

Title	イオン結晶の高電界光電導と絶縁破壊に関する研究
Author(s)	成, 英権
Citation	大阪大学, 1965, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/28951">https://hdl.handle.net/11094/28951</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

氏名・(本籍)	成 英 権 せい えい けん
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	第 8 2 2 号
学位授与の日付	昭 和 40 年 12 月 24 日
学位授与の要件	工学研究科電気工学専攻 学位規則第5条第1項該当
学位論文題目	イオン結晶の高電界光電導と絶縁破壊に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 犬石 嘉雄
	(副査) 教授 山村 豊 教授 西村正太郎 教授 山中千代衛
	教授 藤井 克彦 教授 吹田 徳雄

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は KCl 単結晶の高電界光電導及び絶縁破壊に関する研究の成果をまとめたもので六章より成っている。以下各章毎に順を追ってその内容の概要を述べる。

### 第一章 緒 論

これまで明らかにされている固体絶縁物絶縁破壊研究の概要とその高電圧電気工学における位置を述べ更に秀れた固体絶縁材料の開発という工学的要求は物性論の見地から理論と実験との比較に便利なハロゲン化アルカリ単結晶等を用いた電気伝導及び絶縁破壊の基礎的研究を必要とする事等を述べて本論文の目的と意義を明らかにした。

### 第二章 イオン結晶の高電界電気伝導及び絶縁破壊に関する一般的考察

イオン結晶の高電界電気伝導及び絶縁破壊に関する従来の研究成果及び理論を総括して物性論的立場から統一的な考察を行ない、この分野での現在の位置及び今後の研究の問題点を明らかにした。研究の問題点としては (i) 理想的な完全結晶の作成 (ii) 種々の格子不整の影響 (iii) 破壊前駆現象 (iv) 破壊前駆領域における電流増倍機構の確立 (v) 絶縁破壊 Criterion の確立等が挙げられる。

### 第三章 イオン結晶の高電界光電導

固体中の伝導電子の高電界輸送現象を明らかにするために主として KCl 着色結晶 (附加着色及び  $\gamma$  線による着色) を用い破壊前駆領域に至る直流高電界における F 帯及び L 帯光のパルス電導度を調べた実測結果及び検討を加えた。実験した項目は光電流-電圧特性, 光パルス巾やくり返し周波数効果, F 中心密度効果, バイアス光効果, Blocking layer 電極効果及び光強度効果等である。これらの実測結果及びその検討によって F 帯光パルス電導度においては量子効率  $\eta$  が光電導  $\eta\mu\tau$  ( $\mu$ : 電子移動度,  $\tau$ : 電子寿命) 温度特性の主役である事や F 中心が主な電子トラップである事等を明らか

にし更に光電子の他の諸特性等をも検討している。

#### 第四章 イオン結晶の破壊前駆領域での電流増倍

着色 KCl 結晶の高電界光パルス電導度において破壊前駆電界 (0.5~0.7 MV/cm) で多少の電流増倍が認められたため、それら光電流増倍を使ってイオン結晶中の電離係数  $\alpha$  を定量的に検討した。その結果、着色 KCl 結晶の破壊前駆電界における電流増倍は F 中心等の不純物電子の衝突電離によるものである事、在来の理論の様に試料の厚さ  $l$  に対して指数関数的に電流増倍が起らない事及び破壊直前に至っても大きい電子雪崩による増倍が起らない事等を明らかにした。更に破壊直前電界における電離係数  $\alpha$  も Seitz 氏が単一電子雪崩から推論した  $\alpha (\simeq 10^2 \sim 10^3 \text{cm}^{-1})$  に比べて非常に小さい事 ( $\alpha \simeq 20 \text{cm}^{-1}$ ) や破壊直前においても媒質中のコロナ雑音を除けば電子雪崩による雑音が認められない事等を実験的に明らかにした。

#### 第五章 イオン結晶の絶縁破壊

イオン結晶の絶縁破壊機構を明らかにするため比較的完全度の高い KCl 単結晶を用いてなるべく二次的因子の影響を少なくした状態での絶縁破壊強度及び色々な格子不整を有し二次的因子の影響を受けやすい結晶の破壊強度とを求めた。その結果、完全度の高い結晶では破壊電界の温度特性が電子と格子振動 (光学モード縦波) との相互作用に重点をおく在来の理論からの計算値に近い事 (常温 0.5 MV/cm) を示し又イオン結晶の絶縁破壊に対する格子不整等の二次的因子の影響を実験的に明らかにし空間電荷効果が重要な事を結論した。

#### 第六章 結 論

イオン結晶の高電界光電導及び絶縁破壊に関する第二章から第五章までの研究結果を総括し本研究の結論を述べた。

### 論文の審査結果の要旨

本論文は「イオン結晶の高電界光電導および絶縁破壊に関する研究」と題して主としてイオン結晶の絶縁破壊機構を明らかにすることを目的として破壊前駆領域での電子伝導と破壊の関係を詳しく調べたもので6章からなっている。

第1章は緒論で、電気工学における絶縁破壊研究の位置をのべ、在来の研究からわかったその問題点と本研究の目的を明らかにし、各章の内容の概要をのべている。

第2章はこれまでの固体絶縁破壊および破壊前駆領域での電気伝導研究の概要をのべ、理論と実験の比較に便利なイオン性単結晶 (ハロゲン化・アルカリ) を用いる本研究の立場を明らかにしている

第3章はイオン結晶の高電界光伝導を扱ったもので主として KCl 単結晶に  $r$  線照射や付加着色によって F 中心を導入しその F 帯光および L 帯光によるパルス光電導を種々の条件で調べた結果を物性論的に考察することによって F 中心からの伝導電子発生の量子効率、移動度と電子寿命の積 F 中心の電子捕獲断面積などを温度、電界強度、パルス巾、パルス繰返し数、F 中心密度、光強度などの関数として詳細に決定している。その結果 KCl 単結晶中の電子に対して F 中心が最も有力

なトラップとして働くこと、パルス巾を大きくすると低温で F 帯からの光電子発生の量子効率が下ること、パルス光電流が単位時間あたりの吸収光子数にほぼ比例することなどの結果を得、その機構に推論を加えている。

第4章はイオン結晶の破壊前駆領域での電子増倍をみつかったもので、コロナ放電をさけるため真空クライオスタット中においた着色 KCl 単結晶のパルス光電導を破壊前駆領域の高電界 (0.4~0.6 MV/cm)まで始めて求め、その結果から KCl 中の電子の電離係数を電界および温度の関係として求めている。また光電流電界特性の飽和と結晶の厚さの関係から高電界の電流飽和現象が液体窒素温度以上ではホットキャリア効果によるものでなくいわゆる Schubweg 効果によるものであることを明らかにしている。さらにコロナ放電の影響を除くと従来報告された破壊前駆領域での異常な雑音の増加がみられないことをのべている。

第5章はイオン結晶の絶縁破壊を扱ったものでまず従来のイオン結晶の絶縁破壊の測定値の研究者による相違が結晶中の格子欠陥によることを推定し再結晶、焼鈍等によって作った比較的完全度の高いKCl 単結晶に  $\gamma$  線照射付加着色などによって人工的に既知量の格子欠陥(F 中心)を入れたときの破壊電界の変化を種々の条件の下で調べ、前章までの破壊前駆領域での電子伝導の測定結果とあわせてイオン結晶の絶縁破壊機構を検討している。すなわち格子欠陥を入れない KCl 単結晶では直流破壊電界とインパルス破壊電界が一致し、その温度特性は電子と光学モード格子振動のフォノンの相互作用に基づく理論値とよく一致することを述べている。さらに格子欠陥 (F 中心) の導入によって直流値はいちじるしく変化するが、インパルス値は余り影響されないことなどから格子欠陥にとらえられた電子の空間電荷効果による陰極放出の変化がその最大の原因であることを推論し、これらの格子欠陥の影響から固体の破壊電界強度を向上する方法を検討している。

第6章は結論で以上の結果をまとめたものである。

電気工学において絶縁耐力の向上は重要な課題である。本研究は理論と実験の比較に便利なイオン結晶を用い、それに人為的に格子欠陥を導入したとき絶縁破壊および破壊前駆電流に及ぼす影響を明らかにし、さらに破壊前駆領域でのイオン結晶中の電子の電離係数、Schubweg などの重要な特性を始めて詳しく測定し、従来の絶縁破壊の物性論と実験結果の間に存在していた種々の問題点を基礎的に解明することに成功した。さらに本論文の成果は固体絶縁材料の絶縁耐力の向上に基本的な指針をあたえている。以上のように本論文は固体絶縁材料の研究および開発に貢献するところ大であり、博士論文として価値あものと認める。