ボンディング前のベア・ダイの機能検査

Known Good Die : A New Approach for
Burn-in and Test before Bonding

山本 康彦*1

See-Hack Foo*2

1. はじめに

電子機器の小型化・高密度化・高速化のため、MCM (Multichip Module) が広く普及すると予測される。MCM 普及のためには、バーン・イン試験やファンクション試験により特性が保証されたベア・ダイ (KGD: Known-Good Die) をいかに低コストで得るかが重要な課題である^{1)~3)}。

そのため、多くの試験方法が提案されているが⁴⁾、ここでは筆者らが提案しているバンプ付き耐熱性FPC (Flexible Printed Circuit) (ASMATTM)⁵⁾の基礎特性と、これをプロービング材料として用いたベア・ダイのバーン・イン・システム (DiePakTM) について報告する。

2. バーン・イン試験方法の概念

Fig.1 に ASMAT をプロービング材料として用いた

Fig.1 Configuration for bare die test.

キャリアの概念図を示す。ベア・ダイのボンディングパッド (以下パッドと略す) に対応する位置にバンプを形成して、ベア・ダイとの電気的コンタクトを可能にしている。また、バーン・インソケットとのコンタクトは、図中のアウターターミナルを利用する。

このような系でバーン・イン試験をするとき、重要なポイントは以下が考えられる。

- ①パッドとバンプ間の接触抵抗
- ②安定した接触抵抗を得るための、ベア・ダイに対しての加圧方法
- ③パッドおよびバンプの耐久性
- ④パッドとバンプのアライメント

本報告では、上記項目につき、プロービング材料の基礎特性をまず報告し、その基礎特性をもとに設計されたキャリアを用いての実験例について報告する。

3. プロービング材料の基礎特性

3.1 実験試料

バンプとベア・ダイのパッド金属間の接触抵抗を求めるための実験試料を Tab.1 に示す。

プロービング材料 (ASMAT 試料)

Fig.2 に示すように、500 μ m ピッチで格子状に400個 (20 $\times$ 20) のバンプが形成されている。接触抵抗を測定するバンプは9個であり、それらのバンプには4端子法を用いて計測ができるようにリード線がCu箔でパターンニングされている。接触抵抗は隣り合ったバンプ間で測定した (例: 1バンプと2バンプ)。なお、バンプ金属は、Ni コアの表面にAuを形成したものを用いた。

テストエレクトロード

まず基礎評価として、シリコン基板にAl層をスパッ

*1 Yasuhiko Yamamoto, 日東電工(株)信頼性評価センター/
NITTO DENKO CORPORATION, Reliability Evaluation Center.

*2 Aehr Test Systems.

Tab.1 Cross-sectional structure of test specimens.

Probing Material	ASMAT	500 μm pitch	Cu lead 18 μm	Polyimide 25 μm	Bump (Au/Ni) 15 μm height, 60 μm ϕ
Test Electrode	Au/Si	0.37 mm	Au 1 μm	Al 1 μm	SiO ₂ 0.3 μm
	Al/Si	0.37 mm	Al 1 μm	Si	SiO ₂ 0.3 μm
	Solder/Cu	0.50 mm	Cu	Solder 10 μm

Fig.2 Bump layout on test piece.

タで形成した後、Auを蒸着した試料を用いた (Au/Si)。Alパッドを想定した試料としては、シリコン基板上にAlをスパッタ法で形成したものを用いた (Al/Si)。なお、Al表面の酸化膜はTEM観察の結果100~150 Åであった。また、はんだボールを想定してCu板の上にはんだメッキ (Sn/Pb=9/1, 6/4, 1/9) を施した試料を

Fig.3 Test block diagram and measuring head configuration.

Fig.4 Relationship between force and contact resistance.

Fig.5 Relationship between force per bump and deformation of Al/Si.

用いた (Solder/Cu)。

3.2 実験方法

接触抵抗とパンプにかかる力の関係を求める実験系の概念図を Fig.3に示す。パンプにかかる力と接触抵抗の関係を正確に求めるためには、ASMATに均一な力をかける必要がある。そのため、金属球を用いて力をかけている。接触抵抗を測定するための定電流は100mA (オープン電圧は1.5V) を用い、2つのパンプ間で計測された抵抗の1/2をパンプ当たりの接触抵抗とした。なお、コンプライアンス材としては各種検討した結果⁵⁾、圧縮弾性率10 (MPa)のシリコンゴムシートを用いた。

3.3 実験結果

(1)パンプ当たりにかかる力と接触抵抗の関係

ASMATとAu/Si、Al/SiおよびSolder/Cuの組み合わせによるパンプ当たりにかかる力と接触抵抗の関係

Fig.6 Carrier system used in heat cycle test.

Force per bump = $32(\times 10^{-2}\text{N})$		
	BaseA: CTE= 23×10^{-6}	BaseB: CTE= 3.3×10^{-6}
Bump	after 3cycles	after 102cycles
Al electrode	after 3cycles	after 3cycles

Fig.7 Comparison among the coefficient of thermal expansion of carrier system, bump and Al pad deformation.

を Fig.4 に示す。図から Au, Al および Solder に対する接触抵抗は、バーン・イン試験およびファンクション試験を行うのに問題ないレベルと考えられる。

(2) バンプ当たりにかかる力と Al 層の変形

バンプを Al 層に押しつけた場合の Al 層の変形について検討を行った。Fig.5 にレーザー顕微鏡で計測したバンプ当たりにかかる力と Al 層の変形量（直径および深さ）を示す。ダメージは小さくワイヤーボンダビリティに障害のないことがわかる⁵⁾。

(3) ヒートサイクルに対するバンプの耐久性

バーン・イン試験を行うとき、ASMAT とベア・ダイを何らかの方法でキャリアに固定する必要がある。そのキャリアとベア・ダイの線膨張係数の差により、ベア・ダイとバンプが擦れる現象が考えられる。この現象を模擬した実験を行うため、Fig.6 に示すモデルキャリアを Fig.3 の装置に取り付けヒートサイクル試験を行った。

この実験では、バンプ当たり $32 \times 10^{-2}\text{N}$ の力をかけ、固定治具には次の 2 種類の線膨張係数を持った材料を用いた。

Vol.11, No.2

Fig.8 Contact resistance under burn-in environment.

ベースプレート A：線膨張係数 23×10^{-6}

ベースプレート B：線膨張係数 3.3×10^{-6}

また、ヒートサイクル条件は、25～150℃の間を20分で昇温および降温を繰り返し、Al/Si は 3 サイクル毎に新しいものに取りかえた。

Fig.7 にヒートサイクル後のバンプおよび Al 層の SEM 写真を示すが、ベースプレート A のように線膨張係数がベア・ダイの線膨張係数 (3.3×10^{-6}) と大きく差のある場合は、3 サイクル程度でもバンプ金属および Al 層の変形は激しいことがわかる。

一方、ベースプレート B のようにベア・ダイと線膨張係数が等しい場合には、102 サイクル後でも変形が非常に小さいことがわかる。

(4) バーン・イン環境下における接触抵抗の安定性

次に、バーン・イン環境下における接触抵抗の安定性について検討を行った。試験条件を下記に示す。

温度：150℃、定電流：100mA

バンプ当たりの力： $10 \times 10^{-2}\text{N}$

Fig.8 にその結果を示すが、非常に安定した接触抵抗が得られた。

4. 実機システムでの評価結果

4.1 実用キャリアでの接触抵抗

3 項で述べた基礎特性をもとに設計されたキャリアの外観およびバーン・インボードにセットされた状態を Fig.9 に示す。このキャリアに実際の SRAM (Static random access memory) に適合させた ASMAT を取り付けた後、Tab.1 の Al/Si をセットし接触抵抗を測定した。測定された抵抗は Fig.10 に示すように ASMAT とソケットの接触抵抗および配線の抵抗を含んでいる。

Fig.9 Die burn-in carrier.

Fig.10 Measured resistance path.

Fig.11 Frequency distribution of contact resistance in practical test.

この測定値の1/2をバンプ当たりの接触抵抗として Fig.11に示す。図中には1,008個の測定結果を示すが、実際のキャリアにおいても実用可能なレベルにあると考えられる⁶⁾。

4.2 アライメント性の評価結果

パッドとバンプのアライメント方法としては、フリップチップ実装などに使われている画像処理による方法と、キャリアにアライメントプレートを組み込み、単にベア・ダイをアライメントプレートの中にセットする方法が考えられる。本報告では、後者の方法での評価結果を示す。

Fig.12にアライメント試験後のパッドを示すが、良好なアライメントが得られていることがわかる。

4.3 パーン・イン試験およびファンクション試験の結果例

試料として、33~55MHzで動作するSRAMを Fig.9のキャリアに装着し、ファンクション試験およびパーン・イン試験を行った。

Fig.12 Status of Al pad after contact test.

まず、ファンクション試験においては、次に示す項目の評価を行った。その結果、すべての項目につき良好な結果が得られた。

- コンティニューイティ試験 (continuity)
- 入出力リーケージ試験
- DC, AC パラメトリックス試験
- ロングサイクルタイム試験と高速ファンクショナル試験

また、パーン・イン試験について、次に示す手順にて

試験を行ったが、これについてもすべて良好な結果が得られた。

- a. メモリー IC テスターによるプリバーン・イン試験 (25および125℃)
- b. 125℃における Test during burn-in 試験
- c. 最終試験として、再度メモリー IC テスターによるファンクション試験 (25, 80, 125℃)

5. おわりに

以上、ベア・ダイの機能検査につき、著者らが提案しているバンプ付き耐熱性 FPC の基礎特性と、これをプロービング材料として用いたベア・ダイのバーン・イン・システムについて報告した。今後、ベア・ダイの機能検査技術は重要な位置を占めると考えられ、多くの研究者が研究を行っている。誌面の制約上それらの内容については割愛させていただいたが、参考文献 4) に多くの研究者の方法がまとめられているので参考にさせていただきたい。

参 考 文 献

- 1) T. Corbetto : "A Process Qualification Plan for KGD", '93 ICEMM Proceedings, pp. 166-171 (1993)

- 2) G. Cloud, T. Corbetto, J. Johnson and A. Wood, "Known Good Die : A Key to Cost-effective MCM's", Electronic Packaging and Production, pp. 50-51 (1992)
- 3) Mrlene J. Bebay, J. Van Zee, G. Westbrock and B. Williams : "Getting to your MCM die", '93 ICEMM Proceeding, pp. 160-165 (1993)
- 4) Larry Gilg : "Consortia for known good die (KGD) Phase 1", WL-TR-94-5008 Microelectronics & Computer Technology Corp.
- 5) Y. Yamamoto, M. Sugimoto, K. Miyake and Y. Mori : "Evaluation of New Micro Connection System Using Microbumps", '93 ISHM Proceedings, pp. 370-378 (1993)
- 6) See-Hack Foo, Lina Prokopchak : "Known Good Die : A Commercial Solution for Burn-in and Test before Packaging", '94 SEMI Technology Symposium, pp. 534-540 (1994)

【執筆者紹介】

山本康彦(やまもと やすひこ) 当協会正会員

1976年、国立新居浜高専電気工学科卒業。同年、日東電工(株)入社。一貫して信頼性工学分野の研究に従事。現在、信頼性評価センター主任研究員。電気学会、電子情報通信学会各会員。

See-Hack Foo

1986年、シンガポール・ナショナルユニバーシティー・電子工学科卒業。1988年、Aehr Test Systems 入社。バーン・インシステムの開発に従事。現在、ベア・ダイのバーン・イン・プログラムマネージャー。