

パワーMOSFETの開発成果

Development of power MOSFETS for space application

宇宙用部品開発共同センター(Space Component Engineering Center)

池田直美、久保山智司、松田純夫 (Naomi IKEDA, Satoshi KUBOYAMA, and Sumio MATSUDA)

Abstracts

Power MOSFET is an indispensable and important device for a power supply system that determines the conversion efficiency of the system. Since it is very sensitive to radiation, it is necessary to use radiation tolerant power MOSFETs.

JAXA has developed this device since 1996. Fundamental research has completed and prototypes have proved their radiation tolerance and high performance. In FY16, nine kinds of MOSFETs with different ratings were developed and their electrical and rad-hard performance was proven. Also assembly process was improved for higher yield and techniques for fabrication and high-mix and low-volume manufacturing were established.

1. はじめに

パワーMOSFETは電源系の構成に必要な不可欠な素子であり、かつ電源系の効率を決定するキーデバイスであるが、シングルイベント等の宇宙放射線による影響を受けやすい。そのため耐放射線性を有するパワーMOSFETを使用する必要があるが、現在耐放射線性を有するパワーMOSFETは米国の1社のみによる供給であり、今後の安定した供給に不安が残る。

本開発は、耐放射線性を有しかつ高性能なパワーMOSFETの安定供給を目的として平成8年度に開始された。これまでに、高い電気性能を損なわずかつ耐放射線性に有効なパラメータを特定した。また、ユーザのニーズを反映して決定した定格のパワーMOSFETについて、定格電圧までシングルイベント現象が発生しないパワーMOSFETの開発を実施してきた。

2. 研究の概要

平成16年度は以下の項目について開発を行った。

2.1 パワーMOSFETチップの製作

ユーザのニーズを反映して決定した以下の9種類の定格のMOSFETチップについて、これまでの成果を活用して設計及び製作を実施した。少量多品種製作に対応するための方法も検討した。

- 電圧定格：100V、200V、250V（3種類）

- 電流定格：57mm²のチップを基準としてその1/1、1/2、1/4のサイズ（3種類）

2.2 単体供給のためのパッケージの検討

製作したMOSFETチップを組み立てる際に必要な技術の検討を行った。平成15年度の検討で明らかになった組立工程の課題の改善を行い、大チップ組立技術及び太線ワイヤボンディングの検討を実施した。

2.3 MOSFETチップの耐放射線性評価

製作したMOSFETチップを組み立て、重イオンを用いてシングルイベント耐性の評価を行った。

3. 成果の概要

3.1 パワーMOSFET チップの製作

これまでの成果を基に、MOSFET チップの設計及び製作を実施した。シングルイベント耐性、オン抵抗及び耐圧を考慮して結晶仕様の選択、デバイス設計、プロセス設計を行った。また、ウエハープロセス 1 ロットで全定格のチップの製作を可能とするため、1/1、1/2、1/4 の 3 サイズのチップを同一ウエハ上に配置するマスク設計とした。

製作した MOSFET チップの電気特性を実施し、目標特性が達成されていることを確認した。性能評価結果を基に設定した暫定仕様を Table 1 に示す。

Table 1 Tentative specifications

	Unit	Test cond.	Specifications								
			100			200			250		
BV _{DSS}	V	I _D = 1mA									
I _D	A		42	42	15	42	33	14	42	27	12
R _{DS(on)}	mΩ	I _D = rated/2, V _{GS} = 12V	18	33	69	33	69	155	45	98	230
C _{iss}	pF	f = 1MHz, V _{DS} = 75V	5300	2200	1000	5300	2200	1000	5300	2200	1000
C _{oss}			1000	450	220	600	250	100	500	250	110
C _{rss}			30	10	5	20	10	6	22	7	3
Q _g	nC	V _{DS} = rated/2, I _D = rated, V _{GS} = 12V	225	100	50	210	100	50	220	100	50

3.2 単体供給のためのパッケージの検討

平成 15 年度の検討で明らかとなったダイボンディング、ワイヤボンディング工程時のキズ発生については、ダイマウンタの交換、固定治具を改善することにより解決した。また、最大サイズの MOSFET チップの組み立て方法、及び φ 500 μ m の太線ワイヤのボンディング方法について検討を行い、最適条件を確定した。

3.3 MOSFET チップの耐放射線性評価

組み立てた MOSFET チップについて、理化学研究所の加速器を用いて Ni イオンによる照射試験を実施した。その結果、100V 品では LET = 29 MeV/(mg/cm²)、200V 品では LET = 27 MeV/(mg/cm²)、250V 品では LET = 25 MeV/(mg/cm²) という条件で、定格電圧までシングルイベント現象が発生しないことを確認した。なお、LET の値は加速器の性能による上限であり、耐放射線性の実力値はさらに高いものと思われる。

4. まとめ

耐放射線性を有しかつ高性能なパワーMOSFETの開発を行った。9品種のパワーMOSFETを製作し、電気性能、耐放射線性ともに期待どおりの性能であることを確認した。また、今後の安定供給を目指し、チップの少量多品種製作の方法、組立時の課題解決、技術検討を行った。その結果、1ロットで多品種のチップを製作する方法を確立し、少量多品種製作が可能となった。また、歩留まり低下の原因となる組立時のキズ発生の改善に成功した。さらに、大チップ組立技術、太線ワイヤのボンディング技術を確立した。

平成17年度は、平成16年度に製作したチップの品質保証試験及び多様なユーザのニーズに応えるため、異なる更に高耐圧のMOSFETの製作を行う予定である。