

小型パワー MOSFET HEXFET の ESD 耐量

訳 アイアールファースト株式会社

小型パッケージパワー MOSFET は、定量的に ESD 耐量を示す事が出来る。テスト方法、基本概念、結果を本 Design Tips に示す。

テスト方法

それぞれの素子サンプルは、ヒューマンボディモデル(1500 , 100 pF)とマシンボディモデル(0 , 200 pF) の MIL-STD-750C(method 1020.2)にて測定された。素子は、ゲート・ソースピンに 1 秒間の 3 正パルス、3 負パルスをかけ、破壊するまで電圧をステップ状にあげた。ゲートは、 $V_{gs(max)}$ をパルス間にかける事で測定した。計算された実効値を表 1 に示す。これらの値は参考値であり、保証値を示すものではない。正確にテストを行った場合でもデバイス間の標準偏差により、多くは、 $\pm 30\%$ 内に分布する。

基本概念

パワー MOSFET では、MOS の構造上、ESD に非常に敏感な素子と見なされている。シリコン酸化膜がゲートに使われている。酸化膜は、チャンネルを導通させるコンデンサの様に働き、ゲート電圧がかけられた時、デバイスをターンオンさせる。酸化膜は高電圧がかかると破壊する。

ほとんどの MOSFET は、データシート上に $V_{gs(max)}$ 値が記載され、この値を越えてはならぬ。接地処理のない人、或は機械接触による静電容量は、 $V_{gs(max)}$ 定格を越えて、電圧パルスを引き起こす。FET の ESD 能力は、以下の 2 つの要因に起因する。

- 1 . チップサイズ
- 2 . ゲート酸化膜の厚さ

チップサイズは、第一の要因であり、サイズが大きくなれば、ポリシリコン部が広くなり、高電圧に耐える事ができる。結果として、ESD 能力は、チップサイズにより直線的に増加する。酸化膜の厚さも要因にはなり得るが、 $V_{gs(th)}$, $V_{gs(max)}$, $R_{ds(On)}$ の本来の MOSFET の性能設計により、厚さは決められる。酸化膜を厚くする事で ESD の能力を幾分上げる事は出来る。本試験結果では、N,P チャンネルの差は見られなかった。アイアール社の MOSFET には、以下の 3 種類のゲート酸化膜が存在する。

Series	Gate Oxide Thickness	BV _{DSS} Range	V _{GS} condition of		
			V _{GS(th)Min}	V _{GS(max)}	R _{DS(on)}
Standard	Maximum	55V and above	2 V	20V or 30V	10V
Logic-Level	Medium	30V and above	1 V	16V or 20V	4 ~ 5V, 10V
Low V _{th} (3V-drive)	Minimum	20V	0.7V	8V or 12V	2.5 ~ 2.7V, 4.5V

表 1

MOSFET の ESD 耐量は、ゲート・ソース間にツエナーダイオードを素子内部に作るかもしくは外部に付ければ著しく増加する。ツエナーダイオード使用により、ESD 能力は小型パッケージでさえ、ヒューマンボディモデルで 2KV、マシンボディモデルで 500V に達する。しかし、ツエナーダイオードはコストアップにつながり、又、ダイオードを内蔵する事で携帯機器には重要なパラメータであるゲート・ソース間の漏れ電流 (I_{gss}) を増加させる要因となる。具体的には、I_{gss} 定格は、標準品の ± 100nA に比べて、ツエナーダイオード内蔵した場合は、100 倍の ± 10 μ A に達した。

実験結果

表 2 に、実験結果を示す。最少パッケージ Micro3 は、ヒューマンボディモデルで ~ 150V を示し、幾分大きなパッケージの Micro6 では、~ 275V を示している。2 個入りの Micro8 は、Micro6 と同じ結果を示し (同一チップサイズ使用)、1 個入り Micro8 では 500 ~ 600V の耐量となっている。S0-8 は、各種チップを封入する事ができ、ヒューマンボディでレンジは、~ 250V から ~ 1800V と様々である。

Package	Type	Part Number	ESD Average Human Body Model	Failure Point Machine Body Model	Package	Type	Part Number	ESD Average Human Body Model	Failure Point Machine Body Model		
SO-8	30V N-channel	IRF7413	1790	481	Micro8	30V N-channel	IRF7603	394	173		
		IRF7403	1067	355			IRF7503	246	197		
		IRF7201/IRF9410	394	173			IRF7601	494	201		
	20V N-channel	IRF7303	577	215		30V P-channel	30V P-channel	IRF7501	295	105	
		IRF7101/IRF9956	246	97				IRF7606	928	204	
		IRF7401	958	328				IRF7506	320	123	
	30V P-channel	IRF7311	925	279		20V P-channel	20V P-channel	IRF7604	478	156	
		IRF7301	450	173				IRF7504	275	81	
		IRF7416	1583	484				IRLMS1503	246	97	
	20V P-channel	30V P-channel	IRF7406	1068		388	Micro6	30V N-channel	IRLMS1902	295	105
			IRF7204/IRF7205	928		204			IRLMS5703	320	123
			IRF7306	509		195			IRLMS6702	275	81
20V P-channel		IRF7104	320	123	30V N-channel	30V N-channel		IRLML2803	146	57	
		IRF7404	824	255				IRLML2402	152	60	
		IRF7304	428	197				IRLML5103	167	71	
For complimentary, refer to respective n-channel or p-channel dual part numbers: IRF7105 / IRF7106 IRF7101 n-channel + IRF7104 p-channel					For complimentary, refer to respective n-channel or p-channel dual part numbers: RF7507 IRF7501 n-channel + IRF7504 p-channel						
IRF7307 IRF7301 n-channel + IRF7304 p-channel					IRF7509 RF7503 n-channel + IRF7506 p-channel						
IRF7309 IRF7303 n-channel + IRF7306 p-channel											

表 2