OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	固体絶縁体のナノ秒領域での絶縁破壊現象に関する研究
Author(s)	木谷, 勇
Citation	大阪大学, 1980, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/869
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏名・(本籍)	木谷 勇
学位の種類	工学博士
学位記番号	第 5074 号
学位授与の日付	昭和55年 9月26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	固体絶縁体のナノ秒領域での絶縁破壊現象に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 犬石 嘉雄 (副査) 教授 西村正太郎 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

論文内容の要旨

本論文は，「固体絶縁体のナノ秒領域での絶縁破壊現象に関する研究」の研究成果をまとめたもので，7章より構成されている。以下各章ごとに内容の概要を述べている。

第1章

固体絶縁体の破壊機構を解明することの重要性を述べ，基礎的な破壊の研究ならびに実用状態における破壊機構の研究の現状を述べることによって，本論文の目的と意義を明らかにしている。

第2章

現在に至るまでになされ一般的に認められた固体絶縁体の破壊現象に関する多くの理論を述べるとともに，こうした理論が，実用状態においてそのまま適用し得ない複雑な要因について述べている。

第3章

高密度ポリエチレンを中心とした高分子フィルムに対し，立ち上り1nsの高電圧パルスを印加し，その破壊遅れ時間を測定している。広範囲な温度領域にわたる測定結果と電極効果の存在などから，170 °K以下での高密度ポリエチレン，室温でのポリエチレンフタレートの破壊機構は，主に電極から注入された電子を初期電子とする電子なだれ破壊であり，前者では215°K以上，後者では373°Kの温度では，主に試料内部から放出された電子を初期電子とするいくつかの電子なだれの協力による破壊であるとの推定を行なっている。形成遅れ時間はいずれの場合も1nsに近い値を示し，極めて短いことが明らかになっている。

第4章

針対平板電極構成のもとで，KClとNaClの単結晶に対しナノ秒パルスを印加した場合の結果につ

いて述べている。顕著な極性効果が存在し，正針の場合は，電圧印加と同時に結晶軸に沿って明瞭な発光を伴なった放電路の進展が観測される事実から，気体放電における正ストリーマ破壊と類似の機構によりその破壊値が著しく低下することを述べている。また，KCl〈100〉の破壊前駆光を高速度の光電子増倍管により測定した結果を示し，破壊現象との関連について示している。

第5章

5種類の高分子材料に対し，第4章と同様，針対平板電極構成のもとでナノ秒パルスを印加し得られた結果について示している。いずれの材料も極性効果があり，正針の方が負針の場合より破壊しやすいが，その効果も電極間隔の減少とともに減少あるいは消滅する。ただ，ポリメチルメタクリレートのみ電極間隔の大きな領域でも極性差が少ない材料であることが示されている。正針，負針の両極性において，ポリスチレンは抜きんでて破壊し難い材料であることが明らかになっている。正針の場合，いずれの材料もその進展の難易はあるにしろ，正ストリーマの進展による破壊であり，負針の場合は電子なだれ破壊もしくは負ストリーマ破壊であるとの推定を行っている。

第6章

シリコーン油中に生じた正ストリーマがKCl〈100〉に進展する場合と，KCl〈100〉中に生じた正ストリーマがシリコーン油層中に進展する場合の実験結果を示している。前者の実験においては，正ストリーマは界面の影響を受けず進展するが，後者の実験では，界面の影響を非常に受け界面以後のシリコーン油中での正ストリーマの進展が極めて困難になることが示されている。この原因は正ストリーマ先端の電界強度が界面において緩和されることによるとの推論を示している。

第7章

本章では「固体絶縁体のナノ秒領域での絶縁破壊現象に関する研究」で得られた第3章から第6章までの結果を総括し，本論文の結論を述べている。

論文の審査結果の要旨

近年，送電々圧の超高圧化にともなって電力機器絶縁の設計電界の大幅な上昇が強く要請されているが，その究極的な上限としての本質的破壊電界を究明することが実用上からも重要な課題となっている。本論文は，このような要請の下で空間電荷や熱等の二次的効果の影響の少ない超短高電圧パルス（ナノ秒）を用いイオン結晶，高分子絶縁材料，複合誘電体などの本質的絶縁破壊と破壊のダイナミック過程を種々の条件下で実験的に究明したもので多くの重要な新知見を得ている。たとえば，

ⅰ）ポリエチレン膜の絶縁破壊の統計遅れが，低温領域では電極金属の仕事関数によって大きく変るが，高温域ではその影響を受けないことを見出し，低温域では陰極からの初電子注入による電子なだれ破壊，高温域ではポリエチレン内部の局在準位から初電子供給によるFröhlich型電子熱破壊が起っていることを推論している。

ⅱ）高密度ポリエチレンの低温域での破壊の形成遅れから，なだれ電子の移動度を求めると0.3～0.6

cm^2/sec V となり，低電界で求められた移動度10^{-8}～10^{-10}よりはるかに大きいことを見出している。

ⅲ）KCl 単結晶の針対平板電極でのナノ秒パルス破壊には著しい極性効果があり，同一電界下で正ストリーマの進展速度（10^7cm/sec 程度）が負ストリーマの進展速度（10^6cm/sec 程度）よりもはるかに大きいことを見出している。同様な極性効果が多くの高分子材料でも認められたがその度合いが材料によって異ること，またストリーマの進展速度が進展時間と共に低下することを明らかにしている。さらに，これらの実験結果を空間電荷効果とストリーマ先端電界の相異から説明している。

ⅳ）アルカリ・ハライド単結晶にナノ秒高電界を加えると破壊前駆領域でもストリーマ進展にともなう発光があることを見出し，この発光の観察から正ストリーマは KCl では〈100〉方向，NaCl では〈110〉方向に進展するが，負ストリーマは両方の結晶とも〈100〉方向に進展することを見出している。

ⅴ）針対平板電極配置で KCl 単結晶とシリコン油の複合誘電体のナノ秒破壊を追究し正ストリーマがシリコン油から KCl 単結晶へは進入しやすいが KCl 単結晶からシリコン油へは進入し難いことを見出し，これを界面におけるストリーマ先端電界の相異に帰している。

以上述べたように本論文は電気絶縁工学上重要な多くの新知見を含むと共に，材料の絶縁耐力向上に有益な指針を与えるものであり電気材料工学上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。