

Form 3

## 論文要旨

## Abstract

論文題目

Title

**Modeling and Numerical Analysis of Photonic Crystal Fibers**

## フォトニック結晶ファイバのモデリング及び数値解析

Photonic crystal fibers (PCFs) are a new class of optical cable that enables light to be controlled in ways not previously possible or even imaginable. As a result of their extraordinary properties, PCFs have become a pre-eminent method for transmitting information and realizing optical devices. This research is proposed simple structure of index-guiding square photonic crystal fibers (SPCFs) having ultra-flattened chromatic dispersion characteristics, nearly zero ultra-flattened chromatic dispersion in a wide wavelength range, and high nonlinearity. Additionally our proposed SPCFs architecture shows low confinement losses as well as small effective mode area, which are novel properties in an ultra-flattened dispersion design. The finite difference method (FDM) with anisotropic perfectly matched layers (PMLs) is used to analyze the various properties of square PCFs.

The numerical results revealed that it is possible to design simple index-guiding SPCFs with a flattened chromatic dispersion of 0-1.5 ps/(nm.km) and  $0 \pm 1.15$  ps/(nm.km) in a wavelength range of 1.27  $\mu\text{m}$  to 1.7  $\mu\text{m}$  and 1.2  $\mu\text{m}$  to 1.61  $\mu\text{m}$ , respectively. Simultaneously it also exhibited that the confinement losses are less than  $10^{-9}$  dB/m and  $10^{-10}$  dB/m in the wavelength range of 1.2  $\mu\text{m}$  to 1.7  $\mu\text{m}$ , respectively. Moreover the effective area is less than 7  $\mu\text{m}^2$ . The new structure of highly nonlinear dispersion-flattened SPCFs (HNDF-SPCFs) are obtained with nonlinear coefficient as large as 35  $[\text{Wkm}]^{-1}$  at 1.55  $\mu\text{m}$ . SPCFs has nearly zero ultra-flattened dispersion of  $0 + 0.25$  ps/(nm.km) in a wavelength range of 1.39  $\mu\text{m}$  to 1.89  $\mu\text{m}$  and confinement loss of less than  $10^{-7}$  dB/m in a wavelength range of 1.2  $\mu\text{m}$  to 2.0  $\mu\text{m}$ , which are found to be more flat and wide. The effective area is 7.54  $\mu\text{m}^2$ .

The author found that these nonlinear coefficient values are about three times higher than that of standard highly nonlinear fiber which is approximately 10  $[\text{Wkm}]^{-1}$ . With nearly zero ultra-flattened chromatic dispersion, additionally our proposed PCF architecture shows low confinement losses as well as small effective mode area which is small compared to that of conventional fibers (about 86  $\mu\text{m}^2$ ), at 1.55  $\mu\text{m}$  wavelength. These results of PCFs may be suitable for dispersion managed applications, or as a candidate for nonlinear optical systems because of its small effective area.

Name: Begum Feroza

(様式第5-2)

平成19年 8 月 1 日

琉球大学大学院  
理工学研究科長 殿

論文審査委員

主査 氏 名 波平 宜敬

副査 氏 名 玉城 史朗

副査 氏 名 野口 隆



### 学位（博士）論文審査及び最終試験の終了報告書

学位（博士）の申請に対し、学位論文の審査及び最終試験を終了したので、下記のとおり報告します。

記

申請者	専攻名 総合知能工学 氏名 Begum Feroza 学籍番号 048612E
指導教員	波平 宜敬
成績評価	学位論文 (合格) 不合格 最終試験 (合格) 不合格
論文題目	Modeling and Numerical Analysis of Photonic Crystal Fibers フォトリック結晶ファイバのモデリング及び数値解析
審査要旨 (2000字以内)	本研究は、通常の石英系光ファイバや従来の六角形PCFでは得られない新しい5層の四角形PCF(SPCF)を提案し、そのSPCFの特異な諸特性について明らかにしている。  空隙間隔 $\Lambda=1.5 \mu\text{m}$ , 3層目の空隙径 $d_1=0.56 \mu\text{m}$ , 4及び5層目の空隙径 $d=1.35 \mu\text{m}$ の5層の四角形PCFでは、波長範囲 $\lambda=1.27 - 1.7\mu\text{m}$ で、波長分散 $D=0-1.5 \text{ ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$ のフラット(平坦)な特性が得られ、 $\Lambda=1.4 \mu\text{m}$ , $d_1=0.55 \mu\text{m}$ , 4層目の空隙径 $d_2=1.33 \mu\text{m}$ , 5層目の空隙径 $d=1.4 \mu\text{m}$ のSPCFでは、波長範囲 $\lambda=1.2-1.61\mu\text{m}$ で、波長分散 $D=0 \pm 1.15 \text{ ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$ のフラットな特性が得られることを示している。

審査要旨

$\Lambda=1.5 \mu\text{m}$ ,  $d_1=0.56 \mu\text{m}$ ,  $d=1.35 \mu\text{m}$ のSPCFでは, 波長範囲 $\lambda=1.27 -1.7\mu\text{m}$ における閉じ込め損失 $L_c$ は,  $10^{-9}$  dB/m 以下になり,  $\Lambda=1.4 \mu\text{m}$ ,  $d_1=0.55 \mu\text{m}$ ,  $d_2=1.33 \mu\text{m}$ ,  $d=1.4\mu\text{m}$ のSPCFでは,  $L_c$ は $10^{-10}$  dB/m以下で,  $A_{eff}$  は $7 \mu\text{m}^2$ 以下になることを示している.

$\Lambda=0.8 \mu\text{m}$ ,  $d_1/\Lambda=0.32$ ,  $d_2/\Lambda=0.6 \mu\text{m}$ ,  $d_3/\Lambda =0.85 \mu\text{m}$ ,  $d/\Lambda=0.95 \mu\text{m}$ の新しい高非線形分散フラットPCF(HNDF-SPCF)は, 波長 $\lambda=1.551\mu\text{m}$ で, 非線形係数  $\gamma [(2\pi/\lambda) (n_2/A_{eff})$ ,  $n_2$ : 非線形屈折率]が $35 [\text{Wkm}]^{-1}$ で, 波長範囲  $\lambda=1.39 -1.89 \mu\text{m}$ で, 波長分散 $D=0+0.25$  ps/(nm.km) のフラットな特性が得られ, 波長範囲 $\lambda=1.2 -2.0 \mu\text{m}$ で,  $L_c$  は,  $10^{-7}$  dB/m 以下で,  $\Lambda=1.56 \mu\text{m}$ ,  $d_1/\Lambda=0.345$ ,  $d/\Lambda=0.9 \mu\text{m}$ のHNDF-SPCFは, 波長分散はよりフラットで, 波長 $\lambda=1.551\mu\text{m}$ で,  $A_{eff}$  は,  $7.54 \mu\text{m}^2$ 以下になることを示している.

本研究の HNDF-SPCF の非線形係数  $\gamma$  は, 従来の高非線形 PCF( $\gamma=10[\text{Wkm}]^{-1}$ )より約3倍大きく, 分散特性は, ゼロに近くフラットな特性を示し, 閉じ込め損失も小さく,  $A_{eff}$  も通常のシングルモード光ファイバ ( $A_{eff} =86 \mu\text{m}^2$ ) より, 小さいことを示している.

本研究で提案している5層の四角形PCFは, 高密度波長多重(DWDM)光通信用光ファイバや広帯域光源発生用光デバイス等への応用が期待されている.

以上のように, 本研究論文は, 工学的に価値のある新しい研究成果が示されており, また, 上記の者は専門分野及び関連分野の十分な知識を有することも確認できたので, 博士(学術)の学位論文を合格とする.

また, 最終試験として, 8月1日に実施した公聴会においても約40名の参加を得て, 活発な質疑に答え, 多くの視点からの評価が得られたので, 博士(学術)最終試験を合格とする.

以上より, 本研究論文は, 本学大学院理工学研究科総合智能工学専攻における博士(学術)の学位論文として認める.