

平成 28 年度

戦略的基盤技術高度化・連携支援事業

戦略的基盤技術高度化支援事業

「ゲル状めっきシステムの開発」

研究開発成果等報告書

平成 29 年 3 月

担当局 関東経済産業局

補助事業者 事業管理機関 公益財団法人埼玉県産業振興公社

共同研究機関 吉野電化工業株式会社

株式会社山本鍍金試験器

学校法人早稲田大学

学校法人東京理科大学

## 目次

第1章 研究開発の概要	1
1-1 研究開発の背景・研究目的および目標	1
1-1-1 研究背景	1
1-1-2 研究の目的および目標	1
1-1-3 実施内容	3
1-2 研究体制	5
1-2-1 研究組織（全体）	5
1-2-2 管理員および研究員	6
1-2-3 他からの指導および協力者	6
1-3 成果概要	7
1-4 当該研究開発の連絡窓口	8
第2章 本論	9
2-1 ゲル状銀めっき液の開発	9
2-2 微粒子混合ゲル状銀めっき液の開発	14
2-3 液中ゲルめっき技術の開発	17
2-4 実証試験および既存技術との比較	24
第3章 全体総括	31
3-1 研究開発結果	31
3-2 研究開発後の課題	32
3-3 事業化展開	32

## 第1章 研究開発の概要

### 1-1 研究開発の背景・研究目的および目標

#### 1-1-1 研究背景

情報通信機器、自動車、ロボット等に使用される電子部品の中で、他の部品との電氣的接合を得る電極やリードフレームのワイヤーボンディング箇所には接触信頼性を持つ銀や錫等の部分めっきが施されている。しかしこれらのめっきには次の課題がある。①銀はパッケージのモールド樹脂に対する密着性が悪く、その隙間から水分が浸透し接合を悪化させるため、銀めっきエリアを極力狭くしたい。②貴金属価格の高騰により銀使用量を少なくしたい。③部分めっきに高価な DFR(Dry Film Resist)を用い、複雑なフォトリソ工程で加工している為、これらがコストアップの要因となる。④高密度化に伴う電極の微細化・3次元構造化が進み、従来のめっきプロセスでは対応が困難になってきている。本研究開発に先行して吉野電化工業株式会社と学校法人東京理科大学板垣研究グループで開発してきたゲルめっき技術では、めっき液がゲルという半固体状態でありながらも高い電気伝導性を有し通常のめっき液と同様のめっき性能を有することを明らかにしており、高粘度のゲル状ゲルめっき液は液ダレが無いため、自立・形状維持も可能であり、任意の箇所にマスクレスでめっきが可能である。そのため、上記課題をクリアし、安価で簡単な部分めっき手法と成り得るがまだ実用化には至っていない。また、近年めっき業界においても環境意識の高まりから環境に優しいモノづくりが提唱され、省資源化や廃棄物量の削減が強く求められていることから、使用するめっき液量は必要最低限であることが望ましい。

#### 1-1-2 研究の目的および目標

本研究開発の目的は、“ゲル状めっき液”と“ディスペンス型塗布装置”を融合したゲル状めっきシステムの開発である。これにより、従来のめっき手法では不可能であった微細部へのマスクレスパターンめっきを可能にする。本研究開発ではユーザーニーズの多いリードフレームへの適用をターゲットとして開発を進める。リードフレーム等の電子部品には銀めっきが多く利用され、既存技術ではマスキングを用いためっき面積の最小化（部分めっき）も行われているが、既存のめっき手法では対象物全体をめっき液に浸漬するため、微小なめっき面積に対しても多量のめっき液が必要となる。また、QFN リードフレーム等ではインナーリード先端の幅 300~400  $\mu\text{m}$  全面に銀めっき処理が行われているが、実際のボンディングエリアから鑑みて銀めっきエリアは  $\Phi$  200 $\pm$ 20  $\mu\text{m}$  もあれば十分である。本研究開発ではディスペンス型塗布装置を用いてゲル状めっき液の微細パターンニングを行い、必要最低限の液量で必要最低限の箇所のみ部分めっきを可能にすることを目的としている。

ゲルめっきは吉野電化工業株式会社にて以前から開発してきた技術であるが、めっき速度が遅く、ゲルと電極を配置した箇所のみでしかめっき処理が出来ない事から、量産性においては効率が悪く、実用面での課題がある。そこで、本研究開発ではこれらの課題を解決し、高速めっきおよび量産にも対応可能なゲル状めっきシステムの開発を行う。具体的には、①ゲルめっきシステム開発のベースとなるゲル状銀めっき液の開発を行い、②めっき速度の高速化を目的として微粒子混合ゲル状銀めっき液の開発を行い、③量産対応として生産効率を上げる目的では液中ゲルめっき技術の開発を行う。各開発の目標値を表 1-1-1 に示す。微粒子混合ゲル状銀めっき液の開発では銀微粒子を高濃

度に分散させた微粒子混合ゲル状銀めっき液を開発し、めっき皮膜中に銀微粒子高密度共析させ、めっき皮膜の総体積を増大することで、めっき速度の高速化を図る。更に、ディスペンサ吐出ノズルを金属膜で覆われた電極ノズルとすることで、吐出パターンニングと同時に電圧印加し、めっき処理を可能にする。液中ゲルめっき開発では、開発したゲル状銀めっき液を予め付着させためっき基板を電解質溶液中に浸漬させて電気めっきを行う。これにより、量産対応としてハイスループット可能なめっき技術の確立を図る。最終的には微粒子混合ゲルめっきと液中ゲルめっき技術を融合し、高速かつ高効率なゲル状めっきシステムの開発を確立する。

本ゲルめっきシステムの確立により、加工プロセスの簡略化やめっき液使用量の削減により、製造原価 50 %以上削減、めっき液使用量 70 %以上の削減を目指す。

表 1-1-1 各開発における数値目標

	膜厚	成膜速度	パターン精度
<b>【1】ゲル状銀めっき液の開発</b>	3 μm 以上	10 μm/h 以上	200±20 μm
<b>【2】粒子混合ゲル状銀めっき液の開発</b>	3 μm 以上	0.6 μm/sec 以上	200±20 μm
<b>【3】液中ゲルめっきの開発</b>	3 μm 以上	10 μm/hr 以上	—

### 1-1-3 実施内容

#### 【1】ゲル状めっき液の開発と評価

(実施：吉野電化工業株式会社、株式会社山本鍍金試験器、学校法人東京理科大学)

##### 【1-1】銀めっき液の開発と評価

ゲルめっき技術では、めっき中に発生したガスがめっき基板とゲルの間に溜まり易いため、電極近傍でのガス発生は、めっき皮膜の外観不良やめっき析出の妨害要因となる。そこで本研究開発では、ゲル状銀めっき専用のガス発生のない電気銀めっき液の開発を行う。

##### 【1-2】ゲル状銀めっき液の開発と評価

めっき液をゲル化する際、ゲル化するめっき液とゲル化剤の相性や調製方法が非常に重要となる。本項では【1-1】にて開発した銀めっき液に最適なゲル化剤の選定および調製を行ない、ディスペンス型塗布装置から  $200\pm 20\ \mu\text{m}$  の安定的な吐出パターンニングが可能なゲル状めっき液の開発および吐出条件の最適化を図る。

##### 【1-3】めっき条件の最適化と評価

【1-1】【1-2】で作製した銀めっき液およびゲル状銀めっき液の電気化学測定を行い、良好なめっき皮膜が得られる電流・電圧範囲を比較検討する。また、インピーダンス測定の結果から算出した銀イオンの拡散係数を比較する。

#### 【2】微粒子混合ゲル状銀めっき液の開発

(実施：吉野電化工業株式会社、学校法人早稲田大学)

##### 【2-1】微粒子混合ゲル状銀めっき液の開発

微粒子に適切な前処理を行うことでゲル状めっき液中に微粒子を分散させる。さらに、微粒子共析量を短時間で効率良く高める方法として複数の微粒子をゲル中の分散させることでめっきを行い、少ないめっき量で微粒子同士を銀めっき皮膜で繋ぐ。これにより短時間で厚膜化可能となる微粒子混合ゲルめっきの検討を進める。

##### 【2-2】めっき条件の最適化と評価

【2-1】で作製した微粒子混合ゲル状銀めっき液を用い、ディスペンス型ゲルめっき手法の最適化を図る。吐出パターンニング時の極間距離やめっき条件と成膜速度などの相関関係を明確にして効率的なめっき条件の決定を行う。

#### 【3】液中ゲルめっきの開発

(実施：吉野電化工業株式会社、学校法人東京理科大学、株式会社山本鍍金試験器)

##### 【3-1】液中ゲルめっき技術の開発と評価

液中ゲルめっき向け電解質溶液の開発を行い、【1-2】で開発したゲル状銀めっき液をパターンニングしためっき基板を電解質溶液中に浸漬してマスクレス液中ゲルめっきを行う。また、電気化学測定より良好なめっき皮膜が得られる電流密度、電位範囲を明確にし、通常のゲルめっきおよび電解質

溶液による違いを比較する。更に 3D 電気化学インピーダンス測定によるめっき反応の経時的なモニタリングを行う。

#### 【4】 実証試験および既存技術との比較

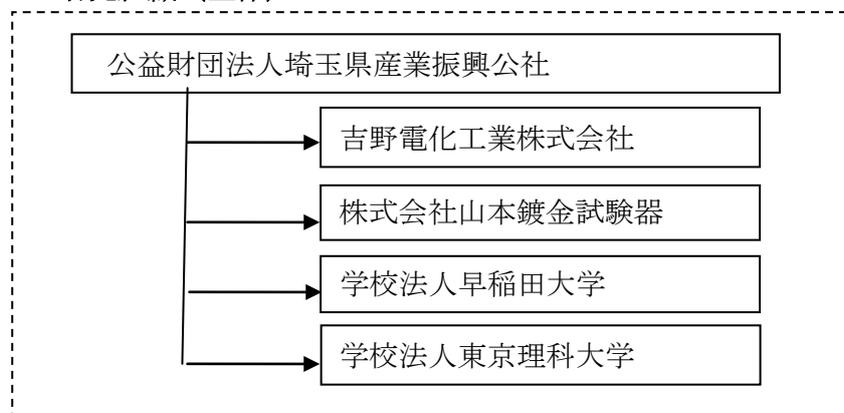
##### 【4-1】 実証試験および既存技術との比較

小規模量産試験として、実製品に即した形状を要するリードフレーム製品にゲルめっきをし、従来の部分めっき手法とのコスト及び生産性を比較評価する。また【2】および【3】で開発したそれぞれの技術を融合し、生産性の向上を図ると共に、めっき皮膜の諸特性を明らかにする。

## 1-2 研究体制

研究体制は次の通りである。(研究組織、研究者氏名、協力者)

### 1-2-1 研究組織 (全体)



総括研究代表者 (PL)  
吉野電化工業株式会社  
専務取締役統括事業部長兼研究開発部部长  
吉野 正洋

副総括研究代表者 (SL)  
学校法人早稲田大学  
ナノライフ創新研究機構教授  
横島 時彦

## 1-2-2 管理員および研究員

【事業管理機関】公益財団法人埼玉県産業振興公社

管理員

氏名	所属・役職
千田 雅美	新産業振興部 次世代自動車支援グループ 主任
町田 博	新産業振興部 産学・知財支援グループ 産業コーディネータ

【共同研究機関】

吉野電化工業株式会社

氏名	所属・役職
吉野 正洋	専務取締役統括事業部長兼研究開発部部長
曾根 倫成	研究開発部課長
多賀谷 理子	研究開発部係長
中島 徳子	研究開発部
樫村 賢治	研究開発部

株式会社山本鍍金試験器

氏名	所属・役職
山本 渡	代表取締役社長

学校法人早稲田大学

氏名	所属・役職
横島 時彦	ナノライフ創新研究機構教授

学校法人東京理科大学

氏名	所属・役職
板垣 昌幸	理工学部工業化学科教授

## 1-2-3 他からの指導および協力者

研究開発推進委員会 委員

氏名	所属・役職	備考
吉野 正洋	吉野電化工業株式会社 専務取締役統括事業部長兼研究開発部部長	PL
横島 時彦	学校法人早稲田大学 ナノライフ創新研究機構教授	SL
大久保 利一	凸版印刷株式会社総合研究所	アドバイザー
小山 賢秀	株式会社 SS テクノ 代表取締役	アドバイザー
常木 裕己	埼玉県産業技術総合センター	アドバイザー

### 1-3 成果概要

#### 【1-1】銀めっき液の開発と評価

開発した銀めっき液から得られた銀めっき皮膜は、ピットやムラ等が無い比較的平滑な表面形態であり、表面粗さ Ra 0.3  $\mu\text{m}$  と良好な結果が得られた。めっき処理中にカソードでのガス発生がなく、カソード電流効率 100%で且つ、再現性の良好な銀めっき液を確認した。

#### 【1-2】ゲル状銀めっき液の開発と評価

作製したゲル状銀めっき液の状態（吐出した際の自立性、めっき液への溶解性、水分保持力）、液広がり、扱いやすさ等を詳細に評価した結果、ゲル化剤 B を単独で使用することが、塗布装置によるパターンめっきにおいて最適であった。さらに、当該ゲル状銀めっき液を用いて、パターンニング幅  $200\pm 20\ \mu\text{m}$  を達成し、安定的な微細パターンニング条件を確立した。また、目標である膜厚 3  $\mu\text{m}$  以上、成膜速度 10  $\mu\text{m/hr}$  以上を達成。市販銀めっき液と比較して同等もしくはそれ以上の性能を有することを確認した。

#### 【1-3】めっき条件の最適化と評価

【1-1】で開発した銀めっき液および【1-2】で開発したゲル状銀めっき液を用いて、電気化学側面から、良好なめっき皮膜が得られる電圧範囲を確立した。開発浴の液状、ゲル状で良好なめっき皮膜が得られた電圧範囲はそれぞれ、-0.7 V~-1.0 V, -0.8 V~-1.1 V であった。また、液状、ゲル状の拡散係数はそれぞれ、 $9.44\times 10^{-5}\ \text{cm}^2/\text{sec.}$ ,  $4.21\times 10^{-6}\ \text{cm}^2/\text{sec.}$  となり、液状よりゲル化した形態の方が銀の拡散係数が一桁小さくなることが確認された。この結果から、めっき液をゲル化することでめっき反応速度が遅くなると考えられる。

#### 【2-1】微粒子混合ゲル状銀めっき液の開発

市販ノーシアン銀めっき液をゲル化し、適切な前処理をした2種類の銀微粒子を分散させることで微粒子混合ゲル状めっき液を開発した。実際に微粒子混合ゲルめっきを行った後に銀微粒子同士を繋ぐ固着めっきを行うと、ピット、ムラのない均一な銀めっき膜が得られた。

#### 【2-2】めっき条件の最適化と評価

ディスペンス型塗布装置の塗布条件に合わせてゲル化剤の選定を行い、微粒子混合ゲルめっきを行なった。生成したドット状のめっき膜はパターンニング精度  $200\pm 20\ \mu\text{m}$ 、成膜速度 0.6  $\mu\text{m/sec}$  にて膜厚 3  $\mu\text{m}$  以上のものとなった。

### 【3-1】液中ゲルめっきの開発

【1-2】で開発したゲル状銀めっき液と本項にて開発した電解質溶液 X を用いて、マスクレス液中ゲルめっき技術を確立した。開発した電解質溶液 X はゲル化剤成分 X を含み、ゲル状銀めっき液表面にゲル皮膜を形成することによって、ゲル状銀めっき液の溶解およびゲル状銀めっき液中のめっき液成分の溶出を防ぐ。また、目標である膜厚 3  $\mu\text{m}$  以上、成膜速度 10  $\mu\text{m/hr}$  以上を達成した。

### 【4-1】実証試験および既存技術との比較

【2-1】【2-2】で開発した微粒子混合ゲル状めっき技術と【3-1】で開発した液中ゲルめっき技術融合させ、高速かつ量産性に優れためっき技術を確立した。微粒子混合ゲル状めっき技術は単独では密着性が弱いですが液中ゲルめっき技術を用いた固着めっきを行うことで、密着が得られるようになり、ワイヤボンディング評価においても問題ないことが確認された。

## 1-4 当該研究開発の連絡窓口

(管理法人)

公益財団法人埼玉県産業振興公社

新産業振興部 次世代自動車支援グループ主任 千田雅美

〒338-0001 埼玉県さいたま市中央区上落合 2-3-2

TEL : 048-621-7051 FAX : 048-857-3921

E-mail : senda.masami@saitama-j.or.jp

(統括研究代表者)

吉野電化工業株式会社

専務取締役統括事業部長兼研究開発部部长 吉野正洋

〒342-0008 埼玉県吉川市旭 1-2

TEL : 048-993-1130 FAX : 048-993-1131

E-mail : masahiro.yoshino@yoshinodenka.com

## 第2章 本論

### 2-1 銀めっき液の開発と評価

(実施：吉野電化工業株式会社、株式会社山本鍍金試験器、学校法人東京理科大学)

#### 【1-1】 銀めっき液の開発と評価

一般的なめっきの場合、めっき中に発生したガスは浮力や液対流によって自然に基板から離脱するが、ゲル状めっき液の場合、液粘度が高いため、ガスは基板上から脱離することなく気泡として残存し、ガス跡等の外観不良やめっき反応の妨害要因となる。そのため、本研究開発ではゲル状めっき液の基となるガス発生のないゲル状めっき液の開発を行った。開発した銀めっき液の組成を表 2-1-1 に示す。開発した銀めっき液ではめっき処理中のカソードでのガス発生は確認されず、得られためっき皮膜外観は均一で、未着、ムラなどは無く表面粗さ Ra 0.3  $\mu\text{m}$  と良好なめっき皮膜であった。

表 2-1-1 銀めっき液組成

試薬	濃度
シアン化銀	100 g/L
シアン化カリウム	120 g/L
炭酸カリウム	10 g/L
pH	11~12

#### 【1-2】 ゲル状銀めっき液の開発と評価

めっき液をゲル化する際、めっき液中に含まれる多量の金属イオンがゲル化を妨害する場合や、めっき液の pH によってゲルの劣化を促進させる場合が多くある。そこで、本研究開発では【1-1】にて開発した銀めっき液をゲル化可能なゲル化剤の選定を行い、さらにディスペンス型塗布装置から安定的に微細パターンニング可能なゲル状めっき液の特性評価および吐出条件の最適化を行った。その結果、ゲル化剤 B を用いた場合にてゲル化可能であることが確認された。ゲル化剤 B を用いて作製したゲル状銀めっき液 (表 2-1-2) にてめっきした結果、カソードからのガス発生は無く、良好なめっき皮膜を得られた。表 2-1-3 にめっき条件および評価結果を示す。めっき外観は未着、ムラは無く、目標である膜厚 3  $\mu\text{m}$  以上、成膜速度 10  $\mu\text{m/hr}$  以上を達成した。また、テープ試験においても剥がれは無く、密着性も得られている。【1-1】で開発した銀めっき液 (開発液) および本項にて開発したゲル状銀めっき液と市販液の比較を表 2-1-4 に示す。開発液、ゲル状銀めっき液共に市販液と比較して同等もしくはそれ以上の性能が得られることが確認された。1L あたりの建浴コストに関しては現在ラボレベルでの試算となるため、量産時には更にコストが抑えることが可能である。

表 2-1-2 ゲル状銀めっき液組成

試薬	濃度
シアン化銀	100 g/L
シアン化カリウム	120 g/L
炭酸カリウム	10 g/L
ゲル化剤 B	30 g/L
pH	12

表 2-1-3 めっき条件および評価結果

外観写真	電流密度	めっき時間	膜厚	粗さ	成膜速度
	0.3 A/dm <sup>2</sup>	20 min	3.5 μm	0.35 μm	10.5 μm/hr

表 2-1-4 開発液・ゲル状銀めっき液と市販液の比較

めっき種	外観	膜厚分布	表面粗さ (Ra)	ガス発生有無	1L あたりの建浴コスト
(目標値)	ピット・ムラ 無き事	ばらつき 無き事	0.5 μm 以下	無	市販液と同等 またはそれ以下
開発液	良好	無	0.30 μm	無	¥6120 (ラボレベル)
ゲル状 銀めっき液	良好	無	0.38 μm	無	¥6260 (ラボレベル)
市販液 (シアン液)	良好	無	0.51 μm	無	¥5800
市販液 (ノーシアン液)	良好	無	0.48 μm	無	¥7000

ディスペンス型塗布装置から安定的な微細パターンニングが可能となるゲル状銀めっき液の特性評価を行った。その結果を図 2-1-1 に示す。ゲル状銀めっき液は通常は図 2-1-1 (a)に示す通り、応力を加えるとゲル構造が壊れることにより、徐々にずり応力の低下を生じるため、この状態でディスペンス型塗布装置による微細パターンニングを行うと安定的な吐出は困難であった。そこで、ゲル状銀めっき液を事前に 2000 rpm、20 min の攪拌を加えると図 2-1-1 (b)に示すようなチキソトロピー性に近い挙動を示すようになる。これはゲル構造が十分破壊され均一化されたためと考えられ、この状態は攪拌後の数日間は持続するため、この状態のゲル状銀めっき液を用いることによってディスペンス型塗布装置からの微細パターンニングは安定化した。

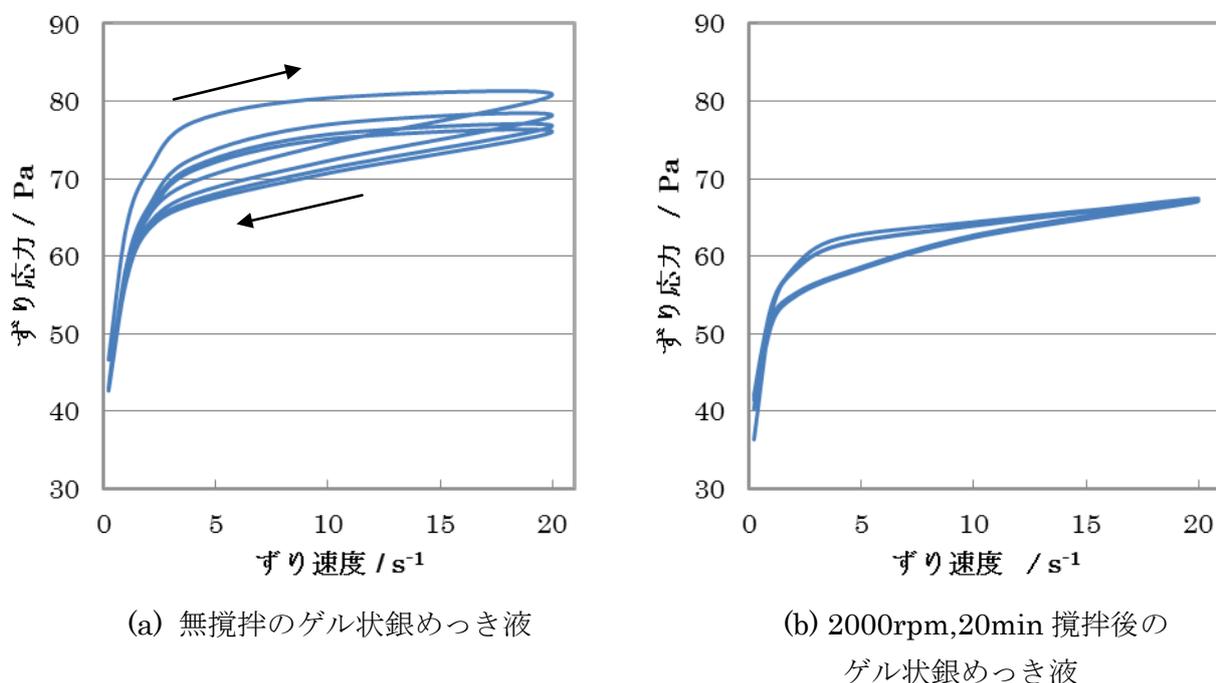
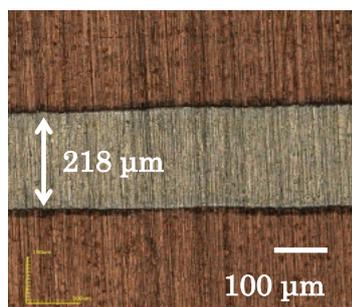


図 2-1-1 ゲル状銀めっき液特性評価結果

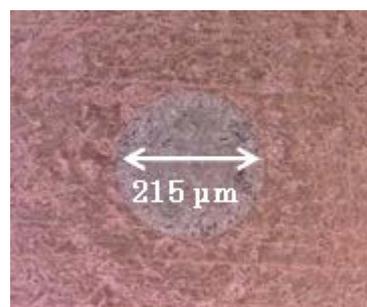
ディスペンス型塗布装置にてゲル状銀めっき液の  $200 \pm 20 \mu\text{m}$  パターンニング条件の最適化を行った。パターンニング条件の最適化において重要となる項目および条件を下記を表 2-1-5 に記す。最適な形状を有するスクリーン、ノズルの選定および条件設定によって、目標である  $200 \pm 20 \mu\text{m}$  のラインおよびドット形状の安定的なパターンニングが可能となった (図 2-1-2)。

表 2-1-5 パターニング最適化項目

項目名	内容	形状, 条件
スクリー 形状と回転数	ディスペンス型塗布装置の心臓部であり、材質、ピッチ、ネジ条数、溝深さの異なる様々なタイプがある。吐出材料、目的に応じて最適な形状を選定することで、材料の安定的な送り出しが可能になる。またこの回転数によってノズルから材料の送り出し量を調整できる。	材質：ジルコニアセラミック ピッチ：16 ねじ条数：1 溝深：0.25 mm 回転数：1 rpm
ノズル径	内径、外径、形状の異なる様々なタイプがある。内径と外径の差が小さい（肉薄）はパターニング幅の広がりや抑えられるが、液の巻き上がりが生じやすい。一方、内径と外径の差が大きい（肉厚）とパターニング幅は広がりやすいが、液の巻き上がりは生じにくい。	形状：Slim Line Ultra Precision 内径：0.100 mm 外径：0.130 mm 撥水加工：有
クリアランス	ノズル先端と基板の距離。材料の吐出量とクリアランスのバランスを最適化することで、パターニング径および吐出が安定化する。	クリアランス：0.08 mm
エア一圧	主に材料をスクリーポンプまで押し出す力。スクリー同様、材料の送り出し量に係る。	圧：0.001 MPa



ラインパターン



ドットパターン

図 2-1-2 ディスペンス型塗布装置による微細パターニング写真

### 【1-3】 めっき条件の最適化と評価

前項【1-1】【1-2】にて作製した銀めっき液、ゲル状銀めっき液の電気化学測定を行った。この測定は異なる形態のめっき液での電気化学的挙動の違いの明確化および、良好なめっき皮膜が得られる電流密度・電位範囲、拡散係数の比較を行った。さらに比較として、市販ノーシアン銀めっき液に対しても同様の測定を行った。電気化学測定から得られた良好なめっき範囲を図 2-1-3 に示す。開発液（液状およびゲル状）、市販液で良好なめっき皮膜が得られた範囲を比較すると、開発液の方が市販液より電流密度範囲、電位範囲共に広がる結果となった。また、それぞれのめっき液形態の比較を行うと、電位範囲は液状よりもゲル状の方が広くなり、電流密度に関しては液状よりゲル状の方が小さくなることが確認された。

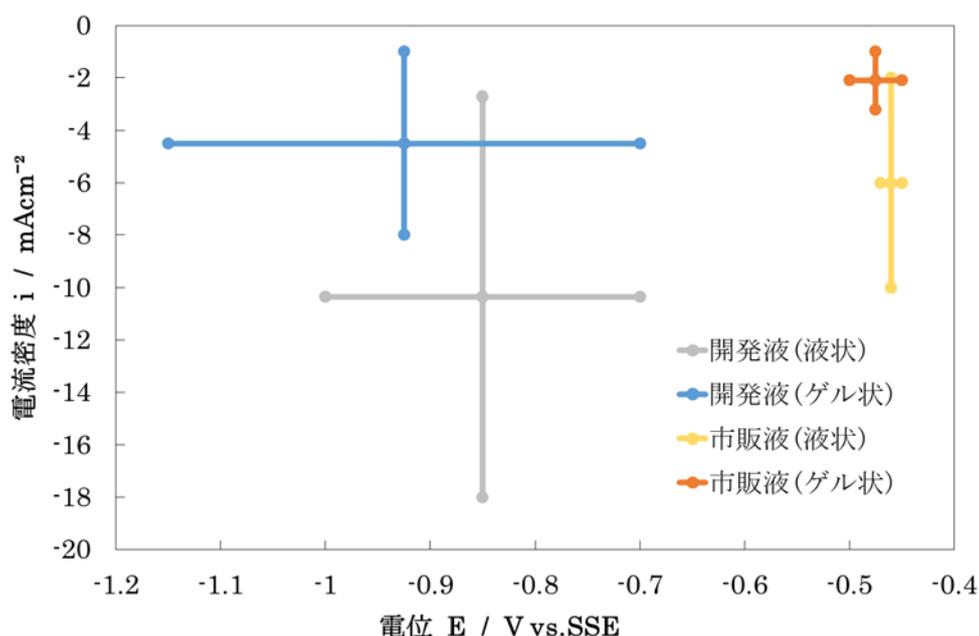


図 2-1-3 良好なめっき範囲

良好なめっき皮膜が得られた電位を用いてインピーダンス測定を行い、その結果から算出された銀イオンの拡散係数を表 2-1-6 に示す。開発液、市販液ともゲル化することによって銀イオンの拡散係数が一桁小さくなることから、電気化学側面からもゲル化を行うと液状態に比べてめっき速度が遅くなると考えられる。

表 2-1-6 銀イオンの拡散係数

めっき種	めっき液形態	銀イオンの拡散係数
開発液	液状	$9.44 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{s}$
	ゲル状	$4.21 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s}$
市販液	液状	$4.00 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{s}$
	ゲル状	$1.43 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s}$

## 2-2 微粒子混合ゲル状銀めっき液の開発

(実施：吉野電化工業株式会社、学校法人早稲田大学、学校法人東京理科大学、株式会社山本鍍金試験器)

一般的なめっきはめっき液の対流により金属イオンが攪拌されるが、ゲル状のめっき液では液の対流がないため金属イオンの対流拡散速度が低下し、その結果めっき速度も低下する。この課題を解決するため、本開発ではゲル状銀めっき液に高密度の銀微粒子を分散することで、めっき速度の向上を図る検討を行った。具体的には、銀微粒子をめっき膜に取り込ませることで、めっき膜の体積を増大化させる。このとき、ゲル状銀めっき液は銀微粒子同士を繋ぐ役割として使用し、少量のめっき液で大きな体積の銀皮膜を得ることを目的としている。図 2-2-1 に微粒子分散ゲルめっき機構を示す。ディスペンサーのノズル先端から吐出されたゲル状めっき液中では、金属微粒子の高密度共析による成膜技術の報告はこれまでにない。微粒子分散ゲルめっきによって電気伝導性に優れた銀微粒子の混合により成膜速度が向上し短時間で厚膜化することで、電解めっき効率の向上及び省エネルギーなめっきが可能となる開発を行った。

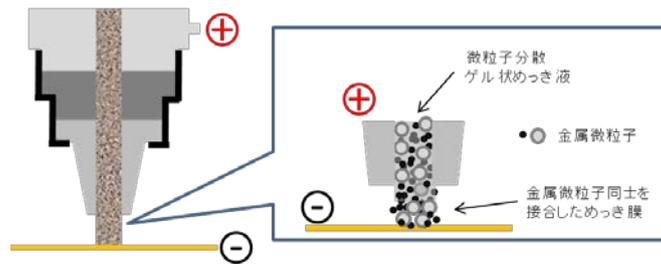


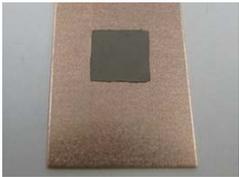
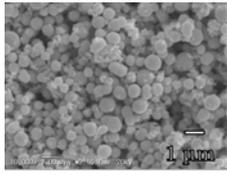
図 2-2-1 微粒子分散型ゲルめっきの機構

### 【2-1】 微粒子混合ゲル状めっき液の開発と評価

微粒子混合ゲル状銀めっき液を開発するにあたり、【1. ゲル状めっき液の開発】で開発したゲル状めっき液では銀微粒子を分散させると凝集すること、銀めっき膜中に銀微粒子が複合されないという課題点があった。従って、銀微粒子を分散させても凝集しない市販ノーシアン銀めっき液を用いて微粒子分散ゲル状めっき液を調製した。また、銀めっき膜中に高効率にめっき膜体積を増大させる方法として、2種類の銀微粒子を使用した。

表 2-2-1 にめっき結果を示す。

表 2-2-1 めっき結果

外観写真	SEM 像(×10000)	膜厚
		Ave. 4.18 μm (段差測定)

目視で観察するとこのめっき膜は比較的均一かつピット、ムラもないものであると確認した。

但し、この段階では銅板とめっき皮膜との密着力が弱く、固着めっきを行うことでめっき皮膜と銅板の密着力を向上させた。図 2-2-2 に手法を示す。

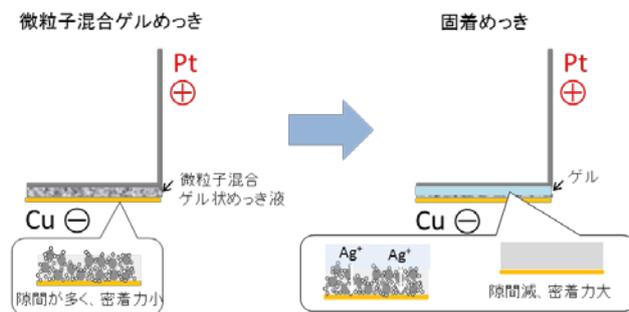


図 2-2-2 銀微粒子混合めっき後の固着めっき

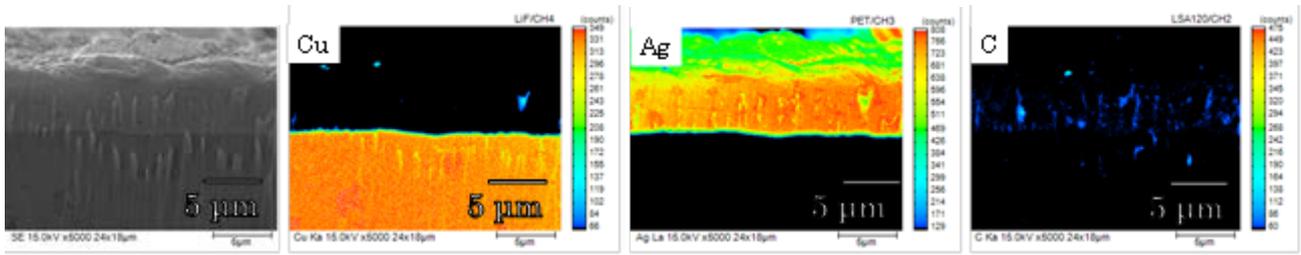
この手法は、微粒子混合めっき後にゲルめっきを設置し固着めっきを行う。これにより銀微粒子間にゲル状めっき液中の銀イオンが微粒子間浸透し、銀微粒子間の空隙をめっきすることで厚膜化と密着力向上を行う。以上のめっき条件により得られた銀めっき皮膜の外観観察結果を表 2-2-2 に示す。

表 2-2-2 めっき結果

	微粒子混合ゲルめっき後	固着銀めっき後
外観写真		
SEM 像(×10000)		
SEM 面像(×10000)		
膜厚	Ave. 0.928 μm	Ave. 5.31 μm

図 2-2-3 に EPMA での断面像観察結果を示す。

図 2-2-3 固着めっき後の銀めっき膜の断面像



固着めっきを行うことで、均一でピット、ムラのないめっき皮膜を形成した。また、SEM 像からもめっき皮膜中に微粒子間の隙間がないことが確認できた。めっき皮膜を綿棒でこすっても微粒子は剥がれず、テープ試験でも剥離は見られなかった。以上の結果より、微粒子混合ゲルめっき後にゲルの固着めっきを行うことで、密着力は向上し耐摩耗性も改善し良好な結果が得られた。

### 【2-2】めっき条件の最適化と評価

ディスペンス型塗布装置からの微粒子混合ゲル状めっき液の吐出にあたり、ディスペンス型塗布装置に合わせてゲル化剤は変更した。銀微粒子もディスペンス型塗布装置ではこの含有量ではノズル内でゲル状めっき液が詰まってしまうため、最適な分散量に変更した。

図 2-2-4 にディスペンス型装置の模式図を示す。

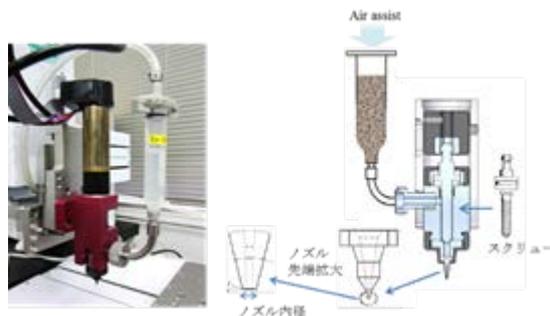
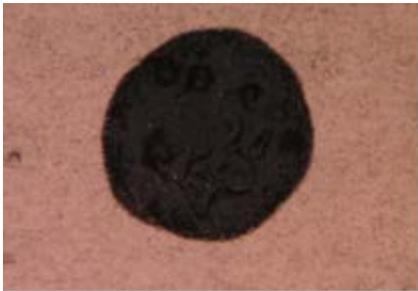
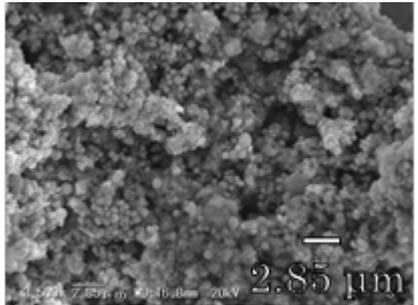
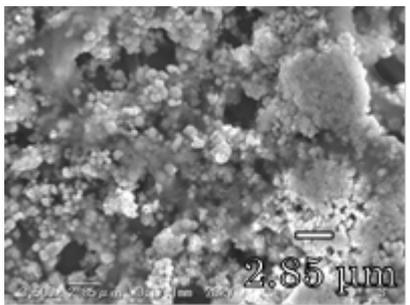
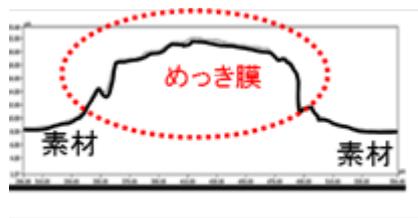


図 2-2-4 ディスペンス型装置の概略

表 2-2-3 にめっき結果を示す。

表 2-2-3 めっき結果

	ノズル内径 $\phi$ 127 $\mu\text{m}$	ノズル内径 $\phi$ 150 $\mu\text{m}$
外観写真		
SEM 像 ( $\times 3500$ )		
断面形状		
径	202 $\mu\text{m}$	224 $\mu\text{m}$
膜厚	11.7 $\mu\text{m}$	10.0 $\mu\text{m}$

以上のようにディスペンス型塗布装置のノズル内径にもよるがパターンニング径  $200 \pm 20 \mu\text{m}$  かつ成膜速度  $0.6 \mu\text{m}/\text{sec}$  にて膜厚  $3 \mu\text{m}$  の銀めっき膜を形成した。めっき断面形状からは微粒子がめっき皮膜中に存在しても比較的均一なめっき膜厚であることが確認できた。

## 2-3 液中ゲルめっきの開発

(実施：吉野電化工業株式会社、学校法人東京理科大学)

### 【3-1】 液中ゲルめっきの開発と評価

液中ゲルめっきでは、予めゲル状銀めっき液を付着させためっき基板を電解質溶液に浸漬させてめっきを行う。電解質溶液に浸漬させたゲル状めっき液中の金属イオンは電圧印加に伴いカソード基板側へ移動する。析出するめっき膜厚は、ゲル中に含まれる金属イオン量で決まるため、ゲル状銀めっき液の体積を制御することでめっき膜厚の精密制御が可能となる。液中ゲルめっき法に関しても前例が無く、生成するめっき皮膜の特性については未知であるため、適切な電解質溶液の開発も同時に行う。

表 2-3-1 に使用した電解質溶液の種類と、20℃におけるそれぞれの溶解度を示す。これらの電解質溶液を用いてを使用し、液中ゲルめっきを行った。また、この時の電解質溶液は飽和状態とした。実験条件と実験系をそれぞれ表 2-3-2 と図 2-3-1 に示す。

表 2-3-1 電解質溶液種

電解質溶液	溶解度(20℃)/100g H <sub>2</sub> O
塩化ナトリウム	35.9
塩化カリウム	34.2
硫酸ナトリウム	19.5
硫酸カリウム	11.1

表 2-3-2 液中ゲルめっき条件

電解質溶液	溶解度(20℃)/100g H <sub>2</sub> O
電流密度	0.3 A/dm <sup>2</sup>
めっき面積	2 × 3 cm <sup>2</sup>
ゲル状銀めっき液吐塗量	1.0 ml

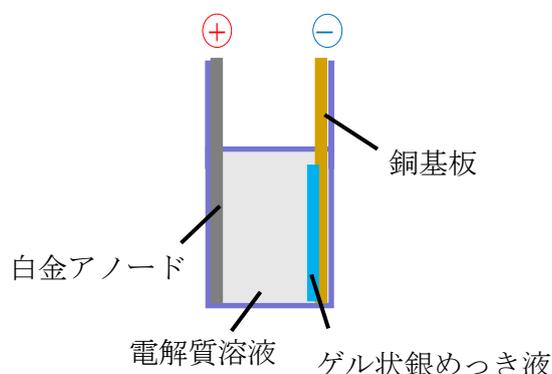
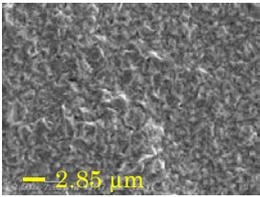
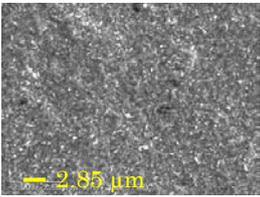
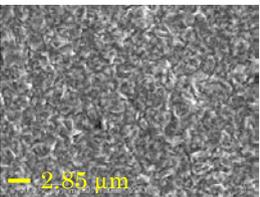
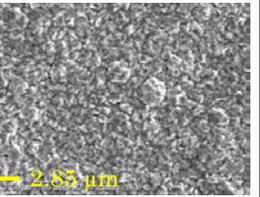


図 2-3-1 液中めっきの実験系

液中にてめっきを行ったところ、検討に用いた電解質溶液全てにおいて、表面粗さ(Ra)0.5 μm 以下の平滑なめっき皮膜を得られることが確認された。しかし、硫酸ナトリウム、硫酸カリウムを用いてめっきを行った場合、外周部が茶色に変色した。これは、外周部に過電圧がかかっていたためと考えられる。液中めっきにより得られためっき皮膜の表面状態を走査型電子顕微鏡（以下 SEM）を用いて観察した。その結果を表 2-3-3 に示す。各電解質溶液の違いによるめっき皮膜形態に大きな差異は無いが、外周部が茶色く変色している部分に関しては、過電圧がかかったことによる粒子の成長が見受けられた。そのため、めっき皮膜が良好かつ、安価である塩化ナトリウムを電解液として選択し、マスクレス液中ゲルめっきを行った。結果を図 2-3-2 に示す。図 2-3-2 (a)ゲル状めっき液をパターンニングしためっき基板を図 2-3-2 (b)塩化ナトリウム電解質溶液に浸漬し液中ゲルめっきを行ったところ、図 2-3-2 (c)ゲル状めっき液のパターンニング箇所以外へのめっき析出が生じた。これは、塩化ナトリウム電解質溶液中でゲル状めっき液の溶解或いはゲル状銀めっき液中のめっき液成分の溶出により生じていると考えられる。

表 2-3-3 液中めっきから得られためっき皮膜の表面観察結果

	NaCl	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	KCl	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
外観写真				
皮膜表面観察 -SEI(×3500)				
表面粗さ(Ra)	0.33 μm	0.29 μm	0.27 μm	0.35 μm

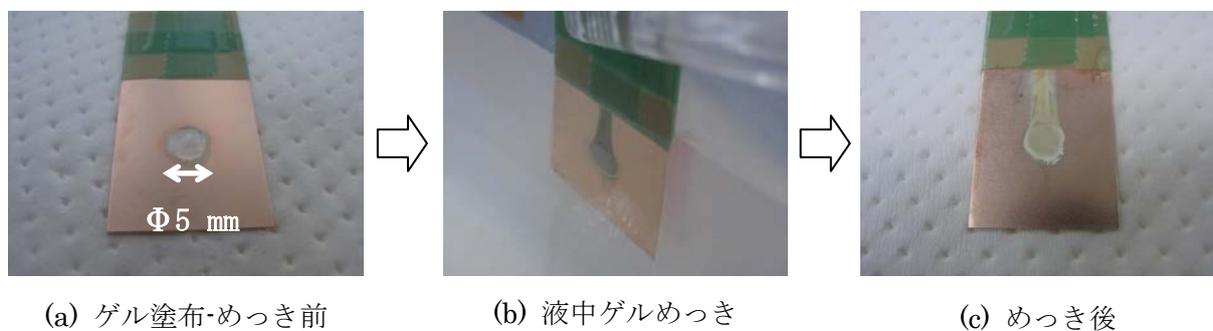


図 2-3-2 NaCl 電解質溶液中マスクレス液中ゲルめっき

ゲル状めっき液のパターン外めっき析出を防ぐため、新たな電解質溶液Xの開発を行った。電解質溶液Xはゲル化剤Xを含み、カチオンの存在により強固なゲルを形成するという特徴を持つ。この特性を用いることで、ゲル状銀めっき液中の成分であるカリウムと作用してゲル状銀めっき液表面にゲル皮膜を形成することにより、電解質溶液中へのゲル状銀めっき液の溶解もしくはめっき液成分の溶出を抑制することができる。尚、ゲル状銀めっき液中の銀はシアンによつ錯体を形成しているため、ゲル皮膜形成には寄与しないと考えられる。開発した電解質溶液Xを用いてマスクレス液中ゲルめっきを行った結果を図2-3-4に、めっき条件および評価結果を表2-3-4に示す。ゲル状銀めっき液表面のゲル皮膜形成により、パターン外析出は抑制されマスクレス液中ゲルめっきが可能となった。また、生成しためっき膜はテープ試験にて剥がれは無く、目標である膜厚3  $\mu\text{m}$  以上、成膜速度10  $\mu\text{m/hr}$  以上を達成した。

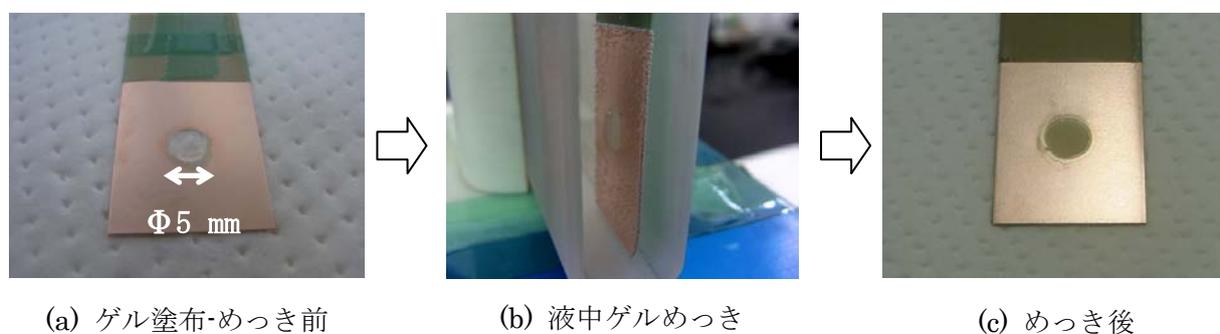


図 2-3-4 電解質溶液 X 中マスクレス液中ゲルめっき

表 2-3-4 液中ゲルめっき条件と評価結果

電圧	めっき時間	温度	膜厚	粗さ	成膜速度
6 V	3 min	R.T.	3.01 $\mu\text{m}$	0.45 $\mu\text{m}$	60 $\mu\text{m/hr}$

【1-2】で開発したゲル状銀めっき液と液中ゲルめっきの電気化学測定から得られた良好なめっき範囲を図 2-3-5 に示す。この結果から、めっき可能な電位範囲は液中ゲルめっきの方が広いが、これは単に通常のゲルめっきではゲル状めっき液中に銀イオンが豊富にあることら、電位が上昇しにくいともいえる。電流密度範囲においては液中ゲルめっきでは、めっき中のガス発生によりゲル状銀めっき液の剥がれが生じ、安定的なめっきが難しく、電流密度範囲も狭い結果となった。これは液中ゲルめっきではゲル状銀めっき液中の銀濃度の低下に伴い、過電圧が上昇したことによって生じたと考えられる。以上の結果より、液中ゲルめっきでは電位制御または電圧制御によるめっきが好ましいと考えられる。

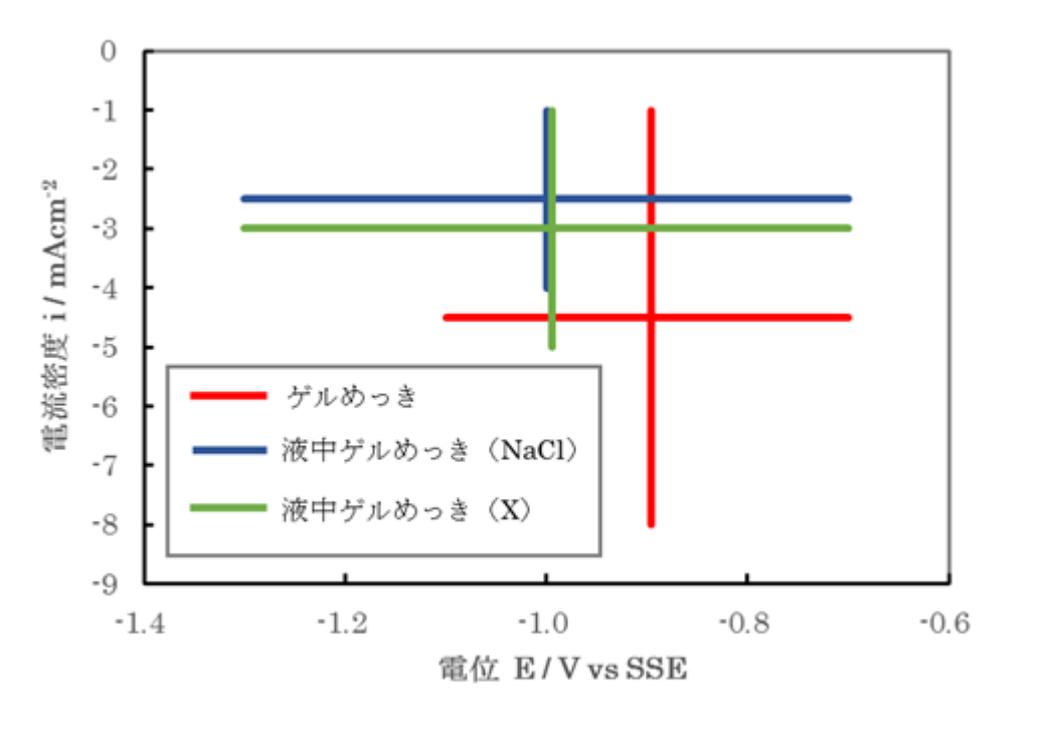
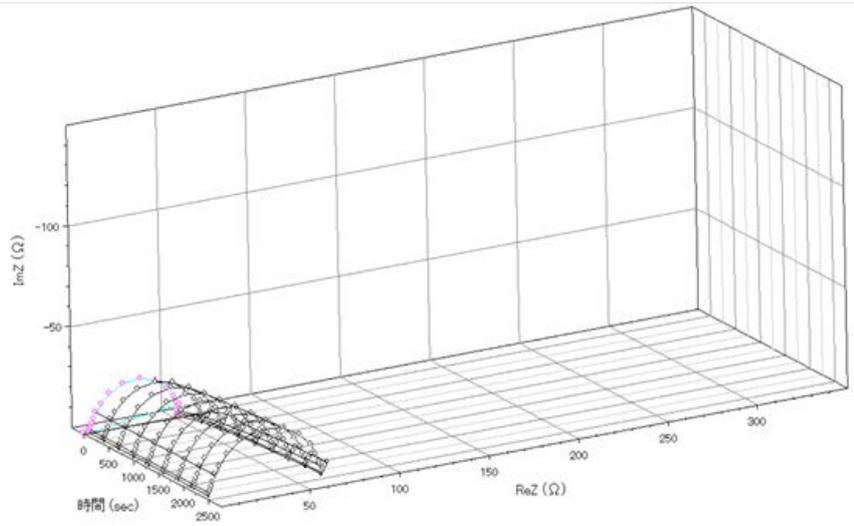
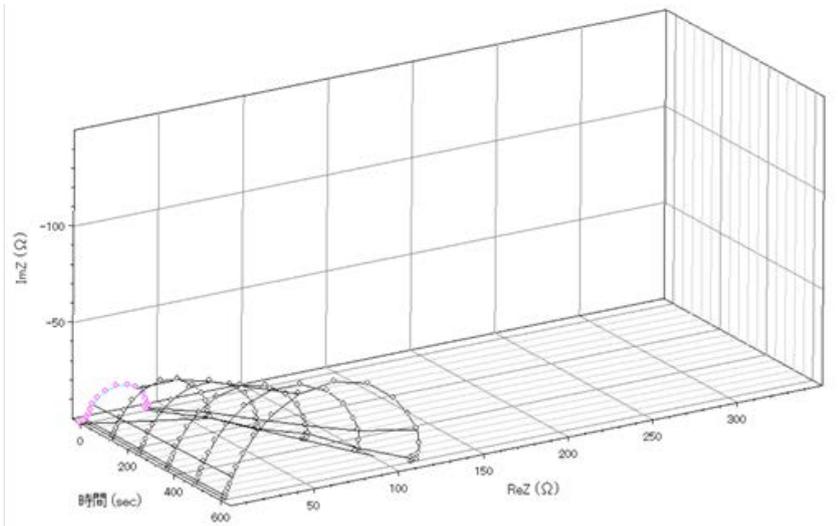


図 2-3-5 良好なめっき範囲

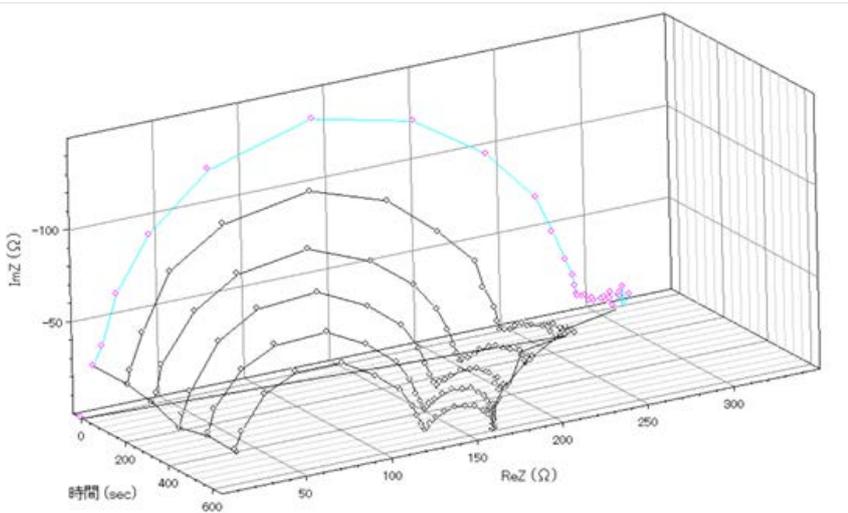
図 2-3-5 の結果より良好なめっきが得られる電位を用いて 3D インピーダンス測定を行い、【1-2】ゲル状銀めっき液、液中ゲルめっき（塩化ナトリウム電解質溶液、電解質溶液 X）の比較を行った。3D インピーダンス測定で、一般的めっき反応のモニタリングを行うと、高周波数側の容量性半円では主にめっき液の溶液抵抗  $R_{sol}$ 、めっき液と電極間の電荷移動抵抗  $R_{ct}$  が経時的に分かる。低周波側ではめっき液と電極間で起きるめっき膜の析出、溶解に係る反応を経時的にモニタリングできる。結果を図 2-3-6 に示す。図 2-3-6 (a)ゲルめっきではめっき時間に伴う容量性半円の大きさに変化は殆ど見られなかった。これはゲル状銀めっき液中に銀が豊富に存在するため、めっき基板（カソード基板）近傍の銀イオン濃度および電荷移動抵抗が変化していないことが分かる。図 2-3-6(b)塩化ナトリウム電解質溶液中の液中ゲルめっきでは容量性半円がめっきと共に大きくなることから、ゲル状銀めっき液中の銀成分の溶出とめっきによる銀イオンの消費からゲル状銀めっき液中の銀イオン濃度の低下によって、溶液抵抗と電荷移動抵抗が上昇していると考えられる。図 2-3-6(c)電解質溶液 X では高周波側の大きい容量性半円はゲル皮膜を示し、低周波側の小さい容量性半円はゲル状銀めっき液と考えられる。高周波側の容量性半円は経時的に小さくなるが、これはゲル中のカリウムイオンが電解質溶液 X との作用でゲル皮膜を形成、その後ゲル皮膜は経時的に膨潤するため、この時のカリウムイオンによってゲル皮膜の抵抗が低下することにより容量性半円が小さくなっていくと考えられる。また、低周波側の容量性半円の大きさが時間経過してもほぼ変化していない事、図 2-3-6(b)のめっき開始時の容量性半円の大きさと同等であることから、電解質溶液 X ではゲル皮膜の形成により銀イオンの溶出が生じていないことが明確となった。



(a) ゲルめっき



(b) NaCl 電解質溶液



(c) 電解質溶液 X

図 2-3-6 3D インピーダンス測定結果

## 2-4 実証試験および既存技術との比較

(実施：吉野電化工業株式会社)

### 【4-1】実証試験及び既存技術との比較

【2】微粒子混合ゲル状銀めっき液の開発では、生成しためっき膜は高密度に微粒子を複合させることはできたが微粒子間をわずかについためっきで繋いでいるにすぎないため、空隙も多く見受けられた。このため、このめっき膜と銅基板の密着力も弱く、綿棒でこすると微粒子が簡単に剥がれてしまい、耐摩耗性にも問題があった。この課題点を踏まえて、めっき膜の微粒子間をさらに埋めてめっき膜と銅基板の密着力を向上させた。具体的には、図 2-4-1 で示すように【2】微粒子混合ゲルめっきにより、高密度に微粒子を複合させた銀めっき膜を形成する。さらに、この銀めっき膜上にゲル状めっき液を塗布し、【3】液中ゲルめっきとして電解質溶液中に浸漬させる。

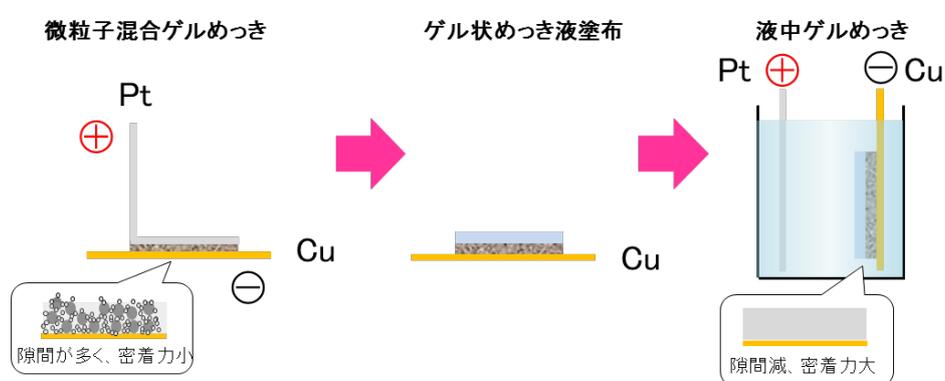


図 2-4-1 微粒子混合ゲル状めっき技術と液中ゲルめっき技術の融合

微粒子混合ゲルめっきでは、微粒子間をめっきで繋ぐことは可能ではあるが空隙が見受けられる。このため、液中ゲルめっきを微粒子混合ゲルめっき後の固着めっきとして微粒子間の空隙を埋めることでさらに密着力の向上を図る。

本手法と比較して、液中ゲルめっきで作製したサンプルとともに銀めっき皮膜の観察を行った。図 2-4-2 に各銀めっき皮膜の観察結果を示す。

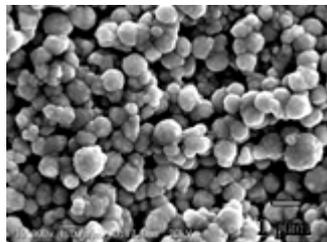
図 2-4-2 各銀めっき皮膜の EPMA 断面像

(A) 微粒子混合ゲルめっき+液中ゲルめっき

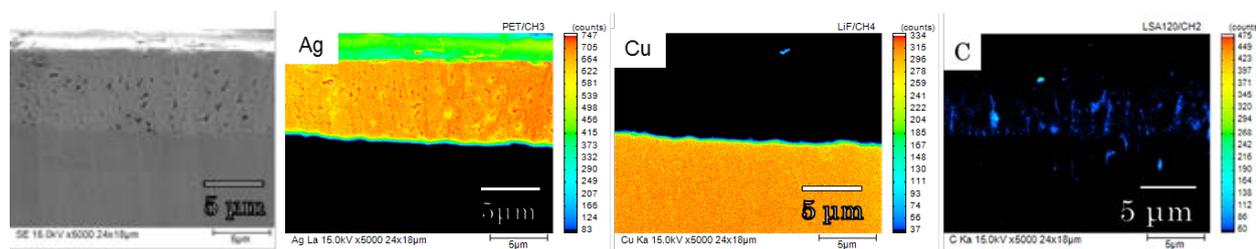
外観像



SEM 像



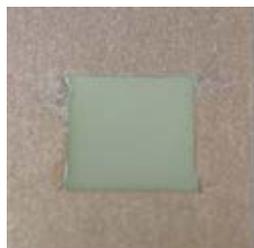
EPMA 断面像



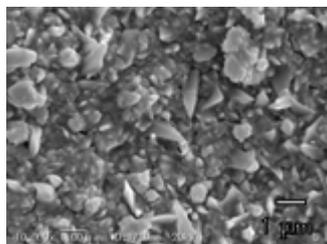
めっき時間: 3 分, 膜厚: 7 μm

(B) 液中ゲルめっき

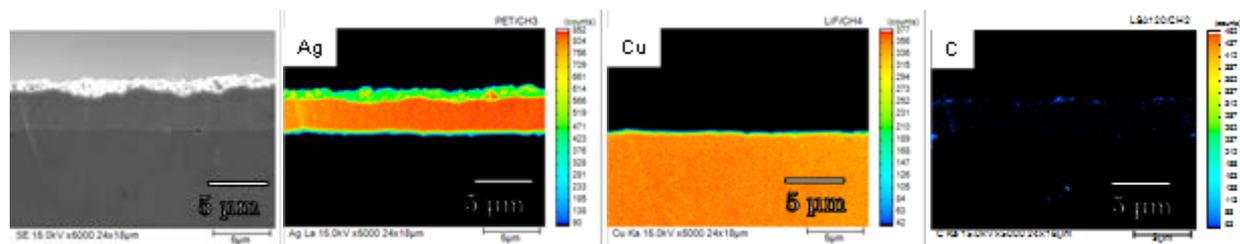
外観像



SEM 像



EPMA 断面像



めっき時間 5 分, 膜厚: 3.5 μm

(A)微粒子混合ゲルめっき+液中ゲルめっきで生成した銀めっき膜の空隙はほとんど埋まり、銀微粒子の形状も目立たなくなった。(B)液中ゲルめっきでは通常のゲルめっきと同様に平滑でピット、ムラのない均一な銀めっき膜が生成した。これにより、量産対応も可能であることが明確となった。(A)微粒子混合ゲルめっき+液中ゲルめっきの方が(B)液中ゲルめっきよりも短時間で厚膜化が可能であることが明確となった。

<ワイヤボンディング試験>

(A)微粒子混合ゲルめっき+液中ゲルめっきサンプルと(B)液中ゲルめっきサンプルを凸版印刷(株)様にワイヤボンディング試験を依頼した。以下に評価方法を示す。

評価基板

- ・(A)微粒子混合ゲルめっき+液中ゲルめっきサンプル 5×5 mm<sup>2</sup>
- ・(B)液中めっきサンプル 5×5 mm<sup>2</sup>

評価装置および評価資材

- ワイヤボンダ (株)カイジョー製 FB-780
- ワイヤ 田中電子工業(株)製 FA 25 μm φ
- キャピラリ エスピーティー(株)製 SBNE-35EP-AZM-1/16XL-50MTA
- ツイーザーピール試験装置 デイジ(株)製ボンドテスターシリーズ 4000

ワイヤ・キャピラリ詳細情報

金ボンディングワイヤの特性とタイプ別用途 (線形 25 μm, ボール径 線形×2.5)

タイプ	破断荷重(mN)		伸び率(%)		再結晶長さ (μm)	タイプ別用途
	仕様	平均	仕様	平均		タイプ
FA	88-132	107	2.0-7.0	4	180-200	DIP, SIP, QFP, BGA, CSP

キャピラリ

タイプ	H(μm)	T(μm)	CD(μm)	FA(°)	CA(°)	OR(μm)
SBNE-35EP-AZM-1/16XL-50MTA	35	130	53	11	90	30

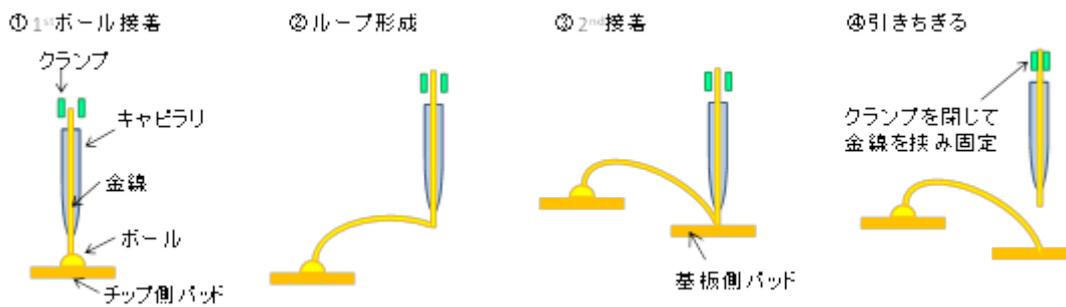


図 2-4-3 ワイヤボンディング概略

ワイヤボンディング条件 ワイヤボンダ: カイジョー製 FB-780

	1st	2nd
サーチ速度 (×2.5mm/sec)	6	6
サーチ加重 (gf)	35	50
ボンド加重 (gf)	30	50
US Power	100	90
US Time (ms)	5	3
ステージ温度 (°C)	230°C (実測)	

ワイヤボンディング後の外観結果を表 2-4-1 に示す。

表 2-4-1 ワイヤボンディング後外観

	ワイヤボンディング後外観	2nd ボンド部
(A)微粒子混合ゲルめつき+液中ゲルめつき		
(B)液中ゲルめつき		

(A)微粒子混合ゲルめっき+液中ゲルめっきサンプルと(B)液中ゲルめっきサンプルはともにワイヤボンディングが可能であることを確認した。ただし、微粒子混合ゲルめっき+液中ゲルめっきは一部(n数13中の1)でワイヤ剥がれが発生した。

<ツイーザーピール試験>

ワイヤボンディングした各サンプルにツイーザーピール試験を行った。

ツイーザーピール試験装置：デジ製ボンドテスター

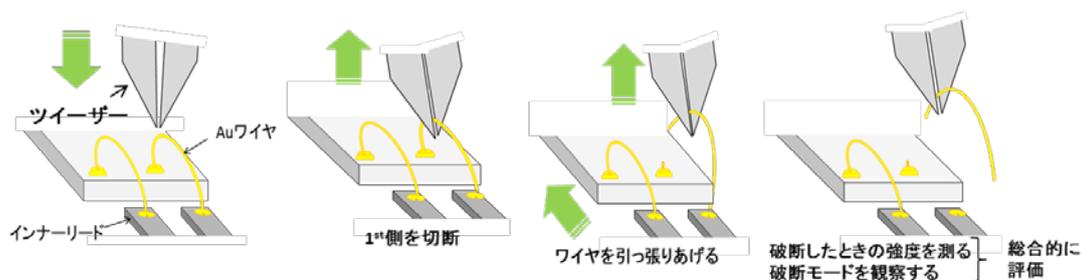
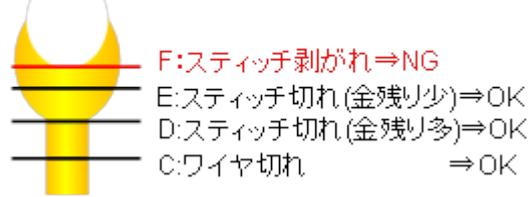


表 2-4-2 にツイーザーピール試験結果を示す。

表 2-4-2 ツイーザーピール試験結果

	ツイーザーピール試験結果	
	破断強度 / g	破断モード
(A)微粒子混合ゲルめっき +液中ゲルめっき	Max. 7.5 Min. 3 Ave. 5.5	D ステイッチ切れ 
(B)液中ゲルめっき	Max. 9.5 Min. 5 Ave. 7	D ステイッチ切れ 

### 破断モードおよびOK/NG判断



凸版印刷様によると、破断強度に関しては基板によって下限値が異なり概ね 4 g が下限値と考えられているため問題ないレベルと判断した。破断モードについてはどちらの条件についても D のステッチ切れとなり、(A)微粒子混合ゲルめっき+液中ゲルめっきの方が(B)液中ゲルめっきよりも破断強度が弱いという結果となった。

### <リードフレームへのめっき>

小規模量産試験として、実製品に即した形状を要するリードフレーム製品にゲルめっきを行った。リードフレームのインナーリード(幅約 300  $\mu\text{m}$ )に微粒子混合ゲルめっきを行った後、固着めっきとして液中ゲルめっきを行った。

図 2-2-4 に概略を示す。

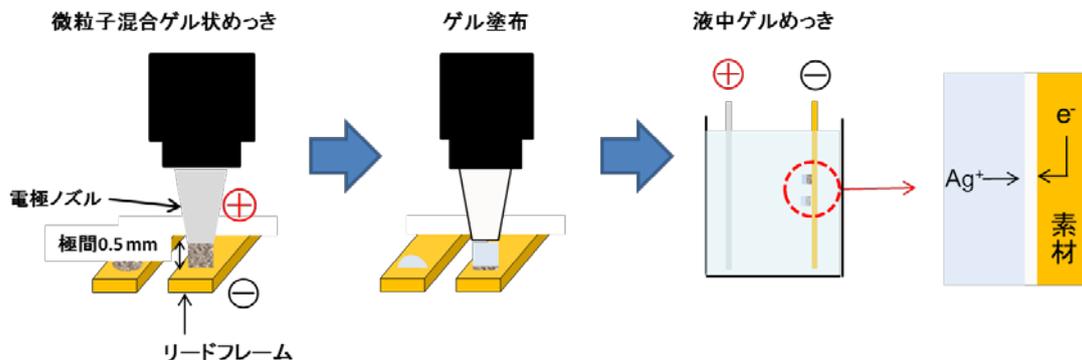


図 2-4-4 リードフレーム上へのゲルめっき概略

実際にリードフレームへゲルめっきを行なった。

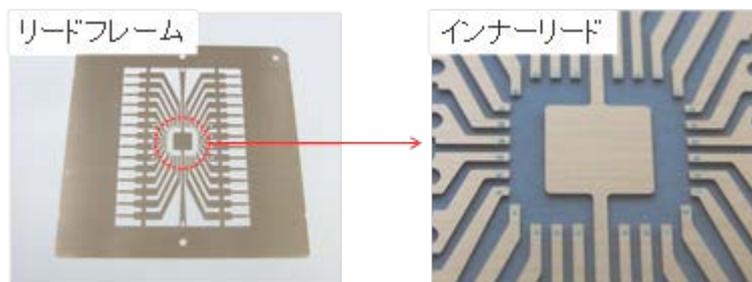


図 2-4-5 リードフレーム上へのゲルめっき外観写真

ディスペンス型塗布装置では、ゲル状めっき液の塗布と同時にめっきを行うため量産性に課題が残っていた。そこで、本手法では一度基板の必要箇所にゲル状めっき液を塗布し、基板を電解質溶液に浸漬させることで同時にめっきが可能となった。これにより、マスクレスパターンめっき技術と精密部分めっき技術を確立した。

<めっき液の使用量とコスト比較>

リードフレームサンプル 50 枚に実際に銀めっきを行う場合のめっき液の使用量とコスト比較について表 2-4-3 に示す。

表 2-4-3 めっき浴の使用量とコスト比較

	めっき液 建浴量	めっき液 建浴コスト	1L 当りの 処理可能枚数	設備
ゲルめっき (微粒子混合ゲルめっき+液中ゲルめっき)	10 mL	¥165	約 10000 枚	 小型設備で可能
既存技術	60 L	¥348,000	約 1700 枚	 大型設備が必要

ゲルめっきでは、インナーリードの必要箇所のみでのゲル塗布でめっき可能であるため、めっき液量は 70%以上削減可能となり、これに伴いめっき液の排水負荷が軽減されると推察される。また、既存技術で必要なマスク代やレジスト代も不要であるため既存技術の工程が簡略化され、製造原価 50%以上の削減が見積もられる。

## 第3章 全体総括

### 3-1 研究開発結果

#### ① ゲル状銀めっき液の開発

開発したゲル状銀めっき液は、再現性良く、良好な皮膜が得られることが確認された。テープ試験にてめっき膜の剥がれは無く、目標であるめっき膜厚 $3\mu\text{m}$ 以上、成膜速度 $10\mu\text{m/hr}$ 以上を達成。また、得られた銀めっき皮膜は、表面粗さ(Ra)  $0.5\mu\text{m}$ 以下の平滑なめっき皮膜を得ることができ、めっき処理中のカソードのガス発生を伴わなかったため、カソード電流効率100%のゲル状銀めっき液の開発に成功した。さらに、開発した銀めっき液およびゲル状銀めっき液は市販液と比較して劣らないもしくはそれ以上の性能が得られることが確認された。

ディスペンス型塗布装置からの微細パターンニングの安定化においては、ゲル状銀めっき液の十分な攪拌によりチキソトロピー性を持たせることにより安定的な吐出を可能にした。また、ディスペンス型塗布装置の吐出条件については、スクリー形状、回転数、ノズル形状、クリアランス、エア圧等の最適化を行うことによって、目標である $200\pm 20\mu\text{m}$ のラインおよびドット形状の安定的な微細パターンニングを達成した。

また、本研究開発では開発液、市販液それぞれ液状、ゲル状のめっき液を用いて電気化学測定を行った。その結果、開発液に関して液状よりゲル状の方が良好なめっき皮膜が得られる電位範囲は広いという結果が得られた。一方、市販液に関しては、液状、ゲル状共に良好なめっき皮膜が得られる電位範囲が狭く、範囲外になるとめっき皮膜が黄色に変化し、綺麗なめっき皮膜を得ることは困難であった。また、インピーダンス測定からそれぞれの拡散係数を求めた。その結果、開発液、市販液ともにゲル化を行うと拡散係数は一桁小さくなることが確認され、電気化学側面からもゲル化を行うと液状態に比べてめっき速度が遅くなることが示唆された。開発液の液状、ゲル状の拡散係数はそれぞれ $9.44\times 10^{-5}\text{cm}^2/\text{s}$ 、 $4.21\times 10^{-6}\text{cm}^2/\text{s}$ であり、市販液はそれぞれ $4.00\times 10^{-5}\text{cm}^2/\text{s}$ 、 $1.43\times 10^{-6}\text{cm}^2/\text{s}$ であった。

#### ② 微粒子混合ゲル状銀めっき液の開発

市販ノーシアン銀めっき液をゲル化し、適切な前処理をした2種類の銀微粒子を分散させることで微粒子混合ゲル状めっき液を開発した。この微粒子混合ゲル状めっき液で生成した銀めっき膜は微粒子が取れやすく密着力に課題があったが、固着めっきを行うことで密着力も改善しピット、ムラのない銀めっき膜を形成した。ディスペンス型塗布装置にて微粒子混合ゲルめっきを行い、生成したドット状のめっき膜はパターンニング精度 $200\pm 20\mu\text{m}$ 、成膜速度 $0.6\mu\text{m/sec}$ にて膜厚 $3\mu\text{m}$ 以上のものとなった。

#### ③ 液中ゲル状めっき液の開発

めっき基板にゲル状銀めっき液をパターンニングし、電解質溶液（塩化ナトリウム電解質溶液、電解質溶液X）に浸漬させ、マスクレス液中ゲルめっき検討を行った結果、塩化ナトリウム電解質溶液ではゲル状銀めっき液塗布部以外へのめっき析出が生じた。この問題を解決するため、電解質溶液Xを開発し、ゲル状銀めっき表面にゲル皮膜を形成することでゲル状銀めっき液の溶解およびめっき液成分の溶出が抑制可能となり、マスクレス液中ゲルめっき技術を確立した。得られためっき

皮膜は目標である膜厚 3  $\mu\text{m}$  以上、成膜速度 10  $\mu\text{m/hr}$  以上を達成。

#### ④ 証試験および既存技術との比較

【2】微粒子混合ゲルめっきと【3】液中ゲルめっきの技術を融合することで、めっき膜の厚膜化と高速化を実現した。めっき皮膜の密着性は良好で均一でピット、ムラのないものであると確認した。さらにワイヤボンディング試験を行い、ワイヤボンディングが可能であることを確認し、ツイーザーピール試験では破断強度と破断モードは問題ないレベルであった。

小規模量産試験として実製品に即した形状を要するリードフレーム製品にゲルめっきを行い、インナーリード幅 300  $\mu\text{m}$  にパターンニング精度  $200\pm 20 \mu\text{m}$  の銀めっき膜を形成した。さらに、従来の部分めっき手法とのコスト及び生産性を比較評価した。ゲルめっきでは、インナーリードの必要箇所だけのゲル塗布でめっき可能であるため、めっき液量は 70 % 以上削減可能、また既存技術で必要なマスク代やレジスト代も不要であるため、製造原価 50 % 以上の削減可能であると見積もられた。

### 3-2 研究開発後の課題

本研究開発にて開発したゲル状銀めっき液、微粒子混合ゲル状銀めっき液、液中ゲルめっき技術を用いて生成しためっき皮膜について、実証試験としてのワイヤボンディング試験評価では良好な結果が得られ、実用性のあるめっき皮膜であることは確認できた。これからは川下ユーザーと一体となり実製品へのめっき検証および性能評価へのステップアップが課題となる。また、開発した本技術を実際に川下ユーザーに使用して頂くことによって、実用化へ向けた課題点の洗い出しが必要となる。

### 3-3 事業化展開

本補助事業にてアドバイザーであり川下ユーザーである凸版印刷株式会社にサンプル提供し評価を行っている。またゲルめっき開発で以前から共同開発を行っている s 社（大手電子部品会社）にもアドバイスを頂き技術開発に展開している。本事業にて開発した技術は学会誌、講演、展示会等を通して宣伝を行っている。また、知的財産権については微粒子混合ゲルめっき技術および液中ゲルめっき技術の 2 件出願を行った。本事業にて開発したゲル状銀めっき液および微粒子混合ゲル状銀めっき液は表面処理薬剤メーカーとライセンス契約を締結することによりライセンス先と他のめっき事業者間での受注・販売による事業拡大を目指す。更に本技術は試作等の多品種少量生産に対し優位性を持つため、今後の試作対応を積極的に進め、市場評価を進める。得られた結果およびユーザーニーズは適宜、本研究開発にフィードバックし技術の完成度を高め、2 年以内の事業化を目指す。

以上

#### 文献

##### 1) 普及版 ゲルハンドブック

編集代表：長田義仁（北海道大学大学院理学研究科生物化学科学専攻教授）

梶原 莞爾（京都工芸繊維大学工芸学部物質工学化教授）