

論文審査の要旨および学識確認結果

報告番号	甲 第 号	氏 名	鐵本 智大	
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学准教授	博士（工学）	田邊 孝純
	副査	慶應義塾大学教授	博士（工学）	津田 裕之
		慶應義塾大学准教授	博士（工学）	木下 岳司
		慶應義塾大学准教授	博士（工学）	石榑 崇明
		慶應義塾大学特別招聘教授（国際）	Ph.D. フィンリー, ジョナサン	

(論文審査の要旨)

学士（工学）、修士（工学）鐵本智大君提出の学位論文は「Tailoring optical resonances in photonic crystals with an optical nanofiber」（ナノ光ファイバを用いたフォトニック結晶内の光共振の調整）と題し、7章から構成されている。

ナノ加工技術の進展は、光を微小な空間に強く閉じ込めることができる微小光共振器の素子化を可能にした。微小光共振器内では高い光子密度が得られるので、この素子は非線形光学や量子光学の分野で広く利用されるようになった。その中でもフォトニック結晶共振器は、高 Q 値な共振モードが得られ、小型であるのでチップへの高密度な集積が可能であるといった特徴をもつことから、非線形光学効果及び光の量子性を活用した信号処理の応用に適している。その一方で、量子情報通信に向けた共振器量子電磁力学応用では、従来のフォトニック結晶共振器を用いたのでは、共振器から光ファイバへの光の結合効率が低いことに加え、素子作製時に所望の波長や Q 値を有する共振モードを得ることや、偏波無依存化が難しいという課題があった。

本研究では、ナノ光ファイバを用いることで、これらの課題を同時に解決できることが示されている。ナノ光ファイバ結合型フォトニック結晶共振器及びシリカナノビーム共振器の、二つのフォトニック結晶共振器についての提案がなされている。前者の共振器を用いると、光ファイバへの光の高い結合効率の達成に加えて、共振モードの波長と Q 値のチューニングができ、後者の共振器を用いると、それらに加えて偏波無依存化が可能であることが示されている。

第1章では、本研究の背景が概説され、目的が述べられている。

第2章では、本研究で必要とされる理論が整理されており、フォトニックバンドギャップやフォトニック結晶共振器の形成原理、並びに、研究に利用した計算手法の原理が記載されている。

第3章では、ナノ光ファイバ結合型フォトニック結晶共振器の形成手法が示されている。また、その光学性能が評価され、ナノ光ファイバの直径やフォトニック結晶との接触長さを調整することで、最大で 99.6% の結合効率が達成でき、さらには共振モードの波長や Q 値のチューニングも可能であることが示されている。

第4章では、ナノ光ファイバ結合型フォトニック結晶共振器を用いた結合共振モードの形成実験が示されている。共振モードの波長が制御できることを利用し、二つの共振モードの波長を一致するように操作することで、スペクトル領域での反交差を観測している。

第5章では、シリカナノビーム共振器の設計、作製、性能評価について述べられている。TE 及び TM モードのいずれでも 10^4 を超える Q 値をもつことが示され、これらの二つのモードが直交性をもつことが確認されている。また、光の入出力に用いるナノ光ファイバの直径やシリカナノビーム共振器との間の距離を調整することで、最大で 96% の結合効率を達成し、さらには共振モードの波長や Q 値のチューニングが可能であることが示されている。

第6章では、スペクトル領域で重なりを持つ二つの直交した共振モードをもつシリカナノビーム共振器の設計が示されている。円偏光の局在が可能であることを数値解析により明らかとし、偏波無依存化が可能であることが示されている。

第7章では、各章で得られた知見がまとめられ、本研究の総括が行われている。

以上要するに、本研究はナノ光ファイバを用いた微小光共振器と光ファイバとの高効率な光結合と、微小光共振器の特性のチューニングを同時に達成する新たな手法を示したものであり、光エレクトロニクス分野において、工学上、工業上寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

学識確認結果	学位請求論文を中心にして関連学術について上記審査会委員および総合デザイン工学特別研究第2（電気電子工学専修）科目担当者で試問を行い、当該学術に関し広く深い学識を有することを確認した。 また、語学（英語）についても十分な学力を有することを確認した。
--------	--