

# Power 88 高壓 SMD 封裝 實現高功率密度

隨著電源轉換效率變得日益重要，離散式元件技術快速進步，超接面 MOSFET 的超快開關速度是提高效率的關鍵選擇。但是，與傳統平面 MOSFET 相比，控制成為人們關注的焦點。為了幫助電源設計者解決這些問題，Fairchild 提供新的封裝技術，使開關效能最大化，同時確保在薄型封裝中的高效率。

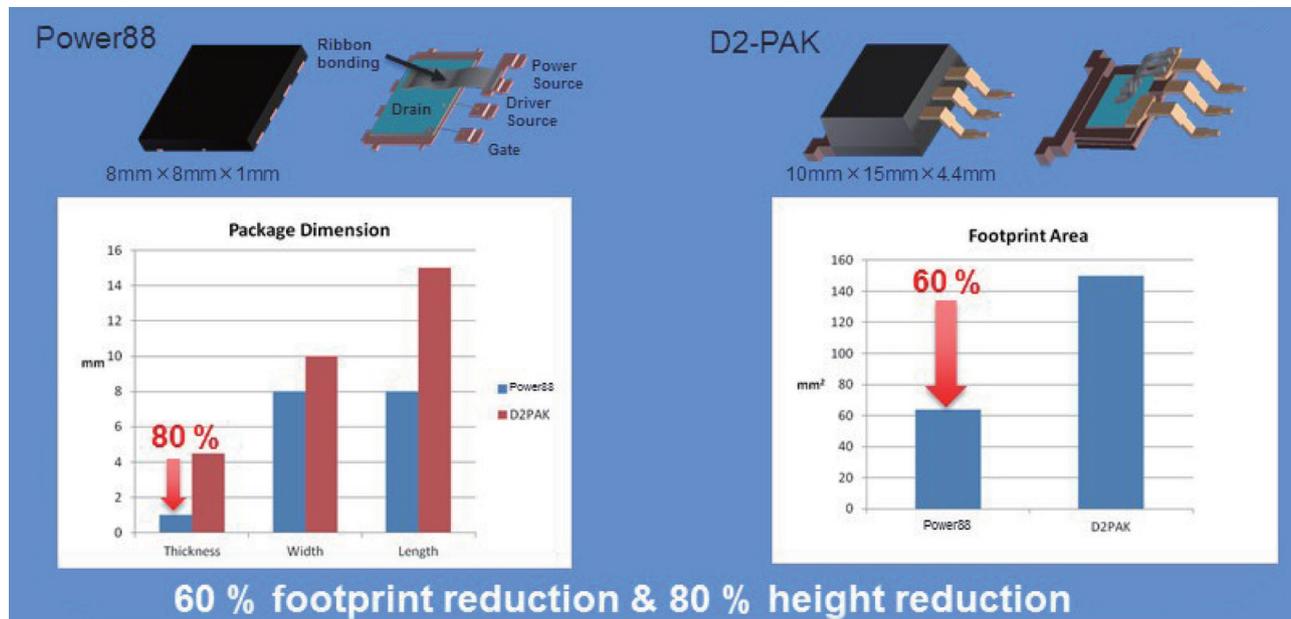
■作者：Wonsuk Choi 及 Dongkook Son/Fairchild

## 簡介

超接面 MOSFET 普遍用於 600 至 800 V 的電壓範圍。在此電壓範圍內，廣泛採用貫孔封裝，如 TO-220 或 TO-247，因為該封裝具有良好的熱效能且易於設計。但是，較大的封裝由於大尺寸及長引線，會產生較大的封裝寄生元件的缺點。如需在不同應用中使用超接面 MOSFET 來驅動快速開關，有必要瞭解在 MOSFET 封裝內寄生元件產生的影響。低 RDS(ON) 及低寄生元件是降低導通損失與實

現最佳開關效能，在低電壓封裝中實現高效率的關鍵因素。D2-PAK 是高壓 MOSFET 的表面黏著封裝 (SMD)，但是仍然較大，且具有較大的源極寄生電感。Power 88 高壓 SMD 封裝是無導線封裝，專為高壓超接面 MOSFET 開發而成，用以實現更高的功率密度與小尺寸要求。這種新型封裝是高為 1mm，寬為 8mm，長為 8mm 的超薄型封裝，占位面積僅為 64 mm<sup>2</sup>，比目前業界用於高電壓 MOSFET 的標準 SMD 封裝 D2-PAK 要小得多，如圖 1 所示。

圖 1：Power 88 及 D2-PAK 封裝尺寸與占位面積比較



Power 88 封裝將大電流的源極及驅動的源極分開來減少兩者相互影響。如表 1 所示，該封裝具有非常低的寄生電感，以達到卓越的開關效能。Power 88 封裝的共源極電感值大約為 3 nH，而 D2-PAK 為 7 nH。與 D2-PAK 相比，Power 88 封裝可以同時減少源極及閘極電感。如圖 2 所示，標準閘極驅動電路包含共源極電感，而 Power88 封裝將功率與驅動源極分開，從而最大程度地減少開關瞬態期間的共源極電感影響。

表 1：每種封裝估計的寄生電感比較

DUT	LS [nH]	LD [nH]	LG [nH]
Power88 封裝	2	1	4
D2-PAK 封裝	7	1	7

## 降低的閘極振盪

為瞭解振盪作用，我們使用分析性 PSPICE 模擬來類比瞬態開關特性，重點關注關斷瞬態期間功

率 MOSFET 及印刷電路板佈局中寄生電感 (LG 及 LS) 的影響。圖 3 顯示閘極至源極電壓的 PSPICE 模擬波形，VGS；內部閘極至源極電壓，VGS\_int；汲極至源極電壓，VDS；MOSFET 的電流通過 Ichannel；以及汲極電流，ID，在箝位電感性負載開關電路中。為了說明具有寄生電感效應的功率 MOSFET 的閘極振盪，將關斷瞬態分為兩個時段 (t1~t2)。圖 5 顯示包括寄生電感的 MOSFET 等效電路。

圖 3：關斷瞬態時的模擬波形

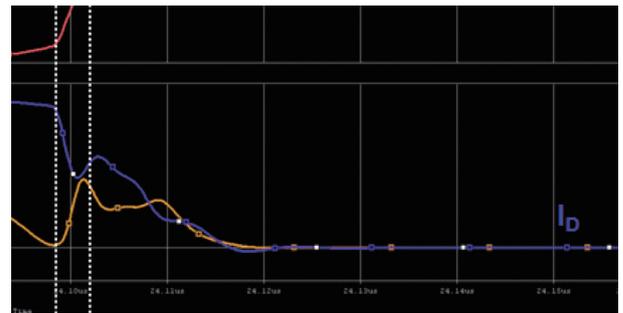
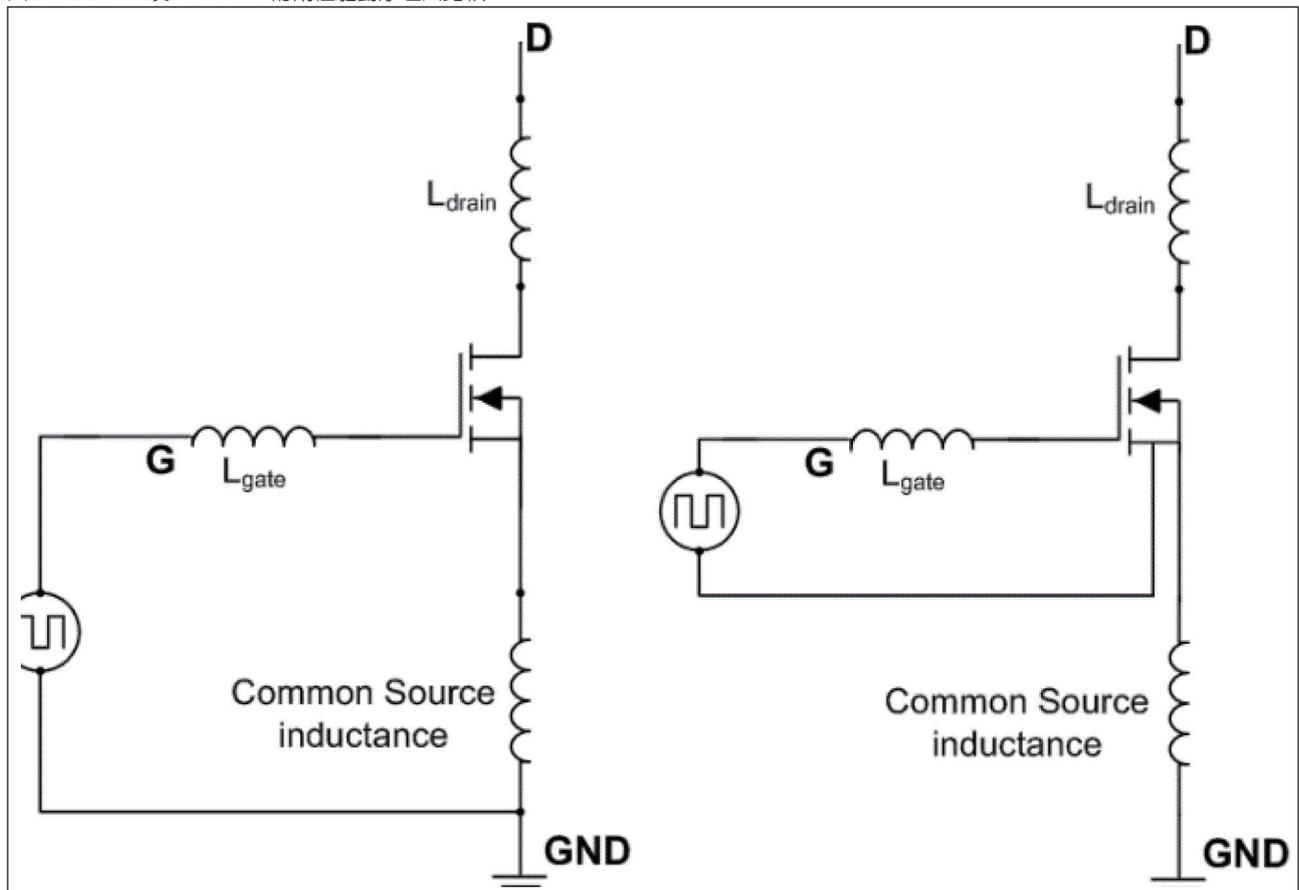


圖 2：D2-PAK 及 Power 88 的閘極驅動原理圖比較



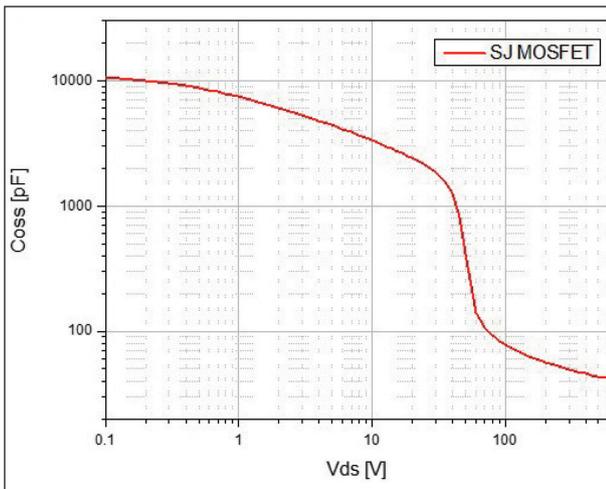
#### 1. 時間間隔 t1 期間

由於輸入電容放電，電壓  $V_{GS}$  呈指數式下降，即閘極至源極電容， $C_{GS}$ ，以及閘極至汲極電容  $C_{GD}$ ，透過閘極電阻  $R_g$  放電，如圖 5(a) 所示。當閘極電壓達到閘極平臺電壓時，MOSFET 中的通道電流由於 MOSFET 輸出特性而降低，即閘極電壓與汲極電流之間的特徵性曲線。同時，輸出電容緩慢充電。

#### 2. 時間間隔 t2 期間

超接面 MOSFET 的  $C_{oss}$  在大約 30~50V 漏源極電壓下減少非常快速，如圖 4 所示。

圖 4：超接面 MOSFET 非線性  $C_{oss}$



這些影響產生極快  $dv/dt$  及  $di/dt$ ，如圖 3 所示。同時，負向汲極電流斜率 ( $di_D/dt$ ) 造成共源電感  $L_S$  的壓降。

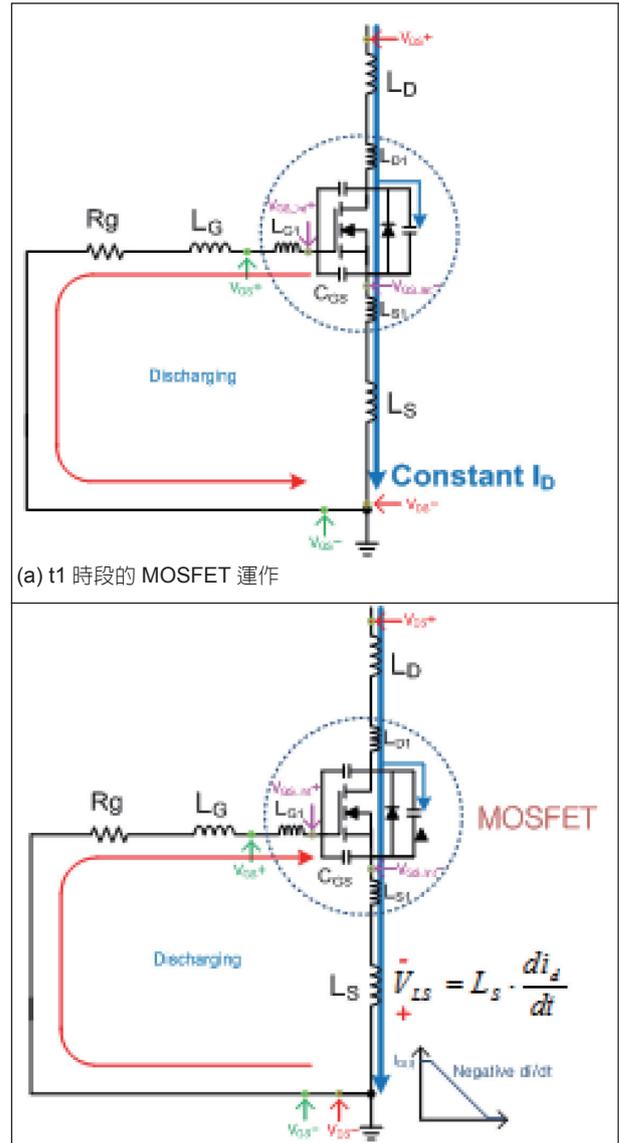
此電壓下降導致負閘極電壓的出現。受此影響，放電電流向相反方向流動，如圖 5(b) 所示。為了減少閘極振盪，需要減小閘極電感  $L_G$  及共源極電感  $L_S$ 。Power88 封裝可以減少這些寄生電感，因此，是更適合實現最佳閘極振盪。

### 資料測量開關損失及效率

#### 開關效能

為了比較 Power88、D2-PAK 及 TO-220 封裝在 600V/199mΩ SuperFET II MOSFET 中的開關

圖 5：MOSFET 等效電路，包括寄生電感



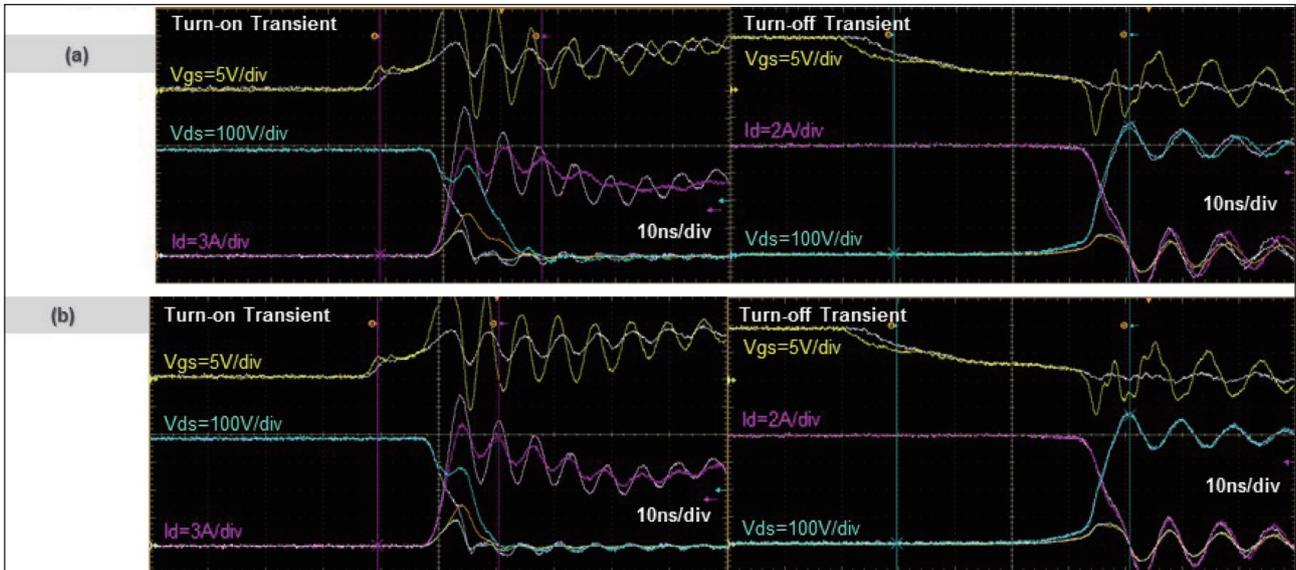
(a) t1 時段的 MOSFET 運作

(b) t2 時段的 MOSFET 運作

效能，設計了一個箝位感性開關電路。該電路優化實現每種封裝的最小寄生電感。圖 6 顯示箝位感性開關測試（使用 600V/6A SiC 肖特基二極體）中導通及關斷瞬態下的 DUT 開關波形比較。測量條件是： $V_{DD}=380V$ 、 $I_D=8A$ 、 $R_{on}=2\Omega$ 、 $R_{off}=1\Omega$ 。圖 6(a) 顯示 600V/199mΩ SuperFET II MOSFET 中 Power88 (白色) 與 TO-220 (彩色) 封裝的波形比較。圖 6(b) 顯示 Power88 (白色) 與 D2-PAK (彩色) 封裝的波形比較。同樣如圖 6 所示，SuperFET

圖 6：600V/199 mΩ SuperFET II MOSFET 開關效能在 Power88、D2-PAK 及 TO-220 中的比較，測量條件是  $V_{DD}=380V$ 、 $V_{GS}=10V$ 、 $R_{ON}=2.0\Omega$ 、 $R_{OFF}=1.0\Omega$ 、 $I_D=8A$

(a) 波形比較：Power88(白色)及 TO-220(彩色)；(b) 波形比較：Power88(白色)及 D2-PAK(彩色)



MOSFET 中 Power88 的導通損失是 53.7% 及 67.3%(9.1uJ)，小於 D2-PAK(19.7uJ) 及 TO-220(27.9uJ) 封裝。在採用 Power88 的 SuperFET II MOSFET 中，漏源極電壓及汲極電流的交叉區域在導通及關斷瞬態時低於 D2-PAK 及 TO-220。而且，由於 Power 88 封裝較低的寄生電感及 Kelvin 連接結構，其閘極振盪(黃色)大幅度減少了。

0 顯示  $V_{DD}=380V$ 、 $I_D=8A$ 、 $R_{ON}=2.0$ 、 $R_{OFF}=1.0\Omega$ 、 $V_{GS}=10V$  測量條件下的開關損失概述。如開關損失分析中所示，Power 88 中 199mΩ SuperFET II MOSFET 的總開關損失與 D2PAK 及 TO-220 封裝相比大幅降低，原因是在最小化電壓及

電流振鈴時透過共源電感將壓降將至最低。

## 效率

我們設計了 350W、67kHz、CCM 升壓 PFC，以便比較 600V/199mΩ Power88 及 600V/199mΩ D2-PAK，如圖 8 所示。使用 600V/6 A SiC 肖特基二極體作為升壓二極體。測量值在整個負載範圍(60W~350W)及 230VAC 輸入電壓時測得。

圖 8：350 W CCM PFC 評測板

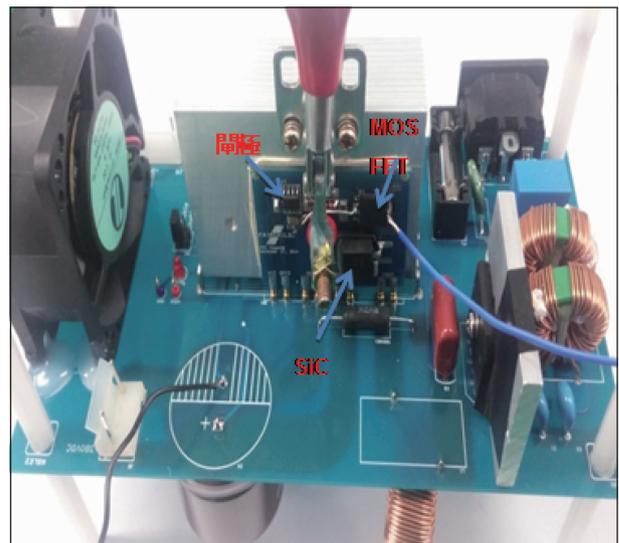


圖 7：DUT 開關損失分析：測量條件是  $V_{DD}=380V$ 、 $V_{GS}=10V$ 、 $R_{ON}=2.0\Omega$ 、 $R_{OFF}=1.0\Omega$ 、 $I_D=8A$

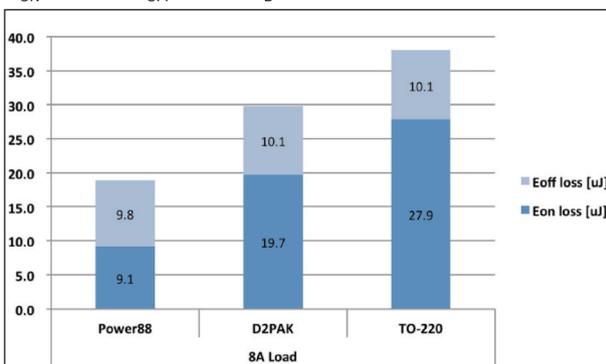
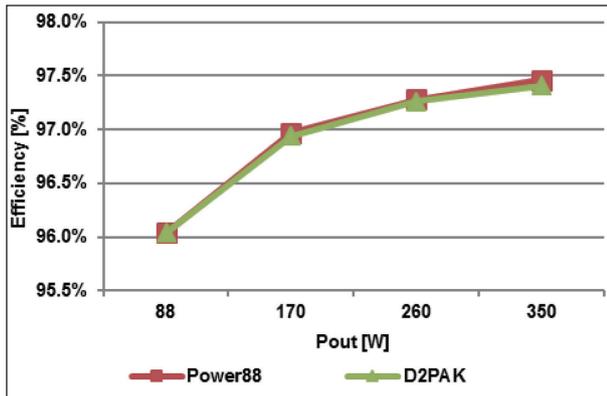


圖 9：效率比較



## 濕度敏感性等級測試

根據 IPC/JEDEC 的 J-STD-20 濕度 / 回流敏感性等級 SMT，濕度敏感性共分八個等級。

Fairchild Power88 封裝的一個重要特性是潮濕敏感度為 1 (MSL1)，允許在潮濕測試中在 30°C/85% RH 條件下暴露無限時間，如表 2 所示。競爭產品的相同封裝潮濕敏感度為 MSL 3。為了驗證 Power 88 封裝相對於其他製造商產品的耐用性，在 -65°C 至 +150°C 溫度區間的 15 分鐘內進行了多達 3000 次的溫度週期測試 (TMCL)，用以加速封裝及元件不同配件的熱膨脹失配影響。如表 3 TMSC 測

表 2：潮濕敏感度

LEVEL	FLOOR LIFE		SOAK REQUIREMENTS				
			STANDARD		ACCELERATED EQUIVALENT <sup>1</sup>		
					eV 0.40-0.48	eV 0.30-0.39	CONDITION
TIME	CONDITION	TIME (hours)	CONDITION	TIME (hours)	TIME (hours)	CONDITION	
1	Unlimited	≤30 °C/85% RH	168 +5/-0	85 °C/85% RH	NA	NA	NA
2	1 year	≤30 °C/60% RH	168 +5/-0	85 °C/60% RH	NA	NA	NA
2a	4 weeks	≤30 °C/60% RH	696 <sup>2</sup> +5/-0	30 °C/60% RH	120 +1/-0	168 +1/-0	60 °C/60% RH
3	168 hours	≤30 °C/60% RH	192 <sup>2</sup> +5/-0	30 °C/60% RH	40 +1/-0	52 +1/-0	60 °C/60% RH
4	72 hours	≤30 °C/60% RH	96 <sup>2</sup> +2/-0	30 °C/60% RH	20 +0.5/-0	24 +0.5/-0	60 °C/60% RH
5	48 hours	≤30 °C/60% RH	72 <sup>2</sup> +2/-0	30 °C/60% RH	15 +0.5/-0	20 +0.5/-0	60 °C/60% RH
5a	24 hours	≤30 °C/60% RH	48 <sup>2</sup> +2/-0	30 °C/60% RH	10 +0.5/-0	13 +0.5/-0	60 °C/60% RH
6	Time on Label (TOL)	≤30 °C/60% RH	TOL	30 °C/60% RH	NA	NA	NA

試結果所示，FCMT199N60 在 TMCL 3000 次週期測試期間無剝離，而所有其他部件在 1000 次迴圈中就發生剝離，還有競爭產品 B 的 5 個元件 (共 30 個元件) 在 2500~3000 次週期中，由於低 Idss 及低 Vth 而發生故障。Fairchild Power 88 封裝具有耐用的 MSL 設計，能夠在運輸存儲期間降低故障風險。

## 主要特點及優勢

Fairchild Power 88 是超薄表面貼裝封裝 (1mm 高)，外型低矮且占位面積也很小 (8x8mm<sup>2</sup>)。由於較低的源極寄生電感，隔離了電源及驅動，Power 88 封裝提供卓越的開關效能。Power88 提供濕度

表 3：TMCL 測試後的 CSAM 圖

DUT	0 次週期	1000 次週期	2000 次週期	3000 次週期
FCMT199N60				
競爭產品 A				
競爭產品 B				
競爭產品 C				

表 4：Power88 封裝的特點及優勢

主要封裝特點及優勢				
主要特性	小尺寸薄型封裝	Kelvin 連接結構低封裝電感	帶狀式黏合	濕度敏感度 (MSL 1)
應用優勢	最高的功率密度設計	低開關損失較低閘極振盪簡 單易用	更高的電流能力更低的接 觸電阻 R 及寄生電感 L	元件的壽命越長，比較不 需要擔心儲存環境。

敏感度 1 (MSL 1) 的等級。表 4 顯示 Power88 封裝的特點及優勢。

## 結論

為了在高電壓應用中利用 PQFN 封裝的優勢，Fairchild 開發了 8x8 mm PQFN 封裝，稱為 Power 88，旨在實現高功率密度。

這款新的封裝比 D2-PAK 小巧得多，同時滿足淨空及爬電距離要求。

將低寄生效應封裝及 Kelvin 連接結構相結合，從而降低開關損失，提高 EMI。Power 88 封裝允許設計者在功率密度最為關鍵的應用領域中最小化系統尺寸，同時將超接面 MOSFET 的效能提升到極致。

## 更多資訊

■ AN-5078：Fairchild 高電壓 Power88 封裝的電路板裝配指南。

■ <http://www.fairchildsemi.com/an/AN/AN-5078.pdf>

■ AN-4178：新型高電壓 SMD 封裝 Power 88，用

於高效率、小尺寸功率系統。

■ <http://www.fairchildsemi.com/an/AN/AN-4178.pdf>

## 作者介紹：



Wonsuk Choi 自 2004 年開始在 Fairchild 工作，目前是韓國高電壓產品線的電源系統團隊主要應用工程師。他的研究興趣在離散式元件，比如超接面 MOSFET、遮罩閘極溝道 MOSFET、場截止 IGBT、SiC 肖特基二極體及 GaN HEMT。他在 2005 年獲得韓國首爾漢陽大學的電機工程碩士學位。



Dongkook Son 在 2006 年獲得韓國大邱慶北大學的電子工程碩士學位。目前，他就職於 Fairchild 韓國半導體公司，擔任 HV PCIA，電源系統團隊的應用工程師。 CTA

## EPC 推出 EPC9065 開發板

宜普電源轉換公司 (EPC) 推出 EPC9065 開發板，可作為面向 AirFuel 聯盟的 Class 4 及 Class 5 無線電源傳送應用的放大器功率級。該板的配置採用零電壓開關 (ZVS) 差分模式 D 類放大器拓撲，而且不只限於 6.78 MHz 工作頻率 (最低 ISM 頻帶)。

EPC9065 開發板包含所有重要元件，包括以螺栓方法安裝的兩個散熱器，可增加電流傳輸能力。該板易於與現有的系統連接，從而加速終端產品的上市進程。

該開發板採用 100 V 的 EPC2007C 及 EPC8010 增強型氮化鎵場效應電晶體。放大器可以預設採用差分或單端工作模式，並且包含閘極驅動器、一個 6.78 MHz 振盪器，以及在每一個 D 類部分配備獨立的散熱器。

<http://epc-co.com/epc/Products/DemoBoards.aspx>。