

Title	有機受光素子の高速応答化とその応用に関する研究
Author(s)	森宗, 太一郎
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/48531">https://hdl.handle.net/11094/48531</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">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a>〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

氏名	もり 森 宗 太 一郎
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 2 1 2 1 4 号
学位授与年月日	平成 19 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科電子工学専攻
学位論文名	有機受光素子の高速応答化とその応用に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 大森 裕  (副査) 教授 尾崎 雅則 教授 朝日 一 教授 片山 光浩 教授 栖原 敏明 教授 近藤 正彦 教授 森田 清三 教授 八木 哲也

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は有機受光素子の光電子デバイスへの応用を目的とし、有機受光素子の高速応答化とその応用についての研究結果をまとめたものである。ドナー性材料である銅フタロシアニン (CuPc) とアクセプター性材料である N,N'-bis(2,5-di-tert-butylphenyl)-3,4,9,10-perylene dicarboximide (BPPC) により光電変換層を形成し、素子構造はシングルヘテロ構造、多層積層構造、混合層をもつ構造についての光電変換特性と応答特性に関する検討を行った。また光通信用素子と光センサーとしての応用についても検討した。

第 1 章では、有機受光素子の興味、動作原理、本研究で使用した有機材料の性質、有機半導体中の電荷輸送機構、使用した特性因子、素子の作製方法、および有機受光素子の研究経過を概観し、本研究の位置付けと目的を明らかにした。

第 2 章では、シングルヘテロ構造素子の周波数特性が光吸収層として用いた CuPc 層の励起子拡散長に依存することを見出した。順、逆バイアス電圧印加時における光電変換特性と応答特性の結果から順バイアス電圧印加時の電荷輸送機構は逆バイアス電圧印加時と異なり、ヘテロ界面での電荷トラップや正孔注入電流の影響を受けていることが分かった。また、連続パルスの光入射に対する応答波形の観測では 100 MHz という有機受光素子では初めての高速応答波形が観測でき、光通信用素子への応用が可能であることを実証できた。

第 3 章では、多層積層構造素子のヘテロ界面数に対する入射光強度密度 100 mW/cm<sup>2</sup> 下での光電変換特性と応答特性の関係、また入射光強度変化に対する応答特性について検討した。ヘテロ界面数の増加に伴い応答速度は低下し、多層積層構造素子への入射光強度を強くすることにより高速応答化することが明らかとなった。これらの結果から、ヘテロ界面でのトラップ準位を低減することや両材料間のエネルギー障壁を低くすることにより、高感度で高速応答な素子が作製できる可能性を提言した。

第 4 章では、有機層中に混合層を作製することで三次元的な有機ヘテロ界面を形成した素子の光電変換特性と応答特性について検討した。逆バイアス電圧印加時の光電変換量は混合層膜厚 20 nm、CuPc と BPPC の体積比が 3 : 1 のときに最大値を示し、多層積層構造素子の感度に近い値を得ることが出来た。その応答特性は約 20 MHz の遮断周波数を示し、多層積層構造素子と比較した場合、高速応答化されていることから混合層をもつ構造により高感度化と

高速応答化の両立の可能性を示した。また光通信用受光素子への応用として、混合層をもつ有機受光素子を光-電気変換素子として用いた結果、鮮明な動画信号が伝送可能であることを実証できた。

第5章では、有機半導体素子の特徴である透明性を活かすことで光反射型センサーとしての応用を検討した。Indium-tin-oxide (ITO) トップコンタクト型の半透明有機受光素子を作製し、その光反応特性を調べた。ITO 電極蒸着時において有機層ダメージが大きく貫通しやすいため、保護層としてアモルファス窒化膜を使用することで両面ITO電極を持つ有機受光素子作製に初めて成功した。また半透明型有機受光素子の片側に異なる反射率を持つ対象物を設置し、素子の反対側から光照射を行った結果、光反応の強度が変化することを観測できた。本研究で得られた結果は導波路上への光センサー実現の可能性を提言できた。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は有機受光素子の光-電子デバイスへの応用を目的とし、有機受光素子の高速応答化とその応用についての研究結果をまとめたものである。ドナー性材料銅フタロシヤニン (CuPc) とアクセプター性材料 N,N'-bis(2,5-di-tert-butylphenyl)-3,4,9,10-perylene dicarboximide (BPPC) を中心に光電変換層を形成し、種々の素子構造と光電変換特性について議論し、また有機受光素子の光通信用素子への応用と光センサーとしての応用について検討している。

第2章では、シングルヘテロ構造の有機受光素子における励起子拡散長が周波数特性に影響を与えることを見出し、連続パルスの光入射に対する応答に関して有機受光素子では初めての 100 MHz 以上の高速応答波形が観測でき、光通信用素子への応用が可能であることを実証している。

第3章では、ヘテロ界面数に対する照射光強度密度と光電変換特性、応答特性の関係について検討し、ヘテロ界面数の増加に伴って応答速度は低下し、多層積層構造素子への入射光強度を強くすることにより高速応答化することが明らかにしている。これらの結果から、ヘテロ界面でのトラップ準位を低減することや両材料間のエネルギー障壁を低くすることにより、高感度で高速応答な素子が作製できる可能性を提言している。

第4章では、混合層を受光層とする構造の有機受光素子の光電変換特性と応答特性について検討を行い、最適化を行うことにより多層積層構造素子の感度に近い値を得ることを見出し、混合層をもつ有機受光素子により高感度化と高速応答化の両立の可能性を示している。また光通信用受光素子への応用として、混合層をもつ有機受光素子を光-電気変換素子として用いた結果、鮮明な動画信号が伝送可能であることを実証している。

第5章では、有機半導体素子の特徴である透明性を活かすことで光反射型センサーとしての応用を検討している。半透明有機受光素子を作製し、保護層としてアモルファス窒化膜を使用することで両面透明電極を持つ有機受光素子作製に初めて成功している。本研究で得られた結果は導波路上への光センサー実現の可能性を提言している。

以上のように、本論文は有機受光素子において重要な課題の一つである高速応答性と高感度化に関して重要な知見が得られており、また有機受光素子の新たな応用を提案し、有機光素子の発展に貢献する。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。