



德微科技

Eris Technology Corporation

# 電源供應器常見的半導體元件應用 及失效原因解析

**Jerry Wu / Technical Adviser**

Charger • Power Supply • LED Driver

# 二極體在電源上的應用與選擇因素

電力用功率二極體是LED驅動電源上不可或缺的半導體元件，如同所有半導體元件一樣，功率二極體也存在許多工程師在設計驅動電源電路時容易忽略的零件規格與設計考量，本次主題是以LED驅動電源為例，來介紹功率半導體在電路應用上之各項較重要的撰擇考量因素，作為設計工程師在選取適當元件時的參考。

事實上，相同的觀念也可同時應用在所有半導體功率元件的選擇上，但為避免因太多不同類元件之不同規格讓討論變得太複雜，本次僅以簡單之100-240Vac全電壓輸入7W球燈泡用LED驅動器所使用之功率二極體為例來說明各項功率二極體撰擇時所應考量之因素。



德微科技

Eris Technology Corporation

# 二極體在電源上的應用與選擇因素

## 功率二極體在應用選擇時最重要的電性考量因素

1. 耐壓VRRM及VRMS	2. 耐電流IF	3. 最大衝擊電流IFSM
4. 最大逆向電流IR	5. 最大回復時間 trr	6. 最大順向電壓VF
7. 工作溫度 Tj	8. 熱阻抗 R <sub>θjc</sub> 或 R <sub>θja</sub>	9. 信賴度

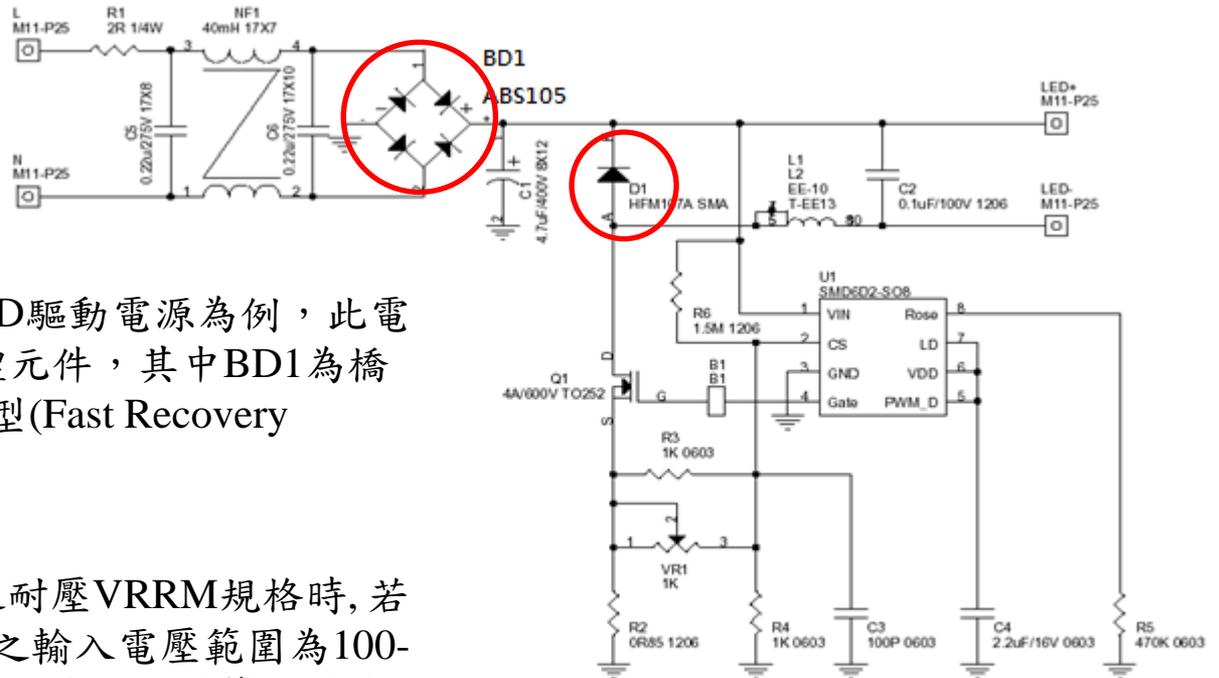
功率二極體一般會區分標準型(STD)、快速型(FR)、高效率型(HER)、超快速型(SF)及蕭特基型(SKY)，下表為二極體製造商Eris所提供的區分方式，注意在不同的線路與工作頻率條件下，所需求之二極體便會不同，而不同系列之規格及價格亦各有優劣點，選取時需特別注意。

# 功率二極體分類

系列 (Family)	標準 (STD)	快速 (FR)	高效率 (HER)	超快速 (SF)	蕭特基 (SKY)
整流原理	P/N Junction	P/N Junction	P/N Junction	P/N Junction	M/S Contact
最高電壓	1000V	1000V	1000V	600V	200V
VF	1.0V	1.3V	1.7V	1.7V	0.87V
IR	5uA	5uA	5uA	5uA	200uA
trr	1000-2000nS 太慢SPEC不放	150-500nS	50-75nS	35nS	4-10nS 太快SPEC不放

功率二極體系列分類表by Eris Technology

# 二極體在電源上的應用與選擇因素



以佳源電子之7W球燈泡LED驅動電源為例，此電路僅使用到兩顆功率二極體元件，其中BD1為橋式整流器，D1為快速回復型(Fast Recovery Rectifier)功率二極體。

計算橋式整流器BD1所需之耐壓VRRM規格時，若因為此一7W球燈泡驅動器之輸入電壓範圍為100-240Vac，依輸出功率7W，效率80%計算，則零件耐壓VR只需340V，而所需之輸入順向耐電流IF也只有0.0875A，計算方式如下：

$$VR = 240 \times 1.414 = 339.36V$$

$$IF = (7 \div 0.8) \div 100 = 0.0875A$$

佳源電子之100-240Vac輸入，7W球燈泡LED驅動電源電路

# 二極體在電源上的應用與選擇因素

若僅依計算出來所需之電壓、電流、功率來選擇一顆340V以上，0.0875A以上之橋式整流器來應用在此一電路中，很可能你還未離開位置，只需加上電源，此驅動電源便會燒毀。所以在實務考量上，我們應依上述所列之應注意之選擇規格順序來考量所需零件之規格，並說明如下：

**1. 耐壓 VRRM 及 VRMS:** VRRM 為最大可重複峰值逆向電壓 (Maximum Repetitive Peak Reverse Voltage) 的規格，而 VRMS 則為最大 RMS 電壓規格，而在設計及線路應用上較容易出問題的都是 VRRM，因在設計時若 VRRM 能符合零件之規格要求時，VRMS 也會在規格內，以一般安全規格測試對輸入電源之允許誤差為 +10% 來考量，此驅動電源之最高連續輸入電壓值便需提高至 264Vac，而此時之輸入交流電壓峰值為 373V，若再加上考量產品需銷往一些電源不太穩定的地區，或實際辦公室環境中所常使用到的冷氣，工廠設備在開關或雷擊時所引起之電源不穩定，設計時之零件工作電壓值便應提高至 300Vac 以上來計算，此時所需之規格值便應在 425V 以上，故便需選用耐壓 600V 以上的產品。

# 二極體在電源上的應用與選擇因素

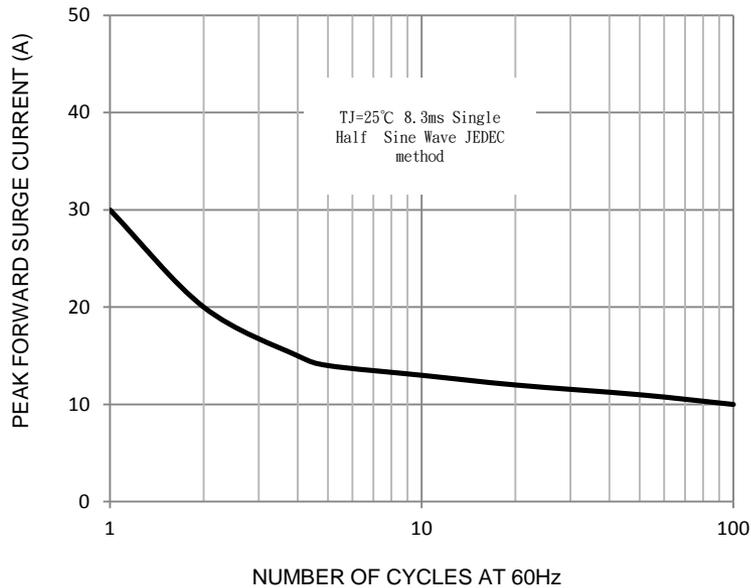


圖2. Eris ABS系列之最大非重複性順向電流

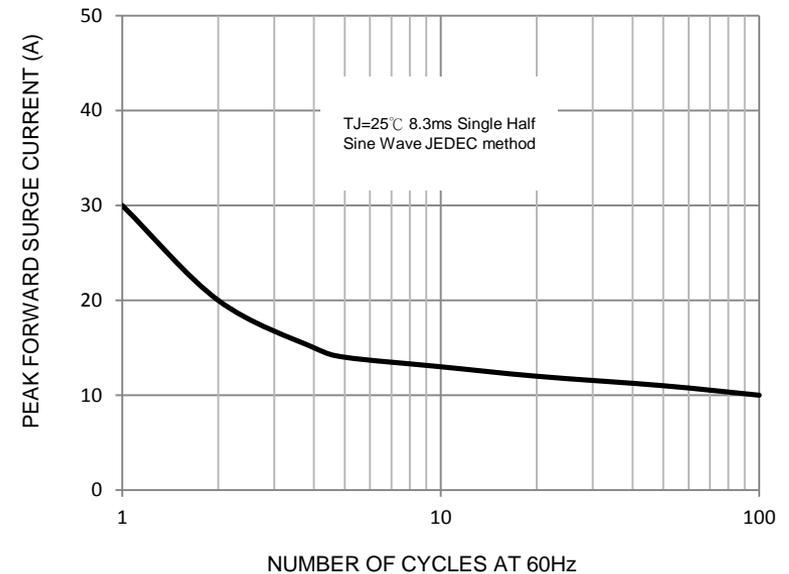


圖2. Eris ABS系列之最大非重複性順向電流

# 二極體在電源上的應用與選擇因素

**2.耐電流IF**：IF為最大平均順向整流電流(Maximum Average Forward Rectifier Current)之規格，因輸入電流應能考量在最低輸入電壓時的數值，故需以最低工作電壓100Vac之允許誤差-10%來計算，此時之電流值使已近0.1A，但實際應選取之規格必需配合瞬間衝擊電流IFSM規格與市場通用規格來一同考量，故實際需選取之規格更高。

**3.最大衝擊電流IFSM**：IFSM是峰值順向衝擊電流(Peak Forward Surge Current)規格，是以非重複性的電源供電頻率1/60Hz半週期8.3mS來定義的，如圖2中ERIS ABS橋式整流系列之圖形，即在電源開機時第一個半週期此1A橋式整流器可容許之非重複性衝擊電流為30A，而第二個半週期則已降低為20A，故設計時需依實際線路中測試電流之最大值來選取適合規格。因為此一7W驅動電源輸入迴路中有2 OHM限流電阻，且橋式整流器後方之高壓電解電容C1值僅4.7uF，故實際測試時之最大輸入電流僅8.8A。所以若使用ERIS產品中之ABS105 600V 1A，其耐電壓與最大衝擊電流規格均可以應用在此驅動電源設計中。在此也提醒各位，若設計中之C1電容較大，如47uF，或串聯之輸入限流阻抗較少時，則很可能會引致因輸入瞬間電流大於30A而燒毀此橋式整流器之現象。

# 二極體在電源上的應用與選擇因素

**4.最大逆向電流 $I_R$** ： $I_R$ 為最大逆向DC電流(Maximum DC Reverse Current)之規格， $I_R$ 逆向電流最常用來計算在二極體反向時之逆向損耗，在一直工作於反向狀態之元件如過電壓保護用之ZENER DIODE時此點便很重要，但在此例中之橋式整流器BD1與D1之應用上，因選用耐壓值與最大逆向電壓有足夠安全距離，且每週期中工作在最大逆向電壓之時間也很短，故逆向損耗在此應用上會很低而可以忽略不計，但假若此線路僅使用400V之耐壓BD1及D1時，雖然在240VAC輸入時，雖然其逆向電壓仍在規格範圍內，但通過此二元件之逆向電流便會隨着電壓之接近規格值而大幅增加，進而影響到逆向消耗功率大顯著上昇，接着影響中心晶片之溫度上昇。



德微科技

Eris Technology Corporation

# 二極體在電源上的應用與選擇因素

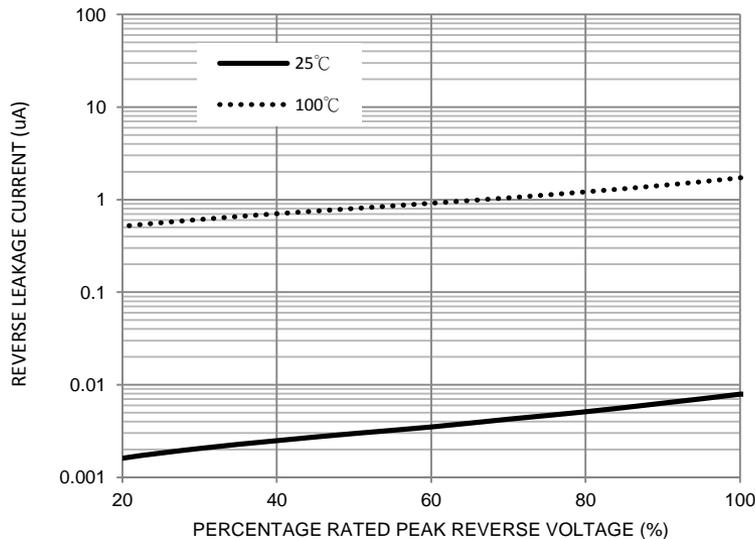


圖3. ERIS ABS-105之逆向電流圖

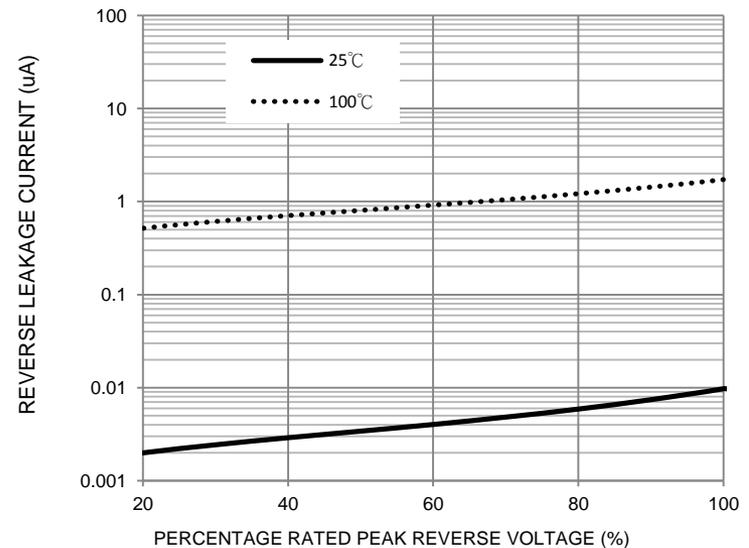


圖4. ERIS HFM-107A之逆向電流圖

•圖3及圖4分別為ERIS之ABS-105及HFM-107A之逆向電流圖，驗證設計時便需特別注意計算量測波形對功率及晶片溫度之影響。因為此部份之量測及計算較為複雜，暫不詳述。



德微科技

Eris Technology Corporation

# 二極體在電源上的應用與選擇因素

**5.最大回復時間trr**：trr為最大逆向回復時間(Maximum Reverse Recovery Time)之規格，本例中之BD1因工作在輸入端，工作頻率僅50-60Hz，所以只需使用一般型橋式整流便可接受，而trr在規格書中也未標示，但D1則應用在高頻交換電路之中，在使用Eris HFM107A時，其量規格之trr時間如圖5是32.21nS，僅佔工作週期時間如圖6為18.52uS之0.174%，因而逆向回復時間所產生之交換損失相對於其他損耗而言便很少，但若將D1變更為一般標準型二極體時，因trr會依表一所示規格增加為1000-2000nS，使其交換損耗佔工作週期之時間便可能大幅增加至10%，最後便會引致D1之交換損失便大幅增加，致使溫度上昇，此電源也可能因為選擇了錯誤之二極體型號而燒毀。



德微科技

Eris Technology Corporation

# 二極體在電源上的應用與選擇因素

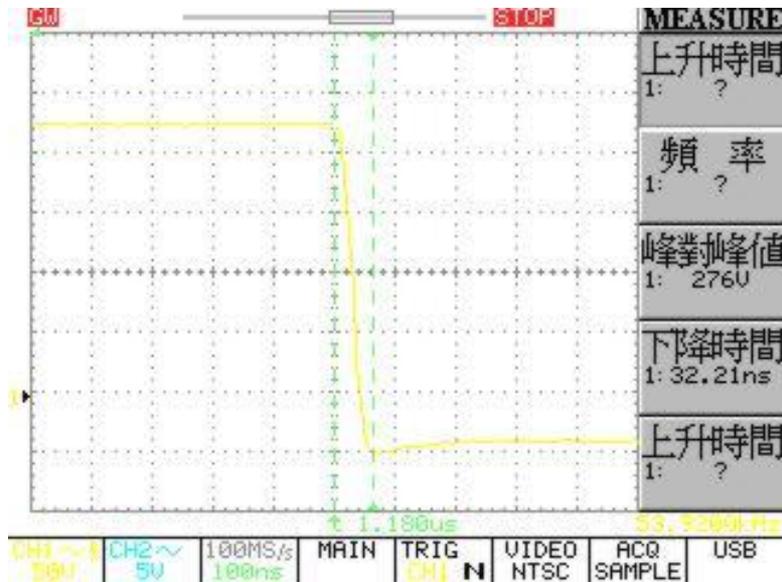


圖5. D1之回復時間trr

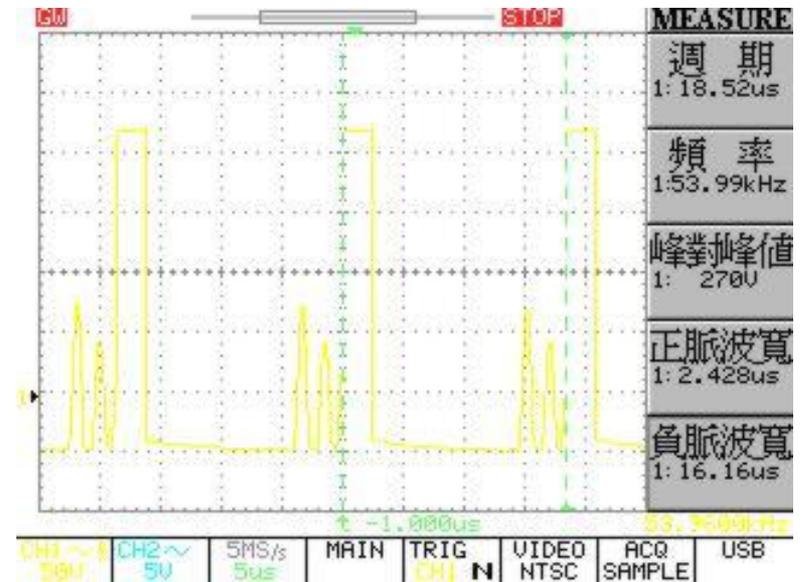


圖6. D1之工作週期

# 二極體在電源上的應用與選擇因素

**6.最大順向電壓VF**：VF為最大順向電壓(Maximum Forward Voltage)之規格，不同系列在連續性低DC電流如1A之應用時功率消耗之差異只有0.1-0.8W，但若在大電流如5A之應用時其不同系列間之功率差異便會達到4W，此時對電源效率及溫度均會有很大的影響，所以使用電流愈大時，能使用較低VF之二極體便顯得十分重要。而此例中不同包裝之BD1的VF規格差異不大，而D1雖然在不同系列間仍有0.3V之差異，但因D1工作在較高電壓，所以0.3V之VF差異對效率之影響極少，在此例之高電壓，低電流應用中VF差異便變得不重要，而因為蕭特基二極體之最高電壓只有200V左右，故也無法適用在此二零件中。

**7.工作溫度Tj**：Tj為工作溫度範圍(Operation Temperature Range)之規格，如BD1所使用之Eris ABS105及HFM-107A均為-55~150°C，此即為晶片之耐溫範圍，工作時若超出150°C或低於-55°C均會導致晶片損毀，在電源供應器之半導體元件應用上，問題大多都是出於工作時使晶片溫度高於規格所示範圍。因Tj的溫度是指零件封裝好之後的內部晶片溫度，而工程人員僅能測量到零件本體或所附散熱片之表面溫度，故計算實際零件Tj溫度時必需一併考量零件消耗功率W，裝配熱阻R<sub>oja</sub>與零件本體傳導熱阻R<sub>ojc</sub>，其計算方式一併在下面介紹R<sub>ojc</sub>規格時說明。



德微科技

Eris Technology Corporation

# 二極體在電源上的應用與選擇因素

**8.熱阻抗  $R_{\theta jc}/R_{\theta ja}$  :**  $R_{\theta jc}$  /  $R_{\theta ja}$ 均為熱阻(Typical Thermal Resistance)之規格， $R_{\theta jc}$ 一般都用在尺寸較大，可直接在本體上以熱偶線量測出溫度數值之零件規格上，意即指從零件內部晶片，經封裝材料一直到零件本體外殼(case)之間所存在的熱阻抗，而  $R_{\theta ja}$ 則使用在包裝較小，不易使用熱偶線量測之零件規格上，意即指從零件內部晶片，經封裝材料一直到零件本體外之環境溫度空氣(ambient)之間所存在的熱阻抗。一般而言，體積愈小之封裝，其  $R_{\theta jc}/R_{\theta ja}$ 值愈大，所以在量測零件溫度時，必需注意計算出零件之總損耗功率，以便推算出內部晶片之實際溫度，而總零件消耗功率大致上可分別依零件導通損耗功率，零件工作時之高頻交換損耗功率，及零件未導通時之逆向損耗功率來分別計算後之總和。最後也需注意產品規格中所需之最高工作環境溫度以免在高環溫使用時造成產品不良。



德微科技

Eris Technology Corporation

# 二極體在電源上的應用與選擇因素

PARAMETER	MAX. % OF RATED STRESS	MAX. AMBIENT TEMPERTURE
POWER	50	$(T_s + T_{max}) / 2$
Forward Continuous Current	50	$T_s =$ operation temp. at full stress
Inverse Voltage	65	$T_{max} =$ Max. Junction temp. from spec.
Transient Voltage	80	
Surge Current	70	

MIL-S-19500對二極體應用之減額要求表



德微科技

Eris Technology Corporation

# 二極體在電源上的應用與選擇因素

**9.信賴度**：雖然依零件規格來設計產品是一般工程師都應注意到的重要項目，但產品往往在送到客戶手上或在市場實際應用時仍會不斷發生客戶無法滿意或難以忍受之不良率，此時很可能是產品設計時未認真考量零件操作信賴度之問題，在計算零件信賴度時，業界普遍會依循**MIL-HDBK-217F**為計算標準，建議在完成設計前先行依此一標準計算零件實際工作中之信賴度是否符合產品之設計期待，並在有需要時增加零件減額定**DERATING**之規格以提昇產品在實際使用中之信賴度。若認為**MIL-HDBK-217F**之計算太過複雜，也可依下表**MIL-S-19500**對符合**MIL STANDARD**二極體應用時所建議之零件減額要求來設計。

- 雖然大部份之商業產品設計中因成本, 體積等考量很可能無法滿足上表之要求規格，但針對各類元件建立自己公司的減額標準仍然是提昇產品信賴度設計中十分重要及必要的。
- 若對各種二極體電性考量因素有疑問及深入探討之需要時，建議可找相關之技術資料及聯絡半導體廠商之應用工程師，多作討論及實測波形，以建議最適合之使用元件。



德微科技

Eris Technology Corporation



# 實例解析



德微科技

Eris Technology Corporation

# 實例解析



德微科技

Eris Technology Corporation



# Eris Tech.

## QA Equipments



德微科技

Eris Technology Corporation

# 信賴性測試設備

QA Equipments

Strict quality control  
Rigorous standards

Highest quality  
guarantee



HAST (Highly Accelerated Stress Tester)

冷熱衝擊試驗機  
可承受在極低溫環境瞬間轉變為高溫度  
環境條件衝擊後，正常工作的信賴度測  
試。

T/C (Temperature Cycle Tester)



德微科技

Eris Technology Corporation

# 信賴性測試設備

QA Equipments

Strict quality control  
Rigorous standards

Highest quality  
guarantee



H3TRB ( High Humidity High Temperature Reverse Bias Tester )

高溫高濕反偏測試機  
藉由高溫，高濕及高偏壓的環境  
判定產品之可靠度。

PCT ( High Pressure Accelerating Life Tester )



# 信賴性測試設備

QA Equipments

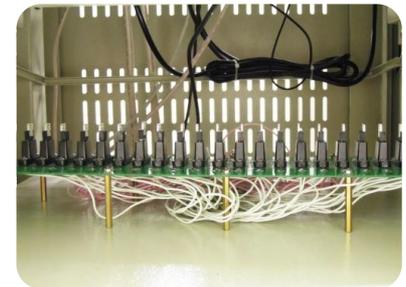
Strict quality control  
Rigorous standards

Highest quality  
guarantee



間歇工作壽命測試機  
藉由ON/OFF開關測試之狀態判  
定產品可靠度。

IOL ( Intermittent  
Operational Life Taster )



OPL ( Operational Life  
Taster )



德微科技

Eris Technology Corporation

# 信賴性測試設備

QA Equipments

Strict quality control  
Rigorous standards

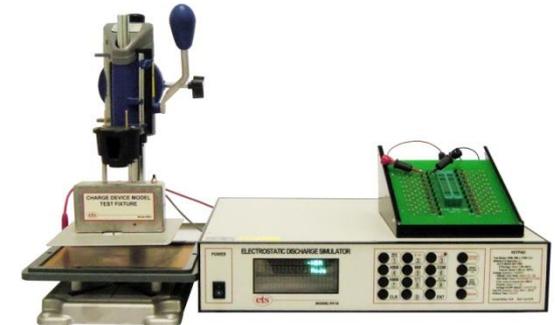
Highest quality  
guarantee



HTRB ( High Temperature Reverse Bias Taster )



ESD ( ESD Electrostatic Discharge Tester)



可受長時間高溫環境下，正常工作的信賴度測試。



德微科技

Eris Technology Corporation

# 基本量測設備

QA Equipments

Strict quality control  
Rigorous standards

**Highest quality  
guarantee**



RTHJ (Thermal Resistance Junction) Tester

二極體精密電性測試機  
精密準確的量測整流二極體的  
順向電壓值及可承受之逆向崩  
潰電壓與逆向電流。

Precision Diode Electrical  
Characteristic Testers



德微科技

Eris Technology Corporation

# 失效分析設備

QA Equipments

Strict quality control  
Rigorous standards

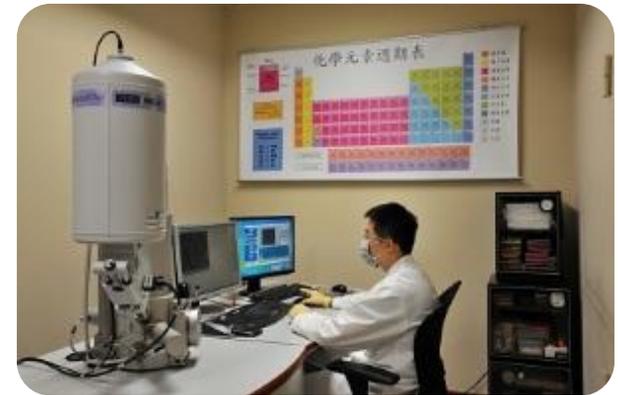
Highest quality  
guarantee



X-Ray Fluorescence Tester

掃描式電子顯微鏡的電子束不穿過樣品，僅在樣品表面掃描激發出二次電子。搭配EDS 可分析顯微區域之定性及定量成份分析。

SEM ( Scanning Electron  
Microscope Tester ) &  
EDS (Energy Dispersive  
Spectrometer)



X-RAY 透視照相儀  
不需經分解就能透視產品內  
部組裝結構品質。



德微科技

Eris Technology Corporation

# 失效分析設備

QA Equipments

Strict quality control  
Rigorous standards

Highest quality  
guarantee



SAT (Scanning Acoustic Tomography Tester)

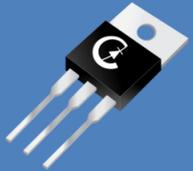
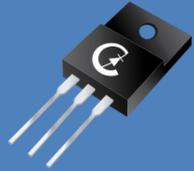
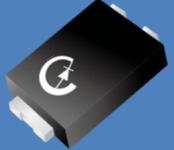
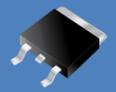
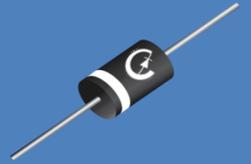
使用超音波進行結構內部的封裝品質  
量測，如脫層 (Delamination) 或裂縫  
(Crack) 等的非破壞性分析。



德微科技

Eris Technology Corporation

# Low VF Schottky Product Line (Trench / Planar)

IF	TO-220AB	ITO-220AB	TO-277	DPAK	D2PAK	DO-201AD
3A/5A						
3A/5A						⊙
6A			⊙			⊙
8A					⊙	⊙
10A	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
12A			⊙			
15A			⊙			⊙
20A	⊙	⊙	⊙		⊙	⊙
30A	⊙	⊙			⊙	
40A	⊙	⊙				
60A	⊙	⊙				



德微科技

Eris Technology Corporation

# Low VF Schottky Product Line (Trench / Planar)

IF	SOD-123F	SMA	SMAF	SMB	SMC
2A					
2A	◎	◎			
3A	◎	◎	◎	◎	
5A		◎	◎	◎	◎
8A			◎	◎	
10A				◎	◎
15A					◎
20A					◎
30A					◎
40A					◎



德微科技

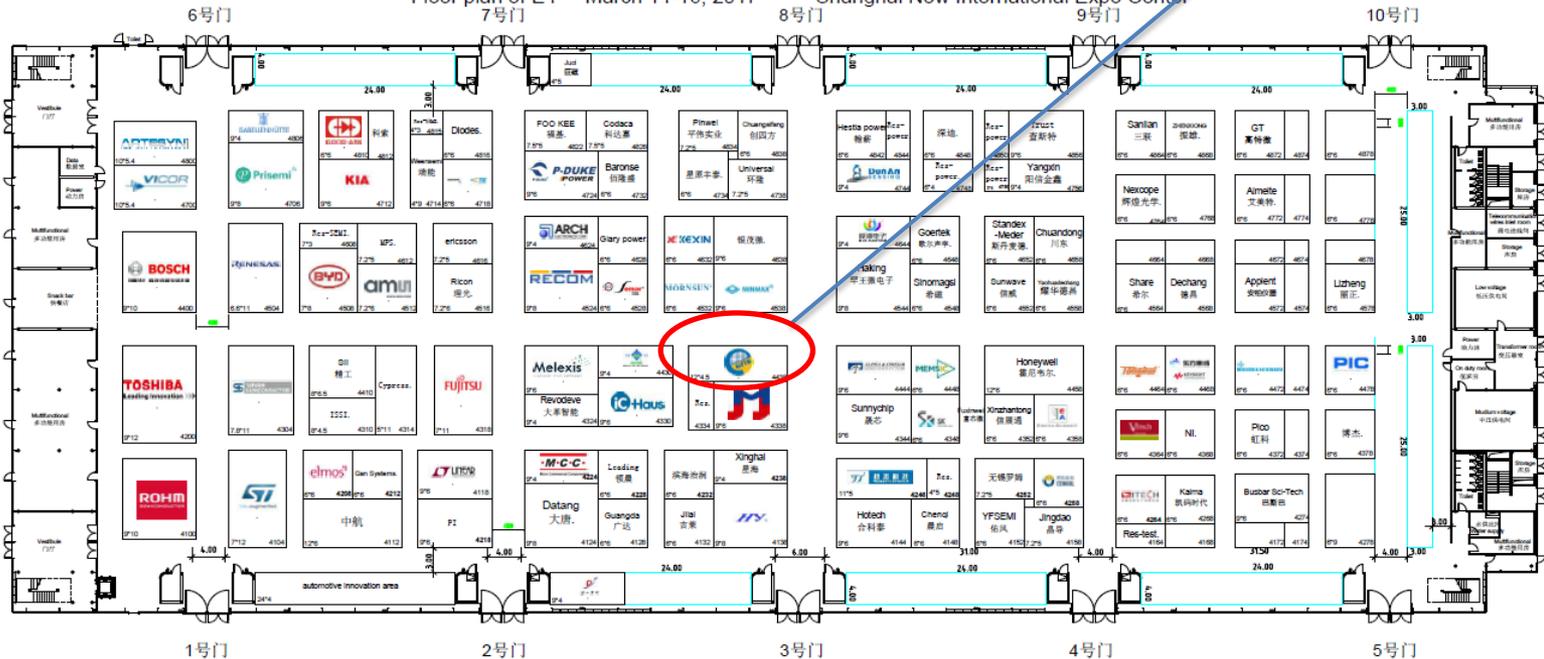
Eris Technology Corporation

# 敬邀 3/14 -16, 2018上海電子展

 **electronica China**  
**慕尼黑上海电子展**



E4馆展位图 2018年3月14-16日 上海新国际博览中心  
 Floor plan of E4 March 14-16, 2017 Shanghai New International Expo Center





Thank you



德微科技股份有限公司  
Eris Technology Corporation

[www.eris.com.tw](http://www.eris.com.tw)