

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	有機電界効果トランジスタにおける化学ドーピングと電荷注入
Title(English)	Chemical Doping and Charge Injection in Organic Field-Effect Transistors
著者(和文)	角屋智史
Author(English)	Tomofumi Kadoya
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9757号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:森 健彦,大内 幸雄,ハッハ マーティン,松本 英俊,腰原 伸也
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9757号, Conferred date:2015/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

本論文は「Chemical Doping and Charge Injection in Organic Field-Effect Transistors (有機電界効果トランジスタにおける化学ドーピングと電荷注入)」と題し、英文で書かれており、7章で構成されている。第1章「General Introduction」では本論文の中心となる有機電荷移動錯体と電界効果トランジスタについて説明している。主要な有機電荷移動錯体について述べた後、電界効果トランジスタの電極・活性層界面における電荷注入機構について検討し、接触抵抗が有機トランジスタの性能を低下させる重要な原因であることを指摘して、改善策として提案されている研究例を比較している。本研究で着目した有機トランジスタにおける化学ドーピングの方法について解説し、その意義について述べている。第2章「Experimental Section」では本研究に用いた各種測定法やデバイス作製法などについて説明している。第3章「Self-Contact Organic Transistors Using Chemical Doping」では有機ドナー分子、テトラメチルテトラシアフルバレン(TMTTF)の薄膜を形成した後、有機アクセプター分子、テトラシアノキノジメタン(TCNQ)を選択的にドーピングして化学反応させて高伝導な電荷移動錯体(TMTTF)(TCNQ)を形成し、これを電極とする化学ドーピングを用いたセルフコンタクト有機トランジスタの作製と評価を行っている。トランジスタ特性および接触抵抗を測定し、金属電極を用いた標準的な素子よりもセルフコンタクト有機トランジスタの方が高い特性を実現できることを明らかにしている。これらの結果から、同一の有機分子から活性層と半導体層の両方を形成することで、スムーズな電荷注入を実現できると結論している。第4章「Inkjet-Printed Self-Contact Organic Transistors」では、インクジェット法によって化学ドーピングを行ったセルフコンタクト有機トランジスタの作製と評価を行っている。溶液法を用いることで真空蒸着ができない電荷移動錯体にもこの手法を適応することが可能となり、n型トランジスタとしてジメチルジシアノキノジイミン(DMDCNQI)を活性層として、ヨウ化銅を印刷して高伝導な銅錯体を形成している。p型トランジスタとしてヘキサメチレンテトラシアフルバレン(HMTTF)にTCNQを印刷してTCNQ錯体を電極とするデバイスを評価している。各種測定法による電極部分の評価により、インクジェットに用いる溶媒が電極のパターン形成に重要であり、ジメチルスルホキシドに汎用有機溶媒を混合してインク溶媒に不可欠な高沸点と表面張力を適切に調整している。このようにして作製したデバイスは、比較対象となる真空蒸着法で作製した金電極を用いたデバイスと同等程度の性能を示している。これらの結果に基づいて、活性層と電極界面におけるエネルギーレベルについて詳しく考察し、すべてのタイプの電荷移動錯体において有機半導体のエネルギーレベルの近くに電極のフェルミレベルが来ることを指摘している。第5章「A Highly Conducting Organic Charge-Transfer Complex (BTBT)<sub>2</sub>PF<sub>6</sub>」ではセルフコンタクト技術の拡大を目指して、優れた有機半導体として注目を集めているベンゾチエノベンゾチオフェン(BTBT)を用いて高伝導のカチオンラジカル塩(BTBT)<sub>2</sub>PF<sub>6</sub>の開発し、その物性を評価している。正方晶系に属す対称性の高い結晶構造を明らかにし、ユニフォームなスタックをもつ一次元的な電子構造が見られ、伝導度が室温で1500 S/cmと極めて高く金属的であり、150 K付近の抵抗ジャンプと60 K以下の絶縁化が見られることを報告している。また高い伝導性により ESR シグナル

が室温においてもダイソニアンになることを見出している。スピン磁化率が室温以下でなくだらかに減少することとラマン・反射スペクトルの測定から、絶縁化は電荷整列ではなく格子変調に由来するものと結論している。従来の有機電子ドナーに比べて BTBT は非常に弱い電子ドナーであるが高伝導な錯体を形成する点が特徴的であるとしている。第 6 章「**Suppression of Access Resistance by Using Carbon Electrodes in Organic Transistors Based on Alkyl-Substituted Thienoacene**」では有機トランジスタの接触抵抗におけるアクセス抵抗に着目している。溶解性の向上のために側鎖にアルキル鎖を導入した有機半導体を用いて、接触抵抗の膜厚依存性を検討し、ボトムコンタクト型カーボン電極がアクセス抵抗の低下に有効であることを見出している。第 7 章「**General Conclusion**」では本研究で得られた結果を総括している。これを要するに、本論文は有機トランジスタの接触抵抗の低減策として化学ドーブによるセルフコンタクト有機トランジスタという新しい手法を開拓し、有機トランジスタ材料を用いて高伝導の新規電荷移動錯体の開発に成功しており、工学上貢献するところが大きい。よって本論文は博士（工学）として十分な価値があると認められる。