

(株)村田製作所 ○舟木 達弥 木村 裕二
 堀 良嗣 新 雅和
 鎌田 信雄

Diffusion Behavior of Bonding Interface between Gold Bump and Aluminum Electrode
 by Tatsuya Funaki, Yuji Kimura, Yoshitugu Hori, Masakazu Atarashi and Nobuo Kamata

1. はじめに

Au バンプと Al 電極を固相拡散接合する Au バンプ実装において、Au と Al の異種金属接合界面における化合物形成とその成長は、接合部の脆化やボイド発生など、接合信頼性を左右する問題として取り上げられる。また、形成される Au バンプの高さはバラツキが少ないことが求められ、そのために微量元素を添加した合金系バンプ材料が開発されているが、この添加元素が高温においてどのような挙動を示すのかは明らかでない。そこで本研究は、添加元素の1つとして Pd を取り上げ、Pd が Au バンプと Al 電極の接合界面に及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。

2. 実験方法

供試サンプルは、Pd 添加材 (Au-Pd) とレファレンスとして高純度材 (99.99%Au) のバンプ材料2種を使用して、ワイヤボンディング法にて Al 電極 (厚み $1\mu\text{m}$) に Au バンプを形成したものである。そのサンプルを高温放置 (放置温度は、拡散現象評価のため実使用温度以上を含む $125\sim 200^\circ\text{C}$) した後、サンプルの接合部断面を研磨して現出し、光学顕微鏡と走査型電子顕微鏡 (SEM) による観察、波長分散型 X 線分析マイクロアナライザ (WDX) による分析を行った。

3. 実験結果と考察

Fig.1 に Au バンプ/Al 電極接合界面の断面写真を示す。いずれのバンプ材料も、形成直後において界面にボイドなどの欠陥はなく、良好な接合が得られている。一方 $125^\circ\text{C}/1000$ 時間放置後では、Au-Al 合金層の成長はあるが欠陥は生じていない。しかし、 $200^\circ\text{C}/100$ 時間放置後は、バンプ材料による差が生じ、99.99%Au では欠陥を含まないが、Au-Pd では合金層上部のバンプ両端にボイドが発生している。同様に、各放置温度/各放置時間において断面観察した結果、99.99%Au に対して Au-Pd は低温かつ短時間でボイド発生することが明らかとなった。

このようにバンプ材料間で差が生じた原因を明らかにするため、ボイド発生に関連すると考えられる合金成長速度と合金組成を評価した。Fig.2 に高温放置時の合金層厚さの成長を示す。バンプ材料を比較すると Au-Pd よりも 99.99%Au の方が合金層は厚く成長し、温度に対しても高温ほど厚く成長している。しかし、いずれの場合も放置時間の経過で成長の飽和が生じている。これは、バンプ材料 Au に対して電極材料 Al は極少なく、合金成長により Al が消費し尽くされたためと考える。ただし、飽和が生じるまでは、いずれの場合も横軸である放置時間の平方根に対して直線的に成長し、拡散律速反応による成長に従っている。この直線部分の傾きを $\sqrt{k}$ とし (k : 反応速度定数)、 k の対数を温度の逆数に対してプロットしたのがアレニウスプロット Fig.3 である。いずれのバンプ材

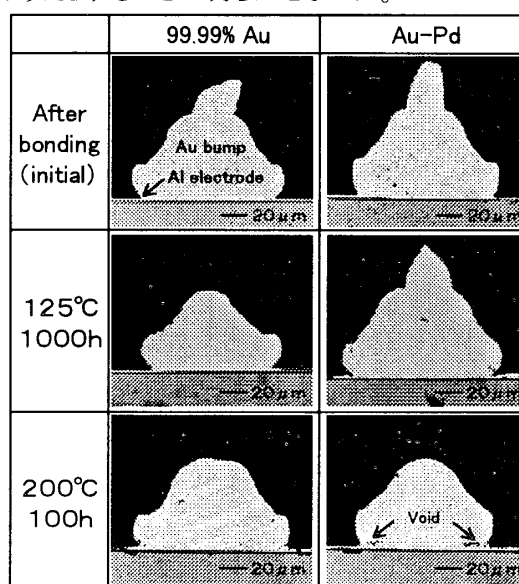


Fig.1 Cross section of Au bumps.

料も直線関係となり、この直線の傾きから活性化エネルギーを算出したところ、99.99%Au: 66.1kJ/mol、Au-Pd: 84.8kJ/mol が得られ、99.99%Au より Au-Pd の方が大きい値となった。

Fig.4に200°C/500時間後の接合界面のSEM像を示す。図中に示す組成は、WDX 定量分析による推定結果である。いずれのバンプ材料でもボイド発生位置は合金層上部のバンプ側で、この発生位置から判断して、ボイドはAu/Alの拡散速度差に起因するカーケンダルボイドと考えられる。合金層厚みを比較すると、99.99%Au では最大 $8\mu\text{m}$ に対し、Au-Pd では最大でも $5\mu\text{m}$ であり合金層成長が抑制されている。合金層組成を比較すると、いずれもバンプ内部で最も Au リッチな Au_4Al 、バンプ外に向かうに従い Al 濃度が増し、ボイド直下において 99.99%Au では Au_5Al_2 、Au-Pd では Au_5Al_2 と Au_2Al が形成され、99.99%Au に対して Au-Pd は相対的に Al リッチな組成となっている。ここで、Au-Pd における Fig.4 部の Pd マッピング図を Fig.5 に示す。Pd の分布は、初期ではバンプ内で均一であったのが、高温放置後はボイドおよび合金層上部に濃化している。

以上のことから、99.99%Au に対して Au-Pd が低温・短時間でボイド発生した原因について次のように考察する。99.99%Au および Au-Pd の接合界面における合金組成を比較すると、99.99%Au と比べ Au-Pd は Al リッチな合金が形成されているおり、言い換えると 99.99%Au と比べ Au-Pd の合金組成は Au プアであり、このことは Pd 濃化層によりバンプからの Au の拡散が阻害されたことを示唆すると考えられる。この Au の拡散阻害により、合金成長は抑制され、合金層成長に必要な活性化エネルギーは大きくなるが、Pd 濃化層下部には Au が拡散してこないため、Au 欠乏によるカーケンダルボイドが早期に発生すると考えられる。

このボイド発生メカニズムによると、Al 量を減らす、具体的には Al 電極膜厚を薄くすることで、Au の Al への拡散量を抑制でき、Au 欠乏によるカーケンダルボイドを小さくできる。そこで、Al 電極膜厚を薄くしてボイド低減を試みた。Fig.6 に結果を示すが、Fig.1 (Al 膜厚 $1\mu\text{m}$) に対して、Al 膜厚 $0.2\mu\text{m}$ にすると、Au-Pd でもボイドの大幅低減が可能であった。

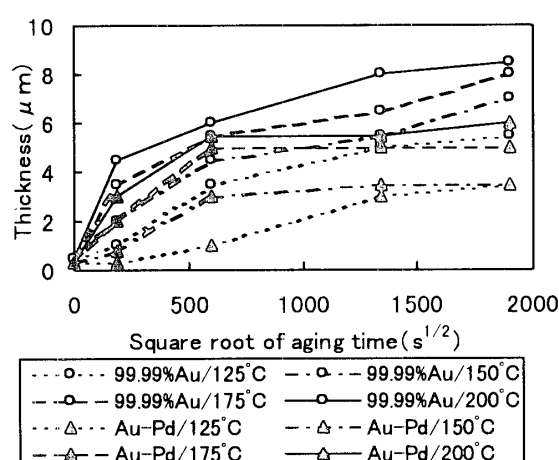


Fig.2 Growth of Au-Al intermetallic compounds.

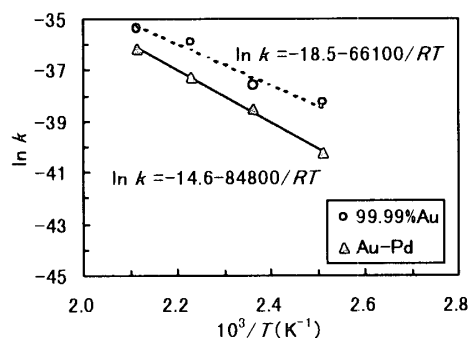


Fig.3 Arrhenius plot.

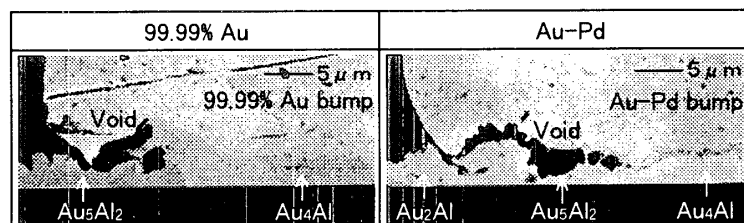


Fig.4 SEM images of bonding interface aged at 200°C for 500h.

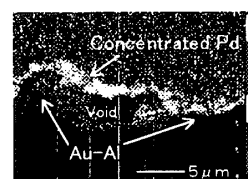


Fig.5 WDX mapping image of Au-Pd bump.

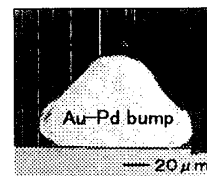


Fig.6 Cross section of bump on thin Al electrode aged at 200°C for 500h.