

論文内容の要旨

<博士論文題目> 「希土類イオン添加光ファイバー
および微小球レーザーの高機能化に関する研究」

<氏名> 笹川清隆

<論文内容の要旨> (1, 200字程度)

通信需要の飛躍的な増加に伴い、高密度波長多重(DWDM)光通信技術の重要性がますます高まっている。石英ガラス光ファイバーが高い透過率を示す波長帯域全体を活用するためにはレーザー光源や光増幅器等の新しいフォトニックデバイスの開発が不可欠である。特に、今後の DWDM 光通信技術として、波長 1460-1530 nm の S-band やさらに短波長で動作するデバイスが求められている。これらの波長域では希土類イオンを添加したフッ化物ガラスやテルライト系ガラスが注目されており、本研究では、これらのガラス材料を適用した光ファイバーおよび微小球レーザーの高機能化を目的とした。

【 Tm^{3+} 添加フッ化物光ファイバー(TDFF)による可飽和吸収体の研究】

TDFF が波長 1050 nm における可飽和吸収特性を示すことを見出し、受動型 Q-スイッチへの応用を提案した。Nd³⁺添加フッ化物光ファイバー(NDFF)レーザーの共振器に TDFF を挿入し、808nm レーザーを用いて NDFF を 250 mW, TDFF を 230 mW で励起することにより自己パルス発振に成功し、波長 1050 nm, ピークパワー1.5 mW, パルス幅 4.5 μ s のパルス列を得た。

【希土類イオン添加テルライト系ガラス微小球レーザーの研究】

微小球共振器の Whispering Gallery Mode (WGM)は、極めて高い Q 値が得られるので、低しきい値レーザー等のフォトニックデバイスへの応用が期待される。本研究では、これまで報告がなかったテルライト系ガラスの微小球レーザーに着目し、Nd³⁺を添加したテルライト系ガラスを用いて直径 50~数 100 μ m の微小球を作製し、800 nm レーザーでの励起により初めてレーザー発振に成功した。次に Tm³⁺添加テルライト系ガラスの微小球を作製し、1050 nm, 794 nm レーザー2 波長での励起によって、S-band のレーザー発振に成功した。このレーザー発振は、石英ガラスでは極めて難しく、テルライト系ガラスによる微小球共振器の利点の一つが実証された。更に 794 nm レーザーのみの励起でも S-band および 1.93 μ m 帯でのレーザー発振が同時に生じることを見出した。

また、プリズム結合法を用いて Nd³⁺添加テルライト系ガラス微小球レーザーを励起したとき、光双安定特性を示すことを見出した。この光双安定特性では、音響光学素子によって励起光を変調した結果から、熱の寄与の大きいことが明らかになった。

【 $\lambda/4$ シフトグレーティングによる微小球レーザーの波長制御の研究】

微小球レーザーの発振は増幅媒体の利得の高い波長で生じ、その発振波長を制御することは困難であった。本研究では、微小球共振器表面に形成した $\lambda/4$ シフトグレーティングによって発振波長の制御を提案した。集束イオンビーム(FIB)加工法を用いてこのグレーティングを微小球表面に作製した。この結果、Nd³⁺添加ガラスの最大利得点とは異なる波長域においてグレーティング周期に依存したレーザー発振に成功した。以上

(論文審査結果の要旨)

情報通信ネットワークの大容量化・高速化は時代の要請であり、石英ガラス光ファイバの低損失波長域(1260-1700nm)を有効に活用する高密度波長多重(DWDM)光伝送技術が極めて重要である。そのためには、Er³⁺添加シリカ系光ファイバ増幅器でカバーされる主要波長 1550nm を含む C-band(1530-1565nm)と L-band(1565-1625nm) 以外の未開拓波長域の新しいレーザ、光増幅器等のフォトニック機能デバイスが待望されており、研究開発が精力的に進められている。

本博士論文は、著者が S-band(1460-1530nm)やさらに短波長帯のフォトニック機能デバイスの重要性に注目し、希土類イオンを添加したフッ化物ガラスやテルライト系ガラスを用いた光ファイバレーザおよび微小球レーザの高機能化に関する独創的な研究に取組み、以下に示すような新規の知見や優れた技術成果を得て纏めたものである。

1. Tm³⁺添加フッ化物光ファイバが波長 1050nm 光に対して可飽和吸収特性を示すことを見出し、この可飽和吸収体を受動型 Q スイッチとして組込んだ Nd³⁺添加フッ化物光ファイバ共振器から成る全光ファイバ型レーザを構成して 808nm レーザの励起により、理論的に予測されていたように初めて波長 1050nm、パルス幅 4.5 μs の自己パルスレーザ発振に成功した。
2. 希土類イオンを添加したテルライト系ガラスによる微小球共振器のウィスパーリング・ギャラリーモード(WGM)に着目し、Nd³⁺添加テルライトガラスから作製した直径 100 μm 前後の微小球を用いて、800nm レーザの励起によりテルライト系ガラスとして初めて波長 1050nm のレーザ発振に成功した。さらに、Tm³⁺添加テルライトガラス微小球を用いて、2 波長 1050nm、794nm のレーザ励起により石英ガラスでは難しい S-band のレーザ発振にも成功した。この Tm³⁺添加テルライトガラス微小球において波長 794nm レーザのみの励起により S-band と 1930nm の 2 波長同時にレーザ発振する新しい現象を見出した。
3. プリズム結合器により Nd³⁺添加テルライトガラス微小球レーザを励起したとき、光双安定特性を示すことを見出し、この特性が主に熱的効果に因ることを明らかにした。
4. Nd³⁺添加テルライトガラス微小球の表面に FIB 加工を用いて λ/4 シフトグレーティングを形成し、そのグレーティング周期に依存した波長におけるレーザ発振に成功し、微小球レーザの新しい発振波長制御方法を提案した。

以上のように、本論文は、DWDM 光伝送技術の高度化に不可欠の新しい波長帯の開拓に向けた希土類イオン添加フッ化物ガラスおよびテルライト系ガラスによる光ファイバレーザおよび微小球レーザの高機能化の研究開発に関するもので、得られた独創的な先端技術および新しい知見は学術上極めて有意義であるばかりでなく、工学的にも高い価値を有しており、次世代光情報通信ネットワークへの早期の適用が期待される。

よって、博士論文審査会および最終試験の結果、審査員一同は 笹川清隆 の本論文が博士(工学)の学位論文として高い価値を有するものであると評価し、合格と認めた。 以上