

氏名	Hendra		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博甲第 10230 号		
学位授与年月日	令和 4 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	数理物質科学研究科		
学位論文題目	Studies on All-Organic Optical Logic Gates by Interconnection of Microresonators (マイクロ共振器のインターコネクットによる全有機光ロジックゲートに関する研究)		
主査	筑波大学教授	博士(理学)	山本 洋平
副査	筑波大学教授	理学博士	中村 潤児
副査	筑波大学教授	工学博士	松石 清人
副査	筑波大学教授	博士(工学)	鈴木 博章
副査	筑波大学助教	博士(工学)	山岸 洋

論文の要旨

審査対象論文は、発光性色素を含むポリマーマイクロ球体を用いた、光論理ゲートの構築、および蜘蛛の糸を用いた光伝送による光コミュニケーションシステムの構築に向けた内容である。今日の半導体集積回路は主に電気による論理ゲートを構築しているが、光論理ゲートが構築できれば、その処理速度は飛躍的に向上すると考えられる。また、光をもちいることで 多重データ処理や多重送信が可能になることから、情報処理能力が格段に向上すると考えられる。本論文では、有機／高分子材料のみを構成成分として用いた、初めてのオール光による論理ゲートの構築を行っている。

第1章では、本研究の背景である高分子材料の一般的な特性と、それらを用いた電気／光機能及び、それらを利用したデバイスについて記述している。また、天然の高分子材料である、スパイダーシルクの特性について記述している。また、光エネルギー移動についての基礎的な特性について記述し、本研究の目的、および論文全体の構成について記述している。

第2章では、合成ポリマー、天然ポリマー、さまざまな種類の形状からなるウイスパリングギャラリモード(WGM)型光共振器、および、それらのマイクロ構造体を有機分子や高分子から形成する方法について記述している。また、WGM共振器における各物理パラメーターについて説明し、さらにポリマーからなるマイクロファイバーの形成プロセスやエネルギー伝搬、エネルギー移動について説明している。

第3章では、本研究において使用した材料及び測定装置の詳細について記述している。また、マイクロ球体の作成方法、および、マイクロファイバーからグリッド構造を形成し、マイクロ球体を任意の位置に固定化する方法について記述している。

第4章では、蛍光性光異性化分子を光共振器中に添加することで、その発光のON/OFFに伴い、3連結球体の末端から発する蛍光のON/OFFの制御について述べている。また、マイクロ球体をポリスチレンマイクロファイバー上に配置することにより、より長距離での光エネルギー移動とON/OFF制御について記述している。さらに、4つの球体を組み合わせることによるOR型論理ゲートの構築に成功している。

第5章では、光ファイバーとしてのスパイダーシルクファイバーの可能性について述べている。スパイダーシルクは高い機械特性や柔軟性、光に対する透明性を併せ持つことから、天然高分子による光ファイバーの応用が期待されている。そのことを踏まえ、本研究では、スパイダーシルクを用いて、クロス、グリッド、および蜘蛛の巣を模倣した構造を形成した。その上に蛍光性マイクロ球体を配置することで、ファイバーを介した光伝搬特性について評価している。その結果を数値シミュレーションと比較し、ファイバーの距離及び接点での光学ロスについて評価している。

第6章では、これらの研究結果についてまとめるとともに、今後の発展について記述している。

審 査 の 要 旨

[批評]

審査対象論文は、蛍光色素を添加したポリマーマイクロ球体とポリマーファイバーを用いたオール有機による光論理ゲートの構築について論じている。また、生体高分子である蜘蛛の糸を用いた光ファイバーとしての応用について、述べられている。いずれも新規性が高い研究と考えられる。

[最終試験結果]

令和4年2月10日、数理物質科学研究科学位論文審査委員会において審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって、合格と判定された。

[結論]

上記の論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。