

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	高性能有機トランジスタの電荷輸送と接触抵抗の温度依存性解析
Title(English)	Low temperature analysis of charge transport and contact resistance in high performance organic transistors
著者(和文)	Cho Joung-Min
Author(English)	Joung-Min Cho
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10123号, 授与年月日:2016年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:森 健彦,石川 謙,道信 剛志,松本 英俊,早水 裕平
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10123号, Conferred date:2016/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	要約
Type(English)	Outline

本論文は「Low Temperature Analysis of Charge Transport and Contact Resistance in High Performance Organic Transistors (高性能有機トランジスタにおける電荷輸送と接触抵抗の低温解析)」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「Introduction (序論)」では本研究の概要について述べている。

第2章「Organic field-effect transistors (有機トランジスタ)」では有機トランジスタの基本原理や主な有機半導体材料について述べた後、接触抵抗の問題やその測定法、単結晶トランジスタの現状、有機トランジスタにおける伝導機構について解説している。

第3章「Experimental details (実験)」では結晶の成長法や薄膜評価の方法、低温での四端子法によるトランジスタ特性の測定法など、本研究で用いた実験方法について説明している。

第4章「Trap analysis of organic thin-film transistors based on the interface approximation (界面近似に基づいた薄膜トランジスタのトラップ解析)」ではシクロヘキシリナフタレンテトラカルボキシジイミドやジメチルジシアノキノンジイミンを用いたn型薄膜トランジスタの低温特性を解析することによってトラップ状態密度を求めている。こうして求めたトラップ状態密度と界面近似からトランジスタ特性を理論的に計算し、実測のトランジスタ特性をセルフコンシスティントに再現することに成功している。このような理論計算に基づいて、総トラップ数と伝導バンド端の状態密度の和を超えるキャリアがゲート電圧によって誘起できれば、それを超えたゲート電圧をかけた場合には活性化エネルギーが負になり、バンド伝導が観測されるはずであるという理論的予測を述べている。

第5章「Band-like transport down to 20 K in organic single-crystal transistors using C8-BTBT (C8-BTBTを用いた単結晶有機トランジスタにおける20 Kまでのバンド伝導)」では溶液蒸気アニール法によってポリメタクリル酸メチル(PMMA)上にその場成長させたジオクチルベンゾチエノベンゾチオフェン(C8-BTBT)の単結晶トランジスタにおいて明確なバンド伝導を観測している。移動度は室温の $16 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ から80 Kでは $52 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ まで上昇しており、80 Kで移動度が急激に落ちるものの、その後も再び20 Kまで上昇を続け、ホッピング伝導は見られないとする測定結果を得ている。低温では伝達特性に肩が現れることから、低温の特性は離散的トラップにより説明できるとしている。

第6章「Low-temperature band transport and impact of contact resistance in organic single-crystal transistors using Ph-BTBT-C10 (Ph-BTBT-C10を用いた単結晶有機トランジスタにおける接触抵抗の影響と低温でのバンド伝導)」では、低温での移動度ドロップの原因を探るためにブレードコート法によって作製した2-デシル-7-フェニルベンゾチエノベンゾチオフェン(Ph-BTBT-C10)の単結晶性薄膜を用いて四端子測定を行い、四端子移動度が室温での $34 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ から80 Kで $157 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ まで上昇するバンド伝導を観測している。60 Kで移動度は突然40%ほど低下するが、四端子測定によってその原因是ソース抵抗の上昇から来ることが分かり、有機半導体の伝導性は30 Kまで基本的にバンド伝導的であるという結論を得ている。

第7章「Conclusion」では本研究で得られた結果を総括している。

本論文は有機トランジスタで非常に低温までバンド伝導を実現しており、突然の移動度の低下は残るものとの、極低温までホッピング伝導にならない系を有機トランジスタによって達成している。またトラップや接触抵抗の影響についても実験的・理論的に精密に議論する枠組みを提供している。