.....	63
5.4.2 实现大的输出消光比的条件.....	67
5.4.3 交叉相位调制型波长转换的输入功率的动态范围.....	74
5.5 本章小结.....	77
第6章 基于 SOA 四波混频型的波长转换研究.....	78
6.1 引言.....	78
6.2 半导体光放大器四波混频型波长转换的基本原理.....	78
6.3 四波混频型波长转换的数值仿真.....	79
6.3.1 四波混频型波长转换结果及讨论.....	79
6.3.2 四波混频型波长转换的转换效率.....	81
6.4 本章小结.....	88
第7章 基于 XGM 和 XPM 级联的波长转换新方案.....	90
7.1 引言.....	90
7.2 XGM 和 XPM 级联的波长转换方案的设计思路.....	90
7.3 XGM 和 XPM 级联的波长转换方案的基本结构.....	92
7.4 XGM 和 XPM 级联的波长转换方案的仿真研究.....	93
7.4.1 XGM 和 XPM 级联的波长转换结果.....	93
7.4.2 XGM 和 XPM 级联的波长转换的输入功率动态范围.....	94
7.5 XGM 和 XPM 级联的波长转换方案的优点.....	96
7.6 本章小结.....	97
第8章 结论和展望.....	98
参考文献.....	101

附录 1 数值仿真所采用的参数值	111
附录 2 实验器件实物图	113
附录 3 攻博期间发表的论文及相关成果	115
致谢	117

厦门大学博硕

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

廈門大學博碩