

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20560671

研究課題名(和文) 微細電子材料の自己集積レプリケーション現象の解明とその創発

研究課題名(英文) Clarification and Emergence of Self-replication Phenomena in Microelectronic Materials

研究代表者：

安田 清和 (YASUDA KIYOKAZU)

名古屋大学・工学研究科・講師

研究者番号：00210253

研究成果の概要(和文)：電子デバイス実装の基本電極構造となる多点微細バンプ(突起状電極)の一括作成のため、Sn基金属微粒子と低粘性樹脂を混合したハイブリッド材料の選択的ぬれ現象に起因する微細バンプの自己形成や転写複製について実験的に実施にした。顕微CCD撮像による微細熔融液滴の金属電極上へのぬれ挙動の観察とバンプ形態評価により、加熱温度、金属微粒子の体積含有率、フラックス活性度などの本プロセスの適正条件を検討した。

研究成果の概要(英文)：In order to make a batch of multi-point fine bumps (protruding electrodes) as the fundamental electrode structure of electronic devices, self-formation method was conducted. With a micro optical recording by a CCD camera, the observation of the wetting behavior of fine molten droplets on metal electrodes and morphological evaluation of bumps were conducted for the proper condition of the self-formation process.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2009年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：材料工学 材料加工・処理

キーワード：微細加工, 微細接続, マイクロ接合, ぬれ, 表面張力, 自己形成, 自己組織化, はんだ

1. 研究開始当初の背景

本研究は、ナノからマイクロスケールの金属微粒子と高分子樹脂の異材混合液状ペーストが有する自己凝集・合一現象や選択的ぬれ現象などの物理・化学的特性を起源とした内因的駆動力を積極的に活用し、微細電子材料による機能デバイス、ひいては微細知能システムにおける構造・機能の自己集積化を創発せしめ、素材からレプリケーション(複製)する新規な構造・機能材料の加工プロセスを確立することを目的とする。本手法は、一見単純な熔融金属と樹脂の相分離を基本とし

ながらも、樹脂活性により表面清浄化を巧みに実現して集積化レプリケーションを駆動するものであり、学術的にも本機構はユニークである。また、プロセスに必要な入熱エネルギーや精密位置合わせなどの外部制御を最小限に抑えつつ、電子材料アセンブリ技術に必須の超多点一括マイクロバンプやマイクロパターン形成をブレイクスルーするものであり、設計尤度が高く、環境負荷の低いプロセスとして、持続発展可能な社会を支える基盤技術としてこれまでに存在しない新しい方法論を提案するものである。

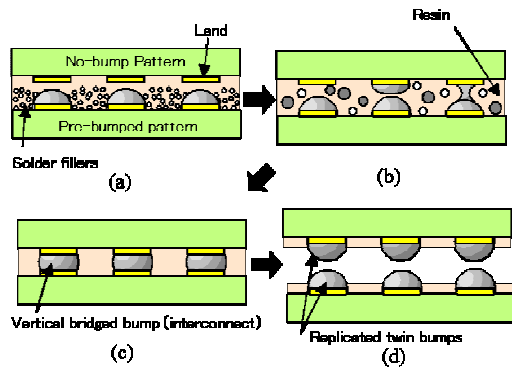


図1 はんだの自己レプリケーションプロセスによるマイクロバンプ形成の概略図 (a) シード, フィラー, (b) 合一・ぬれ (c) 架橋 (d) バンプ複製

2. 研究の目的

Sn-In, Sn-Bi など Sn 基低融点金属微粒子と低粘性活性樹脂を混合したペーストの基本物性ならびに自己凝集・選択的ぬれ現象を実験的に明確にした上で、デバイス基本構造となる2次元アレイ状微細バンプ(突起状電極)の自己集積レプリケーション技術による一括作成を実施する。その際、金属ならびに樹脂供給量とその界面反応量の両面を同時に考慮して、プロセスにおける溶融フィラーの金属パッド部への挙動を解明し、本プロセスにおける適正条件を明確にする。特に、自己レプリケーションに大きな影響を与えると考えられる金属微粒子の溶融、流れ過程や加熱による樹脂挙動を *in-situ* 観察し、その時間的挙動について定量的評価パラメータを用いて表現し、プロセスと材料の適正条件を見出す

3. 研究の方法

本研究の目標は、マイクロレベルの微細電子システム材料における自己集積レプリケーションによる微細接続バンプならびにパターン形成の確立にある。そのためには、1) 金属微粒子の樹脂中の凝集・ぬれ現象の物理的過程を明らかにした上で、2) プロセス時における諸条件(プロセス温度、微粒子・樹脂混合比など)とプロセス結果との因果関係を調査するとともに、3) レプリケーションプロセスの適用範囲を明確化する。

ランド用金属によるめっきを施した金属パターン付ガラスエポキシ基板を準備し、この1組の対向基板間に微粒子・樹脂混合ペーストを一括供給して実施する。可視域での観察が困難な場合でも、新しく構成した自己集積レプリケーションプロセス装置によるプロセス時における金属微粒子の溶融、流動ぬれ現象について、その詳細な時間的挙動を顕

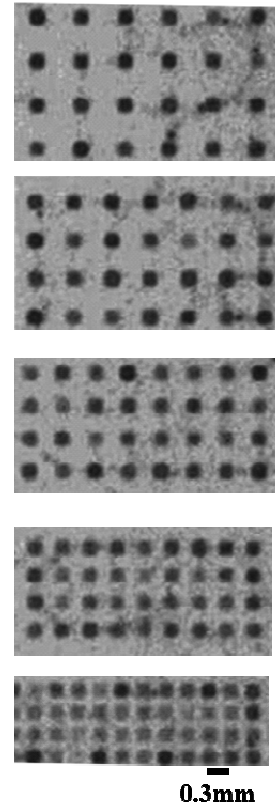


図2 樹脂硬化後の 58Bi-42Sn 含有材料

微 CCD 撮像系で観察する。得られた画像により、樹脂のぬれ広がり、金属フィラーの接触、凝集、合体、ぬれの過程の定量的解析を行う。これらの解析においてはフィラーの移動速度、粒子径、凝集頻度、ぬれ広がり量などのパラメータを用いて整理する。

レプリケーション率の評価と影響因子の解明のため、自己集積レプリケーションにより形成された微細パターンについて定量的評価を行い、ブリッジ欠陥や未接合などを画像より判定する。それらの結果を各種プロセスパラメータとの関連から整理する。また、自己集積レプリケーションに影響する因子について、シード基板のランドパターン形状・寸法、プロセス加熱温度、ならびにランド表面清浄性などがプロセス臨界時間やぬれ進行速度などに与える影響について、新たな評価パラメータを用い、関連性を明らかにする。さらに、自己集積レプリケーションによるプロセスの良否を適正に評価することによりプロセス要求条件および、材料としての金属微粒子フィラーや樹脂の要求条件を明らかにし、本手法の適用範囲を判定する。特に適正プロセスのためのパラメータの妥当性、樹脂供給量、表面処理によるぬれ改善効果について明らかにする。

樹脂は一液性エポキシ硬化樹脂を、はんだは 52In-48Sn 共晶はんだ粒子(融点 391K、

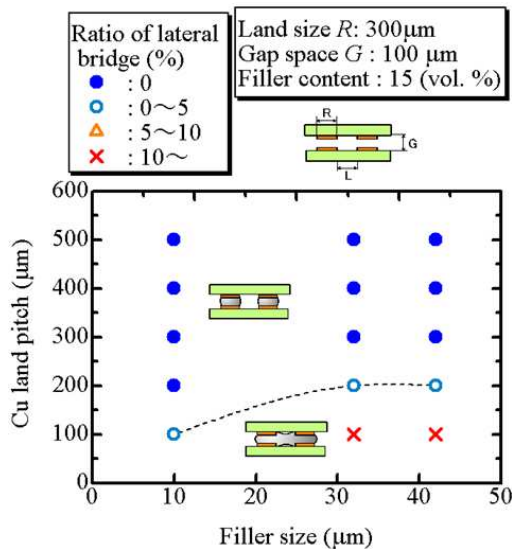


図3 ランドピッチとフィラー径が水平架橋形成に及ぼす影響

粒径 42 μm , 球状). 銅配線パターンを形成した FR-4 基板 (24.1 \times 16.1 mm^2 , ランドサイズ 300 \times 300 μm^2 (300 μm 径) 100 \times 100 μm^2 (100 μm 径), ピッチ 100, 200, 300, 400, and 500 μm のものを用いた実験手順について述べる. 1) エタノール中に 300 秒超音波洗浄 2) 塩酸水溶液 (6%) に 60 秒間浸漬. 3) ステンレスワイヤ (50, 100, and 200 μm) をスプレーサーとしてフィラーを含有した樹脂を供給 4) 大気雰囲気か設定加熱温度まで試料を加熱バンプ形状の評価は X 線透過顕微鏡により観察した. 水平架橋は基板に水平方向から, 垂直架橋は斜め方向からの観察により判断した.

4. 研究成果

(1) フィラー含有率のバンプ接続に対する影響

金属フィラーの含有率がバンプ接続形成に及ぼす影響をみるため, フィラー含有率を 10~25 体積%, ギャップ長 100 μm , 硬化温度 403K, フィラー粒径 42 μm の条件で実験を実施した. 側方架橋についてはフィラー含有率とともに増加した. (Fig. 9) グラフ中の曲線はランド間隔と面積率の関係を示したものである. 垂直, 側方架橋ともにランドのピッチが 100 μm 以下で増加する. 狭ピッチの場合, ランド面積率は点線曲線で示される. ランドに近接するごく少量のフィラーのみが垂直架橋の形成に寄与する. このように 20 体積%程度のフィラー含有率では 100 μm ランドパターンが形成可能である.

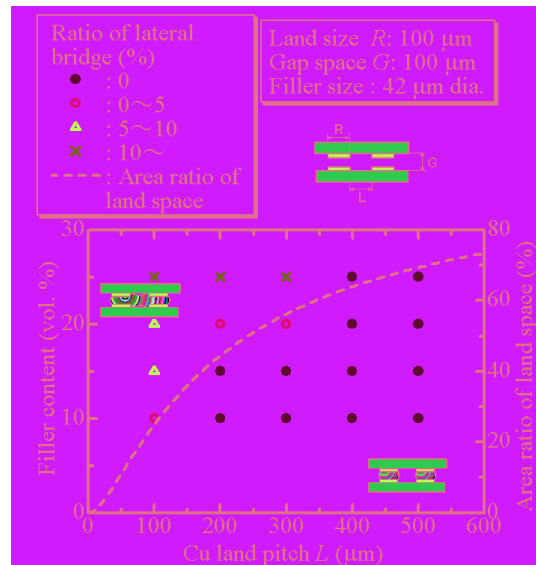


図4 ランドピッチとフィラー径が水平架橋形成に及ぼす影響

(2) ギャップ長のバンプ架橋形成に対する影響

基板間ギャップ長がバンプ架橋形成に及ぼす影響を調べるため, フィラー含有率 15 体積% (100 μm 径基板) 硬化保持温度 403K, フィラー粒径 42 μm , 基板ギャップ長 50, 100, 200 μm の条件で実験を実施した. バンプ形成の後透過 X 線試験により観察した. ランドピッチ L とギャップ長 G が垂直架橋形成に及ぼす影響を Fig. 3 に示す. 垂直ブリッジ率はギャップ間隔が小さくなると増加する. 狭ギャップでは架橋形成に必要なフィラー量はより少ない. その結果, 垂直架橋の形成は用意である. 図中の点線は, 架橋バンプあたりの体積と基板ギャップ長との関係を示したものである. 銅ランドピッチ L とギャップ長 G が側方架橋形成に及ぼす影響を Fig. 4 に示す. ランドピッチ L が 100 μm の場合, 側方架橋がいずれのギャップ長 G においても支配的であるが, その低減のためには小さいギャップを維持することが必要である.

以上のように, 対向基板の配置工程によりフリップチップ等マイクロ接続のための自己集積レプリケーションプロセスを提案した. 垂直, 水平架橋の形成率を熱硬化樹脂によりマイクロ接続のために評価した. 100~300 μm ピッチの FR-4 基板上アレイパターン上にマイクロ接続を形成することができた.

5. 主な発表論文等

(研究代表者, 研究分担者及び連携研究者に

は下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① Kiyokazu Yasuda, Self-replicating process for micro interconnect array pattern using solder/polymer hybrid materials, Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology, 査読有, 2011. (accepted)
- ② 雨森 則人, 安田 清和, 高井 治, Sn-Bi はんだ粒子-シリコン混合系による自己形成マイクロバンプの観察, 第 17 回エレクトロニクスにおけるマイクロ接合・実装技術シンポジウム論文集, 査読有, 17, 2011, 253-256.
- ③ Kiyokazu Yasuda, Solder Filler Motion Driven by Interfacial Tension in Self-Organization Assembly Process, J. Solid Mechanics and Materials Engineering, 査読有, 3, 12, 2009, 1356-1362.

[学会発表] (計 8 件)

- ① 安田清和 はんだ-高分子ハイブリッド材によるマイクロ接続のための自己形成プロセス 第25回エレクトロニクス実装学会講演大会, 2011年3月10日, 横浜国立大学 (横浜市)
- ② Kiyokazu Yasuda, Smart Processing for Micro Interconnects by Self-Replication, Proceedings of Materials Science and Technology (MS&T2010), October 21, 2010, Houston.
- ③ 雨森則人, 高井 治, 安田清和, 低融点 はんだ-高分子混合系における巨視的自己形成プロセスの解析, 第20回マイクロエレクトロニクスシンポジウム, 2010年9月10日, 立命館大学(草津市)
- ④ Kiyokazu Yasuda, Process Design of Self-Replication for Micro Bump Formation, IEEE CPMT Symposium Japan (10th VLSI Packaging Workshop in Japan), August 25, 2010, Tokyo.
- ⑤ Kiyokazu Yasuda, Self-Replicating Process for Micro Interconnect Array Pattern Using Solder/Polymer Hybrid Materials, The 60th Electronic Components & Technology Conference 2010 (ECTC2010), June 4, 2010, Las Vegas.
- ⑥ Kiyokazu Yasuda, Micro Bump Formation by Self-Replication Method, International Conference on Electronics Packaging 2010 (ICEP2010), May 13, 2010, Sapporo.

- ⑦ K. Ohta, K. Fujimoto, M. Matsushima, and K. Yasuda, Filler Motion Dynamics in Resin for Flip Chip Micro Interconnects, International Conference on Electronics Packaging 2009 (ICEP2009), April 15-16, 2009, Kyoto.
- ⑧ Kiyokazu Yasuda, Masao Toya, Michiya Matsushima, and Kozo Fujimoto, Effect of Fluxing Activation on the Formation of Bubbles in Self-Organization Joining (invited), The 8th International Welding Symposium, Nov. 17, 2008, Kyoto.

[その他]

受賞

- ① 平成 21 年 5 月 (2010 年) JIEP Poster Award 2009 (エレクトロニクス実装学会)
- ② 平成 20 年 6 月 (2009 年) Best Poster Award of RAMM & ASMP 2009 (2nd Asian Symposium on Materials & Processing AND 4th International Conference on Recent Advances in Materials, Minerals & Environment)

ホームページ等

<http://kenpro.mynu.jp:8001/Profiles/0063/0006300/profile.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

安田 清和 (YASUDA KIYOKAZU)
名古屋大学・大学院工学研究科・講師
研究者番号：00210253

(2) 研究分担者

藤本 公三 (FUJIMOTO KOZO)
大阪大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：70135664
(H19→H20：連携研究者)
松嶋 道也 (MATSUSHIMA MICHIIYA)
大阪大学・大学院工学研究科・助教
研究者番号：90403154
(H19→H20：連携研究者)

(3) 連携研究者 なし

