

Title	高分子電気絶縁材料の高電界電気伝導と電子トラップに関する研究
Author(s)	伊藤, 大佐
Citation	大阪大学, 1981, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/33070">https://hdl.handle.net/11094/33070</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 href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

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

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

Osaka University

[23]

氏名・(本籍)	伊藤大佐
学位の種類	工学博士
学位記番号	第 5330 号
学位授与の日付	昭和 56 年 4 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当
学位論文題目	高分子電気絶縁材料の高電界電気伝導と電子トラップに関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 犬石 嘉雄 教授 木下 仁志 教授 山中千代衛 教授 藤井 克彦 教授 鈴木 胖 教授 横山 昌弘 教授 中井 貞雄 教授 三川 禮

## 論文内容の要旨

本論文は、ポリエチレンテレフタレート（以下PET）フィルムを中心とする高分子電気絶縁材料の高電界電気伝導、ならびに電子トラップに関する研究の中で、主として光励起による方法でキャリアを生成して行った研究の成果をまとめたものである。

### 第1章 序 論

電気絶縁材料の絶縁破壊現象に関する研究のもつ社会的意義について述べ、従来の高分子絶縁材料中の電荷の振舞に関する研究の結果を総括して、高分子絶縁材料の高電界電気伝導と電子トラップに関する本論文の研究の目的と意義を明らかにしている。

### 第2章 光励起による高分子フィルムにおけるキャリア生成

この章では本論文中で多く用いられている光励起による方法で生成される8種類の高分子絶縁材料中のキャリア種について述べ、PETフィルムの場合の光励起によるキャリア生成機構について論じている。PETの場合、主に電子が光励起により電極から注入されることを示している。またポリモノクロロパラキシリレンでは電子と正孔が、ポリイミドとポリプロピレンでは電子が、ポリスチレンでは正孔が、光励起により電極から主に注入されることを示している。

### 第3章 PETの高電界における電子移動度の電界依存性

高分子電気絶縁材料の電子伝導機構を明らかにする目的で、PETフィルム中の電子のドリフト速度を、キセノン光パルスによるタイム・オブ・フライト法 (time-of-flight法)により測定した。ドリフト速度が高電界に対してスーパーリニア (Super linear) に増加していることを明らかにし、PETの電子伝導機構は反応速度論的ホッピング伝導の可能性が大きいことを指摘している。

#### 第4章 PETの局所モード緩和と電子のデトラッピング

この章では分子運動と電子のデトラッピングの関係を明らかにする目的で、PETフィルムの熱刺激電流と熱発光および  $\tan \delta$  と熱発光の同時測定を行っている。PETには三つの局所モード緩和 $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$ のあることが明らかにされ、そのうちCOO基の運動によるものと考えられる $\beta_1$ 緩和が熱発光ピークの起源となっていることが示されている。すなわち熱発光にはCOO基の運動の開始によりデトラッピングされた電子の寄与していることが示されている。

#### 第5章 PETのトラップ電子による熱刺激電流の照射光波長依存性

本章では分子運動モードの異った状態での、トラップ電子の光学的活性化エネルギーの差を比較する実験を行っている。その結果、 $-190^{\circ}\text{C}$ と $0^{\circ}\text{C}$ とで電子のデトラッピングに必要な光のエネルギー値が異なり、温度の高い方が活性化エネルギーも小さいことが示されている。また光照射によりPETフィルム中のトラップ電子の一部をデトラッピングさせると、残りのトラップ電子による熱刺激電流は、高温部も低温部も一様に減少することが明らかにされている。この結果、熱刺激電流から評価される熱的な活性化エネルギーは、分子運動の活性化エネルギーである可能性の大きいことが指摘されている。

#### 第6章 高電界印加エポキシ樹脂の熱刺激電流

高電界 ( $10^5\text{V/cm}$ ) を印加したエポキシ樹脂の熱刺激電流を、室温から $130^{\circ}\text{C}$ の温度領域で測定すると、4つのピークが観測されている。これらのピークの起源を検討し、 $45^{\circ}\text{C}$ に現われるピークは双極子に、 $-80^{\circ}\text{C}$   $100^{\circ}\text{C}$ に現われるピークはトラップ電子によるものであることを指摘している。

#### 第7章 結 論

高分子絶縁材料の高電界電気伝導と電子トラップに関する第2章から6章までの研究結果を総括して本論文の結論を述べている。

### 論文の審査結果の要旨

電理工学分野での直流、超高電圧の利用にともなって電気機器絶縁材料中の電気伝導と絶縁破壊の機構を基礎的に究明し、絶縁設計電界強度の増大と信頼性の向上をはかることが強く要請されている。

本論文はこのような実用面からの要請をうけて、種々の高分子絶縁材料中の高電界電子伝導の機構を実験的に追求し考察を加えたもので多くの新知見を得ているが、そのうち主なものを要約すると、

- (1) 紫外光パルスを種々の高分子絶縁材料に照射し光誘起電流と印加電界、温度、光波長の関係を実験的に求め、それが主として電極からの光電効果での電子、正孔注入とその移動によることを実証し従来のバルク中でのキャリア発生説を否定した。
- (2) 高分子材料の化学構造によって光パルスによる電子注入が起りやすいもの、正孔注入が起りやすいもの、両方が起るものがあることを明確にした。
- (3) 特に光誘起電流の大きいポリエチレン・テレフタレート (PET) について光パルス誘起電流波形

の屈折点とアモルファス物質の Scher-Montroll プロットの両方からキャリア移動度を求め、その温度、電界、試料厚さ、依存性からそれが熱励起ホッピング型伝導であることを推論した。さらにホッピングサイト間の距離が PET の構成単量体間の距離に近いことを見出した。

- (4) PET 中の電子トラップの性質を明らかにするために熱刺激電流 (TSC), 熱刺激ルミネッセンス (TSL), の他にはじめて熱刺激誘電損失 ( $\tan\delta$ ) の同時測定を行った。その結果高分子の局所モード緩和に対応した数種類のピークを見出し、電子トラップによるピークと双極子の脱分極によるものを区別することができた。さらにこれらのピークの熱的活性化エネルギーと光学的なデトラッピングのエネルギー閾値を求めそれらを比較することによって電子のトラップ、デトラップの機構を明らかにした。

以上のように本論文は高分子電気絶縁材料中の高電界電子伝導に関する多くの重要な新知見を含み、電気材料工学に寄与する所が大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。