

LSI プロセス診断技術による民生用半導体部品の評価 The evaluation of commercial semiconductor devices by LSI process Diagnosis technology

総合技術研究本部
宇宙用部品開発共同センター
Institute of Space Technology and Aeronautic
Space Component Engineering Center

岡 克己, 久保山 智司, 松田 純夫
Oka.katsumi, Kuboyama.satoshi, Matsuda.sumio

Abstract

It outlines the LSI-process diagnosis technology which screens the commercial components for high-reliability space applications. The inspection of the failure-included lot was performed, and the validity of this technique was examined recursively. As a result, some advantages of contributing to more definitive diagnosis were shown.

1. はじめに

宇宙部品のように高信頼性が要求されるデバイスの選別法として、デバイスの評価として信頼性試験と平行して良品解析を行い、総合的な品質の評価を実施することが行われて来たが、この良品解析の概念は MIL 規格（米国の軍仕様書）の示すところの DPA（Destructive Physical Analysis：破壊物理解析）に基づくもので、信頼性上裏付けのある解析方法と言える。しかしこの手法と規格では、主にアッセンブリプロセスの不具合に起因した欠陥や不具合構造を見いだすもので、進歩の激しい分野に関わらず近年では規格の更新が行われておらず、ウェーハプロセスに対しては最新の規格でも数十 μ mのデザインルールに相当するもので、微細化、多層化の進んだ最新のLSIの評価法としては適切とは言えない。

そこで新たにLSIのウェーハプロセスに着目し、ウェーハプロセスの不具合に起因して発生する構造異常、内在欠陥の有無からデバイスプロセスの信頼性を評価する“LSIプロセス診断技術”を研究し、高信頼性システム向けのデバイス選別、評価に適用を検討した。

2. 研究概要

LSIプロセス診断技術とは、電気的に良品であるデバイスについて内部構造を詳細に観察し、将来、故障の要因となりうるデバイス内部の不具合要素の有無や構造のばらつき等から故障にいたる危険性を推測するもので、信頼性の向上した現在のデバイスを選別するための有望な手法と考える。このLSIプロセス診断技術はデバイスのウェーハプロセス状態を評価するための5つの検査項目とその観察技術、観察手順、それにより得られたデータを54の評価項目とその診断

基準に照らして診断および採点を行い、ランク付けすることによりデバイスの選別を行うための技術である。この民生用半導体技術を採用した部品の宇宙適応性について検討するために開発した評価手法と考えるLSIプロセス診断技術の有効性の検証として、LSIプロセス診断にて不合格になったデバイスについて信頼性評価試験とLSIプロセス診断の相互検証を実施した。

3. 成果概要

LSIプロセス診断により不合格になった2試料 (No.1, No.2)、各3ロットについてLSIプロセス診断により検出された重大欠陥をターゲット欠陥としてピックアップし、ターゲット部の劣化を促す信頼性試験として高温動作試験と熱衝撃試験を実施し、信頼性試験後のデバイスについてもターゲット部に着目したプロセス診断を行い、試験前後での欠陥状況の比較を行った。LSIプロセス診断で検出されたNo. 1およびNo. 2試料のターゲット欠陥を Fig.1、Fig.2 に示す。

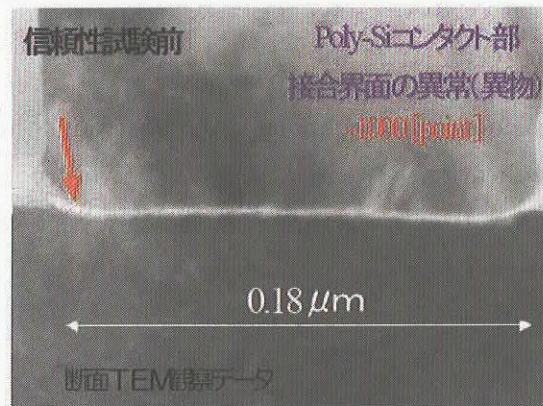


Fig.1 No.1 : The target part before a reliability test

このような欠陥を加速する条件として高温状態で接合部に電流のON/OFFが繰り返し行われる高温動作試験（リードライト動作）を2000時間実施。

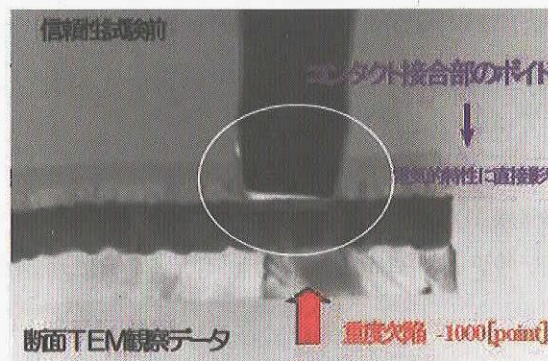


Fig.2 No.2 : The target part before a reliability test

加速条件として高温状態で接合部に電流のON/OFFが繰り返し行われる高温動作試験を2000時間実施。また欠陥の形状的には機械的にW（タングステン）プラグが抜きかけた状態のため、温度による収縮膨張により接合部の劣化加速が起こると推測し熱衝撃試験も実施。

3.1 信頼性試験結果

Table.1 に信頼性試験結果を示す。No. 1 は高温動作試験 2000 時間では故障発生は確認されなかった。また No. 2 については、2000 時間で 2 / 15 個にファンクショナル不良発生が確認された。なおこのファンクショナル不良はメモリ消去時間オーバーである。

No. 2 については 1000 サイクルの熱衝撃試験についても実施したがこちらの試験では不良発生は確認されなかった。

Table 1 Reliability test result

対象品種	分類	試験個数 [個]	高温通電試験[H] / 故障数[個]					試験故障 総数	故障 モード
			初期	168	300	500	1000		
No.1	既存[A]	15	0	0	0	0	0	0	—
	新規(1)	20	0	0	0	0	0	0	—
	新規(2)	20	0	0	0	0	0	0	—
No.2	既存[B]	15	0	0	0	0	0	2	FCT
	新規(3)	20	0	0	0	0	0	0	—
	新規(4)	20	0	0	0	0	0	0	—
対象品種	分類	試験個数 [個]	熱衝撃サイクル[Cyc.] / 故障数[個]					試験故障 総数	故障 モード
			初期	50	100	240	500		
No.2	既存[A]	8	0	0	0	0	0	0	—
	新規(1)	24	0	0	0	0	0	0	—
	新規(2)	25	0	0	0	0	0	0	—

3.2 プロセス診断の結果

信頼性試験後のデバイスについてプロセス診断を行った結果、No. 1 のターゲット欠陥としたコンタクト接続部異物は、信頼性試験後の診断では全く検出されなかった。Fig.3 に No. 1 の信頼性試験後のターゲット部を示す。No. 2 では信頼性試験後の診断結果 (Fig.4) でもターゲットとしたコンタクト接続不良が多く検出されていた。

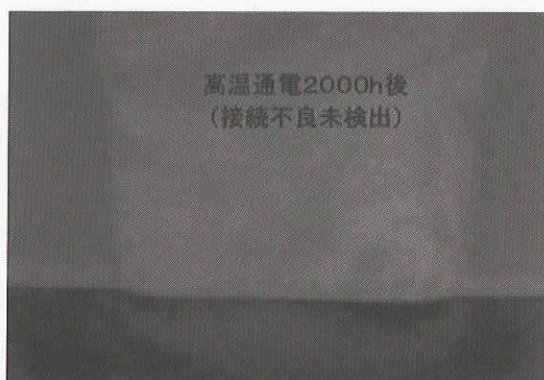


Fig.3 No.1 : The target part after a reliability test



Fig.4 No.2 : The target part after a reliability test

No. 1については事前に検出された不具合がロット間で異なり、信頼性試験後の検査では不具合が検出されない等、製品ロット間でのばらつきが認められた。これは製品の品質上の問題であるが信頼性試験では不良が発生せず、試験条件では不具合要素を加速する事ができなかったものとする。またNo. 2の不良発生ロットでは、不良発生の有無にかかわらず、プロセス診断を実施した全てのデバイスでターゲットとしたコンタクトの欠陥が観察されており、このコンタクト接続不良状態は加速傾向が見られた。なお信頼性試験により故障にいたらなかったNo. 2の他のロット品についてもWプラグの傾きが観察されており (Fig.5)、このWプラグの不良は、製品プロセス固有の欠陥と予想された。



Fig.5 No.2 : The target part after a reliability test

通常の信頼性試験では1000時間の試験時間が標準であり、このような不具合構造を内在したデバイスは信頼性試験をパスして流通していくと思われる。

プロセス診断技術は、短期の信頼性試験や電気特性検査では検出不可能な故障にいたる潜在的欠陥を検出、選別可能でプロセス診断技術の有効性が確認されたと考える。

4. まとめ

LSIプロセス診断システムはウェーハプロセス主体の評価であるため、従来の信頼性試験、アセンブリプロセス主体のDPAと組み合わせることでより完全な高信頼性システムのための信頼性評価システムが構築できるものとする。また、良品を解析するLSIプロセス診断システムは故障してから進める故障解析とは異なり、直ちに始められ時間と費用のかかる信頼性試験結果を待たずに早い時点での欠陥の排除が可能と考えられる。また、プロセス診断を事前に実施することで、より完全で効果的な信頼性試験を計画することも可能と考えられる。

今後の課題としては、現在は0.18 μm までのプロセス診断実績があるが、現在のトレンドである0.13~0.09 μm へのプロセス対応に向けての拡充が必要である。また、通常のSiデバイスプロセス主体で研究してきたが、今後は宇宙用途として化合物半導体、SOI (Silicon on Insulator) 基板に対しての拡充も必要と考える。