

内容の要旨

報告番号	甲 第 4569 号	氏 名	吉岐 航
主論文題目： Dynamic control of ultra-high Q silica toroid optical microcavities (超高 Q 値シリカトロイド微小光共振器の動的制御)			
<p>シリカガラスは、光の吸収や散乱が小さく加工も容易なことから、光ファイバ、光カップラや光フィルタを含むパッシブな光学素子の材料として広く用いられてきた。その一方で、シリカガラスは非線形光学定数が小さく、キャリア注入や電界印可による光制御も困難である。それ故に、シリカガラスは優れた光学特性を持つにも関わらず、光スイッチや光メモリを始めとするアクティブな光学素子にはほとんど用いられてこなかった。しかしながら、高 Q 値かつ小さなモード体積を有する微小光共振器を用いると、非線形光学定数が小さい材料を用いた場合でも、効率的に光を制御できることに、近年注目が集まっている。特に、非線形光学効果によって光共振器の特性を時間的に変化させることで実現される光制御は動的制御と呼ばれ、光スイッチ、光メモリや光周波数変換素子への応用が期待される。本研究では、超高 Q 値シリカトロイド微小光共振器の動的制御を、光カー効果を用いて実現し、全光スイッチ、全光メモリ、光周波数変換素子、全光バッファへと応用することを目的とする。</p> <p>第 1 章では、本研究の背景および目的を概説した。</p> <p>第 2 章では、本研究で用いるシリカトロイド微小光共振器の基礎理論、作製及び光学測定の手法について述べた。</p> <p>第 3 章では、シリカトロイド微小光共振器中にて生じる、光カー効果と熱光学効果の 2 つの非線形光学効果に関する理論モデルを構築し、光共振器を用いた全光メモリの実現可能性を確かめた。</p> <p>第 4 章では、光カー効果を用いた全光スイッチの実証実験を、シリカトロイド微小光共振器を用いて行い、2.1 mW の入力光パワーでスイッチング動作が得られることを示した。さらに、Q 値が 10^7 を超える微小光共振器を用いることにより必要な入力光パワーを 36 μW 程度まで低減可能であることを明らかにした。</p> <p>第 5 章では、断熱的周波数変換過程を利用した光周波数変換動作について示した。超高 Q 値をもつシリカトロイド微小光共振器と高速な光カー効果を組み合わせることにより、周波数変換量、変換時間幅、変換回数を自在に制御できる断熱的周波数変換動作を実現した。また、光周波数変換動作の前後での光の位相差が光出力に与える影響を明らかにした。</p> <p>第 6 章では、シリカトロイド微小光共振器中の超高 Q 値の光モード間の強結合を時間領域で観測した。本章で構築した数値モデルおよび実験技術は第 7 章の理論と実験で利用される。</p> <p>第 7 章では、遅延量可変な全光バッファを理論と実験の両面から実証した。2 つのシリカトロイド微小光共振器それぞれが持つ超高 Q 値な光モードと低 Q 値な光モードとを結合させ、それらの結合を光カー効果によって動的に制御することで、遅延量を制御可能な全光バッファ動作を実現した。</p> <p>第 8 章では、各章で得られた知見をまとめ、本研究の総括を行った。</p>			

論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4569 号	氏 名	吉岐 航
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	工学博士	神成 文彦
	慶應義塾大学教授	博士(工学)	津田 裕之
	慶應義塾大学教授	工学博士	山中 直明
	慶應義塾大学特別招聘准教授(国際) Ph.D. ブロイニツヒ, イング		
<p>学士(工学), 修士(工学), 修士(商学) 吉岐航君提出の学位論文は「Dynamic control of ultra-high Q silica toroid optical microcavities」(超高 Q 値シリカトロイド微小光共振器の動的制御)と題され、8章から構成されている。</p> <p>シリカガラスは、光の吸収や散乱が小さく加工も容易なことから、光ファイバ、光カプラや光フィルタを含むパッシブな光学素子の材料として広く用いられてきた。その一方で、シリカガラスは非線形光学定数が小さく、キャリア注入や電界印加による光制御も困難である。それ故に、シリカガラスは優れた光学特性を持つにも関わらず、光スイッチや光メモリを始めとするアクティブな光学素子にはほとんど用いられてこなかった。しかしながら、高 Q 値かつ小さなモード体積を有する微小光共振器を用いると、非線形光学定数が小さい材料を用いた場合でも、効率的に光を制御できることに、近年注目が集まっている。特に、非線形光学効果によって光共振器の特性を時間的に変化させることで実現される光制御は動的制御と呼ばれ、光スイッチ、光メモリや光周波数変換素子への応用が期待される。本研究は、超高 Q 値シリカトロイド微小光共振器の動的制御を、光カー効果を用いて実現し、全光スイッチ、全光メモリ、光周波数変換素子、全光バッファへと応用することを目的としている。</p> <p>第1章では、本研究の背景および目的が概説されている。</p> <p>第2章では、本研究で用いるシリカトロイド微小光共振器の基礎理論、作製、および光学測定の手法について述べられている。</p> <p>第3章では、シリカトロイド微小光共振器中にて生じる、光カー効果と熱光学効果の2つの非線形光学効果に関する理論モデルが構築され、光共振器を用いた全光メモリの実現可能性が確かめられている。</p> <p>第4章では、光カー効果を用いた全光スイッチの実証実験が、シリカトロイド微小光共振器を用いて行われている。光カー効果を用いた素子としては世界最小の入力光パワー2.1 mWにて、スイッチング動作が得られることが示されている。さらに、Q 値が 10^7 を超える微小光共振器を用いることにより必要な入力光パワーを 36 μW 程度まで低減可能であることが明らかにされている。</p> <p>第5章では、断熱的周波数変換過程を利用した光周波数変換動作が示されている。超高 Q 値をもつシリカトロイド微小光共振器と高速な光カー効果を組み合わせることにより、周波数変換量、変換時間幅、変換回数を自在に制御できる断熱的周波数変換動作が実現されている。また、光周波数変換動作の前後での光の位相差が光出力に与える影響が明らかにされている。</p> <p>第6章では、シリカトロイド微小光共振器中の超高 Q 値の光モード間の強結合が時間領域で明瞭に観測されている。</p> <p>第7章では、遅延量可変な全光バッファが理論と実験の両面から実証されている。2つのシリカトロイド微小光共振器それぞれが持つ超高 Q 値な光モードと低 Q 値な光モードとを結合させ、それらの結合を光カー効果によって動的に制御することで、遅延量を制御可能な全光バッファ動作が実現されている。</p> <p>第8章では、各章で得られた知見をまとめ、本研究の総括が行われている。</p> <p>以上要するに、本研究は非線形光学制御の省エネルギー化と高機能化を実現したものであり、光エレクトロニクス分野において、これらの成果は工学上、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。</p>			