

# ブロッキングダイオードの設計の考え方と信頼性試験



2014年 4月 25日

株式会社三社電機製作所  
技術本部  
半導体開発部 ウエハ開発課 左右田 裕

日本太陽エネルギー学会 太陽光発電部会 第9回セミナー  
「太陽光発電システムの火災リスク対策における現状と課題(2)」

株式会社 三社電機製作所

1

## 当社紹介



■社名	株式会社 三社電機製作所
■所在地	大阪市東淀川区西淡路3丁目1番56号
■HP	<a href="http://www.sansha.co.jp">http://www.sansha.co.jp</a>
■創業	昭和8年3月
■代表者	四方 邦夫
■資本金	27億7,427万7,500円

### ■ 事業内容

1. 電気機械器具の製造販売
2. 半導体およびその応用機械器具の製造販売
3. 医療用機械器具の製造販売
4. 機械器具設置工事、電気配線工事および管工事の施工請負
5. 前各号に付帯又は関連する一切の事業

株式会社 三社電機製作所

2

contents

- ・パワーモジュールについて
- ・ブロッキングダイオードモジュールの構成部材
- ・仕様値設計と信頼性試験
- ・故障モードについて
- ・ブロッキングダイオードに要求される要素
- ・まとめ

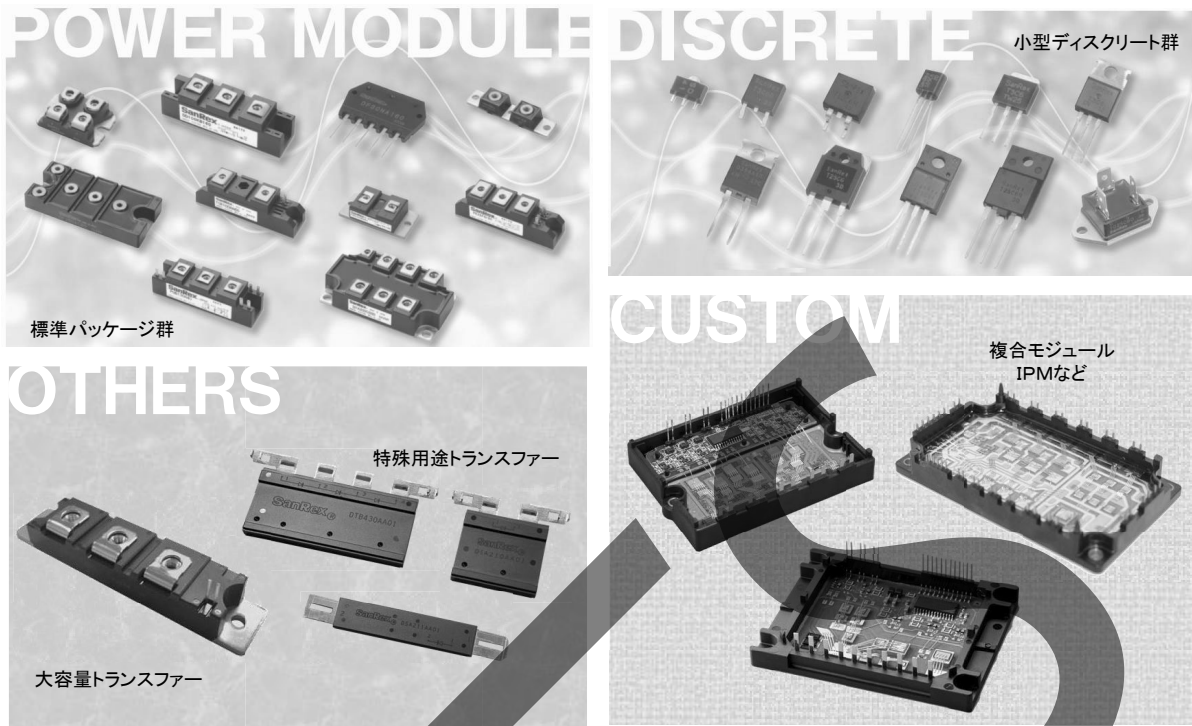
パワーモジュールの種類と回路構成

機器事業で培ったノウハウを活かした製品づくりとユーザーの視点にたった仕様設定。  
機器開発と半導体開発を融合させた三社電機のパワーモジュールです。

種類	FRD	SBD	DIODE		THYRISTOR DIODE	THYRISTOR	TRIAC	
接続								
	DCA, DKA, FRS, DKR etc.	BKR, BKA	DD, KD, DKA	DF	DFA	PD, SCE	PK, SCA	TG
仕様	25A to 400A 400V/500V/600V 1200V/2000V	200A 50V/100V	60A to 300A 800V/1600V	20A to 200A 800V/1600V	50A to 200A 800V/1600V	25A to 250A 800V/1600V 1800V (SCE)	25A to 250A 800V/1600V 1800V (SCA)	16A to 70A 600V
代表パッケージ								
主な用途	Welding machine Large capacity SMPS		Inverter for industrial use Air conditioner Welding machine			Power control	Power control AC switch	

- ・整流用モジュールとして、各応用分野で必要とされる素子、回路構成が準備されている。

パッケージの種類



・パッケージ形状も、各応用分野で必要とされる機能・性能に応じて用意している。

株式会社 三社電機製作所

contents

- ・パワーモジュールについて
- ・ブロッキングダイオードモジュールの構成部材
- ・仕様値設計と信頼性試験
- ・故障モードについて
- ・ブロッキングダイオードに要求される要素
- ・まとめ

株式会社 三社電機製作所

ブロッキングダイオードの種類

熱抵抗  
膨張係数

絶縁電界強度

熱抵抗  
膨張係数  
絶縁電界強度

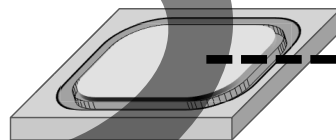
外形図	素子接続図	定格※1素子当たり	端子	放熱面	モールド材	絶縁材
		35A /1000V	半田付け リード	Cu	エポキシ	(非絶縁)
		20A /800,1600V	ファストン (TAB250)	Fe	ゴム +エポキシ	セラミック
		60,160A /800,1600V		Cu	ゴム +エポキシ	セラミック
		60A /800,1600V	ネジ (M5)	Al	ゲル	樹脂(基板)
		20A /2200V		Cu	ゴム +エポキシ	セラミック

・要求特性により定格が異なり、またパッケージ部材も様々となっている。

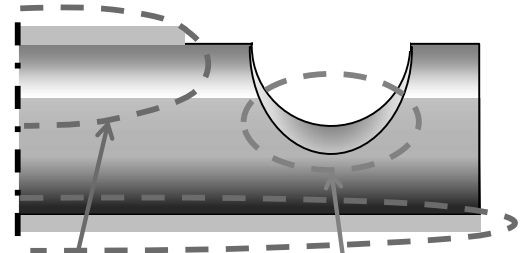
株式会社 三社電機製作所

チップの種類

メサ型チップダイオード



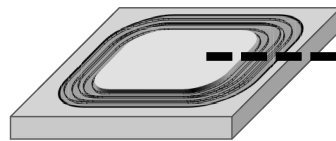
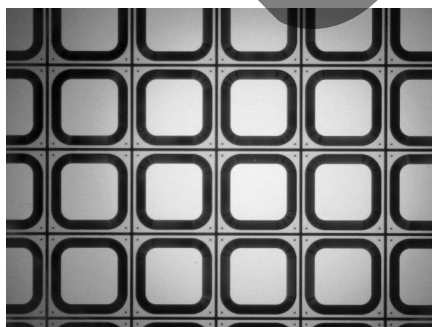
メサ型チップの特長:  
高耐圧特性  
順逆特性の頑強性  
⇒整流ダイオード  
(コンバーター回路、  
DC部逆流防止用など)



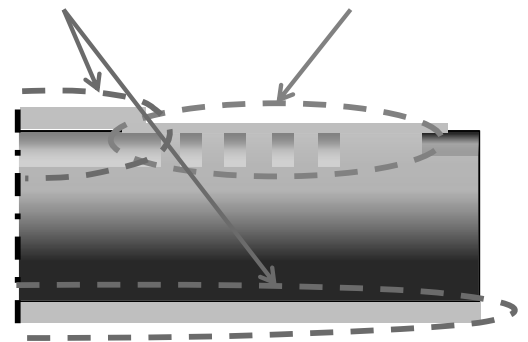
順方向特性の信頼性に  
関わる箇所

逆方向特性の信頼性に  
関わる箇所

プレーナ型チップダイオード



プレーナ型チップの特長:  
精度の良い順逆特性  
リカバリー特性の調整  
⇒高速ダイオード  
(チョッパ一部、  
インバータ部FWD用など)



株式会社 三社電機製作所

contents

- ・パワーモジュールについて
- ・ブロッキングダイオードモジュールの構成部材
- ・**仕様値設計と信頼性試験**
- ・故障モードについて
- ・ブロッキングダイオードに要求される要素
- ・まとめ

信頼性試験

○三社電機デバイス信頼性試験基準(代表例)

試験項目	実施条件	準拠基準		
		JEITA	IEC	
環境試験	半田耐熱性	※端子半田付けタイプのみ実施	ED-4701/302	60068-2-20
	半田付け性	※端子半田付けタイプのみ実施	ED-4701/303	60068-20
	熱衝撃		ED-4701/307	60749-11
	温度サイクル	保存温度使用範囲	ED-4701/105	60749-25
	衝撃		ED-4701/404	60749-10
	自然落下		-	-
	振動		ED-4701/403	60749-12
	端子強度	※ネジ止めタイプのみ実施	ED-4701/401	60068-2-21
	締め付け強度		ED-4701/402	-
	塩水噴霧		ED-4701/204	-
耐久試験	PCT	※客先要求のある場合実施	-	-
	断続通電試験	個々の製品規格による	ED-4701/106	60749-34
	高温電圧印加	個々の製品規格による	ED-4701/101	60749-23
	高温保存	定格保存上限温度 1000時間	ED-4701/201	-
	低温保存	定格保存下限温度 1000時間	ED-4701/202	-
	耐湿性		ED-4701/103	60068-2-78

応用分野、客先要求などに従い、上記試験の条件、実施の有無を決定する。

設計と各仕様値

信頼性試験(設計・管理時):  
高温逆バイアス試験  
←チップ・モールド材

信頼性試験(設計・管理時):  
断続通電試験  
←チップ損失・モジュール構成材料

故障限界試験(設計時)  
←チップ損失特性・チップ熱容量

信頼性試験(設計・管理時):  
高温逆バイアス支援  
断続通電試験  
その他温度試験

ケース-端子間絶縁試験(全数):  
←モジュール絶縁材料

締め付け試験(設計時):  
←端子固定方法

各仕様値について、電気的特性だけでなく  
設定寿命を保証できることを確認する。

応用分野における使用条件によって  
試験条件が変わる。(=寿命が変わる)

■最大定格

項目	記号	単位
定格ピーク繰返し逆電圧	$V_{RRM}$	V
定格ピーク非繰返し逆電圧	$V_{RSM}$	V
直流逆電圧	$V_{RDC}$	V

整流ダイオードの代表的な  
最大定格・電気的特性項目

(特にことわらない限り $T_j=25^\circ\text{C}$ )

項目	記号	単位	条件
定格平均順電流	$I_{F(AV)}$	A	単相半波平均値, 180°導通角, ケース温度 $\times\times^\circ\text{C}$
定格実効順電流	$I_{F(RMS)}$	A	単相半波実効値, 180°導通角, ケース温度 $\times\times^\circ\text{C}$
定格サージ順電流	$I_{FSM}$	A	1/2サイクル正弦波, 50/60Hz, 波高値, 非繰返し
電流二乗時間積	$I^2t$	$\text{A}^2\text{s}$	1サイクルサージオン電流に対する値
定格接合部温度	$T_j$	$^\circ\text{C}$	
保存温度	$T_{stg}$	$^\circ\text{C}$	
絶縁耐圧(実効値)	$V_{ISO}$	V	AC:1分間
締めトルク	取付	N·m (kgf·cm)	推奨値 2.5~3.9(25~40)
	端子		推奨値 1.5~2.5(15~25)
質量		g	標準値

■電気的特性

(特にことわらない限り $T_j=25^\circ\text{C}$ )

項目	記号	単位	条件
最大逆電流	$I_{RRM}$	mA	定格ピーク繰返し逆電圧に於て, 単相半波, $T_j=150^\circ\text{C}$
最大順電圧降下	$V_{FM}$	V	電流波高値 $I_{FA}$ 瞬時測定
最大熱抵抗	$R_{th(j-c)}$	$^\circ\text{C}/\text{W}$	接合部-ケース間

contents

- ・パワーモジュールについて
- ・ブロッキングダイオードモジュールの構成部材
- ・仕様値設計と信頼性試験
- ・故障モードについて
- ・ブロッキングダイオードに要求される要素
- ・まとめ

故障モード

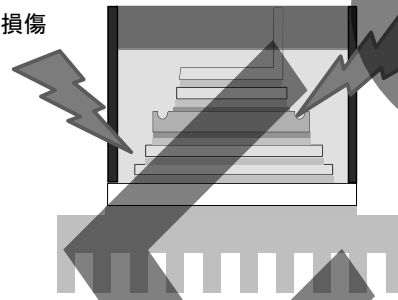
生産・部材不具合などに起因する偶発的故障、設計寿命到達による故障を除いた場合、市場で整流ダイオードが故障する原因について、

- ・過大な逆方向電圧によるアバランシェ(降伏)破壊
- ・過大な順方向サージ電流による熱破壊
- ・サージを含む急激な外部スイッチ動作によるリカバリー(電流によるアバランシェ)破壊
- ・環境からの影響によるモールド部材類の劣化による損傷破壊  
(主に逆方向耐圧の劣化、絶縁性の劣化)

など...

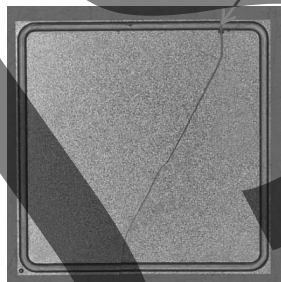
環境異常

= (主に絶縁物の) 構成部材の劣化・損傷



電氣的な外部異常=ダイオードチップを破壊

・過電圧  
による破壊

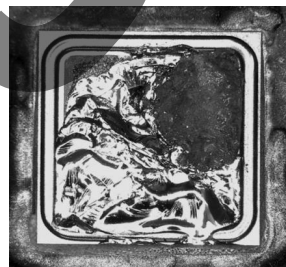


周辺耐圧維持構造部の損傷

⇒素子特性は短絡状態(ショートモード)となる。

電源部が遮断されなければ  
短絡電流による2次的破壊に発展

・過電流  
による破壊



電流集中部分(端子直下、W/B直下、最短経路など)  
から損失による発熱、溶融

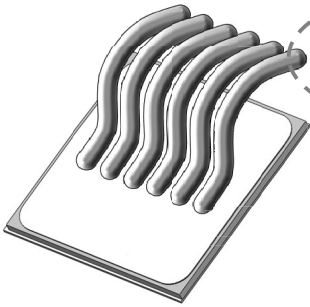
⇒素子特性は短絡状態となる。

破壊モード

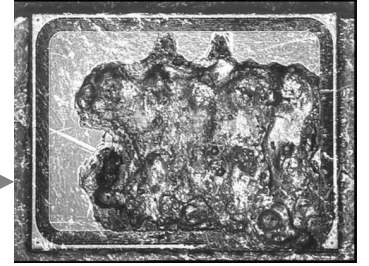
※Siチップ上の構造によって破壊モードが異なる

短絡時電流源となる太陽光用途において  
複数ストリングからの逆流があっても  
瞬時溶断はほぼ不可能

ワイヤーボンド

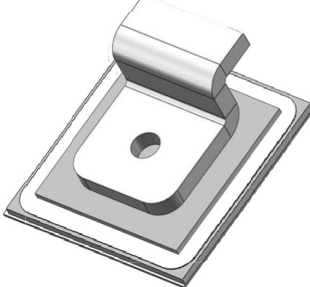


Alワイヤー 350 $\mu$ m $\phi$ 1本当たり  
DC通電およそ30~40Aで溶断(長さ1cm程度)  
瞬時(1/2cyc. 60Hz)およそ400A以上で溶断

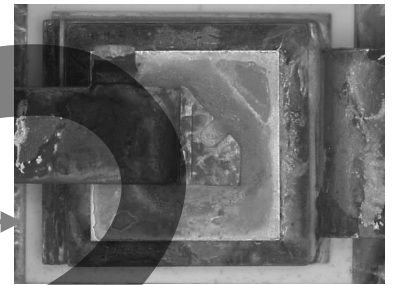


上記溶断限界を超えた場合  
オープンモード破壊  
それ以外はショートモード破壊

端子



端子の溶断限界よりも  
チップSi、電極などの溶融が早く、  
また広範囲の溶融により  
オープンにはなりにくい。



ショートモード破壊

株式会社 三社電機製作所

contents

- ・パワーモジュールについて
- ・ブロッキングダイオードモジュールの構成部材
- ・仕様値設計と信頼性試験
- ・故障モードについて
- ・ブロッキングダイオードに必要とされる要素
- ・まとめ



ブロッキングダイオードに必要とされる要素

ブロッキングダイオードの目的  
= 逆流防止

◎ 印加可能性がある電圧に対して十分なマージンのある定格電圧を持つこと

IEC60364-7-712 Electrical installations of buildings  
: Requirements for special installations or locations – Solar photovoltaic (PV) power supply systems  
712.5 Selection and erection of electrical equipment  
712.512 Operational conditions and external influences  
712.512.1.1 Electrical equipment on the DC side shall be suitable for direct voltage and direct current.  
...If blocking diodes are used, their reverse voltage shall be rated for  $2 \times U_{OC\ STC}$  of the PV string. The blocking diodes shall be connected in series with the PV strings.

太陽光発電用途における各デバイスへの要求

= 長期間壊れない

◎ 長期信頼性寿命(温度サイクル or 断続通電)

△ 上記信頼性寿命を延ばすための使用温度環境(前述)

= 低損失(発電量の最大化)

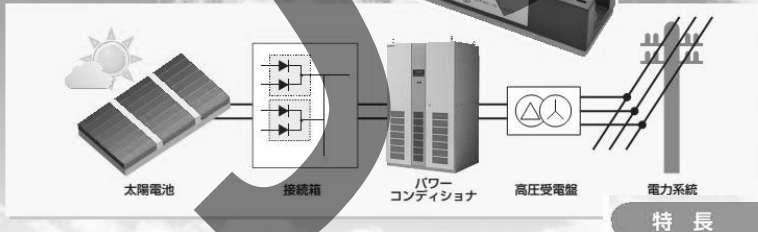
◎ ダイオードチップの低 $V_F$ (順方向電圧降下)化、大チップ化

株式会社 三社電機製作所

太陽光発電システム接続箱用 逆流防止ダイオード

1000V スtring化が進む太陽光発電システムにおいて、  
IEC 規格準拠の高耐圧ダイオードモジュールを他社に先駆けてリリース

太陽光パネル  
DC1000V  
String対応!



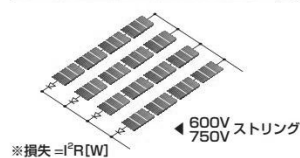
特長

2200V 耐圧 2ヶ入り絶縁型パッケージ。高耐圧でありながら低 $V_F$ (順低圧降下)を実現

太陽光発電システムの効率アップのためString電圧は高圧化の傾向にあり、当社はいち早く高耐圧ダイオードを市場投入しました。

従来の産業用太陽光発電システム

今後主流となる太陽光発電システム



株式会社 三社電機製作所

まとめ

- ダイオードのパッケージ、部材、チップが様々あり、用途によって使い分けている。
- 最大定格・仕様値は、信頼性試験により寿命が確保できるよう確認されている。
- 使用温度・放熱環境によって製品寿命が大きく変わる。
- 太陽光発電用途ではほとんどの場合、ブロッキングダイオードの故障モードは短絡となる。
- ブロッキングダイオードは印加電圧に対して余裕のある定格電圧を選定して下さい。

New technology from US supports developed society

ご清聴有難うございました

action success

global business

idea imagination

power growth

**SanRex**

LEADING THE NEW POWER ELECTRONICS