

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Study on Near-infrared Photodetectors with a Liquid Crystalline Phthalocyanine Derivative for Biomedical Applications
著者(和文)	カビールシャリアル
Author(English)	Shahriar Kabir
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12380号, 授与年月日:2023年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:飯野 裕明,梶川 浩太郎,間中 孝彰,宮島 晋介,田口 大,藤井 彰彦
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12380号, Conferred date:2023/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	Shahriar Kabir	
論文審査 審査員		氏名	職名		
	主査	飯野裕明	准教授	田口大	准教授
	審査員	梶川浩太郎	教授	藤井彰彦	大阪大学 准教授
		間中孝彰	教授		
	宮島晋介	准教授			

## 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Study on Near-infrared Photodetectors with a Liquid Crystalline Phthalocyanine Derivative for Biomedical Applications」と題し英文 6 章より構成されている。

第 1 章「Introduction」では、生体医療応用におけるフォトダイオードを概観し、その中でも生体の第一窓と呼ばれる近赤外線領域に受光感度を有し、フレキシブルで安価なプラスチック基板上にも作製できる半導体材料として、室温・溶液プロセスで製膜でき  $1\mu\text{m}$  以下の薄膜でも十分な吸収を有するフタロシアニン骨格の有機半導体が有望であると述べている。有機半導体を用いた光電変換素子は、ドナー・アクセプタ材料が混合したバルクヘテロ接合構造が光キャリア生成プロセスの観点で有望で、フォトダイオードに適していると指摘している。しかし、従来の有機半導体材料では近赤外線領域でのフォトダイオード特性が不十分であり、高品質な近赤外線フォトダイオードの実現には、自己組織的に分子が凝集する液晶性の有機半導体材料を用いることが必要であると述べている。そして、本研究の目的が液晶性を有する有機半導体を用いることで、適切なバルクヘテロ接合構造による高い受光感度や比検出能力を示すフォトダイオードを実現し、プラスチック基板上での作製や光電式容積脈波測定の実証により、生体医療応用の可能性を示すことであると述べている。

第 2 章「Experimental Methods」では、本論文で用いたフタロシアニン誘導体やフォトダイオードの作製手順、フォトダイオード特性の評価方法について言及している。

第 3 章「 $8\text{OH}_2\text{Pc}:\text{PC}_{61}\text{BM}$  Near-infrared Organic Photodetectors」では、液晶性を示さないアルコキシ鎖のフタロシアニン誘導体に注目し、アクセプタ材料であるフラーレン誘導体の混合割合の効果を検討している。フタロシアニン：フラーレン誘導体が 1:4 の割合時に、フォトダイオード特性が最も高く、X 線回折測定および原子間力顕微鏡観察より結晶粒が小さくなることで特性が大幅に向上することを明らかにしている。この要因として、アルコキシ鎖を有するフタロシアニン誘導体は凝集性が高く、フタロシアニン誘導体の割合が多い薄膜では結晶粒がマイクロメートルサイズまで大きくなり、光キャリア生成効率が大幅に低下することを指摘している。

第 4 章「 $8\text{H}_2\text{Pc}:\text{PC}_{61}\text{BM}$  Near-infrared Organic Photodetectors」では、液晶性を発現するアルキル鎖のフタロシアニン誘導体に注目し、溶液プロセスで製膜したところ適切な結晶粒を有するバルクヘテロ構造の薄膜が実現できることを示している。この液晶性フタロシアニン誘導体を用いることで、フタロシアニン誘導体の割合が増加しても、数十ナノメートルサイズの結晶粒を有するバルクヘテロ接合構造の薄膜が実現できることを述べている。さらに、液晶性フタロシアニン誘導体は分子配向制御が可能で、配向した薄膜では受光感度が増加すると述べている。また、基板側がアノード電極となる順構造の素子構成ではなく、基板側がカソード電極となる逆構造の素子構成にすることで暗電流が小さくなり、波長 760 nm の近赤外線に対して、受光感度 0.37 A/W、外部量子収率 60%、比検出能力が  $3 \times 10^{12}$  Johns を有する近赤外線フォトダイオードを実証している。

第 5 章「Photodetectors for Biomedical Application」では、実用化に重要なデバイス特性の安定性について言及し、封止や逆構造の素子構成を用いることで劣化が大幅に抑えられることを実証している。さらに、安価なプラスチック（ポリエチレンテレフタレート）基板上でも同様にフォトダイオードが作製できることも明らかにしている。また、ガラス基板上に作製した近赤外線フォトダイオードで光電式容積脈波測定ができることを示している。

第 6 章「Conclusion and Outlook」では、本研究で得られた結果をまとめ、液晶性のフタロシアニン誘導体を用いた近赤外線フォトダイオードの有望性と今後の課題と展望について述べている。

以上を要するに、本論文は液晶性を有する有機半導体を用いることで高い特性を示す近赤外線フォトダイオードが安価なプラスチック基板に作製でき、本デバイスが生体医療応用への適合性が高いことを示しており、工学上並びに工業上寄与するところが大きい。したがって、我々は本論文が博士（工学）の学位論文として十分価値があるものと認める。