

Title: Tailoring Optical Properties of Index-Guiding Photonic Crystal Fibers

論文題目: 屈折導波型フォトニック結晶ファイバの光学特性制御技術

This thesis presents ways to tailoring light guiding characteristics of photonic crystal fibers (PCFs) in a 1.20 to 1.70 μm wavelength range based on the finite difference method (FDM) with perfectly matched boundary layer (PML). Several PCF designs are presented for applications in various emerging optical technologies including both the linear and the nonlinear optical regimes. A wideband near-zero dispersion-flattened hybrid-cladding (hexagonal inner cladding and octagonal outer cladding) PCF (DF-HyPCF) is presented having dispersion of 0 ± 0.25 ps/(nm.km) in a 1.44 to 2.0 μm wavelength range, a low confinement loss of 0.005 dB/km at the 1.55 μm wavelength, and a polarization maintaining property. This PCF with a modest number of design parameters may become suitable for dispersion managed optical signal processing applications including optical parametric amplification and wavelength conversion. Three highly nonlinear (HNL) dispersion managed PCFs are also presented. The first HNL-PCF with an octagonal cladding has dispersion of 0 ± 0.50 ps/(nm.km) in a 1.45 to 1.62 μm wavelength range, a nonlinear coefficient of $41 \text{ W}^{-1}\text{km}^{-1}$, a low confinement loss of 0.01 dB/km at the 1.55 μm wavelength, and a polarization insensitive property. The second HNL-PCF with a hybrid cladding has dispersion 0 ± 0.31 ps/(nm.km) in a 1.44 to 1.60 μm wavelength range, a nonlinear coefficient of $35 \text{ W}^{-1}\text{km}^{-1}$, a low confinement loss of 0.05 dB/m at the 1.55 μm wavelength, and a polarization maintaining property. The third HNL-PCF with an octagonal cladding has dispersion of 0 ± 0.50 ps/(nm.km) in a 1.46 to 1.66 μm wavelength range, a nonlinear coefficient of $27 \text{ W}^{-1}\text{km}^{-1}$, and a low confinement loss of 0.06 dB/km at the 1.55 μm wavelength. These HNL-PCFs are crucial for various nonlinear optical regime applications including soliton pulsed systems, and broadband light sources for medical applications. A highly birefringent PCF design is also presented having a very high birefringence of the order 10^{-2} , near-zero dispersion around the 1.55 μm window, and a low confinement loss of 0.01dB/m. This PCF may become a potential candidate for optical sensing applications including environmental and remote sensing.

Finally, a large effective area PCF is presented having an effective area of more than $100 \mu\text{m}^2$, dispersion-flattened characteristics, and low confinement losses at the 1.55 μm window. This PCF may be a candidate for the future reconfigurable high speed fiber optic data transmission systems.

Name RAZZAK S. M. ABDUR

(様式第5-2)

平成22年 2月 19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 アシャリフ モハマッド レザー

副査 氏名 名嘉村 盛和



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学力確認を終了したので、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 Razzak S. M. Abdur 学籍番号 [REDACTED]
指導教員名	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	Tailoring Optical Properties of Index-Guiding Photonic Crystal Fibers 屈折導波型フォトニック結晶ファイバの光学特性制御技術
論文要旨	<p>本研究では、有限差分法(FDM)を用いて、波長1.20-1.70μmの広帯域における光学特性を有する各種フォトニック結晶ファイバ(PCF)の最適設計を行い、新しいPCFを提案し、その特異な諸特性について明らかにしている。</p> <p>波長 1.55 μm で 0.005 dB/km の低閉じ込め損失で、偏波面保存性も良好で、且つ波長 1.44-2.0 μm の広帯域で 0 ± 0.25 ps/(nm\cdotkm)の分散フラットでハイブリッドクラッド(6角形内部クラッド8角形外部クラッド)を有するPCFを提案している。</p> <p>最初に、3種類の分散マネージメントされた高非線形PCF(HNL-PCF)を提案している。</p> <p>第1番目のHNL-PCFは、8角形クラッド型で1.45-1.62 μmの波長範囲で、0 ± 0.50 ps/(nm</p>

・km)の分散フラットで、波長 1.55 μm で $41 \text{ W}^{-1}\text{m}^{-1}$ の高非線形係数及び 0.01 dB/km の低閉じ込め損失で且つ高複屈折の HNL-PCF を提案している。

第 2 番目の HNL-PCF は、ハイブリドクラッド型で、1.44-1.60 μm の波長範囲で、 $0 \pm 0.31 \text{ ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$ の分散フラットで、波長 1.55 μm で $35 \text{ W}^{-1}\text{m}^{-1}$ の高非線形係数及び 0.05 dB/km の低閉じ込め損失で且つ高複屈折の HNL-PCF を提案している。

第 3 番目の HNL-PCF は、8 角形クラッド型で、1.46-1.66 μm の波長範囲で、 $0 \pm 0.50 \text{ ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$ の分散フラットで、波長 1.55 μm で $27 \text{ W}^{-1}\text{m}^{-1}$ の高非線形係数及び 0.06 dB/km の低閉じ込め損失で且つ高複屈折の HNL-PCF を提案している。これらの 3 種類の高非線形 HNL-PCF は、光ソリトン伝送システムや医療用広帯域光源などへの応用が有望視されている。

また、波長 1.55 μm でゼロ分散近傍で、0.01 dB/m の閉じ込め損失を有し 10^{-2} の高複屈折の PCF も提案している。この PCF は、光ファイバセンサーや環境などのリモートセンシングなどへの応用が有望視されている。

最後に、波長 1.55 μm において分散フラットで、低閉じ込め損失を有し、 $100\mu\text{m}^2$ 以上の実効断面積(A_{eff})を有する拡大 A_{eff} PCF を提案しているが、この PCF は、低非線形なので、超距離高速光通信用光ファイバとしての応用が有望視されている。

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)の学位論文として合格とする。

また、最終試験として、2月16日に実施した公聴会においても、活発な質疑応答に答え、多くの視点からの評価が得られたので、博士(学術)の学位論文として合格とする。

以上より、本研究論文は、本学大学院理工学研究科総合知能工学専攻における博士(学術)の論文として認める。