

平成22年度 戦略的基盤技術高度化支援事業

「情報家電に搭載されるLED及びチップ部品等の  
製造に適しためっき技術の開発」

## 研究開発成果等報告書

平成23年3月

委託者 東北経済産業局

委託先 財団法人あきた企業活性化センター



## 目 次

第1章 研究開発の概要	
1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標	3
1-2 研究体制	3
1-3 成果概要	8
1-4 当該プロジェクト連絡窓口	9
第2章 研究内容及び成果	
2-1 導入研究用設備および計測機器等	13
2-2 Agめっき皮膜の粒子構造を変えて反射率を向上させる 改善課題への対応	15
2-3 LED基板の独立パターンに対応する無電解Niめっき上の 無電解Agめっきプロセスの開発課題への対応	18
2-4 チップ部品に要求されるはんだ付け性を確保する改善課題への対応	23
2-5 チップ部品のめっき量産治具作製課題への対応	25
第3章 全体総括	
3-1 全体総括	29
3-2 研究課題と今後の取り組み	29



## 第1章 研究開発の概要



## 第1章 研究開発の概要

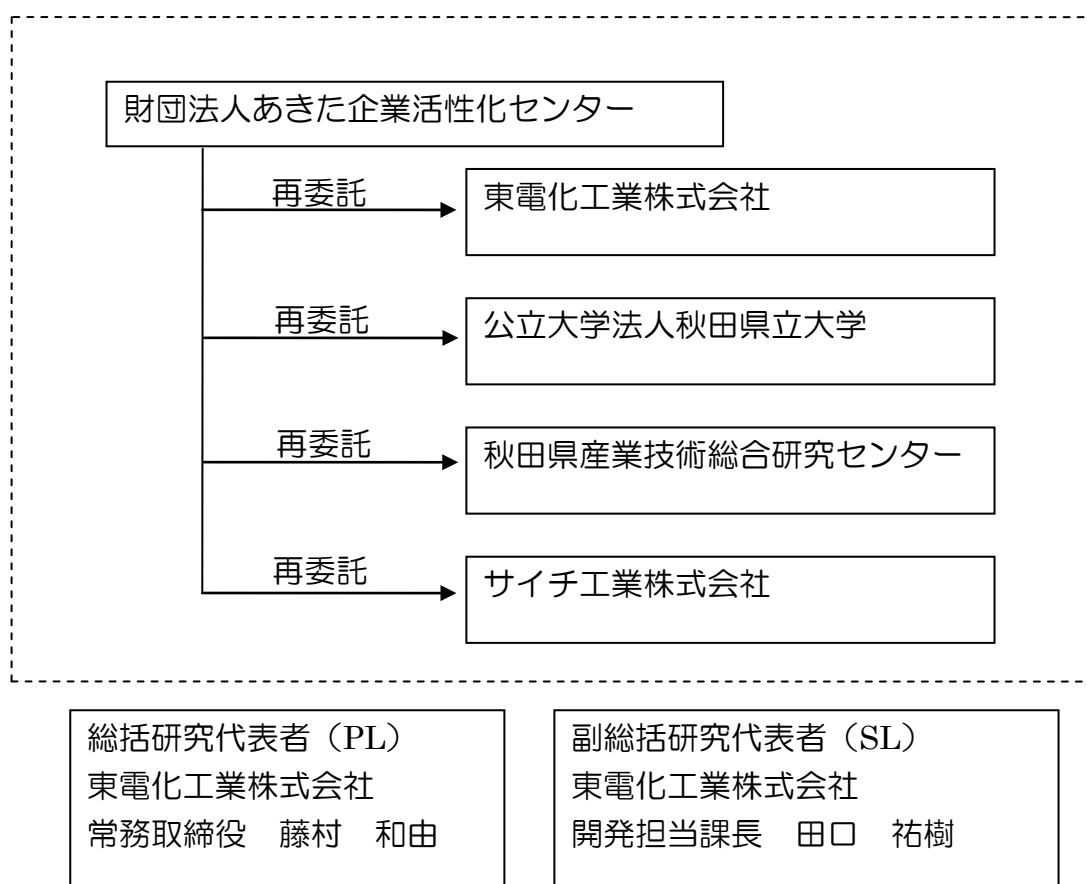
### 1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

高輝度LEDは、LED素子を搭載する基板表面のめっき種類や方法により反射率が影響され、反射率の要求性能を満たしつつ、長寿命で低価格のめっきが要求されている。また、微細化が進むインダクター等のチップ部品は、はんだ付け性付与のSnめっきで、製品同士が付着凝集する問題が発生している。

高反射率への対応として最も反射率の高い金属はAgであるためAgめっき（電解及び無電解）を採用する。本研究では、これらの課題を解決するため、Agめっきの経時劣化防止や無電解Niめっき上への無電解Agめっき等の新規めっき量産プロセスを開発する。

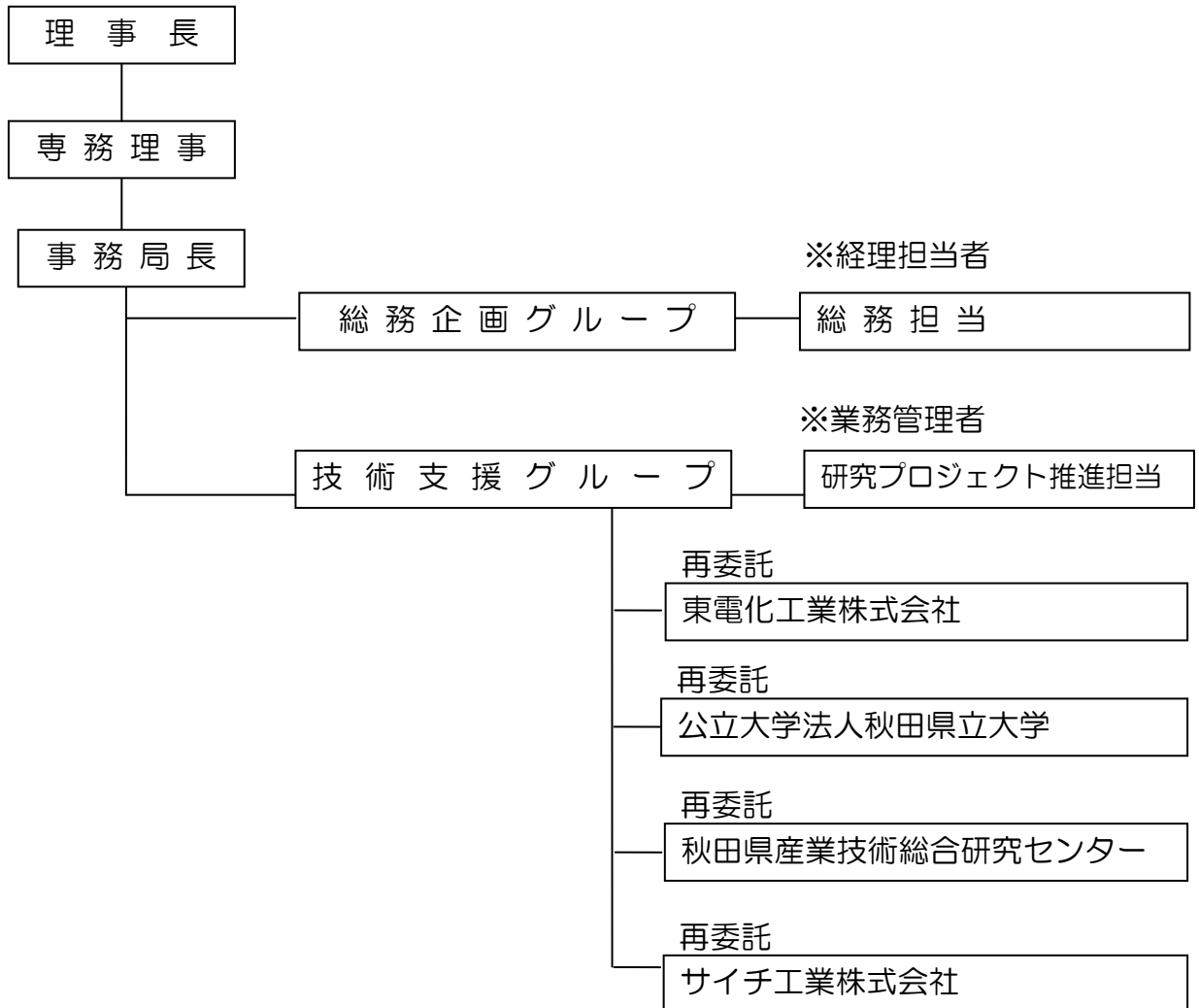
### 1-2 研究体制

#### 1) 研究組織（全体）

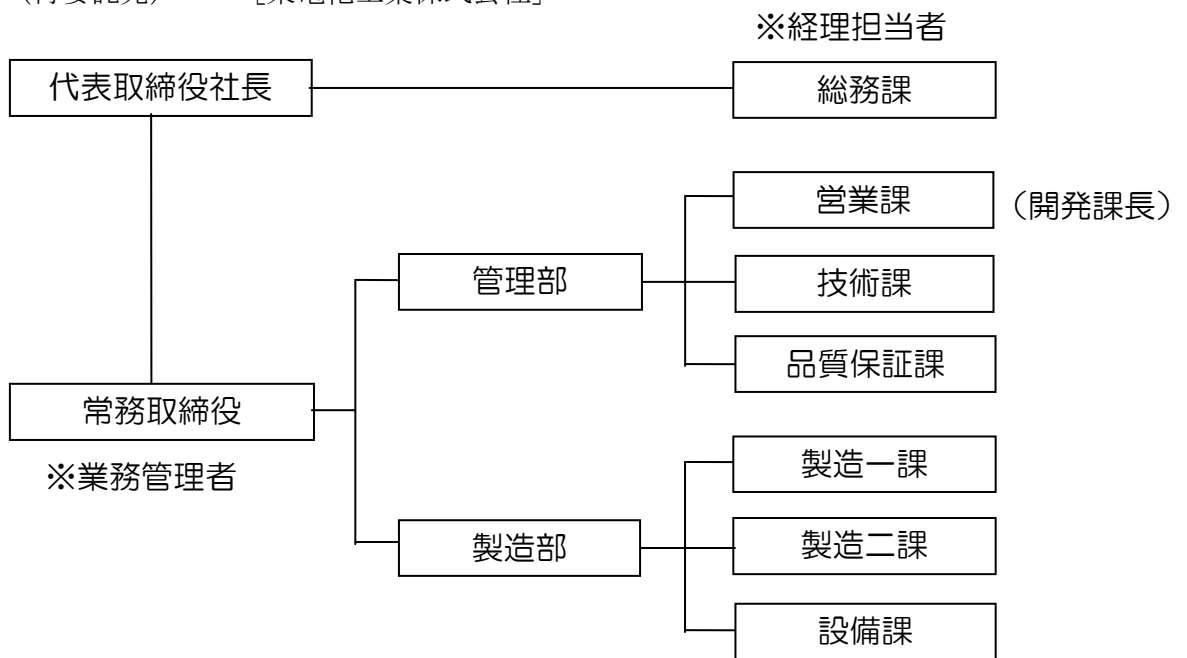


2) 管理体制

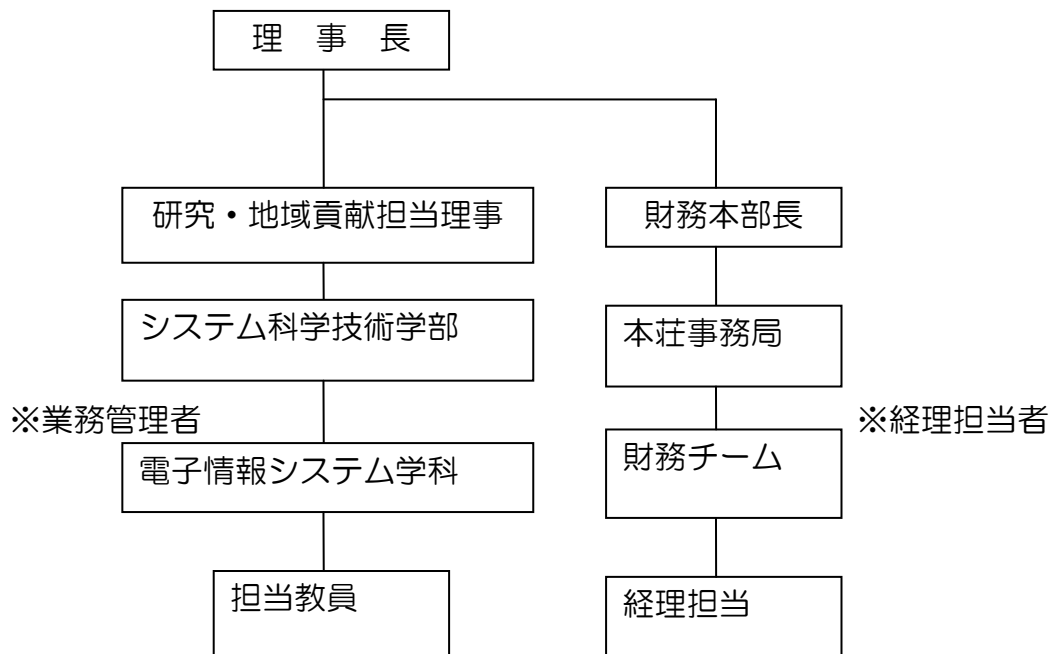
① 事業管理者 [財団法人あきた企業活性化センター]



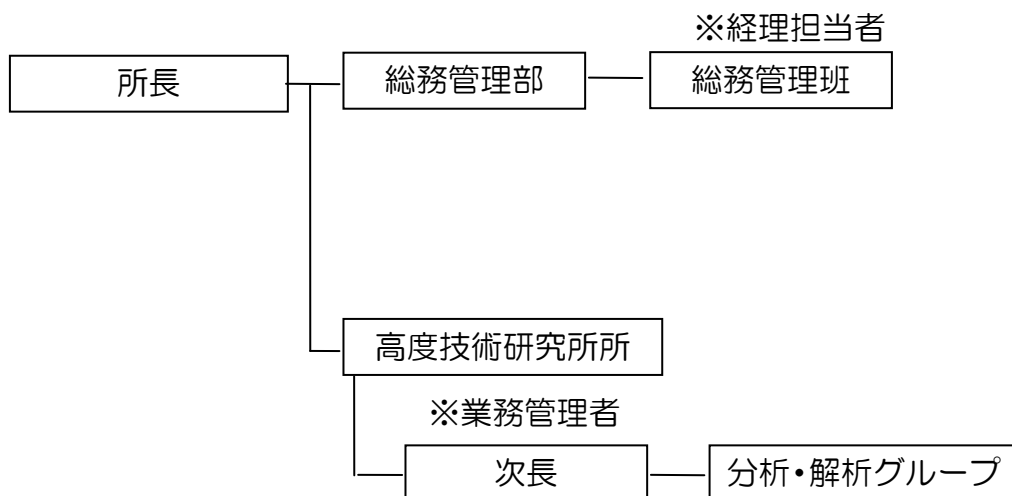
② (再委託先) [東電化工業株式会社]



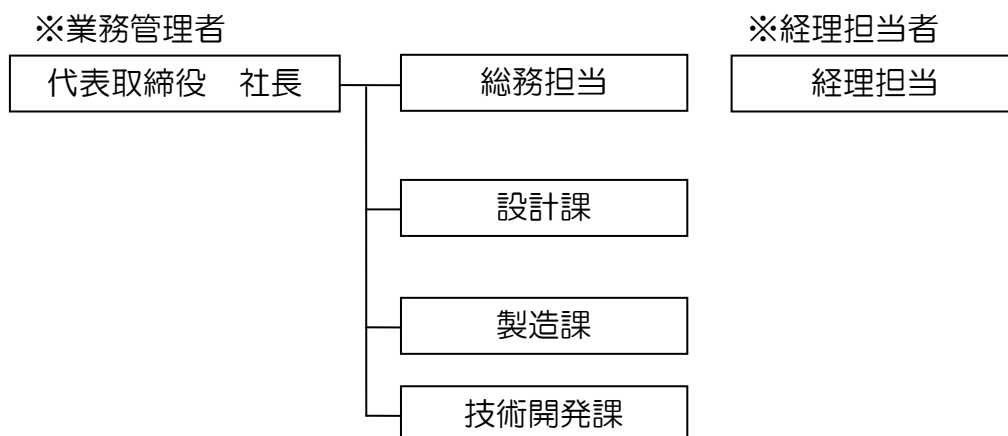
(再委託先) [公立大学法人秋田県立大学]



(再委託先) [秋田県産業技術総合研究センター]



(再委託先) [サイチ工業株式会社]



3) 管理員及び研究員 (業務管理者 : \* 1、経理担当者 : \* 2)

【事業管理者】 財団法人あきた企業活性化センター

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
松橋 亨 * 1	技術支援グループ サブリーダー	③-2
大西 勝 * 2	総務企画グループ 総務担当 サブリーダー	—
阿部 秀樹	技術支援グループ副主幹	③-2、③-3、③-4
佐藤 真也	技術支援グループ主査	③-2、③-3、③-4

【再委託先】 東電化工業株式会社

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
藤村 和由 * 1	常務取締役	①-1、①-2、②-1、②-2、③-1
田口 祐樹	開発課長	①-1、①-2、②-1、②-2
若泉 裕明	専務取締役	①-1、①-2、②-1、②-2
沢口 茂幸	製造部長	①-1、①-2、②-1、②-2
五十嵐 知美	設備課長	①-1、①-2、②-1、②-2
和合谷 繁満	技術課長	①-1、①-2、②-1、②-2
加藤 正広	技術課員	①-1、①-2、②-1、②-2
佐々木 正博	製造課長	①-1、①-2、②-1、②-2
松坂 徹 * 2	総務課長	—

【再委託先】 公立大学法人秋田県立大学

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
小宮山 崇夫 * 1	電子情報システム学科助教	①-1
小田嶋 平太 * 2	本荘キャンパス 財務チームリーダー	—

【再委託先】 秋田県産業技術総合研究センター

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
有明 順 * 1	高度技術研究所次長	①-1、②-1
渡邊 さおり	分析・開発グループ主任研究員	①-1、②-1
岡田 紀子	分析・開発グループ主任研究員	①-1、②-1
工藤 智幸 * 2	総務管理部総務管理班	—

【再委託先】 サイチ工業株式会社

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
松下 一幸 * 1	代表取締役社長	②-2
柴田 保則	技術開発課	②-2
松下 達子 * 2	—	—

【アドバイザー】

氏名	所属・役職
池山 潔	▲▲株式会社 新規事業推進部
高橋 昇	財団法人あきた企業活性化センターサブリーダー

### 1-3 成果概要

本研究成果の目標を達成するために次の4サブテーマについて研究を進めた。その結果、当初の技術目標値に対する研究成果は表-1に示す通りとなった。

表-1 研究成果

No.	サブテーマ	開発項目	技術的目標値		研究成果
			従来技術	新技術	
1-1	A g めっき皮膜の粒子構造を変えて反射率を向上させる改善課題への対応	初期反射率の改善(*1)	—	90%	90-93% 最大 94.1%
		K G 処理時間短縮	10 h	2 h	1.5 h
1-2	L E D 基板の独立パターンに対応する無電解N i めっき上の無電解A g めっきプロセスの開発課題への対応	ボンディングプル強度の確保	3 g f 以下	3 g f 以上  (目標) 5gf±1gf	6gf±1.5gf
2-1	チップ部品に要求されるはんだ付け性を確保する改善課題への対応	熱衝撃試験 (-55/125℃、500 サイクル)	クラックが入る	クラックが入らないこと	熱衝撃試験後のクラック発生はなかった。 (電気特性不良が発見された。)
2-2	チップ部品のめっき治具製作課題への対応	製品への付着凝集率	40-50%	0%	0%
		生産時間の短縮	6-7 h	1 h	1 h

(\*1) 「経時劣化率60%から90%への改善」を目標としていたが、●●(株)殿がL E D 事業から撤退したため同様の試験が行えなくなった。さらに、点灯試験の結果のためA g めっき以外の要因(リフレクターの変色、蛍光体や封止樹脂の含有成分の影響、基板とリフレクターの密着不良による外部からの影響など)が結果に影響するため、他の川下企業ではA g めっきの初期反射率を基準(一般的には波長460nmにおける反射率が90%以上)としている。このため開発項目を「初期反射率の改善」とし、技術的目標値を「経時劣化率60%から90%への改善」から「初期反射率9

0%以上（波長460nm）」に変更した。

表-1に示す通り、全サブテーマにおいて目標値以上の研究成果を達成することができた。しかし、サブテーマ2-1に関しては熱衝撃試験後の外観検査ではクラックが全く発生していなかったが、電気特性試験で2個/24個の異常が確認された。SEM用断面試料作製装置により断面をカットし、オージェ電子分光分析装置により解析を行ったが原因対策するところまでは至らなかった。

#### 1-4 当該プロジェクト連絡窓口

財団法人あきた企業活性化センター

（最寄り駅：JR東日本奥羽本線秋田駅）

〒010-8572 秋田県秋田市山王三丁目1番1号

TEL：018（860）5624（ダイヤルイン）

FAX：018（860）5704

技術支援グループ主査 佐藤 真也



## 第2章 研究内容及び成果



## 第2章 研究内容及び成果

### 2-1 導入研究用設備および計測機器等

#### 1) 研究用めっき装置



#### 2) SEM用断面試料作製装置



### 3) デジタルマイクロスコープ



### 4) キャピラリー電気泳動装置



5) めっき量産治具



写真-5 めっき量産治具

6) 半導体検出器付き蛍光X線式膜厚計

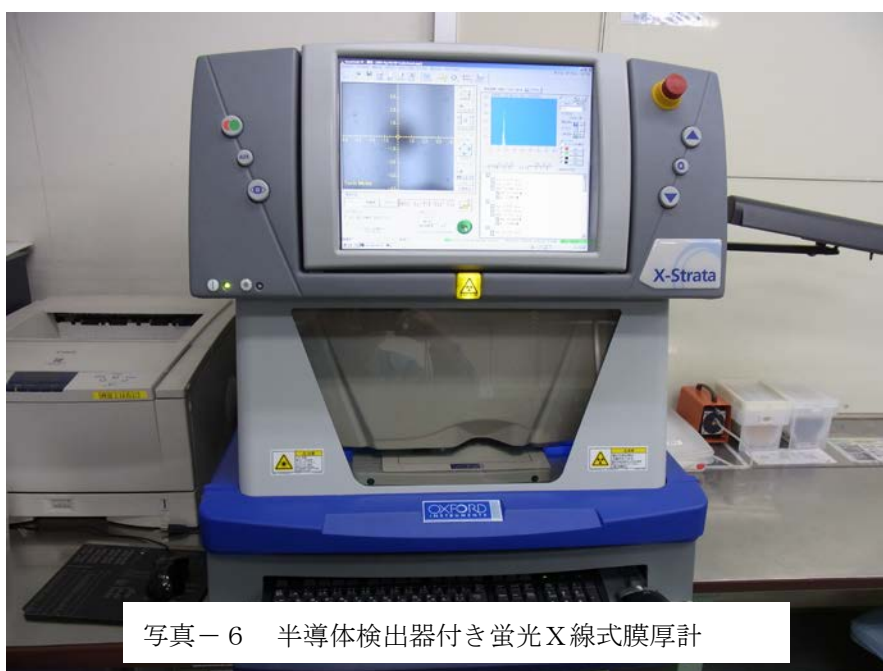


写真-6 半導体検出器付き蛍光X線式膜厚計

2-2 Agめっき皮膜の粒子構造を変えて反射率を向上させる改善課題への対応  
(東電化工業株式会社、公立大学法人秋田県立大学、秋田県産業技術総合  
研究センター、サイチ工業株式会社)

## 1) 初期反射率の改善

平成20・21年度の研究で、電解Agめっき及び無電解Agめっきの反射率が、KG処理を行うことにより330-450nmの波長領域で改善されることが確認された。

また、照明メーカーの初期反射率の規格が90%以上(波長460nmにおいて)必要であることから、更に反射率を上げるために無電解Niめっき上の無電解Agめっきの作業条件を最適化することにより、反射率を90~93%まで上げることができた。条件によっては94.1%の反射率が得られた(図-1, 2参照)。

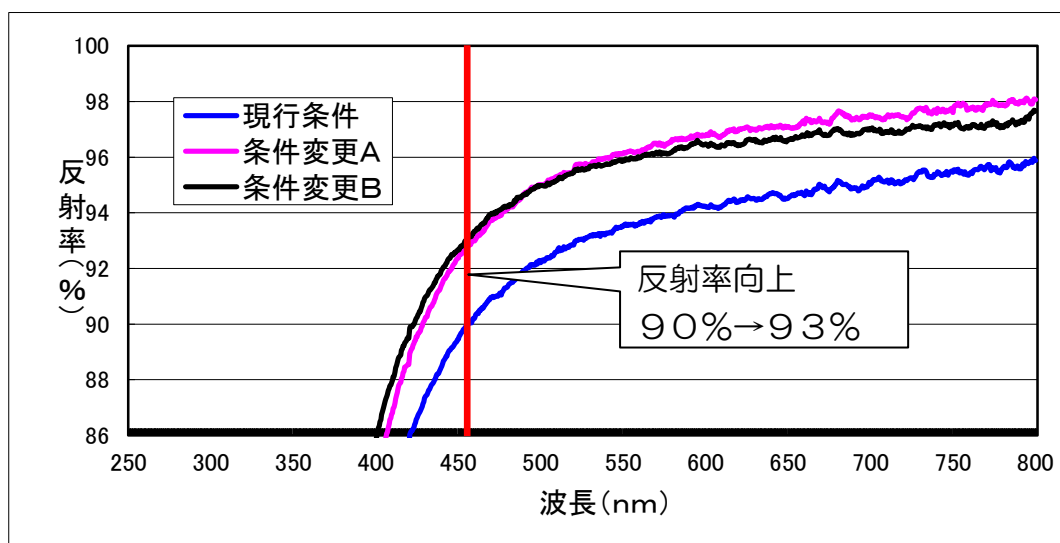


図-1 ガラスエポキシ樹脂上のCu箔パターンの反射率測定結果  
(無電解Niめっき上の無電解Agめっき)

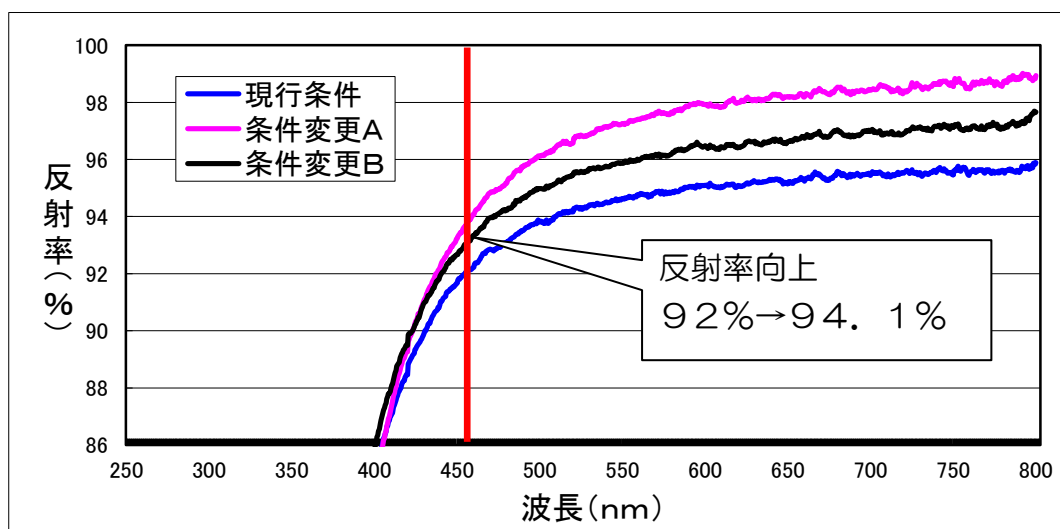


図-2 Cu板の反射率測定結果  
(無電解Niめっき上の無電解Agめっき)

## 2) KG処理時間の短縮

KG処理を行うとAgめっき表面の結晶粒子が変化することが確認されている。処理時間及び処理温度による影響を調査したところ、最適温度で処理すれば処理時間に依存しないことが確認された（表-2参照）。

また、KG処理品が経時劣化（Ag表面の変色）しないのは、下地CuのAg表面への拡散防止効果によるものであることが確認された（表-3参照）。

これらの結果から、最適温度に保持することによりKG処理時間（作業時間）を1.5時間にすることが可能なことが確認された。

さらに、Agめっき皮膜への外的要因（大気中の硫黄分による硫化など）によるAg表面の経時劣化対策の要求が多く、21年度からめっき処理後の有機皮膜の研究を追加し、現状品より変色しにくい有機処理液と処理条件を確立した。

表-2 KG処理条件によるAgめっき表面SEM写真（x5000）

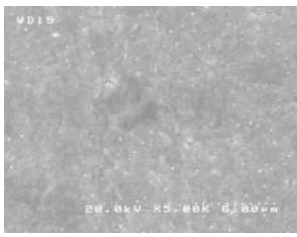
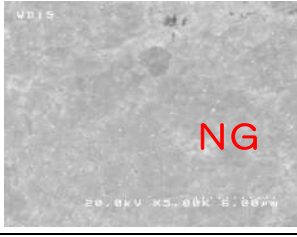
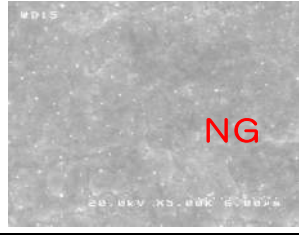
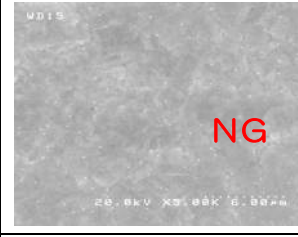

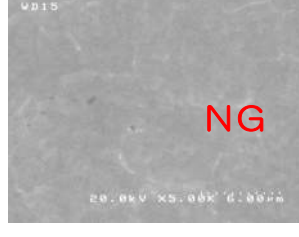

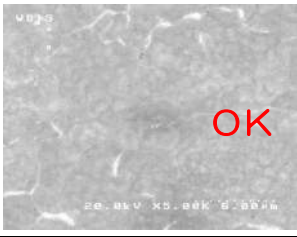
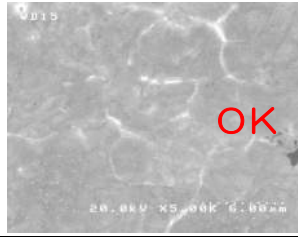

処理温度	保持時間0分	保持時間60分	保持時間120分
未処理			
低温 ↓			
			
高温			

表-3 KG処理有り無しによる下地Cuの拡散状況 (x30000)

		短い ← 処理時間 → 長い	
未処理			
処理品			

### 2-3 LED基板の独立パターンに対応する無電解Niめっき上の無電解Agめっきプロセスの開発課題への対応

(東電化工業株式会社、サイチ工業株式会社、秋田県産業技術総合研究センター)

#### 1) ボンディングプル強度の確保

無電解Niめっき上の無電解Agめっきのムラ対策・ガルバニックアタック対策を実施すると共に、ワイヤーボンディングの設定条件である圧着時間、超音波強度、荷重、温度を変えてボンディングを行い、プル強度を測定した。

当初目標値を  $5 \text{ g f} \pm 1 \text{ g f}$  としたが、ボンディング用金線径によりプル強度値が変わり、本研究では  $25 \mu\text{m}\phi$  を使用したため、 $6 \text{ g f} \pm 1.5 \text{ g f}$  と良好なボンディングプル強度を得ることができた (表-4 参照)。

表－４ プル強度測定結果

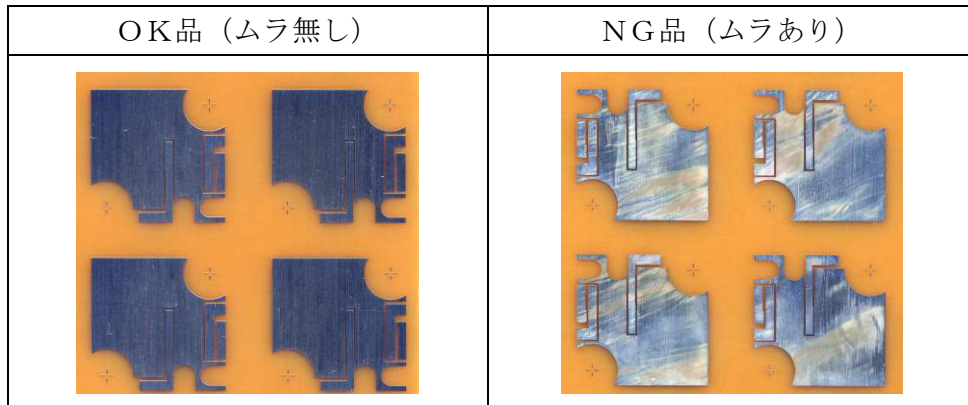
(単位：g f)

A gめっき厚	0. 2 μ m	0. 3 μ m	0. 4 μ m
プル強度	5.24	4.98	5.12
	4.63	5.43	6.43
	6.01	6.03	6.83
	6.79	6.56	6.98
	6.85	5.88	5.47
	7.14	6.88	6.39
	5.61	5.75	7.24
	5.11	5.01	4.91
	5.84	6.19	5.83
	6.77	6.43	6.15
平均	6.00	5.91	6.14

2) 無電解Niめっき上の無電解Agめっきのムラ対策

市販の無電解Agめっき浴を標準条件（市販カタログ条件）でめっきを行うと表－5に示すAgめっきムラが発生した。平成20年度の研究でめっきムラは、無電解Agめっきの添加剤成分（B剤中の成分②）を管理することにより抑制可能なことが確認された。そこで、平成21年度にキャピラリー電気泳動装置を導入し、泳動液や希釈倍率を変え成分分析の測定条件を調査した（図－5参照）。その結果、めっき液中で全ての成分は分析可能であり、検量線を作成することができた（図－6参照）。

表－5 無電解Niめっき上の無電解Agめっき外観ムラ写真



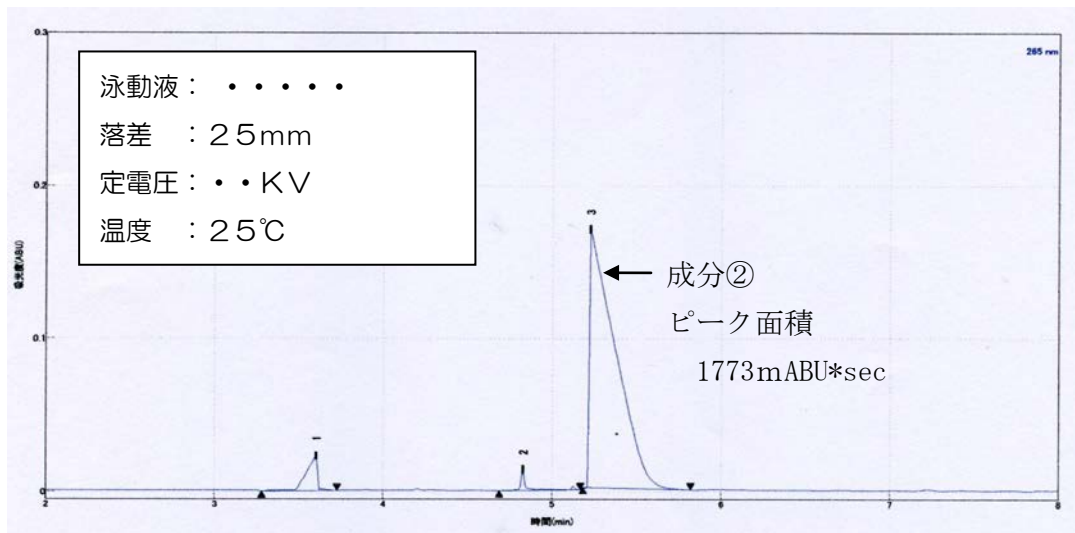


図-5 めっき液中の成分②（濃度40）の分析結果

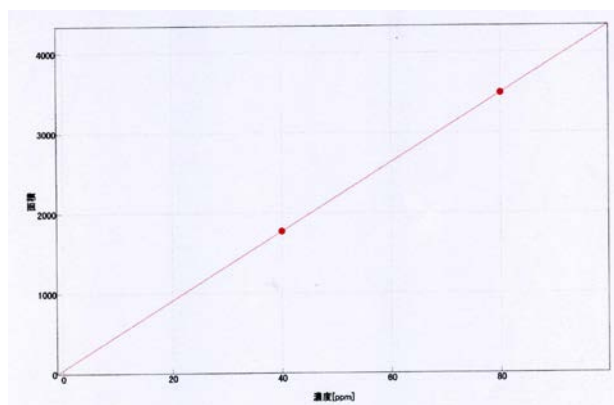


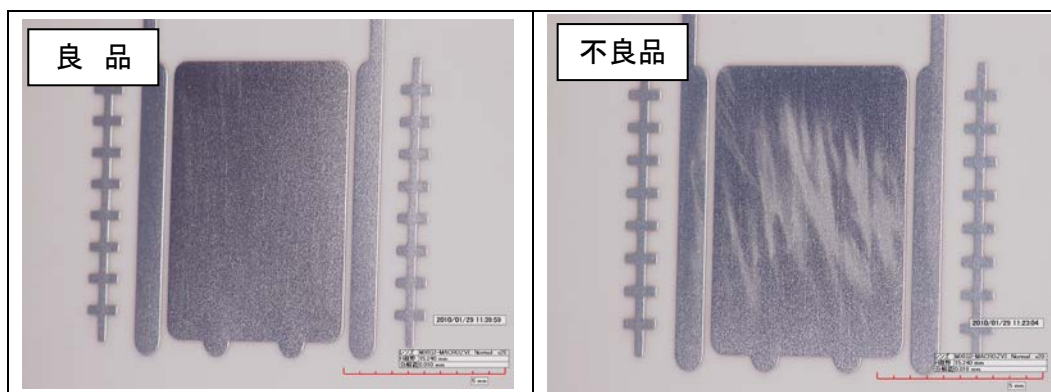
図-6 成分②の検量線

### 3) ガルバニックアタック対策

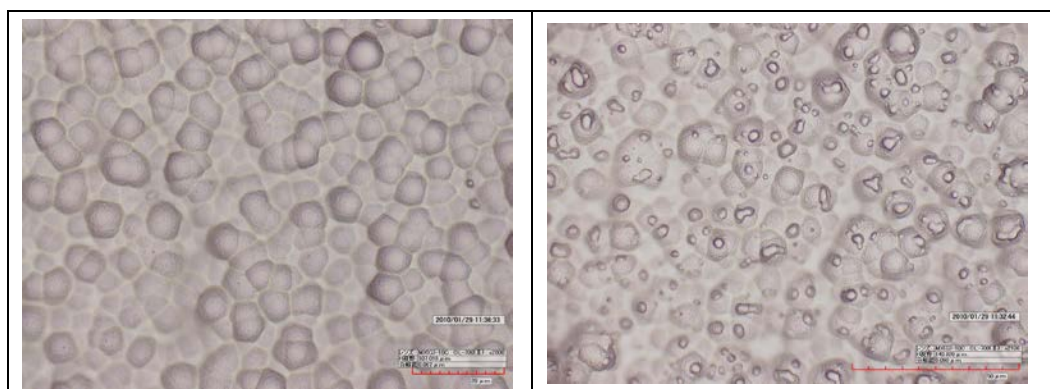
20年度の研究で、製品の異物（付着しているゴミなど）がガルバニックアタックの原因であることが確認され対策をした。しかし、無電解Agめっきの量産条件の確立を行っていく中で、新たなAgめっきムラが発生した（写真-8）。無光沢の部位を拡大観察するとAgめっき粒子が異常析出していることが確認された（写真-9）。

そこで、異常析出部分をSEM用断面試料作製装置により断面カットし観察し

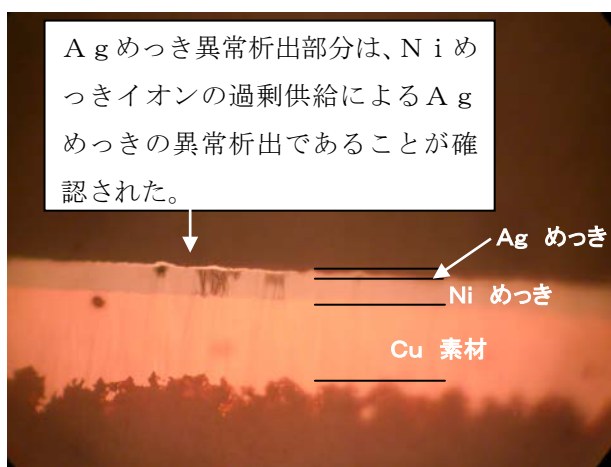
た。観察結果から、Agめっき異常析出部分はNiめっきイオンの過剰供給によるAgめっきの異常析出（ガルバニックアタック）であることが確認された（写真－10）。無電解Agめっきの初期過剰反応を抑制するために現行プロセスに水洗槽を追加し対策した。



写真－8 異常析出外観（無電解Ni上の無電解Agめっき）



写真－9 Agめっきの異常析出（右側）と正常結晶（左側）（×2100）



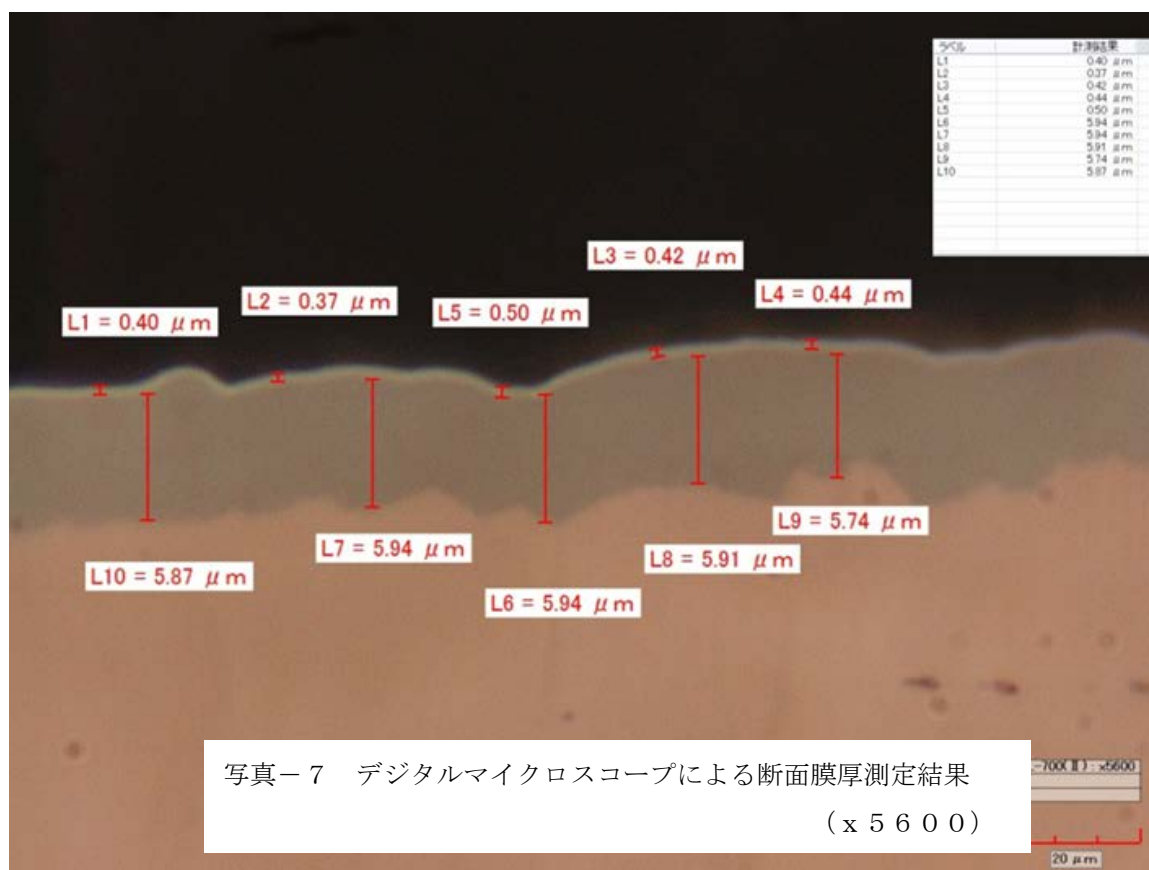
写真－10 各工程での表面観察（×3500）

#### 4) 無電解Ni及び無電解Agめっきのめっき厚測定

平成21年度の研究で、客先とめっき厚相関が無く、原因は弊社蛍光X線式膜厚計（比例計数管方式）の測定精度であることが判明した。そこで、平成22年度に半導体検出器付き蛍光X線式膜厚計を導入し、SEM用断面試料作製装置によりカット面をデジタルマイクロスコープで膜厚を測定した。その結果、両者の誤差は1%程度であり問題ないことが確認された。（表-6、写真-7参照）

表-6 半導体検出器付き蛍光X線式膜厚計とSEM用断面試料作製装置によるめっき厚測定結果

	Niめっき					Agめっき				
	ねらい目	上	中	下	平均	ねらい目	上	中	下	平均
蛍光X線	5 $\mu$ m	6.150	5.701	5.689	5.819	0.4 $\mu$ m	0.457	0.413	0.418	0.421
		6.039	5.759	5.743			0.420	0.427	0.429	
		5.925	5.616	5.748			0.405	0.412	0.412	
断面カット	5 $\mu$ m	5.870	5.940		5.880	0.4 $\mu$ m	0.400	0.420		0.426
		5.940	5.740				0.370	0.440		
		5.910					0.500			



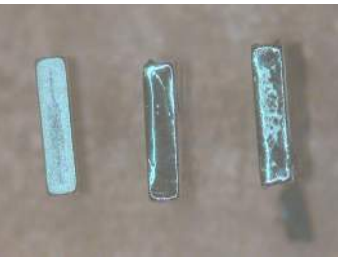


2-4 チップ部品に要求されるはんだ付け性を確保する改善課題への対応  
 (東電化工業株式会社、サイチ工業株式会社)

1) 無電解Niめっき上の無電解Agめっきの基本プロセスの研究

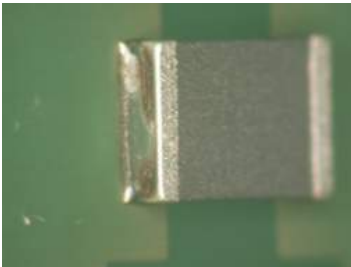
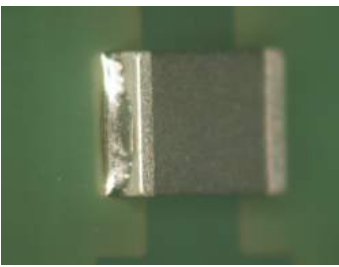
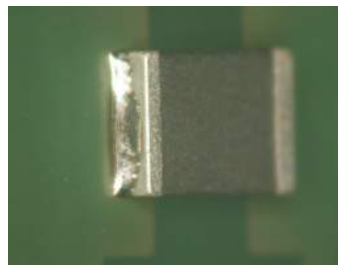
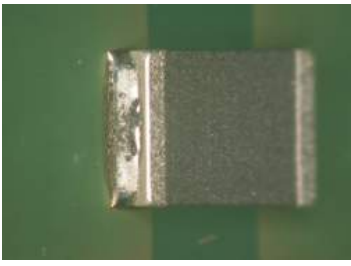
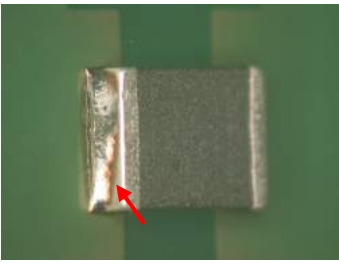
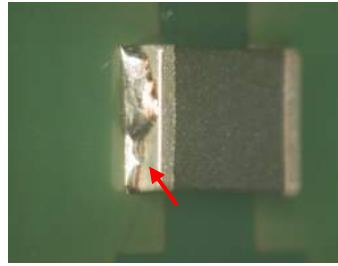
はじめにAgめっきの標準膜厚を決めるためにめっき膜厚を変化させ、このときのはんだ付け性を確認した。表-7の通り、半田付け性に関して有意差は認められなかった。

表-7 Agめっき膜厚と半田付け性

0.05-0.10 $\mu\text{m}$	0.20-0.40 $\mu\text{m}$	0.30-0.60 $\mu\text{m}$
		

つぎに、実装用基板にチップインダクターを実装してフィレットの形成状態を確認した。表-8の写真が実装後のもので、Agめっき膜厚の薄いほうがフィレットの形成が良好なことが確認された。

表-8 チップインダクター実装試験結果

0.05-0.10 $\mu\text{m}$	0.20-0.40 $\mu\text{m}$	0.30-0.60 $\mu\text{m}$
		
		

上記結果を裏付けるために、0.3mmφの銅線にめっきを施しメニスコグラフィ法によりゼロクロスタイムを測定した。フラックスありでは有意差が無かったが、フラックス無しのゼロクロスタイムは膜厚平均0.088~0.231μm以外はヌレ性が悪く、実装後のフレット形成状態の結果と一致した(表-9参照)。

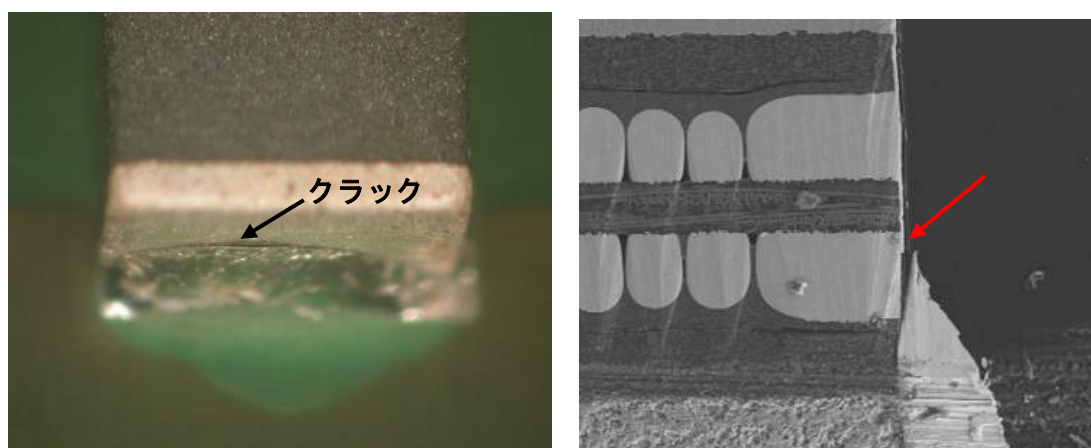
表-9 無電解Ni-Agめっきの厚さによる半田付け性  
(ゼロクロスタイム測定)

膜厚平均	ゼロクロスタイム	ゼロクロスタイム
	フラックス有り	フラックス無し
0.001	0.18	10.00
0.088	0.19	0.34
0.158	0.19	0.37
0.231	0.17	0.32
0.246	0.21	8.99
0.519	0.24	10.00

## 2) 熱衝撃試験によるクラックの発生原因調査

実装基板に実装後のチップインダクターは熱衝撃試験(-55℃/125℃、500サイクル)によりクラックが入ることが確認されている(写真-11参照)。

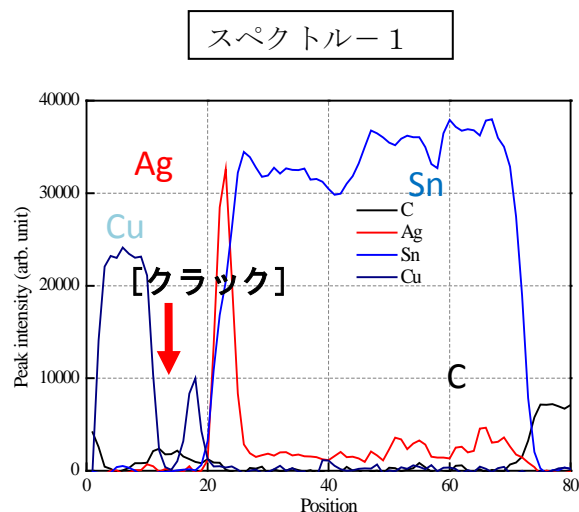
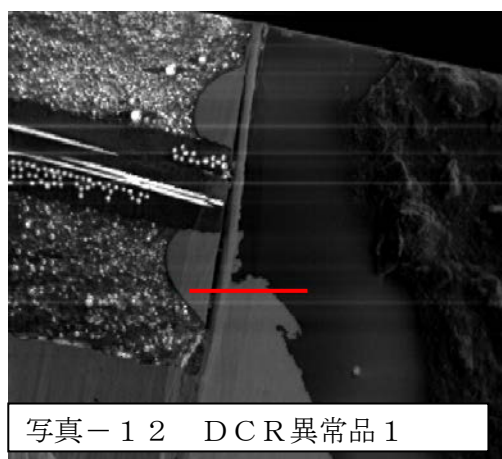
写真-11 熱衝撃試験によるクラック



熱衝撃試験のクラック対策として、クラック部位の断面SEM観察結果(平成20年度研究結果)でCuスパッタと無電解Niめっき間でクラックが発生していることが確認されているため、めっき前処理の条件(酸性クリーナー、エッチングの処理時間)を変えて試作品を作製した。熱衝撃試験の結果は、1000時間後の

外観において写真-11のようなクラックは確認されなかった。

しかし、電気特性試験でDCR値（抵抗値）異常は2ヶ/24ヶとなった。そこで原因調査のため、SEM用断面作製装置によりインダクター断面のオージェ分析を行った。その結果、インダクター上部から中央部にかけてクラックが確認された（写真-12、スペクトル1）。本研究では、クラックの原因対策までは至らなかった。



## 2-5 チップ部品のめっき量産治具作製課題への対応

（東電化工業株式会社、サイチ工業株式会社）

### 1) めっき量産治具の製作

微細なチップ部品のめっきは、無電解Niめっきの高温（85℃）に耐え、バラツキの少ない均一なめっき厚が得られるめっき治具が必要となるため、耐熱性に優れた材料の選定、形状、大きさなどの構造を検討し、量産に適しためっき治具を開発した。

### 2) めっき厚のバラツキ確認

平成21年度に作製しためっき量産治具を用いて、めっき厚を測定し最適条件を調査した。

製品の投入量として1万個から10万個の範囲では、Niめっき厚及びAgめっき厚における有意差は無かった。しかしバラツキは、めっき量産治具の回転数を上げて攪拌状態を良くすることにより改善されることが確認された。



### 第3章 全体総括



### 第3章 全体総括

#### 3-1 全体総括

全てのサブテーマにおける技術的目標値に対し、クリアーすることができた。しかし、チップ部品に関する改善課題については、研究当初の評価試験以外に評価項目があり、本研究期間内での問題解決は出来なかった。

現在、LEDに関する川下企業からのめっき試作依頼は数十社あり、試作・評価を継続的に行っている。この中で、平成22年10月よりLED照明用基板の量産が開始した。また、液晶TV用バックライトなどのアイテムも初期評価が良好なため、最終評価の段階へ進んでいるアイテムもでてきた。

チップ部品は、最終電気特性評価をクリアーしていないため事業化の動きは停滞している。

#### 3-2 研究課題と今後の取り組み

研究課題と今後の取り組みは次の通りである。

- 1) ①Agめっき皮膜の粒子構造を変えて反射率を向上させる改善課題への対応
- ②LED基板の独立パターンに対応する無電解Niめっき上の無電解Agめっきプロセスの開発課題への対応

川下企業への採用を促すためには、弊社の無電解Niめっき上の無電解Agめっきの優位性を紹介することが必要であり、引き続きボンディング性、反射率、Agマイグレーション性などの技術データの蓄積が不可欠となる。

また、現在進行中の評価トレースと不具合発生時の対応及び安定量産のための作業標準化が急務となる。

- 2) ③チップ部品に要求されるはんだ付け性を確保する改善課題への対応
- ④チップ部品のめっき量産治具作製課題への対応

最終電気特性評価をクリアーしていないため、川下企業も巻き込んで研究結果の解析を継続していくことが必要である。また、改善プロセスで作製している試作品の実装及び熱衝撃試験を川下企業に依頼する。

#### 3) 事業化への対応

LED関係は、評価中の川下企業へのトレースを継続的に行うと共に他社情報の手も行っていく。また、大手LEDメーカーとの繋がりも出来たため、

さらに多くのアイテムを取り込むために積極的な営業活動を進めていく。

チップ部品関係は、引き続き川下企業への評価依頼を行っていく。合わせて、めっき仕様の違いを最終ユーザーへ理解していただく活動を行っていく。