The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

| | |
|---|---|
| Title | Mg添加LiNbO3系材料における周期分極反転構造のサブミクロン制御とその応用 |
| Author(s) | 森川, 顕洋 |
| Citation | 大阪大学, 2015, 博士論文 |
| Version Type | VoR |
| URL | https://doi.org/10.18910/53980 |
| rights | |
| Note | |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

様式３

# 論　文　内　容　の　要　旨

| 氏　名　（　森川　顕洋　） | |
|---|---|
| 論文題名 | Mg添加$LiNbO_3$系材料における周期分極反転構造のサブミクロン制御とその応用 |

論文内容の要旨

第1章　序論

本研究の背景と目的を明らかにするとともに、本研究の位置づけ、意義を明らかにした。本研究は、非線形光学材料として高い性能を有するMg添加$LiNbO_3$系材料の周期分極反転構造をサブミクロンオーダーで制御することを目的とし、その目的を達成することで高効率波長変換デバイスを用いたSHGレーザー光源を開発し、レーザープロジェクターに応用展開した。

第2章　Mg 添加 $LiNbO_3$ 系材料の分極反転メカニズムと厚板多重パルス電界印加法の提案

高効率かつ高出力の波長変換を実現するための波長変換方式と非線形光学材料について考察し、Mg添加$LiNbO_3$系材料を用いたバルク分極反転が最も有力な方式であることを示した。また、従来から極めて困難とされてきたMg添加$LiNbO_3$におけるサブミクロンオーダーの分極反転制御を実現するためにMg添加$LiNbO_3$の分極反転形成メカニズムの解明に取り組み、分極反転形成時の電気抵抗の急激かつ大幅な低下、基板裏面への分極反転の貫通が不均一形成の主要因であることを特定した。さらに、分極反転形成メカニズムを基に、貫通反転を防止する厚板Mg添加$LiNbO_3$基板を用いた多重パルス電界印加法を提案することでサブミクロン（0.8μm）の分極反転制御に成功した。

第3章　周期分極反転構造の形成

周期分極反転構造の不均一化メカニズムを仮説・検証し、分極反転形成時の発熱と電極端部の電界集中が大面積周期分極反転構造の不均一化の要因であることを導いた。不均一化メカニズム分析を基に、分極反転形成時の発熱を掘り込み電極で空間的に制御し、発熱制御パルスで時間的に制御し、さらに配線電極端部の電界集中を裏面パターン電極で抑制する手法を提案した。これらの提案を厚板多重パルス電界印加法に適用することで周期分極反転構造の分極反転幅のばらつきをサブミクロン（1μm以下）に低減し、Mg添加$LiNbO_3$系材料における周期分極反転構造（周期1～8μm）の大面積均一化を実現した。

第4章　周期分極反転 SHG デバイスを用いた第二高調波発生

サブミクロン分極反転制御技術をMg 添加 $LiNbO_3$ 系材料に適用することで紫外～緑色波長域の周期分極反転 SHG デバイスを作製し、第二高調波発生による波長変換特性評価を行った。紫外、青色、緑色波長域において理論値に近い高効率波長変換を実証し、緑色波長域では高ビーム品質のファイバーレーザーと大面積均一化された周期分極反転 SHG デバイスにより高効率（変換効率 34%）の 3W 緑色光発生に成功した。

第5章　緑色 SHG レーザーの応用

ファイバーレーザーと周期分極反転SHGデバイスを用いてコンパクトで優れたビーム品質を有する緑色レーザーモジュールを開発した。さらに、緑色レーザーモジュールを用いて大画面レーザーリアプロジェクションTVを開発し、広範囲の色再現性、低消費電力化を実証した。また、小型レーザープロジェクターに適用可能な超小型緑色レーザーモジュールを開発し、ノートパソコン搭載レーザープロジェクターを商品化した。

第6章　結論

本研究で得た成果の総括を行い、Mg添加$LiNbO_3$系材料における周期分極反転構造のサブミクロン制御技術の重要性と今後の産業、民生用途に展開可能な波長変換レーザー光源の波及効果と今後の展望について述べた。

様式 7

# 論文審査の結果の要旨及び担当者

| 氏　名　（　森川　顕洋　） | | |
|---|---|---|
| 論文審査担当者 | （職） | 氏　名 |
| | 主 査　教 授 | 藤原　康文 |
| | 副 査　教 授 | 中谷　亮一 |
| | 副 査　教 授 | 保田　英洋 |
| | 副 査　特任教授 | 山本　和久 |

## 論文審査の結果の要旨

近年、ディスプレイ、加工、医療、計測など、多くの分野で高出力レーザー光源が要望されている。可視光域のレーザーは応用範囲が広いことから、小型化、軽量化が可能な半導体レーザーを中心に開発が進められている。特に赤色、青色の波長域ではDVD、ブルーレイディスクなどの光ディスク分野を中心に商品展開されている。一方、緑色波長域では直接発振が可能な固体レーザー、半導体レーザーともに高出力化ができておらず、非線形光学結晶を用いた第二高調波発生（Second Harmonic Generation：SHG）が主流となっている。

本論文は紫外光～可視光の広範囲にわたり波長変換可能なMg添加$LiNbO_3$系材料における分極反転形成メカニズムの解明と高効率波長変換に必要不可欠な周期分極反転構造をサブミクロンオーダーで制御する方法を提案し、高効率・高出力波長変換レーザー光源を開発するとともに、レーザーディスプレイ、レーザー加工に応用展開した研究成果をまとめたものであり、以下の知見を得ている。

（1）高効率かつ高出力の波長変換を実現するための波長変換方式と非線形光学材料について考察し、Mg 添加 $LiNbO_3$ 系材料を用いたバルク分極反転が最も有力な方式であることを示している。また、従来から極めて困難とされてきたMg 添加 $LiNbO_3$ におけるサブミクロンオーダーの分極反転制御を実現するために、その分極反転形成メカニズムの解明に取り組み、分極反転形成時の電気抵抗の急激かつ大幅な低下、基板裏面への分極反転の貫通が不均一形成の主要因であることを特定している。さらに、分極反転形成メカニズムの理解を基に、貫通反転を防止する厚板Mg 添加 $LiNbO_3$ 基板を用いた多重パルス電界印加法を提案することでサブミクロン（0.8 μm）の分極反転制御に成功している。

（2）周期分極反転構造の不均一化メカニズムを仮説・検証し、分極反転形成時の発熱と電極端部の電界集中が大面積周期分極反転構造の不均一化の要因であることを明らかにしている。不均一化メカニズム分析を基に、分極反転形成時の発熱を掘り込み電極で空間的に、発熱制御パルスで時間的に制御し、さらに配線電極端部の電界集中を裏面パターン電極で抑制する手法を提案している。これらの提案を厚板多重パルス電界印加法に適用することにより、周期分極反転構造の分極反転幅のばらつきをサブミクロン（1 μm 以下）に低減し、Mg 添加 $LiNbO_3$ 系材料における周期分極反転構造（周期 1～8 μm）の大面積均一化を実現している。

（3）サブミクロン分極反転制御技術をMg 添加 $LiNbO_3$ 系材料に適用することで紫外～緑色波長域の周期分極反転 SHG デバイスを作製し、第二高調波発生による波長変換特性を評価している。紫外、青色、緑色波長域において理論値に近い高効率波長変換を実証し、緑色波長域では高ビーム品質のファイバーレーザーと大面積均一化された周期分極反転 SHG デバイスにより高効率（変換効率 34%）の 3 W 緑色光発生に成功している。

（4）ファイバーレーザーと周期分極反転 SHG デバイスを用いてコンパクトで優れたビーム品質を有する緑色レーザーモジュールを開発している。さらに、緑色レーザーモジュールを用いて大画面レーザーリアプロジェクション TV を開発し、広範囲の色再現性、低消費電力化を実証している。また、小型レーザープロジェクターに適用可能な超小型緑色レーザーモジュールを開発し、ノートパソコン搭載レーザープロジェクターを商品化している。

以上のように、本論文は SHG に有用な Mg 添加 $LiNbO_3$ 系材料における分極反転形成メカニズムとその制御手法を明らかにすることに留まらず、それを踏まえた周期分極反転 SHG デバイスによる高効率・高出力緑色光発生、およびそのモジュール化や製品応用に成功する等、新しい知見を与えていることから、材料工学分野に寄与するところが大きい。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。