



Title	色素分散型ポリマーの非線形光学特性と導波型光波長変換デバイスへの応用
Author(s)	杉原, 隆嗣
Citation	大阪大学, 1998, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/40694">https://hdl.handle.net/11094/40694</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。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">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> 大阪大学の博士論文について

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏名	杉原 隆嗣
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第13920号
学位授与年月日	平成10年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科物理系専攻
学位論文名	色素分散型ポリマーの非線形光学特性と導波型光波長変換デバイスへの応用
論文審査委員	(主査) 教授 山本 錠彦  (副査) 教授 小林 哲郎 教授 岡村 康行 助教授 芳賀 宏

### 論文内容の要旨

導波型光波長変換デバイスは小型で高効率なコヒーレント光源を得るうえで必要不可欠なものである。しかし、位相整合状態を調整することが困難なため、僅かな作製誤差や動作環境の変化によって変換効率が大幅に低下するという問題がある。そこで、本研究では、色素分散型ポリマーを用いて、位相整合状態の調整が可能な導波型光波長変換デバイスの実現を目的とする。

色素分散型ポリマーとは、母材となるポリマー材料中に非線形性をもつ有機色素分子を分散したもので、電界配向処理を行うことによって2次の非線形性が発現する。また、この材料は、ポリマー中で室温においても非線形分子が動き易いという特徴をもっている。この特徴を導波型光波長変換デバイスへ応用するために、まず材料の示す2次非線形光学特性の外部電界依存性を実験により明らかにした。測定では、ポリマー材料PMMA(ポリメタクリル酸メチル)中に色素分子MNA(2-メチル-4-ニトロアニリン)を分散した材料(MNA/PMMA)を用いて、光第2高調波発生(SHG)の外部交流電界に対する応答を観測した。その結果、室温において、非線形色素分子の配向を外部電界によって制御できることが確認された。

次に、導波型光波長変換デバイスにおいて、非線形分子の配向制御性を利用し、電気的に2次非線形光学係数( $d$ 係数)の分布を制御する新しい位相整合調整法の提案および動作実験を行った。実験では、配向用電極として小セグメントに分割した樹状電極をもち、導波路材料に色素分散型ポリマーとしてMNA/PMMAを用いた導波型SHGデバイスを使用した。測定の結果、室温で各電極セグメントに印加する電圧の極性を変化させることで、生じる高調波出力の大きさが調整できることを確認した。この結果から、素子作製後に導波路がもつ $d$ 係数の分布を制御することで、位相整合状態の調整が可能なことが示された。なお、この手法はSHGに限らず、3光波混合を用いる波長変換全般に応用できるものである。

### 論文審査の結果の要旨

本論文は、有機非線形光学材料の一種である色素分散型ポリマーにおける外部電界による非線形光学特性の制御性およびこの特性を利用した新しいタイプの導波型光波長変換デバイスについての研究をまとめたものである。これま

でのポリマー系有機非線形光学材料における研究では、非線形性の発現のために添加される色素分子をポリマー鎖に固定して用いることにより、無機系の材料と同様の安定性を追求している。これに対し、本研究では非線形光学分子の状態を外部電界で制御することにより、今までに例を見ない新しい機能をもつ導波型光波長変換デバイスを実現している。

まず材料の特性として、色素分散型ポリマーが電界配向処理によって示す2次非線形光学特性と、非線形色素分子の配向制御性について述べている。ここでは、2次非線形光学係数(d係数)の外部交流電界に対する周波数応答を光第2高調波発生(SHG)を用いて測定している。SHGを用いた周波数特性の測定から色素分散型ポリマーに生じる2次非線形性の起源を調べたのは本研究が初めてである。この結果から、色素分子の配向状態は外部電界によって室温で制御できる、また外部電界により分子自身の非線形性が変化する、さらに可塑性を導入することで分子の動き易さの制御が可能であるといった知見が得られている。

次に、色素分散型ポリマーの示す配向制御性を利用した新しい導波型光波長変換デバイスを提案している。このデバイスには、セグメント化した周期配向用電極を用いて素子作製後にd係数の分布を制御することにより位相不整合を補正するという、従来にない新しい同調機構が備わっている。色素分散型ポリマーのもつ分子の動き易さという特徴を材料の欠点として捉えるのではなく、逆にこの特性を積極的に導波型光波長変換デバイスへ応用したのは本研究が最初であり、本論文の独創的な点である。ここで提案したデバイスでは、変換効率と同調範囲とを独立に決定することが可能である。この特性は従来の無機および有機結晶を用いたデバイスでは実現困難なものであり、色素分散型ポリマーを用いたデバイスの大きな特色となる。

最後に、提案したデバイスを実際に作製し、SHGを用いた位相整合調整の実験を行った結果について述べている。調整用の配向用電極としては小セグメントに分割した櫛状電極を使用しており、各電極セグメントには独立に電圧が印加できる構造になっている。また導波路は色素分散型ポリマーを用いた全高分子型の構造となっている。そして、各セグメントに印加する電圧極性に対する高調波出力の変化を観測することで、デバイスの動作を実証している。さらに、より高い完成度をもつデバイスとして、周期対向型電極と色素分散型ポリマー光導波路とを一体化したデバイスを考案している。

以上のように、本論文は、従来は問題点とされていた色素分散型ポリマー独自の特徴を積極的に利用することで、新しい同調機構を持つ導波型光波長変換デバイスを実現できることを示している。これは、導波型光波長変換デバイスおよび色素分散型ポリマーのデバイス応用に関する研究に大きく貢献するものであり、本論文は博士(工学)の学位論文として価値があるものと認める。