UDC 621.382

富士大電力GTOサイリスタ

*橋本 理(はしもと おさむ) *桐畑 文明(きりはた ふみあき) *高橋 良和(たかはし よしかず) *遠藤 勝弘(えんどう かつひろ)
*渡邊 雅英(わたなべ まさひで) *山田 修(やまだ おさむ)

1 まえがき

パワーエレクトロニクス技術は，電力用半導体素子の新たな進展により，大きな変革を遂げてきている。富士電機では，大容量電力変換装置の小形軽量化，高効率化，高性能化を実現し装置の適用拡大を図るために，自己消弧機能を有するゲートターンオフ（GTO）サイリスタの開発・製品化を行ってきた。

大容量電動機駆動用インバータやチョッパ装置に適用される世界最大容量の4.5kV/3,000A 非対称形 GTO サイリスタ（形名：EFT23-45）の開発に引き続き，今回逆耐圧を必要とする高耐圧大電流遮断器やコンバータ装置などへの応用のために，逆阻止形4.5kV/3,000A GTO サイリスタ（形名：EFT06-45及び EFT26-45）を新たに開発した。また，GTO サイリスタと逆並列ダイオードを同一チップ上に一体化した逆導通形2.5kV/2,000A GTO サイリスタ（形名：EHS21-25）の開発，製品化に成功し，GTO サイリスタの高機能化を促進した。

本稿では，開発・製品化した非対称形及び逆阻止形4.5 kV/3,000A GTO サイリスタと，逆導通形2.5kV/2,000A GTO サイリスタの特徴，定格，特性について紹介する。

2 非対称形 GTO サイリスタ

非対称形 GTO サイリスタは，**図 1** (a)に示すような非対称形接合構造を持ち，スイッチング損失の低減のためにアノードショート構造が採用されている。

表 1 非対称形4.5kV/3,000A GTOサイリスタの定格と特性

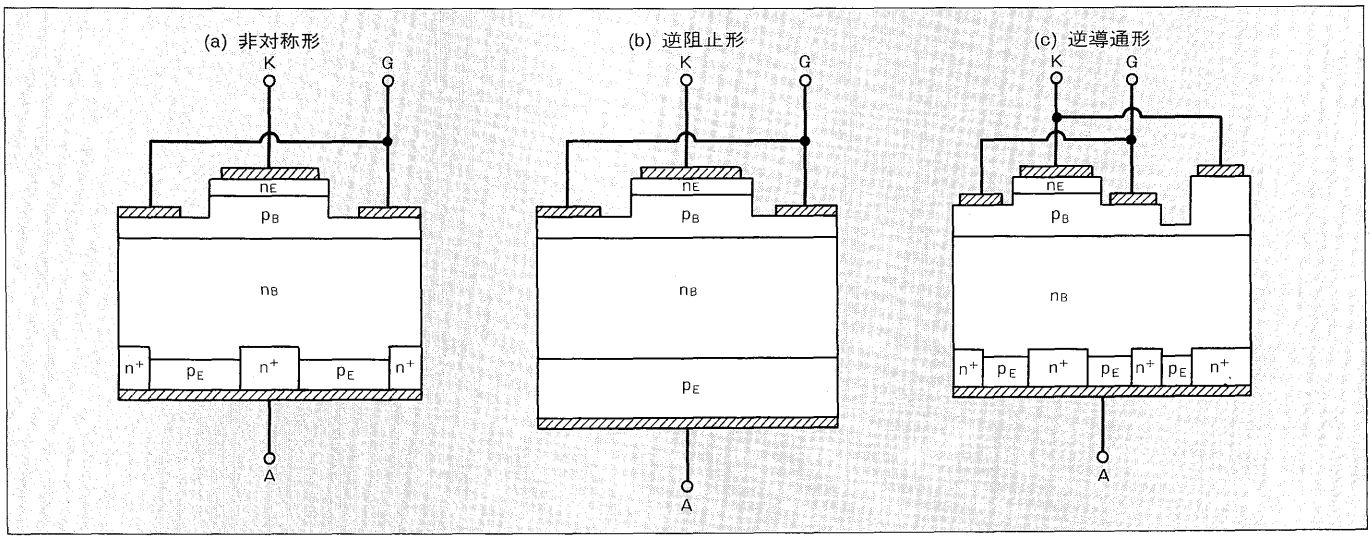
項目	記号	単位	EFT23-45
オフ電圧	V_{DRM}	V	4,500
逆電圧	V_{RRM}	V	20
可制御電流	I_{TGQM}	A	3,000
実効電流	$I_{T(RMS)}$	A	1,000
サージ電流	I_{TSM}	A	16,000
臨界 di/dt	di/dt	A/μs	300
ゲート逆電圧	V_{RGM}	V	20
接合温度	T_j	°C	−40～125
保存温度	T_{stg}	°C	−60～125
圧接力		kg	4,000±400
オン電圧	V_{TM}	V	3.5
臨界 dv/dt	dv/dt	V/μs	1,500
点弧電流	I_{GT}	A	3.0
ターンオン時間	t_{gt}	μs	10
ターンオフ時間	t_{gq}	μs	25
熱抵抗	$R_{th(j-c)}$	°C/W	0.015

表 1 に主要な定格と特性を示す。可制御電流が3,000Aで世界最大級の遮断能力を持つ。ターンオフ時間は25μsである。

3 逆阻止形 GTO サイリスタ

逆阻止形 GTO サイリスタは，**図 1** (b)に示すような接合

図 1 GTO サイリスタの構造



*(株)富士電機総合研究所 電子デバイス研究所

図2　逆阻止形4.5kV/3,000A GTOサイリスタの外観

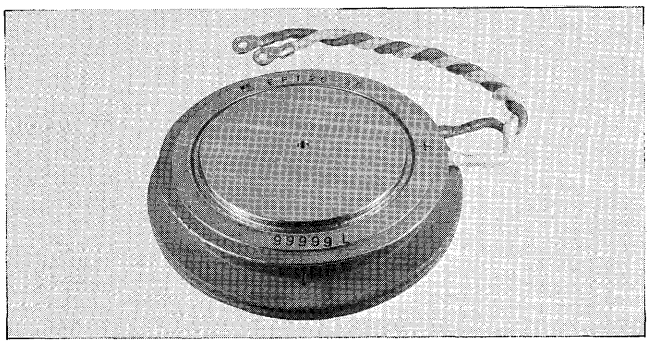


表2　逆阻止形4.5kV/3,000A GTOサイリスタの定格と特性

項　目	記 号	単 位	EFT06-45（大電流形）	EFT26-45（高速形）
オフ電圧	V_{DRM}	V	4,500	4,500
逆電圧	V_{RRM}	V	4,500	4,500
可制御電流	I_{TGQM}	A	3,000	3,000
実効電流	$I_{T(RMS)}$	A	1,400	1,000
サージ電流	I_{TSM}	A	16,000	14,000
臨界 di/dt	di/dt	A/μs	300	300
ゲート逆電圧	V_{RGM}	V	20	20
接合温度	T_j	℃	−40～125	−40～115
保存温度	T_{stg}	℃	−60～125	−60～125
圧接力		kg	4,000±400	4,000±400
オン電圧	V_{TM}	V	2.5	4.5
臨界 dv/dt	dv/dt	V/μs	1,500	1,500
点弧電流	I_{GT}	A	1.0	1.5
ターンオン時間	t_{gt}	μs	10	10
ターンオフ時間	t_{gq}	μs	30	25
熱抵抗	$R_{th(j-c)}$	℃/W	0.015	0.015

構造を持ち，順耐圧4.5kVに等しい逆阻止能力を有する。外観を**図2**に示す。

開発した逆阻止形GTOサイリスタには，**表2**に示すように二つのタイプがある。第一のタイプ（形名：EFT06-45）は，遮断器用に開発されたもので，2.5V/3,000Aの低いオン電圧を持ち，1,400Aの大きな実効電流を流すことができる。第二のタイプ（形名：EFT26-45）は，コンバータ装置への応用のため開発されたもので，ライフタイムキラーの適切な注入を行っており，ターンオフ時間が25μsと短く，スイッチング損失の低減が図られている。**図3**にオン電流－電圧特性を，**図4**にターンオン波形を示す。二つのタイプEFT06-45及びEFT26-45ともに，di/dtは300A/μsで，ターンオン時間は10μs以下である。**図5**に高速形EFT26-45のターンオフ波形を示す。3,000Aのアノード電流が，25μs以内で遮断されている。大電流形EFT06-45のターンオフ時間は，30μs以下である。

4　逆導通形GTOサイリスタ

逆導通形GTOサイリスタは，GTOサイリスタと逆並列

図3　オン電流－電圧特性

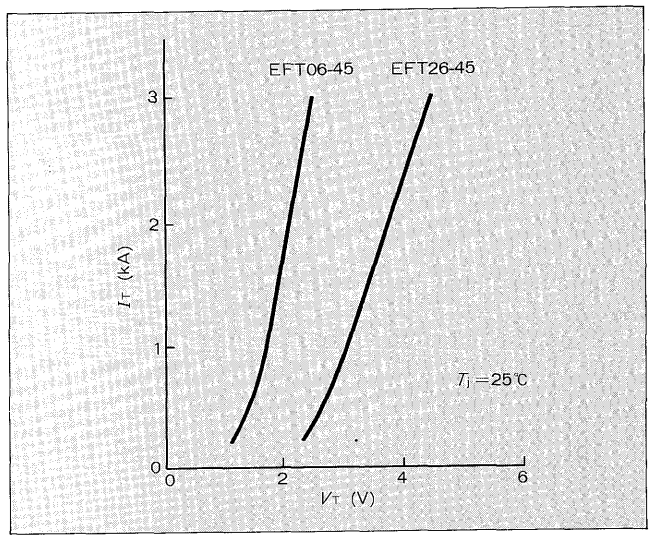


図4　ターンオン波形

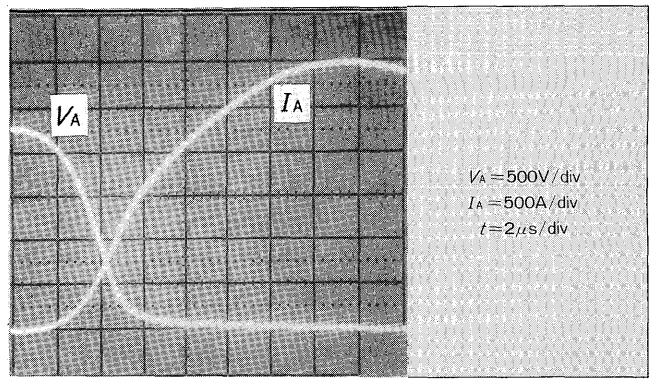
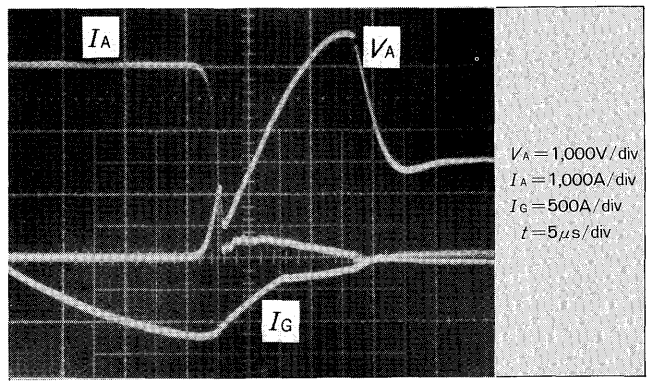


図5　ターンオフ波形



ダイオードを一体化したもので，その断面構造を**図1**(c)に示す。ケース外観を**図6**に，エレメント外観を**図7**に示す。エレメント内周部にGTOサイリスタが，外周部にダイオードが配置されている。GTO部とダイオード部の間に溝が掘られており，両者を電気的に分離している。

表3に主要な定格と特性を示す。**図8**にGTO部とダイオード部のオン電流及び逆電流－電圧特性を示す。両者とも，1,000Aの電流に対して2.5V以下である。**図9**にターンオン波形，**図10**にターンオフ波形，**図11**に転流波形を示す。最適なGTO部とダイオード部の分離技術の適用で，耐圧2.5kVを損なうことなく，300A/μsのdi/dt，10μsのタ

図6　逆導通形2.5kV/2,000A GTO サイリスタの外観

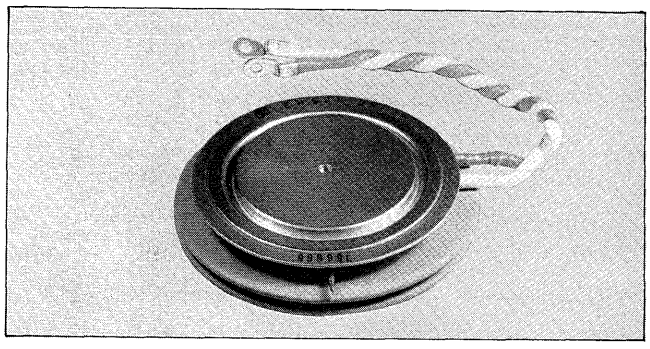


図7　エレメントの外観

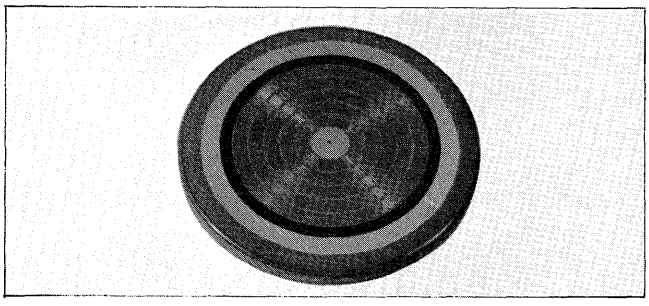


表3　逆導通形2.5kV/2,000A GTOサイリスタの定格と特性

項目		記号	単位	EHS21-25
オフ電圧		V_{DRM}	V	2,500
可制御電流		I_{TGQM}	A	2,000
実効電流	GTO	$I_{T(RMS)}$	A	600
	ダイオード	$I_{R(RMS)}$	A	600
サージ電流	GTO	I_{TSM}	A	7,000
	ダイオード	I_{RSM}	A	7,000
臨界 di/dt		di/dt	A/μs	300
ゲート逆電圧		V_{RGM}	V	20
接合温度		T_j	°C	−40～125
保存温度		T_{stg}	°C	−60～125
圧接力			kg	3,000±300
オン電圧	GTO	V_{TM}	V	2.5/1,000A
逆電圧	ダイオード	V_{RM}	V	2.5/1,000A
点弧電流		I_{GT}	A	2.0
点弧電圧		V_{GT}	V	0.9
ターンオン時間		t_{gt}	μs	10
ターンオフ時間		t_{gq}	μs	25
逆回復電流		I_{rr}	A	250
転流 dv/dt		$(dv/dt)c$	V/μs	500
熱抵抗	GTO	$R_{th(j-c)}$	°C/W	0.03
	ダイオード	$R_{th(j-c)}$	°C/W	0.04

図8　オン電流及び逆電流電圧特性

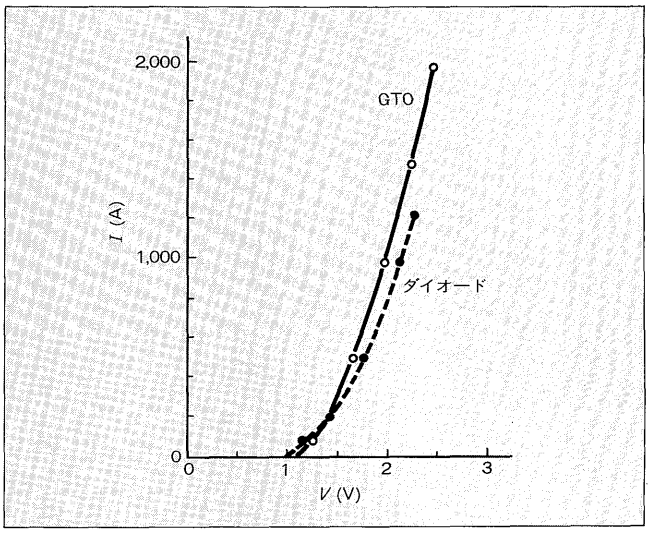


図9　ターンオン波形

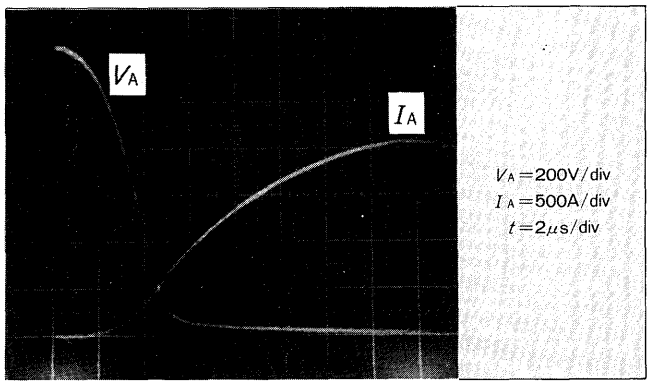


図10　ターンオフ波形

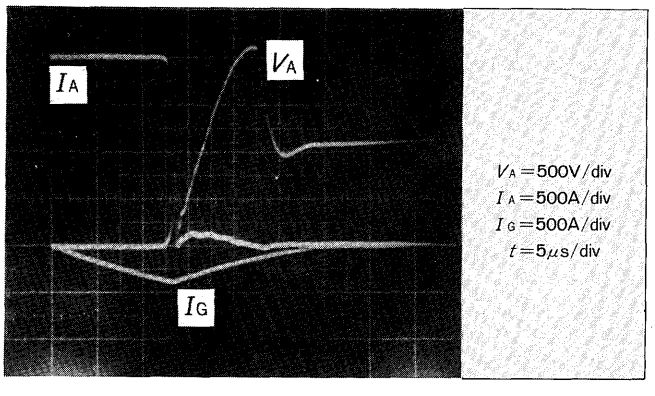
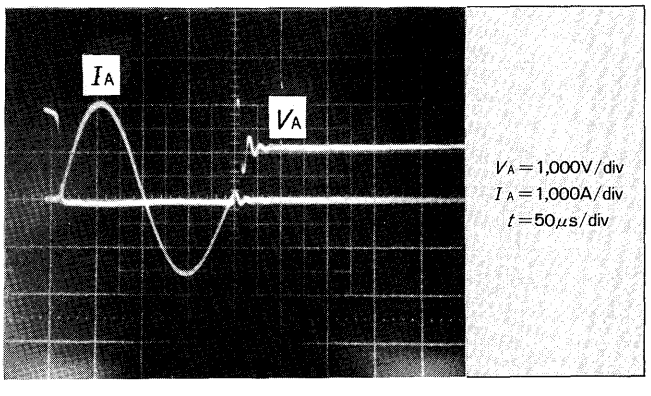


図11　転流波形



ーンオン時間，25μsのターンオフ時間，500V/μsの転流 dv/dt が達成されている。本素子の実現により，インバータ装置などの小形軽量化が一層進展するものと期待される。

5 あとがき

大電力用GTOサイリスタの富士電機での開発の現状を述べた。4.5kV/3,000Aの非対称及び逆阻止GTOサイリスタや，2.5kV/2,000Aの逆導通GTOサイリスタの開発により，電力変換装置の適用拡大が一層進むことを期待する。

参考文献

(1) 橋本理ほか：車両用大容量半導体素子，富士時報，**56**，3，pp.213～216（1983）

(2) 橋本理ほか：電力用半導体素子，富士時報，**57**，7，pp.407～410（1984）

(3) 橋本理ほか：富士高耐圧大容量GTOサイリスタ，富士時報，**58**，11，pp.656～659（1985）

(4) O. Hashimoto et al.：Turn-on and Turn-off Characteristics of a 4.5-kV 3000-A Gate Turn-off Thyristor, IEEE Trans. Industry Applications, IA-22, 3, pp.478～482 (1986)

(5) O. Hashimoto et al.：Reverse Blocking 4.5kV 3000A Gate Turn-off Thyristors, IEEE-IAS 1986 Annual Meeting (1986)

(6) O. Hashimoto et al.：2.5kV 2000A Monolithic Reverse Conducting Gate Turn-off Thyristor, IEEE-IAS 1986 Annual Meeting (1986)

最近公告になった富士出願

〔特　許〕

公告番号	名称	発明者	公告番号	名称	発明者
特公昭61-38836	原子炉燃料水中貯蔵設備に用いる燃料移送機	矢部　行雄	特公昭61-42405	高圧モールド変圧器	松戸　光儀
特公昭61-38907	欠陥検出装置	佐野　安一	特公昭61-42414	半導体素子のガラスパシベーション方法	岡崎　達郎
特公昭61-39508	マグネト式点火装置	小林　学 山本　享 永野　悟	特公昭61-42463	光データウェイシステムにおけるボートの遠隔電源投入方式	竹添　文彦
特公昭61-39651	光学的認識装置	柚木　裕	特公昭61-42483	引出形電気機器の鎖錠装置	野月　優 藤井　利輝 山下　正栄
特公昭61-39724	スリットレス式直流変成器	奥村　浩己 木下　繁則	特公昭61-42511	超電導回転機の回転子	近藤　香 滝田　清 新藤　義彦 石原　昭
特公昭61-40055	排ガス採取器	金子　輝男 東　泉			
特公昭61-40056	排ガス採取器	金子　輝男	特公昭61-42519	交流電動機の可変速運転方法	長谷三千雄 片山　信昌
特公昭61-40057	排ガス採取器	金子　輝男 東　泉	特公昭61-42975	光伝送路の調整方法	加藤　富雄
特公昭61-40058	ガス分析システム	金子　輝男	特公昭61-43152	加圧式注湯炉	上野　定洋
特公昭61-40059	ガス分析システム	金子　輝男	特公昭61-43153	加圧式注湯炉の注湯方法	大森　次治 上野　定洋
特公昭61-40060	ガス分析システム	金子　輝男	特公昭61-43154	加圧式自動注湯炉の注湯制御方法	小島　勉
特公昭61-40152	太陽電池の保護装置	川畑志農夫 元吉　攻	特公昭61-43757	自動販売機の制御装置	田中　潔
特公昭61-41035	釣銭払出装置	林　孝明	特公昭61-43869	太陽電池	市村　剛重 鍋田　修 内田　喜之
特公昭61-41427	機器の監視タイマー設定方式	西村　正昭 加登　久 川田　正治	特公昭61-43957	静止セルビウス装置の非常運転方法	横手　隆
特公昭61-42116	マルチ型コンプレッサユニットの吸込配管装置	服部　房夫			

＊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。