

Title	Cavity-assisted control of photonic and phononic modes in micro/nano resonator system
Author(s)	浅野, 元紀
Citation	大阪大学, 2017, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/61814
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 ＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

論文内容の要旨

氏 名 (浅野 元紀)	
論文題名	Cavity-assisted control of photonic and phononic modes in micro/nano resonator system (マイクロ/ナノ共振器系を用いた光および機械振動モードの制御に関する研究)
論文内容の要旨	
<p>Efficient and functional control of photonic modes in the degrees of freedom of light has been actively studied to lead to innovation in photonics. For instance, multiplexing technology for the photonic modes such as temporal modes, spatial modes and frequency modes of light implements a large-scale information processing. Furthermore, photonic quantum information processing brings the functionality for controlling the photonic modes into the next paradigm which cannot be realized in classical optics. The efficient and functional control of photonic modes based on monolithic photonic devices has attracted increasing interests thanks to the development of various fabrication technologies. In particular, micro- and nano- resonator systems, which are fabricated in microscale and nanoscale for confining visible and telecom photons, are possible to enhance the light-matter interaction in the host material of the resonators and to convert the photonic modes by controlling the geometric structure of the resonators. These resonators have been fabricated on a silicon-chip or an optical fiber, and have been used to perform various demonstrations to show the possibility to innovate the large-scale, functional and efficient photonics.</p> <p>In this thesis, we report the study of elemental technologies for functionally controlling the light towards innovative photonics. Especially, we have studied the three devices: whispering-gallery-mode resonators, plasmonic metamaterials, and a nonlinear optical waveguide cavity. In the study focusing on temporal modes of light, we have studied efficient control of temporal delays of optical pulses using an interferometric effect among a waveguide-coupled resonator system. In the study focusing on spatial modes of light, we have proposed methods to generate a spiral phase front of light by controlling the geometric properties of the micro- and the nano- resonators. In the study focusing on frequency modes of light, we have efficiently obtained cascaded nonlinear optical phenomena in which a parametric amplification and a frequency conversion are simultaneously obtained using the high-Q microresonators with low pump powers. In the study focusing on the light-matter interactions such as plasmonic interactions and optomechanical interactions, we have searched the functional control of light based on material and geometric properties in the micro- and the nano- resonators. In particular, we have developed the intermediate fields between quantum optics and phononics by improving optomechanical properties in our devices towards quantum cavity optomechanics.</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (浅野 元紀)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教 授	井元 信之
	副 査	教 授	北岡 良雄
	副 査	教 授	芦田 昌明

論文審査の結果の要旨

近年、光を極力漏らさず閉じ込める光共振器の研究が盛んである。その様子は60年前のレーザーの発明以来の初期研究とは異なる特徴がいくつかある。一つは集積化を目指し、肉眼では見えない、あるいはやっと見えるほど小さい多様な共振器の登場であり、二つ目は自然放出の人為的制御など量子制御への応用であり、三つ目は単なる光の共振器でなく振動モード（フォノン）やプラズモン等、光以外の振動モードも同時に閉じ込めて結合させる点である。

そうした中、申請者はウィスパリングギャラリーモード（WGM）微小光共振器、プラズモニックメタマテリアル、導波路型非線形光学共振器に着目し、次世代フォトニクスの開拓へ向けた機能的光制御の要素技術の研究を行った。光の時間モード・空間モードに着目した研究では、マイクロ/ナノ共振器系における光の干渉効果を活用し、光パルスの遅延制御の高機能化や光の空間的な位相構造の制御手法の提案を行った。光の周波数モードに着目した研究では、非線形光学に基づくレーザー発振と周波数変換とを組み合わせたカスケード非線形光学効果の効率的な誘起に成功した。プラズモニックメタマテリアルを用いた光-表面プラズモン結合やWGM共振器内の光-機械振動子結合に関する研究では、マイクロ/ナノ共振器の物性や構造に起因する新たな自由度を自在に制御することで可能となる高機能な光制御を探索した。特に後者の研究では、機械振動子の量子系の実装へ向けた共振器性能の向上を実現し、量子光学とフォトニクスの融合分野の開拓へ向けた可能性を示すことができた。申請者は以上の研究結果を学位論文としてまとめた。

学位論文は背景・意義動機・基礎事項の説明・研究の方法・結果・考察ともに構成がしっかりしており、前提となる理論・シミュレーション・デバイス作製と評価・学術的実験のどれもの確に行われていることを物語っており、信頼性が高いと判断される。さらに、明確かつ詳細な理論的解析は申請者の深い物理の理解を示すものであり、同時に申請者の持つ応用指向の広い興味と目的意識の実践に関する資質を十分に感じさせるものと判断された。

以上より本論文は博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。