

# 新形半導体保護用ヒューズ

\*1 石川 照(いしかわ ひろし) \*1 菊地 秀一(きくち ひでいち) \*2 藤原 広樹(ふじわら ひろき)

## ① まえがき

半導体技術の著しい進歩により、サイリスタ、ダイオード、パワートランジスタなどの半導体素子を使用した電力変換装置の高電圧化、大容量化が進むと同時に、比較的大容量の装置においては、省エネルギー、省資源を目的として、素子のモジュール化、多機能化などにより、装置の小形・軽量化が急速に進んでいる。

一方、素子自体は、より厳しい熱的ストレスにさらされてきており、これらの保護装置として、通常、いわゆる速断ヒューズが使用されている。

半導体保護用ヒューズの大きな特徴は、半導体素子固有の特性に起因して、短絡電流領域の遮断時間が極めて短く、かつ通過  $I^2t$  も小さく、更に遮断時に発生する動作過電圧が小さいことである。また半導体装置特有の断続変動電流に対し、熱的・機械的にも十分性能を有していることも重要である。

本稿では、特に寸法の小形化、全遮断  $I^2t$  の低減など新しい半導体装置に適した 250V 及び 600V 定格の新形半導体保護ヒューズを開発したので、その仕様、特性、試験結果などについて紹介する。

図 1 に新形半導体保護ヒューズの外観を示す。

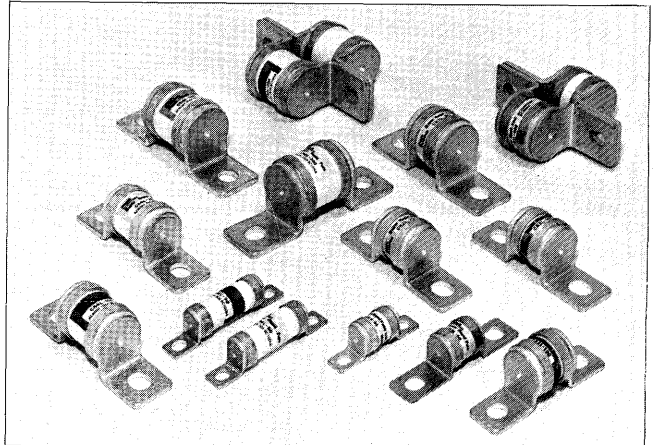
## ② 半導体保護用ヒューズの性能推移

富士電機は昭和 35 年に、一般用栓形ヒューズの技術をベースに、定格電圧 500V、定格電流 20~100A のシリコン整流器保護用ヒューズを開発して以来、二十数年間にわたる基礎研究、技術の蓄積により、「スーパーラピッドヒューズ」の名称で多くの半導体保護用ヒューズを開発、そして製造してきた。

この間、前記  $I^2t$  やその他の諸々の性能向上、高電圧化、大容量化へと進歩発展し、現在では定格電圧は 1,500V (実効値)、定格電流は 1,600A、定格遮断電流は 200kA を有するものまで系列化が完了している。表 1 に富士半導体保護用ヒューズの系列を示す。

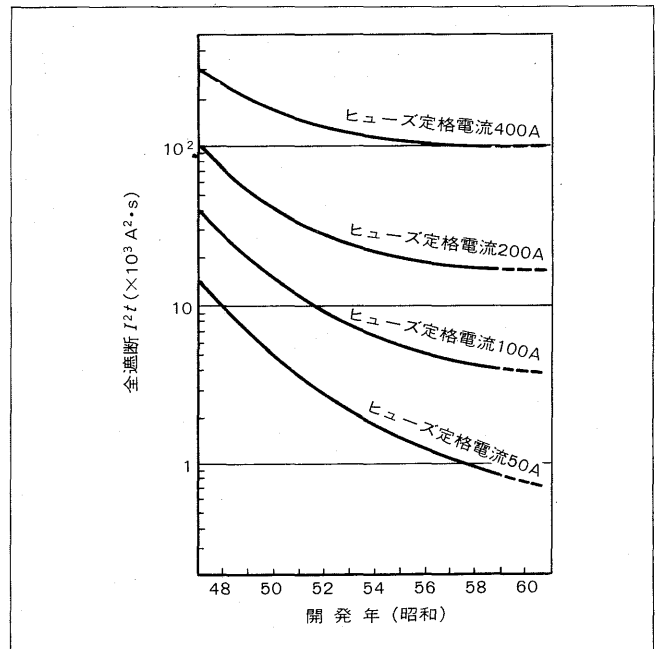
半導体保護用ヒューズの場合、素子との熱的協調上、小さい全遮断  $I^2t$  値は、素子の特性上から特に重要な要求性能であるが、250V ヒューズについて図 2 に時系列的にその推移を示すとおり、大きな進歩状況が明りょうである。

図 1 新形半導体保護用ヒューズの外観



SK-403

図 2 半導体保護用ヒューズの全遮断  $I^2t$  推移



## ③ 種類と定格

表 2, 3 に示すように、今回新たに、特に小形で全遮断  $I^2t$  値の小さい定格電圧 250V 及び 600V の系列品を開発した。

250V 系列品の定格電流 20A から 100A の領域では特性は全く同じであるが、今後主流をなすであろう小形の半導体装置に最適な構造及び従来からある装置にも適用できる取付寸法上の互換性を有した構造の 2 系列を開発して、顧客

\*1 吹上工場 高圧開閉器部 \*2 (株)富士電機総合研究所 強電電子開発部

表1 富士半導体保護用ヒューズの系列

基本形式	定格電圧 (V)	定 格 電 流 (A)										定 格 遮 断 電 流 (kA)		
		20	40	60	80	100	200	400	600	800	1,000	2,000	50	100
CR 2 L	250	( 600 A )										( 100 kA )		
CS 5 F	500	( 1,600 A )										( 200 kA )		
CR 6 L	600	( 600 A )										( 100 kA )		
CS 10 F	1,000	( 1,400 A )										( 200 kA )		
CS 15 F	1,500	( 1,250 A )										( 100 kA )		

□ : 今回開発したヒューズ

表2 250 V 半導体保護用ヒューズの仕様

系 列	形 式	定 格			全遮断 $I^2t$ ( $\times 10^3 A^2 \cdot s$ )	電力損失 (W)
		電 圧 (V)	電 流 (A)	遮断電流 (kA)		
C R 2 L S	CR 2 LS-20	250	20	100	0.3	3
	CR 2 LS-30		30		0.55	4
	CR 2 LS-50		50		0.85	5
	CR 2 LS-75		75		2.3	9
	CR 2 LS-100		100		4.0	11.5
C R 2 L	CR 2 L- 30	250	30	100	0.55	4
	CR 2 L- 50		50		0.85	5
	CR 2 L- 75		75		2.3	9
	CR 2 L-100		100		4.0	11.5
	CR 2 L-125		125		6.5	14
	CR 2 L-140		140		7.0	15
	CR 2 L-150		150		9.5	16
	CR 2 L-175		175		13	19
	CR 2 L-200		200		17	21
	CR 2 L-225		225		22	23
	CR 2 L-260		260		27	26
	CR 2 L-300		300		38	31
	CR 2 L-325		325		49	35
	CR 2 L-350		350		60	35
	CR 2 L-400		400		103	38
	CR 2 L-450		450		120	45
	☆CR 2 L-500		500		160	47
	☆CR 2 L-550		550		200	50
	☆CR 2 L-600		600		215	55

<注> : ☆印はヒューズリンク 2 並列

の要求に応じたものとなっている。小形化対応シリーズは、従来品に対しヒューズの容積が約 1/4 となっているのが一つの大きな特長である。定格電流は 20 A から 600 A までの範囲で 20 種類が系列化されており、広範囲にわたってより効果的な選定ができ、装置にとって最適な適用ができるよ

表3 600 V 半導体保護用ヒューズの仕様

系 列	形 式	定 格			全遮断 $I^2t$ ( $\times 10^3 A^2 \cdot s$ )	電力損失 (W)
		電 圧 (V)	電 流 (A)	遮断電流 (kA)		
C R 6 L	CR 6 L- 20	600	20	100	0.14	4.5
	CR 6 L- 30		30		0.35	7.5
	CR 6 L- 50		50		1.8	10
	CR 6 L- 75		75		3.0	12.5
	CR 6 L-100		100		7.0	15
	CR 6 L-150		150		18	25
	CR 6 L-200		200		30	35
	CR 6 L-250		250		70	45
	CR 6 L-300		300		95	50
	CR 6 L-350		350		150	50
	☆CR 6 L-400		400		200	55
	☆CR 6 L-500		500		390	60
	☆CR 6 L-600		600		700	70

<注> : ☆印はヒューズリンク 2 並列

う考慮されている。

600 V 系列品は定格電流が 13 種類系列化されており、最大定格電流は 600 A である。また定格遮断電流は 100 kA と大きく、インバータ装置などに適したものである。

表 4 にこの 2 系列のヒューズの外形寸法を示す。

#### 4 構造

図 3 にヒューズの構造断面を示す。この新形半導体保護ヒューズは、磁器製ヒューズ筒、L 形端子附属の金属キャップ、ヒューズエレメント、消弧砂から構成されている。

##### (1) ヒューズ筒

ヒューズ筒は耐熱性が高く、また熱伝導率の高い高級磁器が使用され、その両端の外周面は(2)項の金属キャップとの接合のための特殊加工がなされている。

##### (2) 金属キャップ

表4 外形寸法

ヒューズ区分			寸法								
定格電圧(V)	形式	定格電流(A)	A	B	C	D	$\phi E$	F	T	W	M
250	CR2LS	20 ~ 100	56	42	26	18.5	17.5	6.5 × 8.5	2	12	—
	CR2L	30, 50	80	58	25	21.5	20	9 × 11	1.5	18	—
		75 ~ 175	80	58	29.5	30.5	27	9 × 11	3	20	—
		200 ~ 325	85	60	30	33.5	30	11 × 13	3.2	25	—
		350 ~ 450	95	70	31	42	37	11 × 13	4	30	—
500 ~ 600	95	70	31	46	37	11 × 13	8	30	84		
600	CR6L	20 ~ 50	76	62	47	18.5	17.5	6.5 × 8.5	2	12	—
		75 ~ 150	95	70	40	33.5	30	11 × 13	3.2	25	—
		200 ~ 350	107	82	43	42	37	11 × 13	4	30	—
		400 ~ 600	121	96	43	46	37	11 × 13	8	30	84

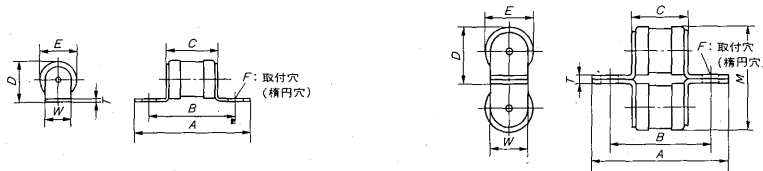
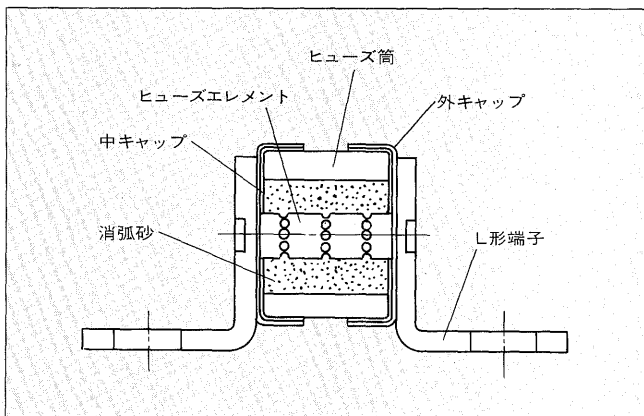


図3 構造断面図



金属キャップは銅合金から成り、中キャップ、外キャップの二重構造となっている。中キャップには、ヒューズ筒内に設置されているヒューズエレメントが接合され、ヒューズ筒内に消弧砂が充てんされた後に、更にそれを覆うように、L形端子が電氣的、機械的に結合された外キャップが装着されている。

(3) ヒューズエレメント

ヒューズエレメントは純銀板から成り、その長手方向には、ヒューズの諸特性の大きな要因の一つをなす、断面積を小さくした狭あい部分が電圧、電流に応じて構成されている。

また、ヒューズエレメントは半導体装置特有の断続電流による伸縮疲労を緩和し、ヒューズの長寿命化を図るため、熱収縮によるストレスが内部に蓄積しない構造で設置されている。

(4) 消弧砂

遮断性能、特に  $I^2t$  特性に大きな影響を及ぼす消弧剤は、

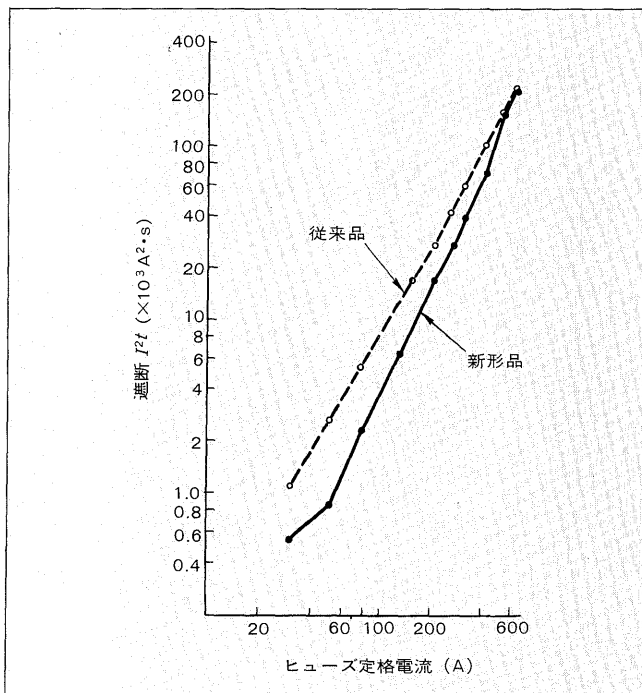
純度の高いけい砂が使用されており、粒度や充てん率は十分管理されたものとなっている。更に諸特性を向上させ、高い信頼性を確保するために、無機質接着剤を添加した新技術を採用している。

5 性能

5.1 遮断性能

新形半導体保護用ヒューズは新技術の採用により、全遮断  $I^2t$  が大幅に低減可能になった。図4に250V系列の従

図4 従来品と新形品の全遮断  $I^2t$  比較



来品と新形品の全遮断  $I^2t$  を比較した一例を示す。

ヒューズは、単に小さい  $I^2t$  や小さい動作過電圧で電流遮断するだけではなく、電流遮断後の十分な絶縁回復特性を有することも重要な特性であるが、その特性を示す例として、時間経過 - 残留電流の測定結果を図5に示す。遮断後のヒューズに流れる残留電流は急減して絶縁回復特性が良好であることが示されており、もちろん規格の絶縁抵抗規定値を十分満足している。

図6に定格遮断電流の遮断オシログラム、図7に  $I^2t$  最大での遮断試験オシログラムの一例を示す。

図5 残留電流特性

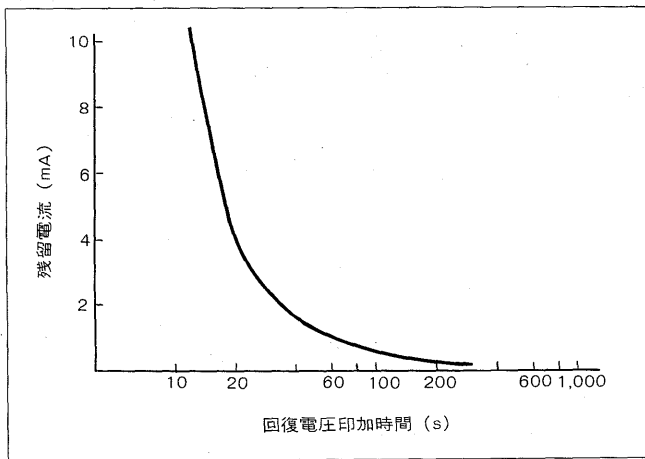


図6 定格遮断電流の遮断オシログラム

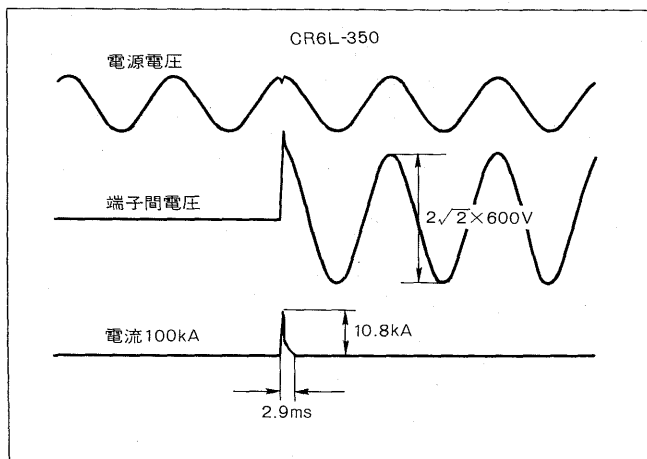
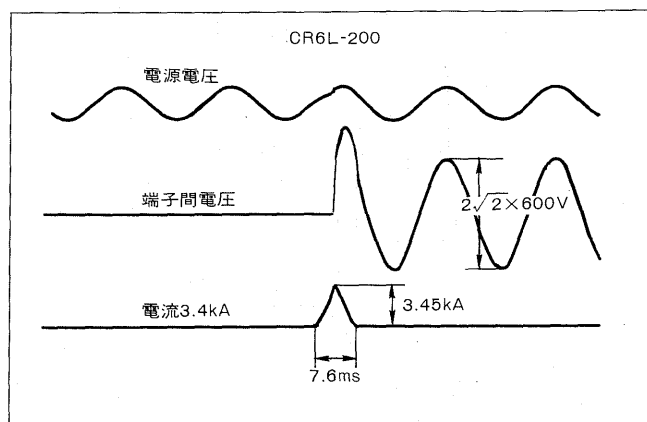


図7  $I^2t$  最大での遮断試験オシログラム



### 5.2 温度試験

半導体保護ヒューズの国内規格 JEM 1383 は、接触部に対する温度上昇限度を、金属特性及びその近接部を損わない温度以下とだけ規定している。一方、国際規格の IEC Pub. 269-1 (Low-Voltage fuses. Part 1. General requirements) は、接触部温度上昇限度を、すずめつきで 65°C と規定しているが、装置自体が輸出される場合が多いことを考慮して、この規格値に準拠することとした。図8に 600V、300A 定格の温度試験結果を示す。

### 5.3 直流遮断性能

近年、インバータの直流側に保護ヒューズを使用するケースが増大してきていることを考慮し、直流回路への適用をも図った。すなわち、装置の定格交流電圧にマッチしたヒューズであれば、そのヒューズは同時に直流側にも使用可能な性能を有したのものとなっている。定格電圧 250V ヒューズは直流電圧が最大 400V まで、600V 用ヒューズは直流電圧が最大 740V まで適用可能である。

図9にインバータ適用を模擬して検証を行ったヒューズ

図8 温度試験結果の一例

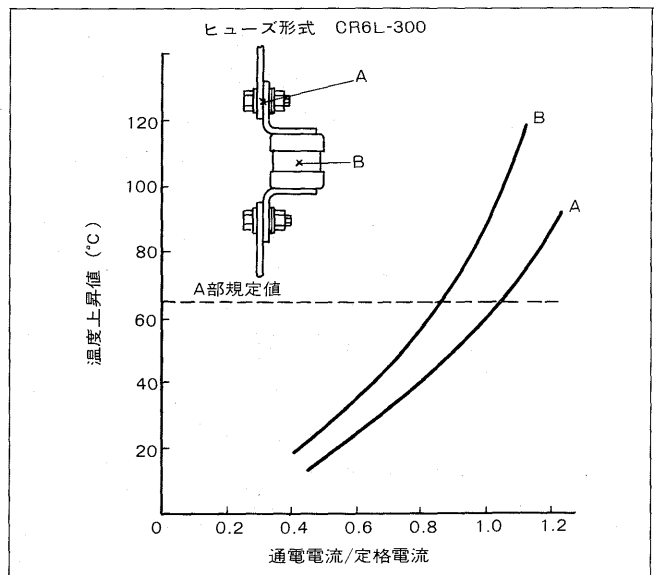
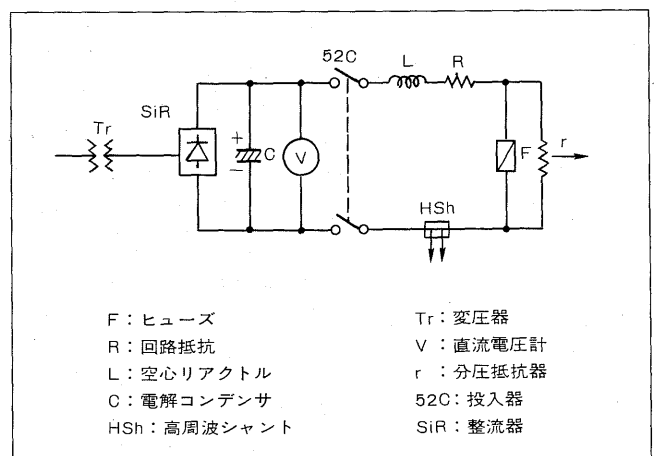


図9 直流遮断試験回路



の直流遮断試験回路を示す。試験に使用した電解コンデンサの容量は最大 62,400 $\mu$ F で、ヒューズ定格電流に応じてコンデンサ容量を変化させて試験した。図 10 に直流遮断試験のオシログラムの一例を示す。

なお、直流遮断試験における全遮断  $I^2t$  は、いずれも前

図 10 直流遮断試験オシログラム

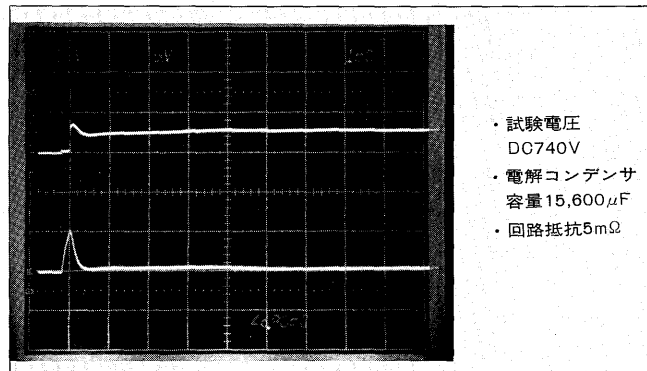


図 11 繰返し通電性能比較

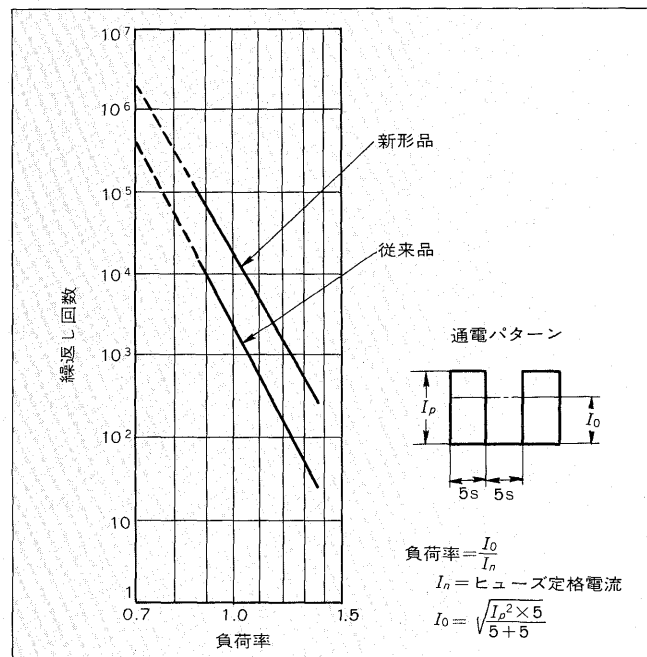
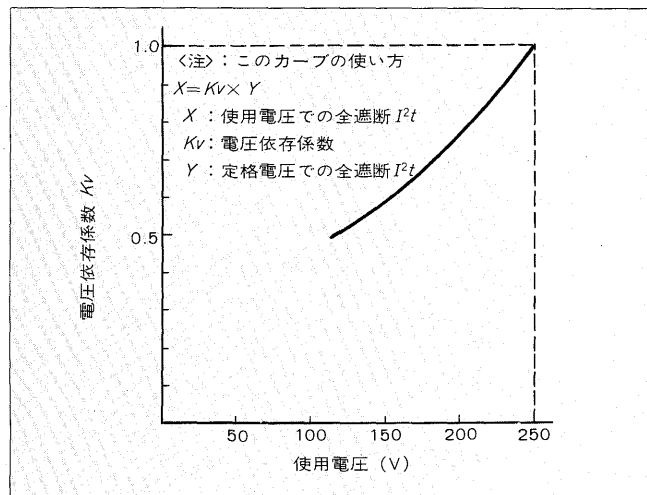


図 12 全遮断  $I^2t$  の電圧依存性特性



述の表 2, 3 に示した全遮断  $I^2t$  値以下であることが検証されている。

5.4 繰返し通電性能

半導体保護用ヒューズに流れる電流は、断続又は繰返し変動するため、この負荷条件に耐える性能を有することがヒューズ性能を左右する大きな要因となる。

新形ヒューズでは、ヒューズエレメントの狭あい部形状、張り方及び消弧剤などに新しい技術を採用し、繰返し電流に対する耐量を向上させている。

図 11 に新形品と従来品について、同一通電パターンに対する繰返し回数の比較を行った一例を示す。

6 適用

6.1 定格電流の決定

例えば、整流器回路のような常に一定の負荷電流の場合は、単にその実効値以上となるように選定すれば良いが、一定周期の断続負荷電流の場合は、ヒューズの定格電流を低減して適用する必要がある。ヒューズエレメントの繰返し電流による伸縮疲労破断、すなわち劣化現象を除去するため、電流ピーク値及び一定周期内の実効値が、ヒューズ定格電流に対し、ある値以下となるように選定しなければならない。この低減率は、負荷電流の通電パターンによって異なるため、経済性との関係上一率には定め難い。しかし、これまでの種々の実験及び使用実績から、“通電電流のピーク値/ヒューズ定格電流(実効値) < 1”、“通電電流の実効値/ヒューズ定格電流(実効値) < 0.6”を一応の目安に選定すれば、ヒューズの不要溶断を生じないことが確認されている。

6.2 遮断  $I^2t$  の検討

半導体素子を熱的に保護する目的であり、それ故選定に当たっては次の条件が満たされている必要がある。

“半導体素子の許容  $I^2t \geq$  ヒューズの全遮断  $I^2t$ ”

ヒューズの全遮断  $I^2t$  は、使用電圧に対するいわゆる電圧依存性が高い特性を有しており、ヒューズ定格より低い回路電圧に使用する場合は、図 12 に示す  $I^2t$  の電圧依存特性をもとに全遮断  $I^2t$  を低減した値とすることにより、経済的な選定が可能となる。

7 あとがき

以上、この度新たに開発した 250V, 600V 半導体保護用ヒューズについてその概要を紹介した。半導体を使用した装置への適用に当たって幾らかでも寄与できれば幸いである。また半導体装置はますます多様化の傾向が強まり、これに適合した素子保護用ヒューズの開発要求も一段と強くなっていくことが予測されるが、ヒューズの適用技術向上と併せて要求に対応していく所存である。



\*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する  
商標または登録商標である場合があります。