

平成 21 年 6 月 4 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2008

課題番号：19560337

研究課題名（和文）水素プラズマを用いた金錫バンプ形成プロセス

研究課題名（英文）AuSn bumping process using hydrogen plasma

研究代表者

日暮 栄治（HIGURASHI EIJI）

東京大学・先端科学技術研究センター・准教授

研究者番号：60372405

研究成果の概要：本研究では、低コストな金錫(AuSn)微小はんだバンプ（50 μm 以下）形成プロセスの確立を目指し、ガスアトマイズ法で作製された微細な金錫(AuSn)はんだ粒子（5 μm 以下）と水素ラジカルリフローを組み合わせた微小バンプ形成プロセスを提案、実証した。さらに、モールドに微細はんだ粒子を充填し、水素ラジカルリフローを行うことで、微小はんだボールを一括形成し、このボールをチップに表面活性化接合により転写することで微小バンプを一括形成することにも成功した。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,200,000	9,60,000	4,160,000

研究分野：光実装

科研費の分科・細目：電気電子工学・電子デバイス・電子機器

キーワード：水素プラズマ、バンプ、金錫、高密度実装、光集積

1. 研究開始当初の背景

高精度な位置合わせを必要とする光素子の実装において、はんだの表面張力を利用したセルフアライメント実装が行われている。数十ミクロンの微小バンプを用いることにより、複数の光素子を高精度に一括で実装することが可能となり、光結合系の光軸無調整化を図ることができる。光素子実装用微小バンプには一般に金をベースにした金錫(AuSn)共晶合金（共晶温度：280℃）が使用されており、降伏強度が大きいので耐疲労性に優れており、クリープも小さいという特

徴がある。この AuSn バンプの形成法には、真空蒸着法、メッキ法、およびペースト法などがあるが、最も低コスト化が期待できるのがペーストを用いた方法である。

ペーストを用いた微小バンプ作製には、粒子径の微細なはんだ粒子を使用する必要がある。はんだ粒子の微細化に伴い、その容積に対する表面積の比が大きくなり、表面酸化膜の量も増大するため、表面の酸化膜を除去し、はんだが濡れ広がるのを化学的に助けるフラックスが不可欠である。また、リフロー後に残ったフラックス残渣は基板に対する

強い腐食性を持つため、その除去のための洗浄工程が必要である。

最近の環境保全の観点からフラックスおよびフラックス洗浄に使用される薬品は厳しい規制が課せられる見込みであり、その面からもフラックスを用いない手法が求められている。またフリップチップ実装においては、その高密度で微小なパンプを形成するような実装方式ゆえに狭小部分フラックス残渣の洗浄自体が非常に困難になりつつある。電極間ピッチが 50 μm 以下となるとフラックス洗浄不可能になると考えられている。

すなわち、フラックス残渣の洗浄が不要で、低コストで作製可能な AuSn 微小パンプ形成手法が求められている。

2. 研究の目的

本研究では、AuSn パンプ形成において、ガスアトマイズで作製した微細 AuSn 粒子を用い、フラックスの代わりに AuSn はんだ表面の酸化膜を除去するものとして、水素ラジカルを用いた AuSn パンプ形成プロセスの実現を目的とする。

特に、微小パンプを作製するために、従来の RMA (rosin mildly activated) フラックスではリフロー困難な微細 AuSn はんだ粒子 (< 5 μm) に適用し、形成した微小ボールを表面活性化接合で転写する微小はんだパンプ一括形成を試みる。

3. 研究の方法

(1) AuSn はんだ粒子

実験にはガスアトマイズ法で作製された Au-22wt%Sn の共晶点近傍組成 (共晶温度: 280 $^{\circ}\text{C}$) の AuSn はんだ粒子 (5 μm 以下、三菱マテリアル株式会社製) を用いた。図 1 に AuSn はんだ粒子の走査電子顕微鏡 (Scanning Electron Microscope; SEM) 写真を示す。

(2) 水素ラジカルリフロー工程

水素プラズマリフロープロセスの概略は、プレヒート (予備加熱) 水素ラジカルの還元反応 ($\text{SnO}_2 + 4\text{H}^* \rightarrow \text{Sn} + 2\text{H}_2\text{O}$ 、ここで H^* は水素分子が解離した水素ラジカルであり、非常に活性が高く、強い還元力を持って

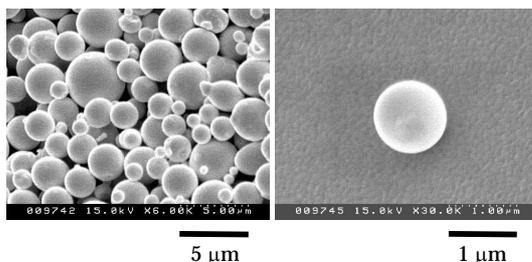


図 1 ガスアトマイズ法で作製された AuSn 粒子の走査電子顕微鏡 (SEM) 写真

いる) を利用して酸化膜を除去、融点以上に昇温しはんだ粒子同士を溶融、パンプ形成、である。

このプロセスを実現する水素プラズマリフロー装置 (神港精機株式会社製) の概略図を図 2 に示す。この装置は、ウェハを 1 枚ずつ処理していく枚葉方式を採用しており、最大 12 インチサイズの Si ウェハやプリント基板などをロードロック室からロボットアームを使って自動搬入できる。また、メカニカルブースターポンプを使用することによって、処理室内及びロードロック室内を 1 Pa 以下にまで排気可能で、水素または窒素を 25 ~ 400 Pa の範囲で供給することが可能である。加熱は処理室内に取り付けられた急昇温・急冷却が可能なヒータステージにウェハを置くことによって行われる。このヒータは 400 $^{\circ}\text{C}$ 以上の昇温が可能で、昇温に際してはヒータステージ上にのせると 1~2 min ほどで目的の温度に達することが可能である。ヒータの温度分布は、12 インチウェハ上で ± 5 程度である。またプラズマ照射によりサンプルが 5 $^{\circ}\text{C}$ 程度昇温することを確認している。本装置で用いている表面波プラズマは、大面積で均一な高密度プラズマが実現できる点が優れ、大口径基板の処理に適している。具体的には、2.45 GHz のマイクロ波を矩形導波管経由でスロットアンテナから石英窓を通してプラズマ発光室内に入射し、そこで表面波プラズマを生成する。この時、プラズマ発光室内に同時に発生する水素イオンや電子などの荷電粒子は、プラズマ発光室と処理室の間に電気的にアースされたメタルメッシュ (遮蔽板) によりトラップされ、中性な水素ラジカルのみが処理ステージ上に供給され、サンプルにダメージを与えない仕組みになっている。

4. 研究成果

(1) 微細 AuSn はんだ粒子の濡れ性評価

窒素雰囲気中でのリフロー、水素雰囲気中でのリフロー、水素ラジカルを用いたリフローをそれぞれ行い、AuSn 粒子の濡れ広がりと比較観察した。図 3 に水素ラジカルを用いたリフロープロファイルを示す。図 4 に直径

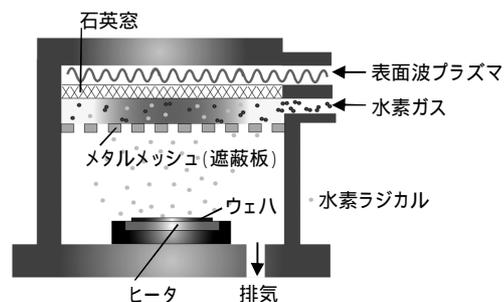


図 2 プラズマリフローチャンバーの概略図

約 1 μm 程度の単一 AuSn 粒子の Ni 薄膜 (厚さ: 300 nm) 上での濡れ広がりの様子を示す。窒素雰囲気ではほとんど濡れ広がりが観察されなかった (図 4 (a))。水素雰囲気の場合には窒素雰囲気と比較すると濡れ広がっているが、一部分のみである (図 4(b))。一方、水素ラジカルを照射した場合には最もはんだ粒子が濡れ広がっていることがわかる (図 4(c))。これは、水素分子は高温 (400) では還元効果が得られるが、低温では還元効果が期待できないためである。一方、水素ラジカル (原子状水素) は低温 (200) でも活性であり、還元効果を期待することができる。水素ラジカルを照射することによって約 1 μm の粒子もフラックスレスでリフロー可能である。

(2) はんだバンプの形成とその評価

AuSn はんだ微細粒子 (直径 5 μm 以下) を用いて水素ラジカルリフローを行い、直径約 100 μm のはんだバンプの形成を試みた。その際、リフロープロファイルにおけるピーク温度でキープ時の最後 10 s 間、バンプ表面の酸化膜を再度除去するために水素ラジカルを照射した。その結果、図 5 の様な光沢のあるはんだバンプを作製することができ

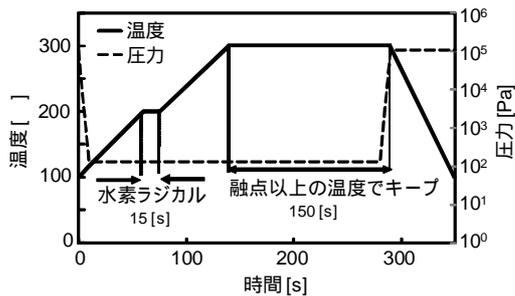


図 3 リフロープロファイル

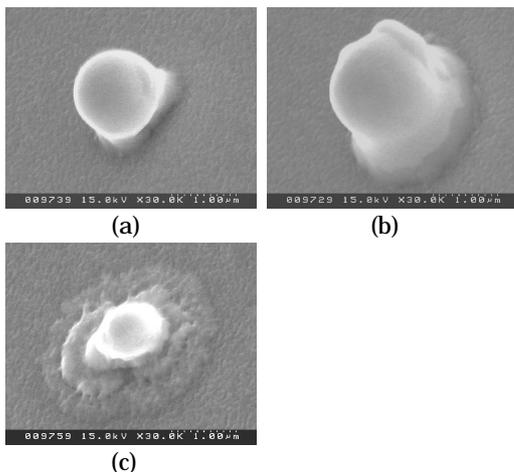


図 4 リフロー後の AuSn 粒子の走査電子顕微鏡 (SEM) 写真。(a) 窒素雰囲気中でのリフロー、(b) 水素雰囲気中でのリフロー、(c) 水素ラジカルを用いたリフロー

た。図 6 に作製したはんだバンプの断面 SEM 写真を示す。(a) に示す通り、ポイドのないバンプを形成することが可能である。(b) は、拡大 SEM 写真である。明部は相 Au₅Sn および暗部は相 AuSn を示し、これらの共晶組織が観察される。ダイシエアテストを行い、その機械的強度を測定した (図 7)。その結果、平均 73.2 gf、およそ 140 MPa の接合強度が得られた。図 7 (b) にダイシエアテスト後の SEM 写真を示す。電極パッド (Under bump metallurgy; UBM) の下から破断していることから AuSn 粒子が電極 Au 表面に十分濡れ広がっていることがわかる。

(3) はんだボール形成と転写プロセスを用いた一括バンプ形成

従来のはんだペーストの塗布方法であるステンシル印刷では微小バンプの作製が困難である。そのため、本研究では、微小バンプ作製に向け、シリコンモールドを使用し、そこに微細はんだ粒子を充填し、水素ラジカ

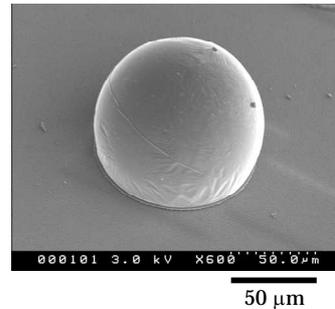


図 5 水素ラジカルリフローにより形成した AuSn はんだバンプ SEM 写真

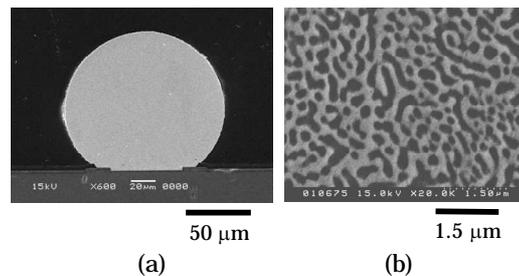


図 6 AuSn はんだバンプ断面 SEM 写真。(a) リフロー後、(b) バンプ内部の微小構造。

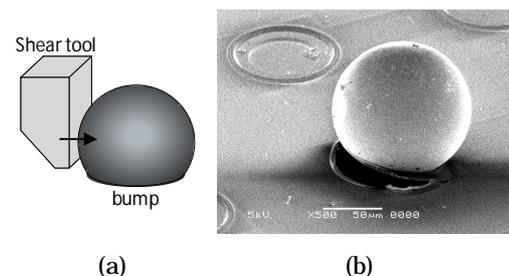


図 7 バンプシエア試験。(a) 概略図、(b) シエア試験後の SEM 写真。

ルリフローを行うことで、微小はんだボール（～50 μm）を一括して作製し、このボールをチップや基板に表面活性化接合法により低温で転写することで微小はんだパンプを一括作製することを試みた。そのプロセスの概要を図8に示す。

図9に作製した直径約45 μmのAuSnはんだボールを示す。作製したAuSnはんだボールは、表面活性化接合によりAu電極を形成したSiチップへ転写を行った。表面活性化接合は、アルゴン高速原子ビーム照射後に真空中、常温で接合またはアルゴン高周波プラズマ照射後に大気中、150℃で接合を行い、いずれの場合もチップへの転写が確認できた。図10は、アルゴン高速原子ビーム照射後に真空中、常温で転写した例である。

この転写パンプ形成技術は、はんだパンプの形成プロセスをデバイス作製プロセスから切り離すことができるため、はんだパンプ形成時の加熱（リフロー）による素子へのダメージを避けることができる。さらに転写プロセスも低温であるため、残留応力や熱履歴による素子へのダメージを避けることができる。

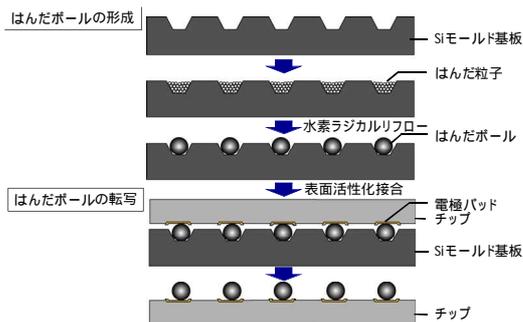


図8 AuSn はんだパンプ一括作製プロセスの概略図。

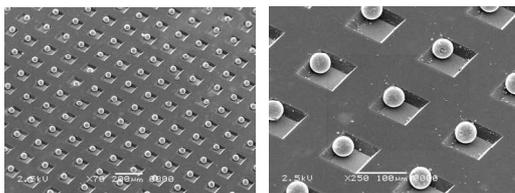


図9 水素ラジカルリフローによるAuSnボール形成。

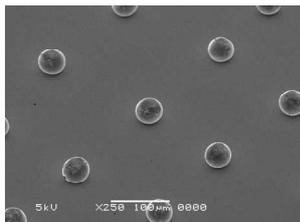


図10 表面活性化接合（常温、真空中）によるチップへの転写。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計4件)

Eiji Higurashi, Daisuke Chino, Tadatomo Suga, Residue-free solder bumping using small AuSn particles by hydrogen radicals, IEICE Transactions on Electronics, Vol.E92-C, No.2, pp. 247-251 (2009) 査読有。

茅野大祐、日暮栄治、須賀唯知、微細はんだ粒子を充填したシリコンモールドと水素ラジカルリフローを用いた微小はんだボール形成、第23回エレクトロニクス実装学会講演大会講演論文集、13A-10, pp.215-216 (2009) 査読無。

Daisuke Chino, Eiji Higurashi, and Tadatomo Suga, Hydrogen radical reflow characteristics of small AuSn particles, Proc. International Conference on Electronics Packaging (ICEP), June 10-12, Tokyo, Japan, pp. 301-304 (2008) 査読有。

茅野大祐、日暮栄治、須賀唯知、微細AuSnはんだ粒子の水素ラジカルリフロー特性、第22回エレクトロニクス実装学会講演大会講演論文集、19B-21, pp.257-258 (2008) 査読無。

〔学会発表〕(計3件)

茅野大祐、日暮栄治、須賀唯知、微細はんだ粒子を充填したシリコンモールドと水素ラジカルリフローを用いた微小はんだボール形成、第23回エレクトロニクス実装学会講演大会、2009年3月13日、関東学院大学。

Daisuke Chino, Eiji Higurashi, and Tadatomo Suga, Hydrogen radical reflow characteristics of small AuSn particles, International Conference on Electronics Packaging (ICEP), 2008年6月11日、東京ビッグサイト。

茅野大祐、日暮栄治、須賀唯知、微細AuSnはんだ粒子の水素ラジカルリフロー特性、第22回エレクトロニクス実装学会講演大会、19B-21、2008年3月19日、東京大学。

6. 研究組織

(1)研究代表者

日暮 栄治 (HIGURASHI EIJI)

東京大学・先端科学技術研究センター・准教授

研究者番号：60372405