

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 16 日現在

機関番号：11201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25420769

研究課題名(和文)自動車端子・コネクタ向けの次世代高信頼性超高耐熱Sn/Ag多層めっきの創製

研究課題名(英文) Fabrication of Multi-layered Sn/Ag Coatings with High reliability and High Thermal Stability toward Next-generation Automotive Connectors

研究代表者

呉 松竹 (KURE-CHU, Song-Zhu Shochiku)

岩手大学・工学部・准教授

研究者番号：30633573

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、高価な貴金属めっき(Au, Ag)に代わる次世代超高耐熱めっき材の開発を目指し、新規なナノ積層型のSn/Ag<sub>3</sub>Sn/Ag(Ag膜厚-20~300 nm)系多層めっきを開発した。

このSn/Ag<sub>3</sub>Sn系多層めっきは、優れた耐熱性、耐摩耗性、耐硫化性および光反射性を持つことが確認された。これら性質は、主に最表面の硬質Ag<sub>3</sub>Sn層と軟質Ag層の複合化による導電性付与と摩耗性改善の複合効果によるものと考えられる。このSn/Ag<sub>3</sub>Sn/Ag系多層めっきは、車載端子、LED反射材および大電流高速充電コネクタなどに幅広く応用できると考えられる。

研究成果の概要(英文)：Various novel multilayered Sn/Ag<sub>3</sub>Sn(/Ag) films with Ag thickness of 20-300 nm, which are considered as promising low-cost coating materials for substitution to the noble Au and Ag plating materials, were fabricated by electroplating thin Ag films on reflowed Sn layers on Cu alloy plates toward next-generation high reliable coating materials for automotive connectors and LED lead-frames. The Sn/Ag-based films exhibited excellent thermal stability of electrical contact resistance and reflectance, improved fretting corrosion resistance, and satisfied sulfidizing resistance, superior to conventional Ag and Sn electroplating films. The enhanced performances mentioned above can be mainly attributed to (i) the chemically stable Ag<sub>3</sub>Sn layer with high hardness that endows a high electrical connection and a low friction coefficient, and (ii) a protective thin SnO film on the intermetallic Ag<sub>3</sub>Sn layer that isolates the corrosive circumstance.

研究分野：機能性表面処理

キーワード：車載端子・コネクタ スズ・銀めっき ナノ積層 耐熱性 電気接触抵抗 耐摩耗性 耐食性 LED反射材

## 1. 研究開始当初の背景

自動車産業は、我が国の重要な産業支柱であり、我が国の将来を決定する唯一の基幹産業となりつつある。車の中には、神経のようなワイヤーハーネス(Wire Harness)と呼ばれる電線束が張り巡らされ、それらは接続端子(コネクタ)に繋がれている。その先は、自動車内の各所に配置されている様々な電子部品に繋がれている。コネクタにおいては、金属同士の接触による導通および近隣の金属線間の絶縁という基本的動作の信頼性が極めて重要であるが、自動車の電装化の急速な進展とともに、端子・コネクタ材料の耐熱性・耐摩耗性・耐食性向上の要求が益々高まっている。例えば、米国自動車研究連合会(USCAR)規格によると、一般車の端子コネクタ材料の耐熱性は、装着場所により、従来の100~120°C(Class II)から200°C(Class V)まで引き上げられつつある。また、ハイブリット車・電気自動車が急速に普及している現在、急速充電や車急発進の際の大電流による発熱により一時的に260°C程度の高温になることがあるため、一層高い電気接続信頼性が要求されている。

従来の自動車用の端子材には、導電性の高い銅合金基材の表面に耐酸化性のある金属薄膜を被覆しためっき材が使用されている。耐熱性の要求が低い場合、コストと半田濡れ性を考慮し、一般端子材としてSnめっき材が利用されるが、欧州では溶融Snめっき、日本・米国・中国では、主に電気Snめっきが行われている。より厳しい使用環境下での高い電気接続信頼性が要求される場合は、特殊端子としてコストの高い貴金属めっき、例えば、Au/Pd/Ni多層めっきや厚Agめっき(5-70 μm)などが主流となっている。しかし、これらが長期間高温環境下に曝されると、Cu合金素材からのCu拡散・酸化による電気接続性が低下する問題があり、それらは、まだ根本的には解決されていない。また、電気自動車の普及にともなって製品の高信頼性を保証するため、高価な貴金属めっきに代わる低コストかつ高性能のめっき材の開発が強く望まれている。

代表研究者は、前職場の三菱伸銅(株)において、次世代超高耐熱端子めっき材を目指し、低コストのSnめっきの表面改質に着目してSnめっき表面に厚さ20-60 nmのAg<sub>3</sub>Sn微粒子を被覆する新規なSn/Ag多層めっきを開発した。そのSn/Ag多層めっきは、ドイツメーカーが開発した次世代高耐熱Sn-Ag溶融めっきに対する有望な対抗めっき材として期待されている。また、Sn/Agめっきは、USCAR規格におけるClass Vの200°C耐熱試験において、電気接触抵抗が安定であり、耐熱性は現行Snめっきと貴金属Agめっきよりも遙かに向上することが見出された。また、耐微摺動摩耗性は、現行Snめっきより高く、めっき層の磨耗機構と摩耗粉性状の変化によることを明らかにした。更に、現行の各種Sn

めっきより優れた耐Snウイスキー性を有することも明らかにするとともに、リフローSnめっき表面に光沢性Ag<sub>3</sub>Sn膜を生成したSn/Ag多層めっきは、市販の光沢Agめっきより優れた耐硫化性および耐候性を有することを明らかにした。

しかし、Sn/Ag多層めっきを自動車端子部品向けの貴金属めっきに代わる耐熱めっきとして実用化する際、Sn/Ag多層めっきは、1) Sn融点を越えた200°C以上の高温環境への適用性、2) 部品加工に適したSn/Agめっき層構造の製造条件、および3) 腐食環境と高温環境においてめっき層構造と電気接触抵抗安定性に対する影響およびそのメカニズム解明の課題が残っている。特に、200°C以上の高温において、Ag<sub>3</sub>Snの耐酸化性およびAg<sub>3</sub>Sn合金層によるCu拡散抑制効果の解明が、実用製品の開発にとって重要な理論的支柱および指針となるため、さらなる高度な学術研究が必要となる。

## 2. 研究の目的

代表研究者がこれまでの研究において開発したSn/Ag多層めっき技術を基に、高価な貴金属めっきに代わる車載コネクタ用次世代超高耐熱めっき技術の確立を目指す。すなわち、Cu合金上のSnめっき層表面にナノメートルオーダーのAg薄膜を被覆して合金化させ、実用規格に応じて様々なデザインを付与したAg<sub>3</sub>Sn合金層を形成させることを特徴とする超高耐熱Sn/Ag系多層めっき材を開発する。そして、使用環境におけるめっき材の電気接触抵抗安定性の評価およびその耐熱メカニズムの解明と体系化を行い、今後の車載コネクタ・端子部品向けの高信頼性めっき製品開発の理論的支柱および製品化する際の指針を構築することを目的とする。

## 3. 研究の方法

高価な貴金属めっきに代わる次世代超高耐熱めっき材の開発を目指し、自動車用の特殊端子部品のための新規なSn/Ag系多層めっきを開発する。すなわち、銅合金上のSnめっき表面に、精密に制御された電気めっき法によりナノメートルオーダーのAg薄膜を被覆することによりナノ積層型のSn/Ag多層めっきを作製する。続いて、低温処理によりAgとSnとを反応させてAg<sub>3</sub>Sn金属間化合物を生成し、実用部品に適用可能なSn/Ag系多層めっき材を創製する。

また、様々な使用環境を想定し、Sn融点前後の高温条件下で、Sn/Ag系多層めっきの耐熱性を評価し、電気接触抵抗安定性に対するめっき層構造および合金元素の影響を調べる。更に、めっき層表面の酸化状態、素材とめっき層との間の合金元素の相互拡散挙動、耐酸化性と電気接触抵抗安定性との相関を調査し、Sn/Ag系多層めっきの耐熱メカニズムを解明する。また、実際に製品化のために、現行のリフローSnめっきおよびAgめっきを

用い、本研究で開発する Sn/Ag 系多層めっき材を比較して評価し、その優位性と位置づけを調査する。

具体的に、Sn/Ag 多層めっきの仕様については、以下のような用途に設計する。

- a) 半田濡れ性と曲げ加工性を重視する端子（たとえば、メス端子）に対して Sn 融点以上の使用環境での耐熱性を調べるためのめっき仕様。
- b) めっき層の平滑性、硬さ、耐食性と耐摩耗性が要求される端子（例えば、非防水タイプのオス端子）に向けためっき仕様。
- c) 貴金属 Ag めっきと同等の高導電性を狙い、かつ省貴金属のめっき仕様。Ag 層と Sn 層の間の密着性を得るために Ag<sub>3</sub>Sn 緩和層を形成する。
- d) 電気自動車的高速充電器などに向けて、高導電性かつ省貴金属を狙い、めっき層の硬さ、挿抜性と耐摩耗性を重視しためっき仕様。

#### 4. 研究成果

##### (1) 様々な層構造を持つ Sn/Ag 系多層めっきの作製技術の開発

工業プロセスに使用されるシアン系およびノンシアン系 Ag めっき浴を用いて、銅合金上のリフロー Sn めっきの表面に様々な厚さの Ag 薄膜を被覆し、その際に、めっき浴中の Ag<sup>+</sup>濃度、液温、電流密度などの影響を調べ、Ag 粒子の核形成と成長のバランスを保つ最適条件を探索した。さらに、粒子凝集せずに Ag 粒子と Sn 膜を均一に合金化させるために、数十、短時間での低温合金化処理により Ag と Sn とを反応させて緻密な Ag<sub>3</sub>Sn 金属間化合物層を形成させた。さらに、リフロー Sn めっき膜の表面に Ag めっきと Sn めっきを複数回行う（すなわち、Ag Sn Ag）ことにより、様々な層構造を有するナノ積層型 Sn/Ag<sub>3</sub>Sn(Ag)多層めっきを作製した。

図1には、本研究で作製した Sn/Ag 系多層めっき断面の電界放出形走査電子顕微鏡 (FE-SEM) 写真を示す。比較のために、過去の研究の Sn/Ag めっきおよび市販の Ag めっきも示している。過去の微粒子型 Ag<sub>3</sub>Sn めっき(図 1a)と異なり、**予定通り、実用に向けた連**

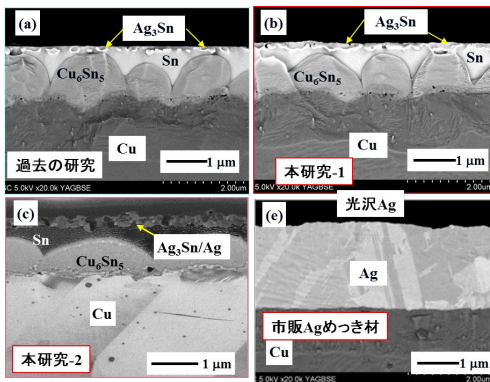


図1 Sn/Ag<sub>3</sub>Sn と Sn/Ag 多層めっきの断面 FE-SEM 写真

**続膜型の Sn/Ag<sub>3</sub>Sn および Sn/Ag<sub>3</sub>Sn/Ag の多層めっきを作製できた。**また、未発表のデータとして記載できないが、Ag Sn Ag で複数回めっきにより、硬質 Ag<sub>3</sub>Sn 層と軟質の Sn 層と Ag 層を交差する形で端子の嵌合性と耐摩耗性をさらに向上するナノ積層型 Sn/Ag<sub>3</sub>Sn/Ag の作製もできた。

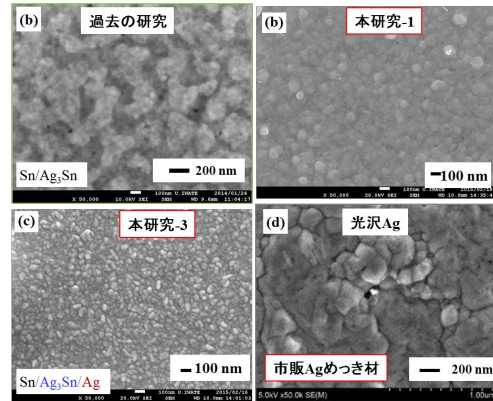


図2 Sn/Ag<sub>3</sub>Sn と Sn/Ag 多層めっきの表面 FE-SEM 写真

図2には、Sn/Ag 系多層めっき例の表面 FE-SEM 写真を示す。本研究の Sn/Ag<sub>3</sub>Sn 多層めっきは、過去の研究の微粒子型 Sn/Ag めっきおよび市販の Ag めっきと比べると、粒子サイズが細かく、表面がより平滑であることが分かる。これは、水面のように平滑なリフロー Sn めっき膜を利用し、さらにメッキ液の組成を調整し、Ag 粒子の析出と成長過程を精密に制御することにより、平滑な Sn/Ag<sub>3</sub>Sn 多層めっきの形成ができた。これらの Sn/Ag<sub>3</sub>Sn 多層めっきにより、車載端子の電気接続性、低挿抜性および耐摩耗性のさらなる向上が期待される。

また、シアン系 Ag めっき浴を用いた場合、Ag と Sn の合金反応を利用して硬質 Ag<sub>3</sub>Sn 金属間化合物層を形成でき、環境にやさしいノンシアン系 Ag めっき浴の場合、Ag-Sn 合金化反応せずに熱に安定な Ag 膜であることが明らかになった。この性質を利用して、ナノ複層型の Sn/Ag<sub>3</sub>Sn/Ag を作製し、耐摩耗性と高導電性を両立することができた。

##### (2) Sn/Ag 系多層めっきの耐熱性およびそのメカニズムの解明

米国自動車研究連合会(USCAR)規格における最も厳しい Class V(200 °C)で Sn/Ag 系多層めっきの電気接触抵抗安定性を評価し、その一例を図3に示す。現行品のリフロー Sn めっきと Ag めっきは、接触抵抗値は高温保持時間とともに段々上昇することに対し、本研究の Sn/Ag 多層めっきは、初期の抵抗値が純 Ag めっきより少し高いが、保持時間によらず常に安定な抵抗を示し、優れた耐熱性を持つことが確認された。これは、Ag<sub>3</sub>Sn 合金層の高温安定性、Ag による Cu 熱拡散の抑制作用、および Cu-Sn-Ag 三元合金相の化学安定

性により、めっき層全体の熱安定性を向上したと考えられる。また、鉛フリーはんだを使用する場合を想定して、Sn 融点以上の 260 で 500 時間耐熱性を評価した結果、Sn 層が Ag または Cu と完全に合金化になったが、最表面の  $Ag_3Sn$  粒子により電気通路を確保できるため、安定な接触抵抗を保持できることが確認された。 $Ag_3Sn$  の熱安定性と Cu 拡散抑制効果は Sn 融点以上の高温な環境においても保っていることが明らかになった。

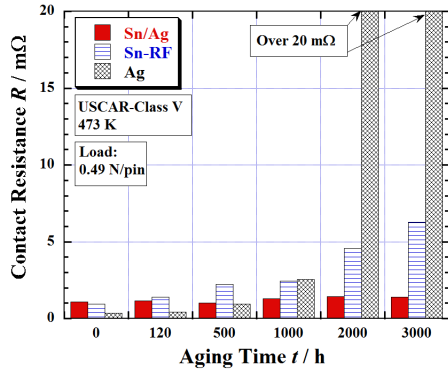


図3 Sn/Ag<sub>3</sub>Sn と Sn/Ag ナノ積層めっきの表面硬さの測定結果

### (3) Sn/Ag 系多層めっき材の耐硫化性およびそのメカニズムの解明

図4には、JIS-H-8621 に準じて耐硫化性試験を行った後の Sn/Ag<sub>3</sub>Sn 多層めっきと市販の Ag めっき材の電気接触抵抗を示す。通常の Ag めっきは、Ag と硫黄と反応しやすいため、黒い硫化銀膜の生成により表面導電性が劣化しやすいが、Sn/Ag<sub>3</sub>Sn 多層めっきは硫化性試験における電気接触抵抗が殆ど変化しないことが分かった。これは、各種物理化学分析により、 $Ag_3Sn$  は純 Ag より化学的安定し、特に、 $Ag_3Sn$  層表面の  $SnO_2$  薄膜が存在しているため、保護膜として耐食性が向上されたことを明らかにした。これで、本研究で開発された Sn/Ag 系多層めっきは、車載端子として優れた耐熱性と耐食性を有し、そのメカニズムを解明された。

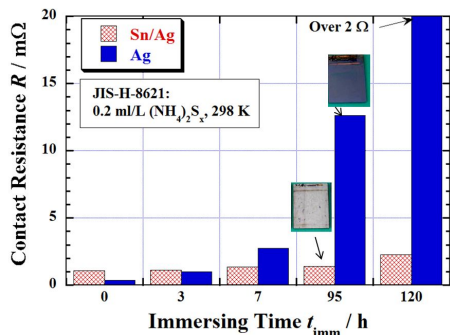


図4 Sn/Ag 多層めっきと Ag めっきの耐硫化性評価結果

### (4) Sn/Ag 系多層めっきの表面硬さと摩耗性に対するめっき層構造の影響

図5には、ナノインデントにより測定した種々の層構造を持つ Sn/Ag<sub>3</sub>Sn と Sn/Ag ナノ積層めっきの表面硬さを示す。Sn/Ag<sub>3</sub>Sn めっきの場合、平均硬さは 212 Hv と高く、通常純 Ag 膜より高い。これは、最表面層の Ag 膜が完全に Ag-Sn 合金化されて硬い金属間化合物  $Ag_3Sn$  合金層が生成したためと考えられる。一方、表面に純 Ag 層が残る場合、通常の純 Ag めっき膜と同等の表面硬さ (82 Hv) を示している。また、Ag-Sn-Ag 複層めっきの場合は、中間層の Sn 膜が厚いため、硬質の  $Ag_3Sn$  相と軟質の Sn 相の混合層となり、単独な  $Ag_3Sn$  層の硬さより低くなる。すなわち、Sn/Ag 系ナノ積層めっきの表面硬さは、めっき膜の層構造およびめっき方法に大いに依存することが明らかになった。

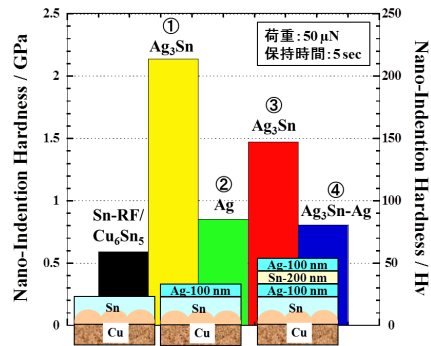


図5 Sn/Ag<sub>3</sub>Sn と Sn/Ag ナノ積層めっきの表面硬さの測定結果

また、実際の車載端子および高速充電コネクタの使用条件を参考し、微摺動摩耗およびスライド摩耗方式で各種 Sn/Ag 系多層めっきの耐摩耗性を評価した。その結果、Sn/Ag<sub>3</sub>Sn と Sn/Ag<sub>3</sub>Sn/Ag 多層めっきは、表面硬さが通常の Sn-RF めっきおよび Ag めっきより高いため、電気接触抵抗および摩擦係数の安定領域が広く、めっきの耐微摺動摩耗性および耐摩耗性が向上され、長寿命・高信頼性の次世代車載コネクタと高速充電コネクタへの応用が期待できると考えられる。

### (5) 省エネ LED 反射材用途向けの Sn/Ag 系多層めっきの光反射特性と熱安定性

また、自動車端子めっきの開発と同時に、自動車 LED 前照灯用の LED リードフレームめっき材として、省資源である Sn/Ag 系多層めっきの活用性の可能性についても調べた。自動車 LED 前照灯は、通常の照明器具と異なり、車のエンジンルームに装着するため、自動車部品と同じく耐熱性が要求される。

図5には、耐熱性試験前後の Sn/Ag<sub>3</sub>Sn と Sn/Ag 多層めっき、比較として市販 Ag めっきの光反射特性評価結果を示す。初期の Sn/Ag<sub>3</sub>Sn めっきは、Ag<sub>3</sub>Sn 合金層により反射率が純 Ag より低い反射率を示すが、Sn/Ag と Sn/Ag<sub>3</sub>Sn/Ag 多層めっきは、表面に純 Ag 層が覆われているため、通常の Ag めっき材と同等以上の高反射性を持つことが分かる。また、LED 照明器具の使用環境を想定して 100 で 120 時間を耐熱試験後には、通常の Ag めっきは光反射性が明確に低下することに対し、Sn/Ag 系多層めっきは、いずれ変化が少なく、優れた熱安定性を持つことが確認された。また、いずれの Sn/Ag 系多層めっきは、Au めっきより高い反射率を有するため、高価の Au めっきに代わって紫外光 LED 反射材にも応用できると考えられる。

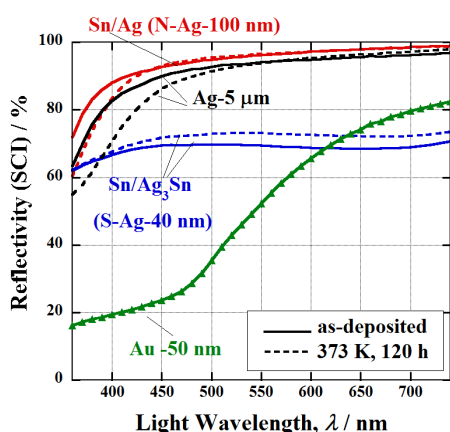


図5 Sn/Ag<sub>3</sub>Sn(/Ag)多層めっきと Ag めっきの光反射特性評価結果

#### (6) Sn/Ag 系多層めっきの耐硫化性評価および耐熱性・耐硫化性複合評価

また、JIS-H-8621 に準じて耐硫化性試験を行った結果、通常の Ag めっきは 10 min 浸漬で反射率が 90% から 10% までに低下してしまうが、Sn/Ag<sub>3</sub>Sn 多層めっきは、60 min でも初期と同じ 65-70% の反射率を保持できるので、優れた耐硫化性を持つことが認められた。

さらに、前述の 100 で 120 時間耐熱試験後に続いて耐硫化性試験を行う複合評価試験において、Sn/Ag<sub>3</sub>Sn および Sn/Ag 多層めっきは、Ag めっきより安定な光反射性を示した。これは、Sn/Ag 系多層めっきの表面に化学的安定且つ透明な SnO<sub>2</sub> 酸化膜が生成されて、Ag と Ag<sub>3</sub>Sn 層を保護できたと考えられる。

そのほか、実用化のために自動車端子に必要な曲げ加工性、はんだ濡れ性、LED デバイスに必要なワイヤボンディング性なども評価した。

#### (7) まとめ

以上のことにより、本研究では、めっき工程の精密に制御することにより、種々の Sn/Ag 系多層めっき (Sn/Ag<sub>3</sub>Sn, Sn/Ag<sub>3</sub>Sn/Ag, Sn/Ag, Sn/Ag<sub>3</sub>Sn/Sn/Ag<sub>3</sub>Sn/Ag など) を作製す

る技術が開発された。また、実際の使用環境を想定し、耐熱性 (高温環境下での電気接触抵抗安定性) と、耐摩耗性、耐硫化性などを評価し、現行品リフロー Sn めっきおよび Ag めっき材より優位性が確認された。

そのメカニズムの解明については、Sn/Ag 系多層めっきの耐熱性は、Ag<sub>3</sub>Sn 合金層の高温安定性、Ag による Cu 熱拡散の抑制作用、および Cu-Sn-Ag 三元合金相の化学安定性により、めっき層全体の熱安定性を向上したと考えられる。また、Sn/Ag 系多層めっきの耐食性 (耐硫化性) は、Ag<sub>3</sub>Sn 合金の化学安定性およびその表面に化学的安定且つ透明な SnO<sub>2</sub> 酸化膜の保護により、腐食環境から守られたと考えられる。

従って、本研究で開発した Sn/Ag 系多層めっきは、従来の貴金属 Au と Ag めっきに代わる低コスト且つ高信頼性の自動車端子・コネクタ材および LED 反射材として、実用性が極めて高いと考えられる。

## 5. 主な発表論文等 〔雑誌論文〕(計 15 件)

**S.-Z. Kure-Chu\***, R. Nakagawa, T. Ogasawara, H. Yashiro, S. Sawada, A. Shimizu, and Y. Saitoh, “Sliding Friction, Wear, and Tribofilm Formation of Silver Films Electro-plated on Copper Alloy Sheets”, 2016 Proceedings of the 62<sup>nd</sup> IEEE Holm Conference on Electrical Contacts, 査読有、in press, pp.1-6, 2016.10.

**Song-Zhu Kure-Chu\***, T. Ogasawara, R. Ye, H. Yashiro, and K. Sasaki, “Thermal Stability and Sulfidizing Resistance of High Reflective Multilayered Sn/Ag<sub>3</sub>Sn and Sn/Ag Films Electrodeposited on Cu Alloy Sheets”, Special Issue of Electrochimica Acta, 査読有、accepted, 2016.09.

**呉 松竹\***, 小笠原 徹、中川 梨絵、八代 仁、「Cu 板上へのナノ積層型 Sn/Ag<sub>3</sub>Sn(/Ag)多層めっきの微細構造およびその特性評価」、銅と銅合金、査読有、Vol.55, No.1, p1-p5, 2016.08(印刷中)。

**呉 松竹\***, “電子・電気部品用のナノ積層型 Sn/Ag<sub>3</sub>Sn 系多層めっきの開発”, 化学工業, 査読なし、Vol.66, No.3, pp.60-67, 2015.03.

**S.-Z. Kure-Chu\***, T. Ogasawara, H. Yashiro, R. Ye, T. Hosokai, M. Uchidate, E. Suzuki, and T. Naito, “Multilayered Sn/Ag<sub>3</sub>Sn Electroplating on Cu Alloys for High Reliable Electronic/Electric Materials”, Transactions of The Japan Institute of Electronics Packaging, 査読有、Vol. 7, No.1, pp.79-86, 2015.1.

**S.-Z. Kure-Chu\***, and H. Yashiro, “Corrosion Resistance of Multilayered Sn/Ag<sub>3</sub>Sn Films Electroplated on Cu Alloys for Highly Reliable Automotive Connectors”, Journal of The Electrochemical Society, 査

読有、Vol.161, No.10, pp.C441-C449, 2014.07.

DOI: 10.1149/2.1021507jes

## 〔学会発表〕(計 36 件)

**S.-Z. Kure-Chu\***, R. Nakagawa, T. Ogasawara, H. Yashiro, S. Sawada, A. Shimizu, Y. Saitoh, “Sliding Friction, Wear and Tribofilm Formation of Silver Films Electro-plated on Copper Alloy Sheets”, The 62<sup>nd</sup> IEEE Holm Conference on Electrical Contacts (HOLM 2016), 106, Oct.9–12, 2016. Clearwater Beach, FL, USA.

**S.-Z. Kure-Chu\***, T. Ogasawara, R. Nakagawa, M. Uchidate, R. Ye, H. Yashiro, K. Sasaki, “Tailored Fabrication and Fretting Corrosion Resistance of Nano-laminated Sn Ag<sub>3</sub>Sn (Ag) Films Electrodeposited on Cu Alloy Plates for Electrical Connectors”, the 67<sup>th</sup> Annual Meeting of International Society of Electrochemistry (ISE-2016), 162183, Aug.21–29, 2016. Hague, Netherlands.

**呉 松竹**, 小笠原 徹、八代 仁、“車載端子・コネクタ用の Sn/Ag<sub>3</sub>Sn/Ag ナノ積層めっきの作製および耐摩耗性評価”, 第 177 回継電器・コンタクタテクノロジー研究会、2016 年 7 月 15 日、東京機械振興会館。(依頼講演)

**呉 松竹**, 小笠原 徹, 中川 莉絵, 八代 仁、“Cu 板上へのナノ積層型 Sn/Ag<sub>3</sub>Sn/Ag 多層めっきの微細構造およびその特性評価”, 日本銅学会第 55 回講演大会, 2015 年 11 月 2-3 日 (大阪大学)。

**S.-Z. Kure-Chu\***, T. Ogasawara, H. Yashiro, K. Sasaki, “Thermal Stability and Sulfidizing Resistance of High Reflective Sn/Ag<sub>3</sub>Sn-based Films Electrodeposited on Cu”, the 66<sup>th</sup> Annual Meeting of International Society of Electrochemistry (ISE-2015), S07-022, Oct.4-9, 2015. Taipei, Taiwan.

**呉 松竹**, 小笠原 徹、八代 仁、“LED リードフレームに向けた Sn/Ag<sub>3</sub>Sn/Ag ナノ積層めっきの熱安定性および耐硫化性”, 第 177 回継電器・コンタクタテクノロジー研究会、2015 年 7 月 17 日、東京機械振興会館。(依頼講演)

**S. Z. Kure-Chu\***, T. Ogasawara, H. Yashiro, M. Uchidate, R. Ye, E. Suzuki, T. Hosokai, “Fabrication and Characteristics of Multilayered Sn/Ag<sub>3</sub>Sn Films on Cu Alloys toward Highly Durable LED Reflective Materials”, The 65<sup>th</sup> Annual Meeting of International Society of Electrochemistry (ISE-2014), S10-024, Aug.30-Sept.5, 2014. Lausanne, Switzerland.

**S. Z. Kure-Chu\***, T. Ogasawara, H. Yashiro, R. Ye, T. Hosokai, M. Uchidate, E. Suzuki, and T. Naito, “Multilayered Sn/Ag<sub>3</sub>Sn Electroplating on Cu Alloys for High Reliable Electronic/Electric Materials”,

International Conference on Electronics Packaging (ICEP-2014), April 23-25, 2014, Toyama, Japan.

**呉 松竹**, 小笠原 徹, 八代 仁、“Sn/Ag<sub>3</sub>Sn ナノ積層めっきの層構造制御および特性評価”, 表面技術協会第 129 回講演大会, 2014 年 3 月 13-14 日 (東京理科大学)。

**S. Z. Kure-Chu\***, H. Yashiro, “Evaluation of Corrosion Resistance of Multilayered Sn/Ag<sub>3</sub>Sn Electroplating on Cu Alloys for Electric Connectors”, The 224<sup>th</sup> Meeting of Electrochemical Society (ECS), D5-1830, Oct. 28-Nov.1, 2013. San Francisco, USA.

## 〔産業財産権〕

出願状況 (計 1 件)

名称: 「金属基材の表面に複数の Ag-Sn 合金層を有する導電材およびその製造方法」

発明者: **呉 松竹(90%)**, 八代 仁(10%)

権利者: 岩手大学

種類: 特許

番号: 特願 2014-178603

出願年月日: 2014 年 9 月 2 日

国内外の別: 国内

公開番号: 特開 2016-053189 号

公開日: 2016.4.14

## 〔その他〕(3 件)

新技術説明会

**呉 松竹**、“電子・電気部品用のナノ積層型 Sn/Ag<sub>3</sub>Sn 系多層めっきの開発”, JST 第 3 回 A-STEP 発 新技術説明会 (エネルギー・環境分野) 2014 年 11 月 27 日、JST 東京本部別館。

展示会

**呉 松竹**、“電子・電気部品用のナノ積層型 Sn/Ag<sub>3</sub>Sn 系多層めっきの開発”, イノベーションジャパン 2014 (大学見本市 & ビジネスマッチング) 2014 年 9 月 11-12 日、東京ビッグサイト。

研究シーズリンク

**呉 松竹**、「自動車端子・コネクタ用の Cu 合金上への次世代超高耐熱 Sn/Ag 多層めっきの開発」

[http://www.eng.iwate-u.ac.jp/jp/seeds/docs/14/14\\_shochiku\\_KURE\\_2.pdf](http://www.eng.iwate-u.ac.jp/jp/seeds/docs/14/14_shochiku_KURE_2.pdf)

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

**呉 松竹 (Shochiku KURE)**

(英語論文: Song-Zhu KURE-CHU)

岩手大学 工学部 准教授

研究者番号: 30633573