

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	スメクチックE液晶相における電荷輸送特性
Title(English)	
著者(和文)	新田武父
Author(English)	Takenori Nitta
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11407号, 授与年月日:2020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,大見 俊一郎,間中 孝彰,加藤 隆志,半那 純
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11407号, Conferred date:2020/3/26, 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		新田 武父	
		氏名	職名		氏名	職名	
論文審査 審査員	主査	飯野裕明	准教授	審査員	加藤隆志	特任教授	
	審査員	梶川浩太郎	教授		半那純一	名誉教授	
		大見俊一郎	准教授				
		間中孝彰	教授				

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「スメクチック E 液晶相における電荷輸送特性」と題し、和文 6 章より構成されている。

第 1 章「序論」では、有機半導体材料を概観し、液体と結晶の中間相である液晶を利用する液晶性有機半導体材料の有用性を述べている。液晶相の中でもレイヤー構造を形成し、極めて結晶に近い凝集構造を有するスメクチック E 相では結晶相に次ぐ高い移動度を示すため、スメクチック E 相を示す材料の重要性を述べている。しかしながら、スメクチック E 相を示す液晶材料は少なく、電荷輸送特性を完全に理解するまでには至っていない。これは幅広い温度でスメクチック E 相を示す材料がなく、その解析が十分行われていないことが課題であると述べている。これまで比較的広い温度でスメクチック E 相を示すオリゴチオフェン系液晶で電荷輸送特性が評価されているが、高移動度が期待されるフェニルベンゾチエノベンゾチオフェン (Ph-BTBT) などの大きな縮環構造をもつ液晶物質では、幅広い温度域でスメクチック E 相を示さないために正確な電荷輸送特性評価が行われていないと述べている。そこで、本研究の目的は、縮環構造をコア部に有する液晶性有機半導体のスメクチック E 相の電荷輸送特性評価を行い、その特性を明らかにすることであると述べている。

第 2 章「液晶材料及び物性評価方法」では、本研究で利用した液晶性 Ph-BTBT 誘導体とその精製方法、液晶相転移挙動及び電荷輸送特性 (Time-of-Flight: TOF 法) などの評価法、また、解析に利用する電荷輸送モデルについて述べている。

第 3 章「液晶材料の物性評価」では、Ph-BTBT 誘導体の側鎖の一つの CH_2 基を硫黄原子および酸素原子で置換した Ph-BTBT-4S-3 と Ph-BTBT-4O-3 の分子設計に関し言及し、その相転移挙動に関して、示差走査熱量測定および偏光顕微鏡観察より 200°C 以下でスメクチック E 相を示すだけでなく、 -130°C 以下までこのスメクチック E 相を保持していると述べている。さらに XRD 測定より低角度領域にレイヤー構造に対応する回折ピークと広角度領域にレイヤー内のヘリングボーン構造に対応する回折ピークを有し、スメクチック E 相であると確定している。

第 4 章「低温域での電荷輸送特性」では、純度が不十分な試料では暗電流が大きく、TOF 法による過渡電流波形には明確な電荷の走行を確認できなかったことを述べ、カラムクロマトグラフィーと再結晶により純度の向上を図ることにより、暗電流の低下、電荷の走行が確認でき、Ph-BTBT-4S-3 で $0.1\text{cm}^2/\text{Vs}$ 、Ph-BTBT-4O-3 で $0.2\text{cm}^2/\text{Vs}$ の高い移動度を示すことを明らかにしている。この移動度の電場・温度依存性を測定した結果、室温以下ではプールフレネル型の電場依存性を示し、移動度が温度により大きく低下し、この領域ではガウシアンディソオーダーモデルに従うことを明らかにしている。状態密度の分布幅を表す σ を見積ると、Ph-BTBT-4S-3 では 86meV 、Ph-BTBT-4O-3 では 81meV となると述べている。

第 5 章「高温域での電荷輸送特性」では、室温以上の温度領域での電荷輸送特性を評価した結果をまとめている。室温以上の領域では、正の温度依存性を示すものの、室温以下のガウシアンディソオーダーモデルに従う領域とは異なり、アレニウス型の温度依存性を示すこと明らかにしている。この活性化エネルギーは約 0.1eV で、2 分子間の電荷移動を記述したマークス理論での再配置エネルギーに対応していると述べている。

第 6 章「結論」では、本研究で得られた結果をまとめ、今後の課題と展望について述べている。

以上を要するに、本論文は幅広い温度域でスメクチック E 相を発現する Ph-BTBT 誘導体を用いて、 200°C から -130°C まで温度領域での移動度の電場・温度依存性の解析により、室温以下では σ が約 80meV のガウシアンディソオーダーモデル、室温以上では、マークス理論に従う再配置エネルギー (約 0.4eV) に対応した熱活性化型のホッピング伝導であることを示している。これによって、スメクチック E 相にみられる電荷輸送の基本特性を明らかにしたもので、デバイス等への応用の際の材料特性の基盤となるもので、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。

注意: 「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ (T2R2) にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。