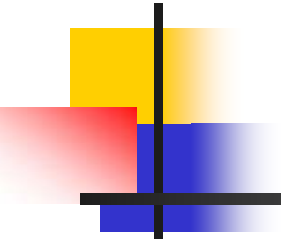


電力制御装置や送配電システムの 保護・保安用デバイス

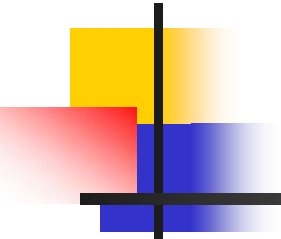
埼玉大学大学院 理工学研究科
数理電子情報部門 教授 小林 信一

2009年11月12日



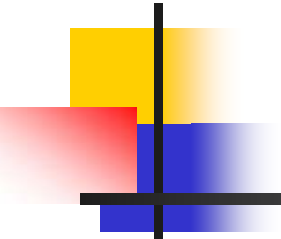
保護・保安デバイスの必要性(1)

- 電気自動車をはじめとして、電気エネルギーへの依存性が高くなっている。
- 分散型電源(太陽電池等)の多くでは、発生電力が直流であり、家庭内を直流で電化する方式が考えられている。
- 電気エネルギーの制御のために、半導体制御装置が広く使用されている。



保護・保安デバイスの必要性(2)

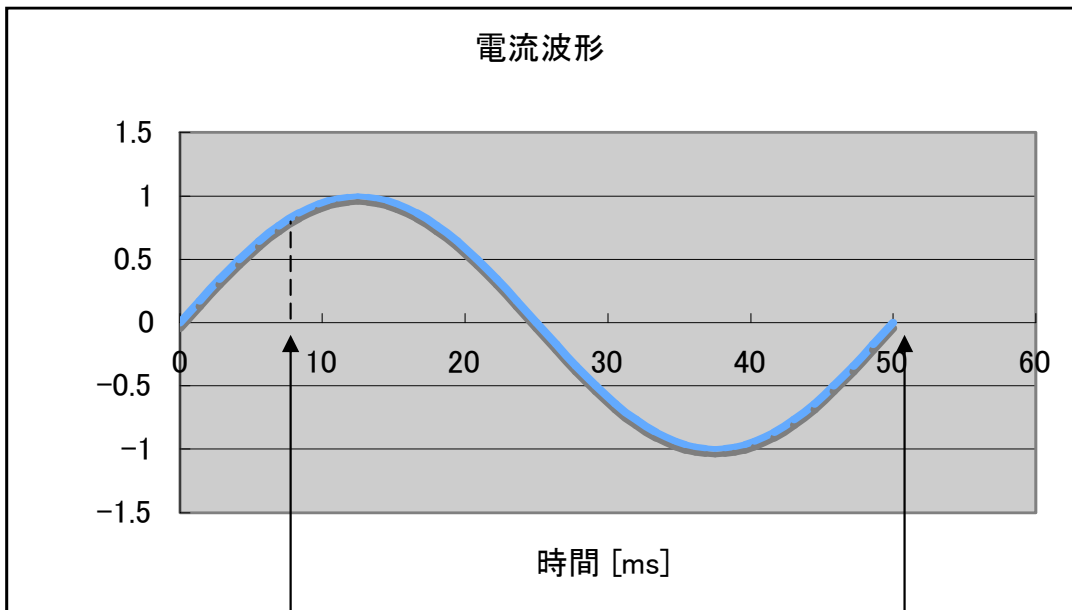
- 地球環境の観点から、効率的な電気エネルギーの利用を行わなければならない、そのためには使用電圧の高電圧化が不可欠である。
- 安全性の確保には、そのような状況に対応した保護・保安デバイスを開発する必要がある。



保護・保安技術

- 短絡等により流れる大電流、スイッチの開閉や雷に伴い発生する高電圧から電気機器を守る。
- 必ずしも先端的ではないが、定常的、安定的に電力を供給し、社会の各部が問題なく機能するのに必要・不可欠な技術である。
- 大電流の遮断方法には、ヒューズ、機械的方式（真空遮断器）、並びに半導体によるものがあるが、ここでは前二者について述べる。

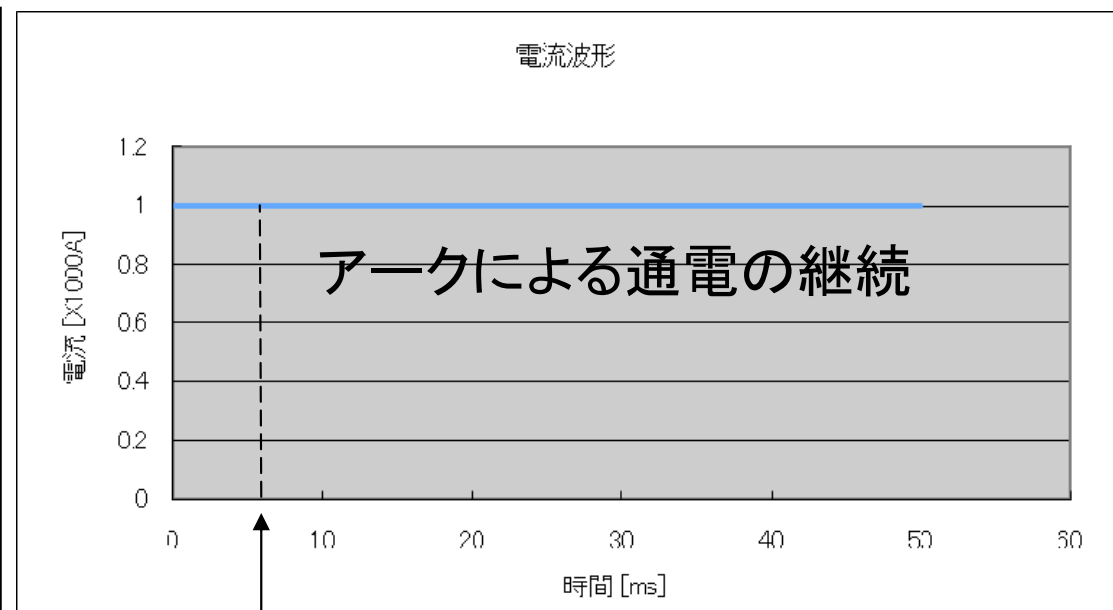
機械的方式の電力用遮断器による 電流の遮断



開極開始

電流遮断

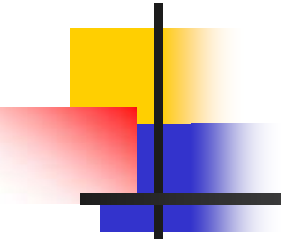
交流電流



開極開始

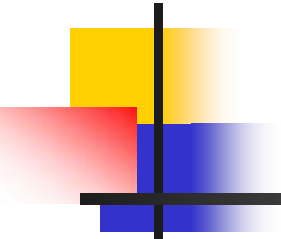
直流電流

機械的方式では直流電流の遮断が困難(電流0点を作るための付加回路が必要)



ヒューズについて

- ヒューズは、電力を利用するようになった時代から存在する保護・保安デバイスである。
- 電力用半導体が著しく進歩したことから、最近では、ヒューズ不要論も見られる。
- エLEMENTの溶断後には高い絶縁抵抗となり、事故を起こした回路を確実に切り離せるデバイスとして重要である。

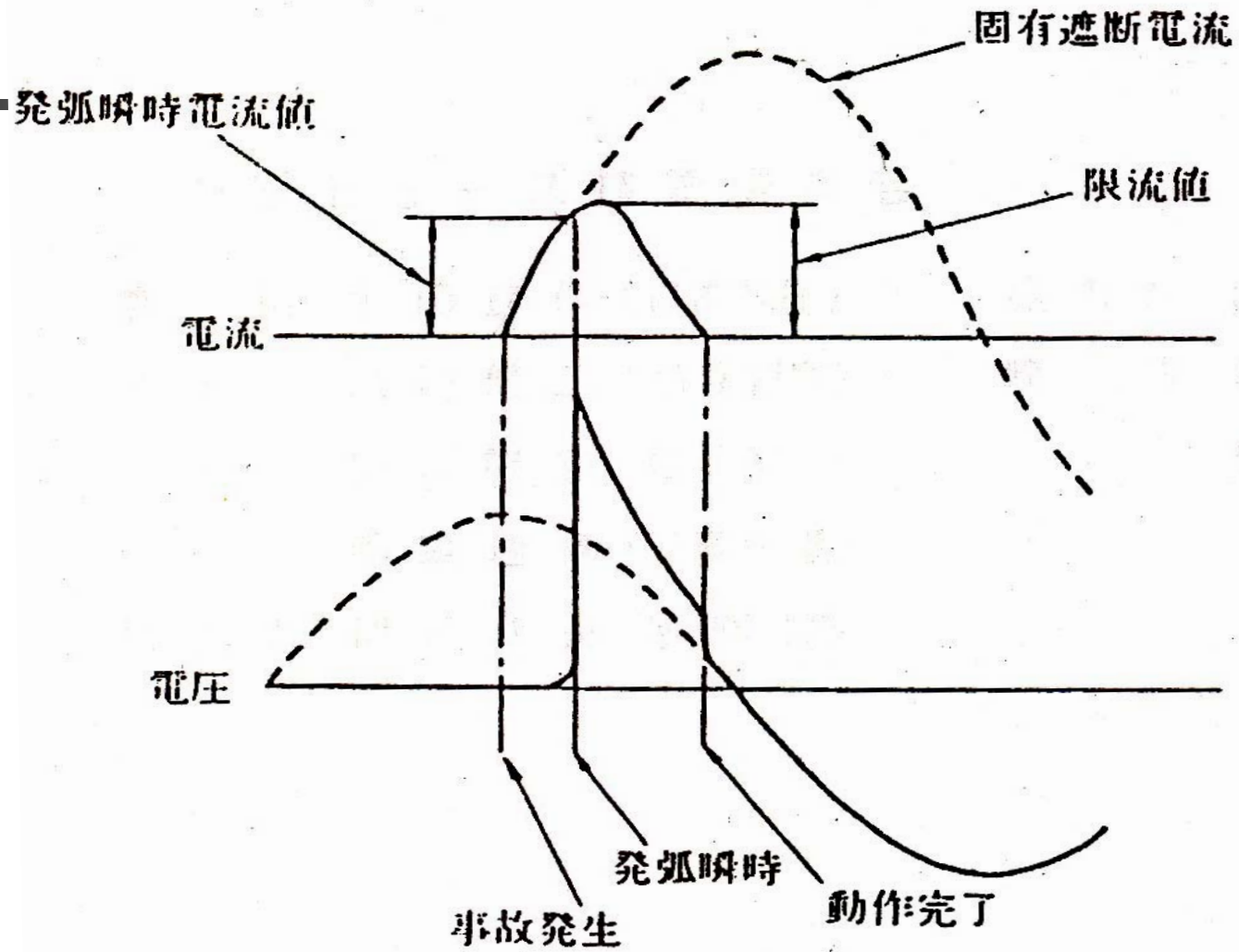


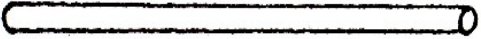
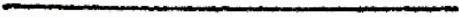
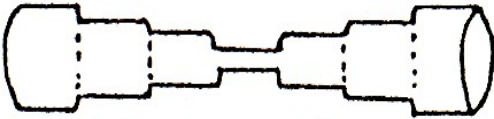
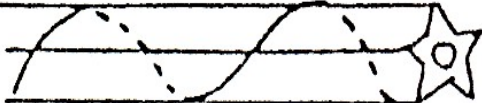
ヒューズの特徴・利点

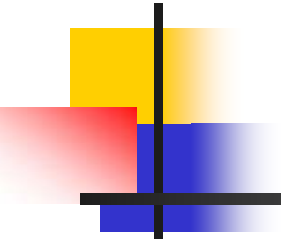
(JEC-2330 の参考欄より)

- 1) 電流遮断が高速度である。また、直流を遮断出来る。
- 2) 定格遮断電流が大きく、小型、軽量で設置が容易なヒューズが出来る。
- 3) 限流ヒューズは、顕著な限流効果を表す。
- 4) 密閉型ヒューズは、無音、無放出である。
- 5) 価格が低廉で、保守が簡単である。

限流遮断波形



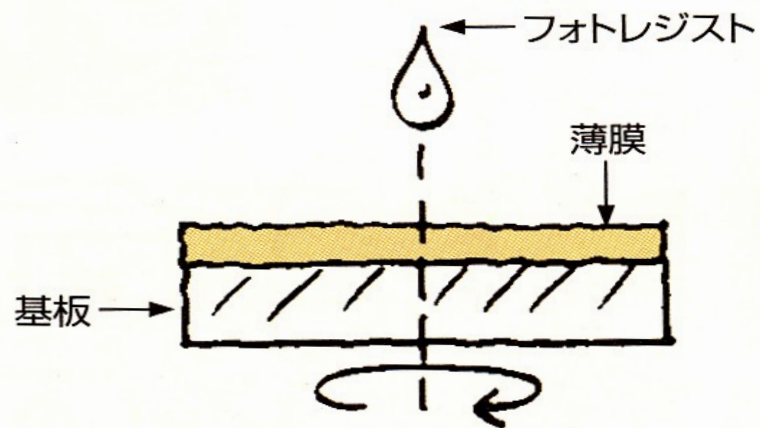
ヒューズエレメントの形状	ヒューズエレメントの張り方
 銀線	 直線張
 段付銀線	 波張
 ノッチ付銀リボン	 コイルばね張
 穴付銀リボン	 内管巻付らせん張



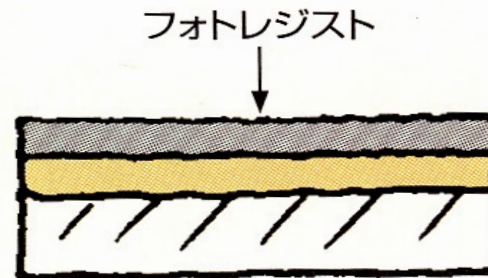
エッチングヒューズ

- 1991年に“A Semiconductor Fuse-link on a Ceramic Substrate”として、当時芝浦工業大学の廣瀬教授(元埼玉大教授)のグループがヒューズに関する国際会議(International Conference on Electric Fuses and their Applications)において発表した。その後、国内のメーカーにおいて実用化された。
- 大きな遮断容量と優れた限流遮断
- 小さな I^2t と低い過電圧
- 繰り返し使用に対して耐久性が高い
- 小型で軽量で直流電流も遮断可能

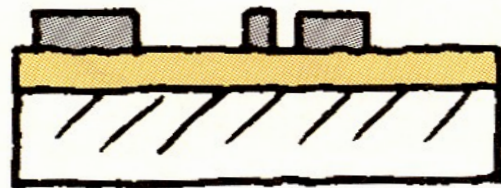
エッチング工程



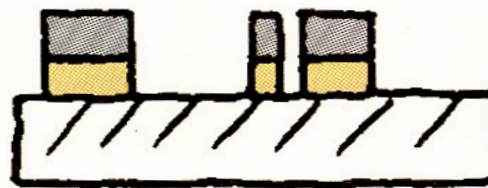
(a) 回転サンプルにフォトレジストを滴下し、一様の膜を作る (スピナーを用いる)



(b) マスクを重ね露光する (露光機)



(c) 感光した部分を薬液で除去する

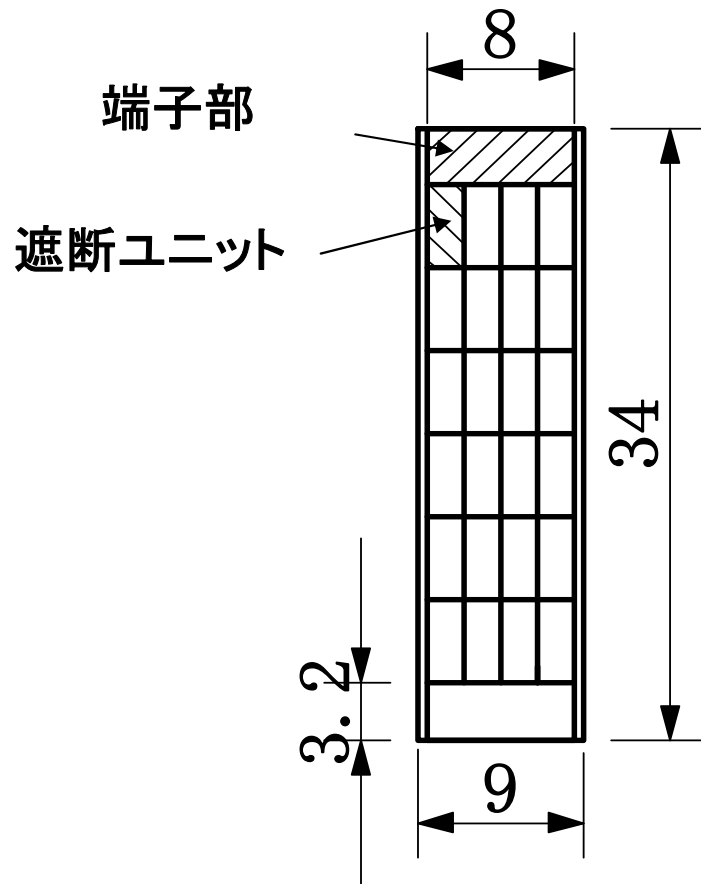


(d) エッチングしてパターン形成する (ケミカルかドライエッチング)



(e) フォトレジストを除去して完成

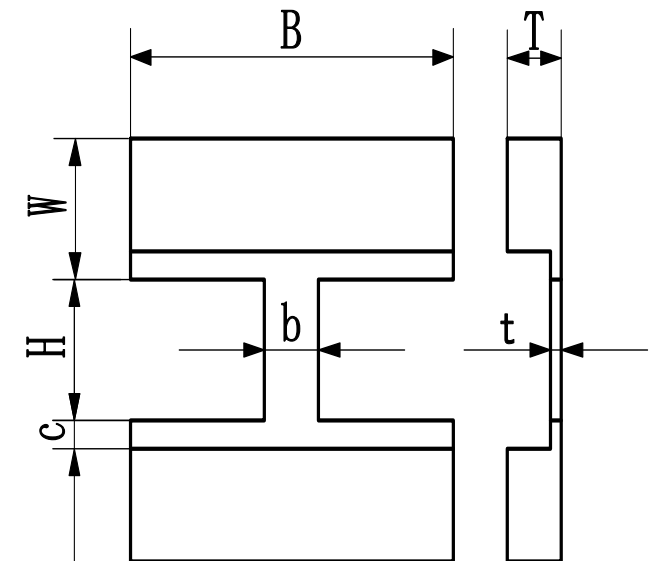
試験ヒューズエレメント



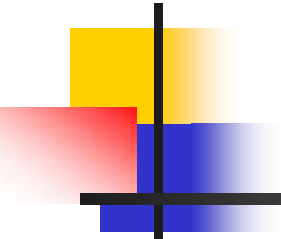
6S-4P
エレメントの構成 (単位 mm).



16S-8P



遮断ユニット



P効果とS効果

- 最近の実験においてエッチングヒューズの I^2t の値は並列遮断点を増やすことにより小さくすることができる。

パラレル効果  P効果

- さらに、エッチングヒューズの I^2t の値は直列遮断点数を増やすことにより、より一層小さくすることができる。

シリーズ効果  S効果

試験用ヒューズの形状、寸法

- 低圧(600V用)

20 $\varnothing$ × 55L



- 高圧

(A) 3.3kV用

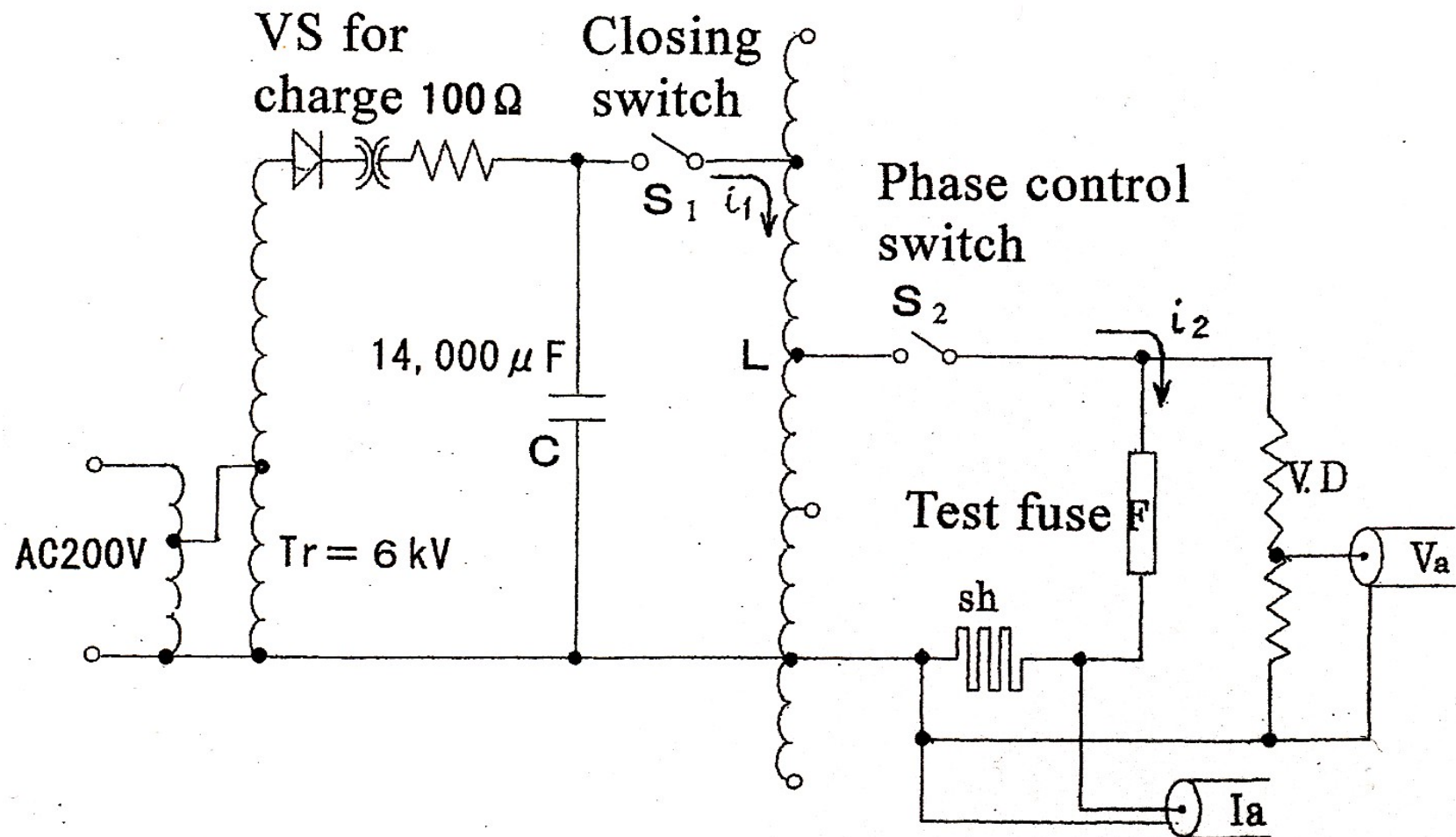
40 $\varnothing$ × 200L

(B) 6.6kV用

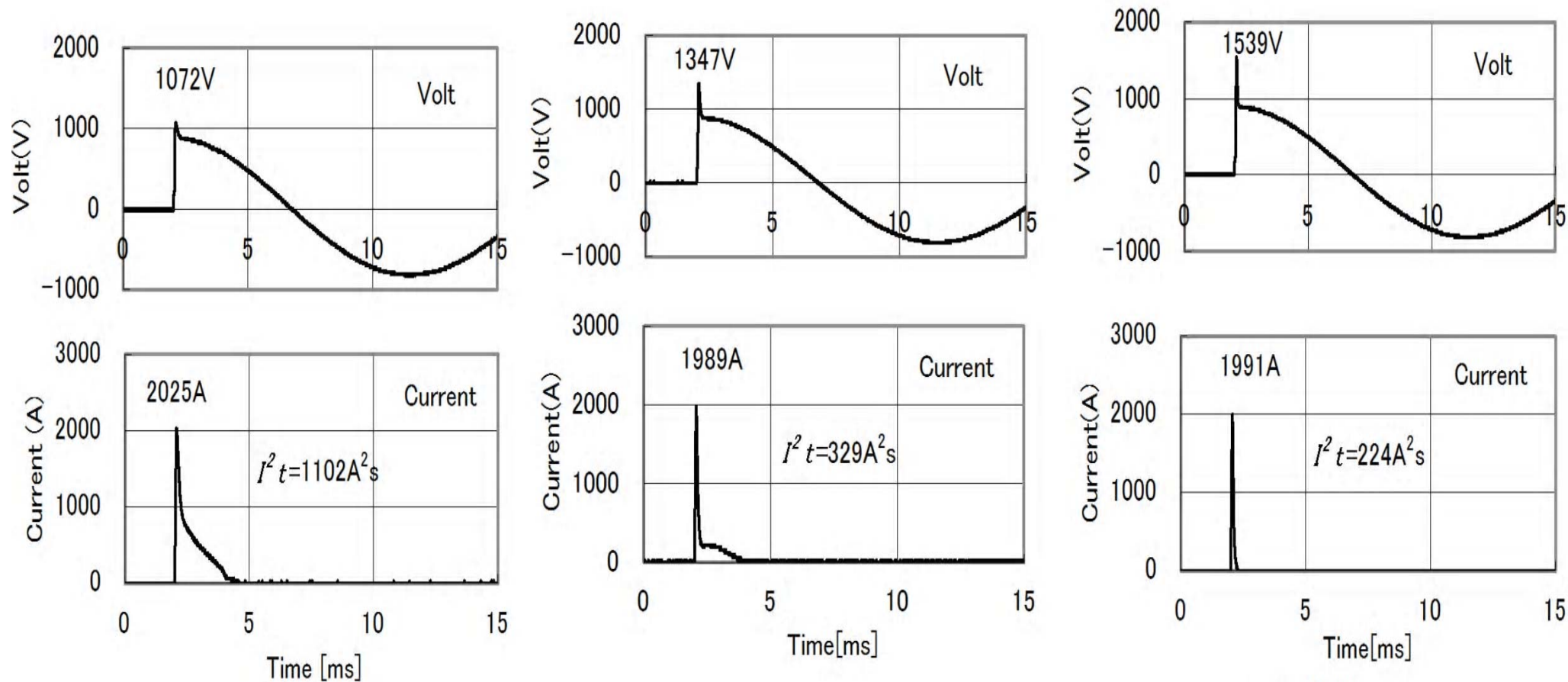
40 $\varnothing$ × 300L



電流遮断試験回路



8P ヒューズの電流遮断波形



(a) 8S-8P

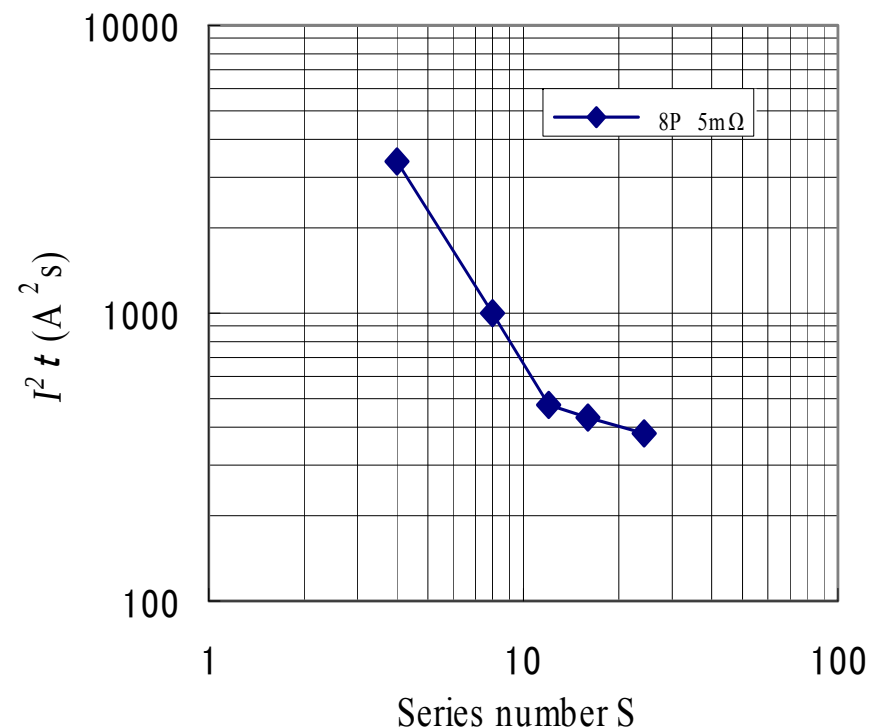
(b) 16S-8P

(c) 24S-8P

8PシリーズのS効果試験結果

実験結果と 5mΩ での推定値

タイプ	試験結果		推定値
	抵抗値 [mΩ]	I^2t [A ² s]	I^2t [A ² s]
4S-8P	4.3	4,604	3,328
8S-8P	5.0	1,012	1,012
12S-8P	5.4	403	484
16S-8P	5.8	329	431
24S-8P	6.7	224	<u>383</u>

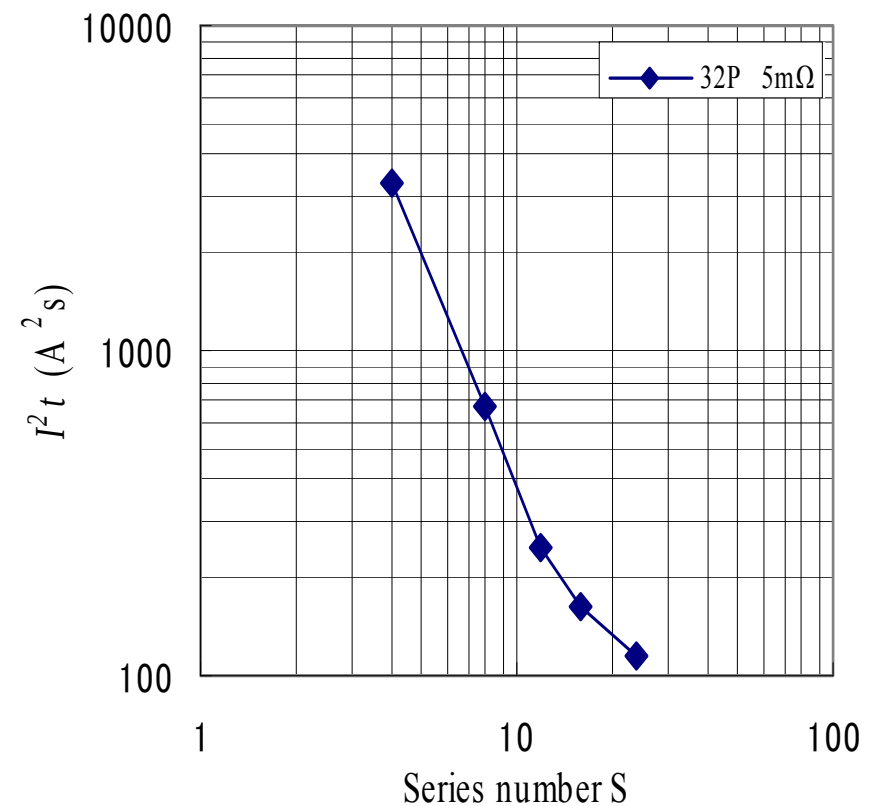


直列遮断点数 S - I^2t 特性
(8P シリーズ)

32P シリーズのS効果試験結果

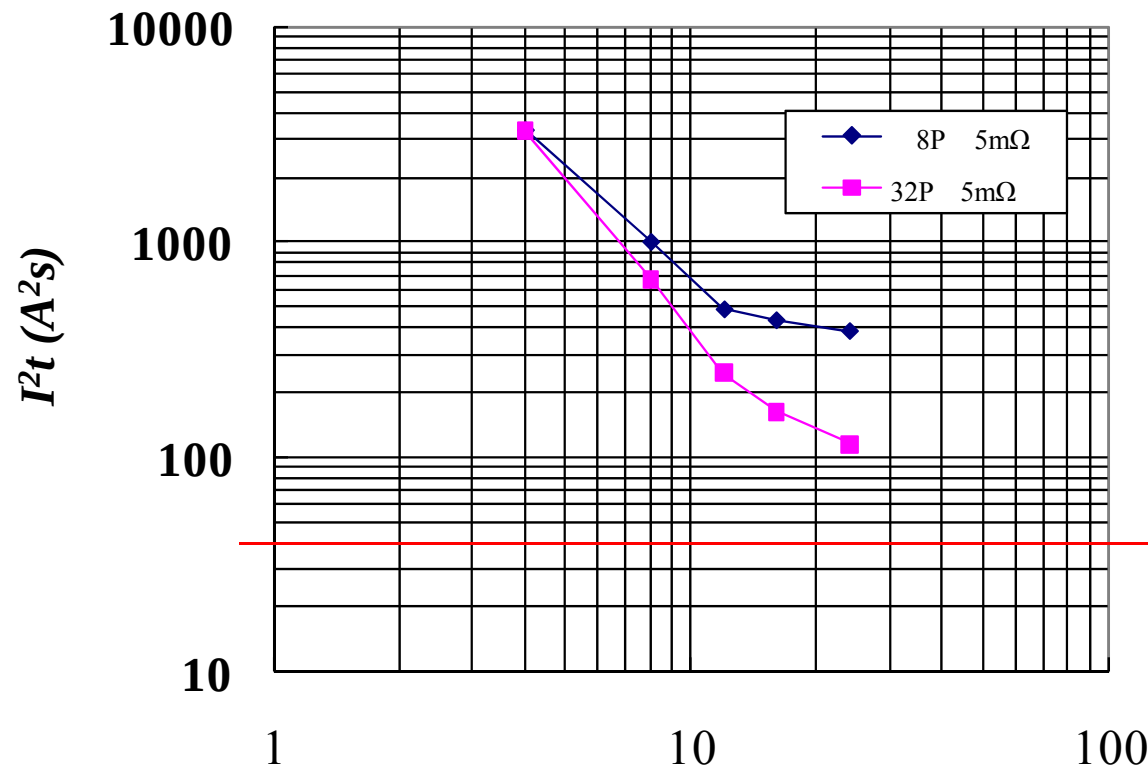
実験結果と 5mΩでの推定値

タイプ	試験結果		推定値
	抵抗値 [mΩ]	I^2t [A ² s]	I^2t [A ² s]
4S-32P	4.4	4,166	3,285
8S-32P	5.6	538	671
12S-32P	6.1	167	245
16S-32P	5.8	123	163
24S-32P	6.0	79	<u>114</u>



直列遮断点数S - I^2t 特性
(32P シリーズ)

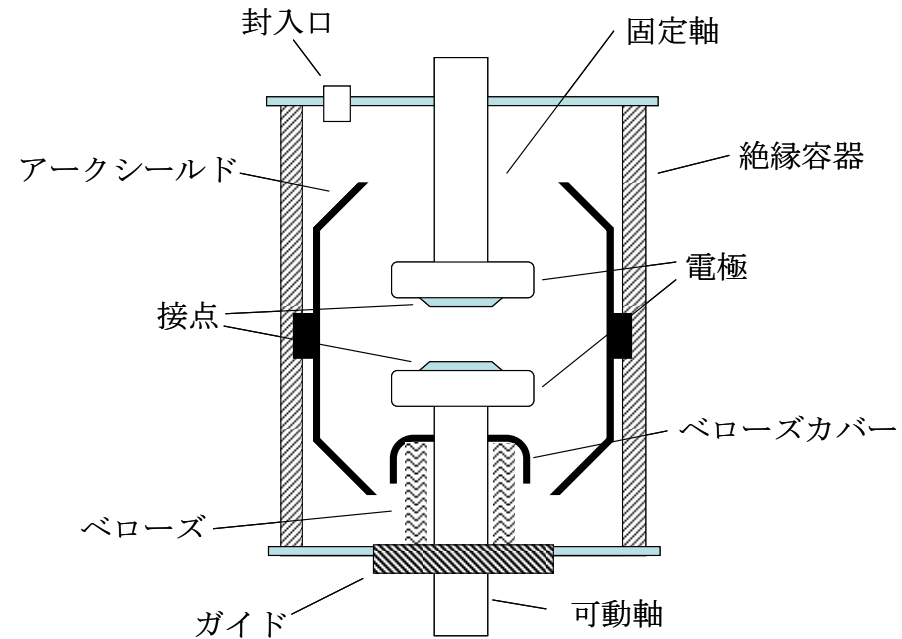
S効果とP効果の相乗効果



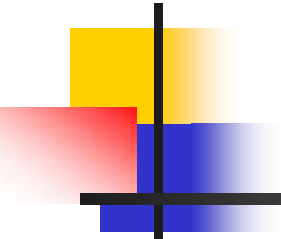
Series number- I^2t Characteristic

真空遮断器

真空遮断器とは、真空中におかれた接点を高速で開極することにより、電流を遮断するデバイスである。中電圧の遮断器として多数使用されている。高電圧化が課題となっている。



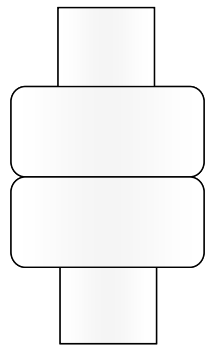
真空遮断器の構造図



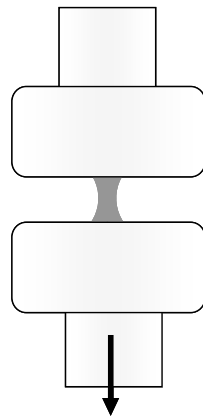
真空遮断器の特長

- 構造・外形が小型で簡単
- 保守点検がほとんど不要
- 不燃性で火災の心配がない
- 電氣的寿命が長い(長期間の使用が可能)
- 温暖化ガス(SF6)を使用しない
- 安価で経済性が良好である

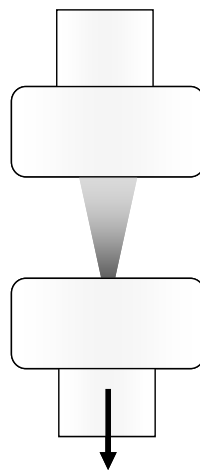
開極時のアークの様子



(a)

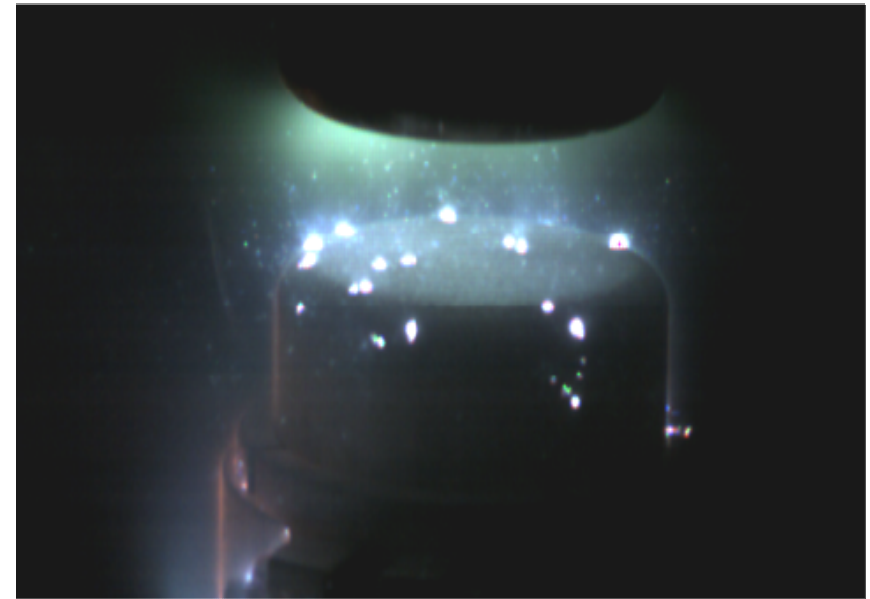


(b)

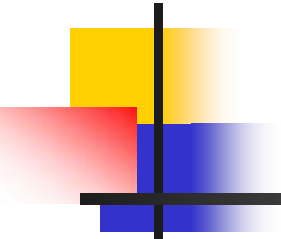


(c)

真空アークの発生

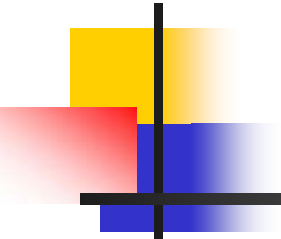


電極開極時のアークの様子



高電圧化に向けた真空遮断器の 技術的課題

- 接点材料の選択
- 電極の加工技術
- 金属材料表面の処理技術
- セラミックス絶縁材の組成と焼成法
- セラミックス絶縁材表面の処理技術
- その他



まとめ

事故時の大電流を遮断するデバイスとして、ヒューズと真空遮断器について述べた。

いずれも古典的な保護・保安デバイスであるが、社会の基盤を支える不可欠なデバイスであり、目を向けていただければ幸いである。

お問い合わせ先

埼玉大学知財コーディネーター 角田 敦

TEL 048-858-9106

FAX 048-858-9120

e-mail sumita@mail.saitama-u.ac.jp