

平成26年度 ものづくり中小企業・小規模事業者等連携事業

創造促進事業戦略的基盤技術高度化支援事業

「次世代自動車向けアルミ導体化放熱基板の開発」

研究開発成果等報告書概要版

平成27年 3月

委託者 中部経済産業局

委託先 公益財団法人名古屋産業科学研究所

## 目 次

第1章	研究開発の概要	1
1-1	研究開発の背景・研究目的及び目標	
1-2	研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）	
1-3	成果概要	
1-4	当該研究開発の連絡窓口	
第2章	平滑表面アルミと樹脂の密着性再現試験 分子接合剤処理装置の導入及び検証	7
第3章	絶縁層の高熱伝導化 高熱伝導樹脂組成の高度化検討	8
第4章	絶縁層の高熱伝導化 穴埋め装置の導入及び穴埋め樹脂組成の最適化検討	13
第5章	絶縁層の高熱伝導化 改質剤（DAPY）合成装置のスケールアップ及び工程簡素化検討	14
第6章	絶縁層の高熱伝導化 含浸設備の改良及び検証	15
第7章	スルーホール銅メッキ工程の簡素化 分子接合剤x-TES処理技術の研究及び確立	16
第8章	スルーホール銅メッキ工程の簡素化 パラジウム触媒・化学銅メッキフリー技術の研究及び確立	17
第9章	スルーホール銅メッキ工程の簡素化 エッチングフリー技術の確立及び検証	19
第10章	全体総括	20
10-1	成果の総括	
10-2	工業所有権の取得状況及び対外発表等の状況	

## 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

#### 1) 研究開発の背景

電子部品・デバイスの実装に係る技術は、プリント配線板等へ半導体デバイス、電子部品等をはんだ等で取り付ける技術である。現在では電子機器の小型化、高性能化に伴う電気特性や強度、信頼度等の要求性能の向上が推進されている。

電子実装技術の適用分野では、情報家電のほか、自動車では、省エネルギー化のための電子制御、安全性・快適性を向上させる駆動制御、さらには電気自動車等へと急速に拡大している。一方、安い労働力を求め部品及び電子実装の生産拠点の海外進出が進んでおり、国内電子実装分野の中小企業が生き延びていくためには新たな経営・技術戦略が必要である。

このような経営環境の変化に対応するため、プリント配線板と電子部品の高密度に実装する部品内臓基板技術が進展し、電子実装の設計強化のため、構造設計、機能設計、パワー・冷却設計等の高度化・統合化・迅速化が一段と進んでいる。

#### 2) 研究目的及び目標

前記の状況下にあるため、中小企業に対しては、達成すべき高度化目標を立てて、電子実装技術の育成及び優秀な人材の育成保護の政策が必要である。先ず、川下電子機器製造業者のニーズにあった製品・技術を提供することが重要である。

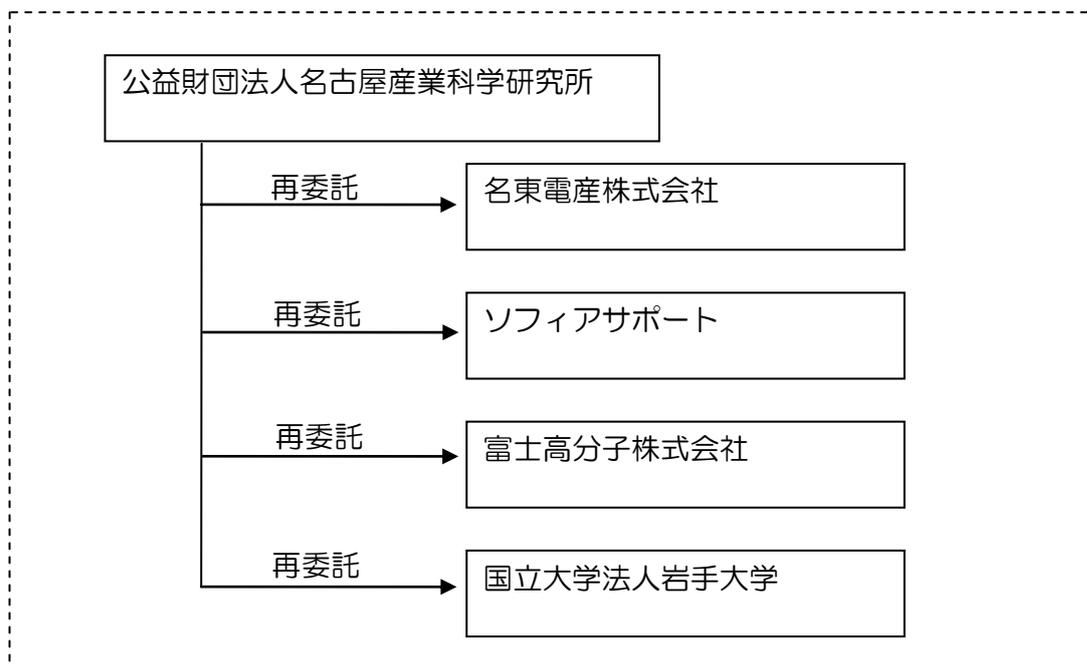
技術の方向性については、海外製品では達成できない機能を有する付加価値の高い製品の開発・製造に重点を置きながら、迅速に多品種少量製品の低コスト生産できる技術開発が求められている。

今後の電子実装技術は、単に回路を構成する部品類の接続技術にとどまらず設計と一体になった最適化技術として位置づけ、大企業とそれを支える中小企業、大学等との共同研究の中で開発を進めていく必要がある。

現在、川下製造業者の課題及びニーズである高効率化・低コスト化に取り組んだ。次世代自動車に用いるプリント配線板を取り上げ、銅材料をアルミ化することによる軽量化、省エネルギー化、製造プロセスの省工程化、低コスト化を目標とした研究開発を行なった。

## 1-2 研究体制

### 1) 研究組織 (全体)

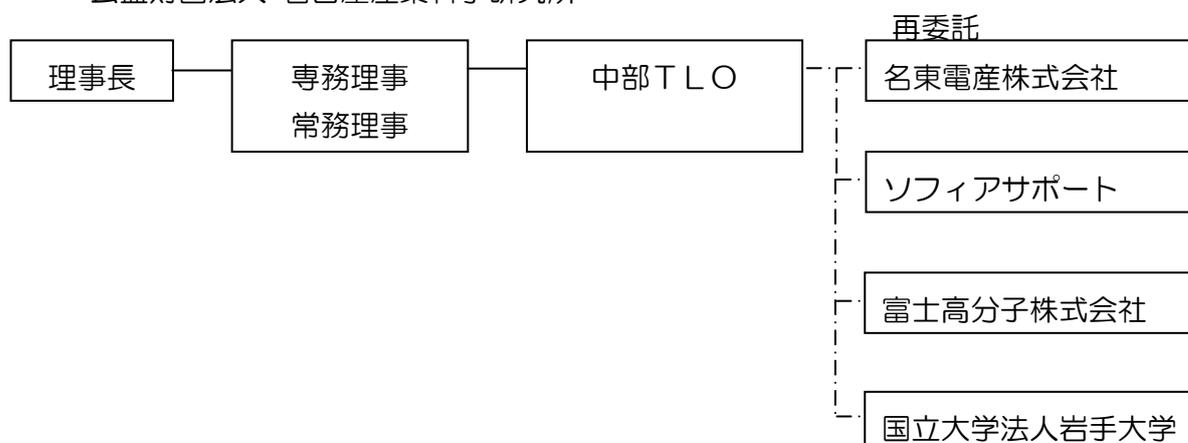


<b>総括研究代表者 (PL)</b> 所属 名東電産株式会社 役職 代表取締役社長 氏名 船橋政範	<b>副総括研究代表者 (SL)</b> 所属 ソフィアサポート 役職 代表 氏名 木村信正
---	---

### 2) 管理体制

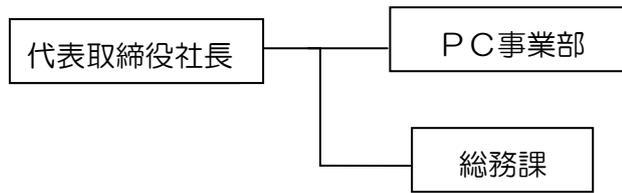
#### ・事業管理機関

公益財団法人 名古屋産業科学研究所

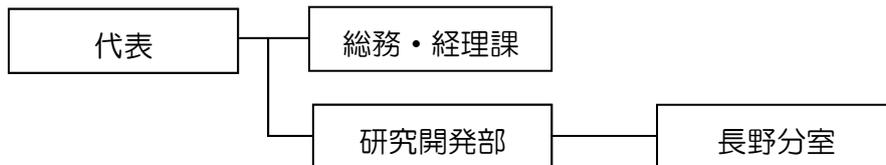


・再委託先

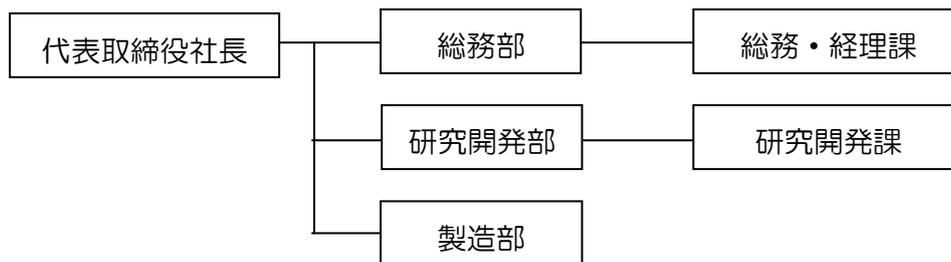
名東電産株式会社



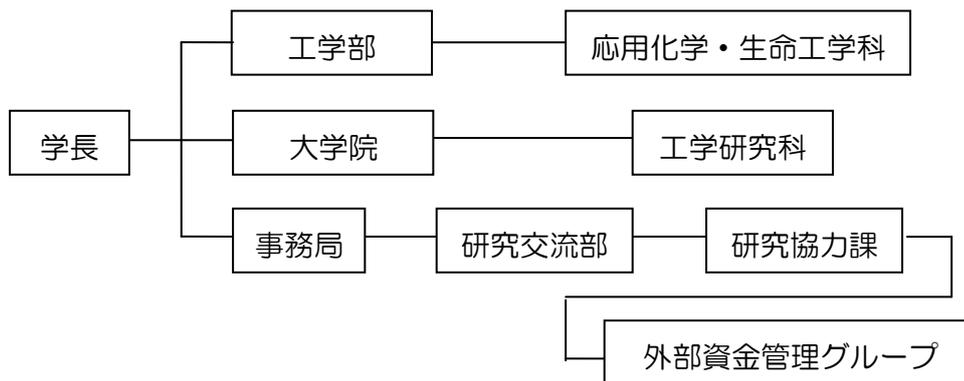
ソフィアサポート



富士高分子株式会社



国立大学法人岩手大学



### 3) 管理員及び研究員

#### ・【事業管理機関】公益財団法人名古屋産業科学研究所

##### 管理員

氏名	所属・役職
藤根 道彦	中部 T L O 産学連携支援部門 担当部長
蟹江 祥子(4～8月)	中部 T L O
堀部 達子(4～8月)	中部 T L O
森 誓子(9～12月)	中部 T L O
丑山 好夫(12～3月)	中部 T L O
松尾 理恵(1～3月)	中部 T L O

#### ・【再委託先】

##### 研究員

##### 名東電産株式会社

氏名	所属・役職
船橋 政範	代表取締役社長
太附 良紀	PC事業部 係長
長谷川 正幸	PC事業部 係長

##### ソフィアサポート

氏名	所属・役職
木村 信正	代表
小河原 哲生	長野分室 研究員

##### 富士高分子株式会社

氏名	所属・役職
北山 信幸	常務取締役 研究開発部担当
友高 洋和	研究開発課 課長代理
高橋 宏治	研究開発課 研究員

##### 国立大学法人岩手大学

氏名	所属・役職
大石 好行	工学部 応用化学・生命工学科教授
平原 英俊	大学院 工学研究科教授

4) 経理担当者及び業務管理者の所属、氏名

・事業管理機関

公益財団法人名古屋産業科学研究所

(経理担当者) 中部TLO 三浦 眞

(業務管理者) 中部TLO 産学連携支援部門 担当部長 藤根道彦

・再委託先

名東電産株式会社

(経理担当者) 総務課 船橋康子

(業務管理者) 代表取締役社長 船橋政範

ソフィアサポート

(経理担当者) 総務・経理課長 木村和子

(業務管理者) 代表 木村信正

富士高分子株式会社

(経理担当者) 総務部 次長 梅崎寛治

(業務管理者) 常務取締役(工場長) 製造部管掌 内方正巳

国立大学法人岩手大学

(経理担当者) 研究交流部研究協力課

外部資金管理グループ主査 下屋敷司

(業務管理者) 研究推進課 清野文子

5) 協力者

氏名	所属・役職
別所 毅	トヨタ自動車株式会社 東富士研究所 先端材料技術部室長
城戸 靖彦	矢崎部品株式会社 電子機器開発センター 技術顧問
森 邦夫	株式会社いおう化学研究所 代表取締役社長
稲家 一兆	日本マタイ株式会社 研究所 主任
岩間 由希	名古屋市工業研究所 電子情報部 電子機器応用研究室研究員

### 1-3 成果概要

アルミと絶縁シートの密着強度 $2.0 \text{ kN/m}$ 以上が得られ、絶縁層の薄膜化により基板重量 $45 \text{ g}$ となった。また、鏡面アルミと絶縁シートとの強固な密着が得られ、低伝送損失化は $20 \text{ GHz}$  対応まで向上した。

絶縁シートの基材に用いるガラスペーパーの研究により低線膨張率 $28 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ を達成した。また、高熱伝導樹脂組成の最適化により絶縁シートの高熱伝導率化 $3.0 \text{ W/mk}$ を達成した。

改質剤(DAPY)を絶縁樹脂に添加することにより、高耐熱化 $300^\circ\text{C} \times 60 \text{ sec}$ のハンダ耐熱性が確保でき、改質剤の製造日数は3日間に短縮できた。含浸設備の研究で目的とする異物の検知が可能となり歩留りが向上した。

分子接合剤x-TESが開発でき、スプレーを用いた無電解メッキ法において、アルミと銅メッキ膜の密着強度 $1 \text{ kN/m}$ が得られた。また、電着形成工程の歩留まりが $99.5\%$ まで改善できた。

### 1-4 当該研究開発の連絡窓口

公益財団法人 名古屋産業科学研究所

中部 TLO 産学連携支援部門 担当部長 藤根 道彦

〒464-8603 名古屋市千種区不老町(名古屋大学内 VBL 棟4階)

電話：052-783-3580 FAX：052-788-6012

E-mail：[fujine@nisri.jp](mailto:fujine@nisri.jp)

## 第2章 平滑表面アルミと樹脂の密着性再現試験

### 分子接合剤処理装置の導入及び検証

#### 2-1 研究目的及び目標

次世代自動車向けアルミ導体化放熱基板の研究開発を実施し、金属／樹脂の密着強度2.0 kN/m以上を達成する。従来の銅コア基板の銅導体をアルミ化し基板重量45 gを達成する。また、分子接合技術を用い平滑アルミ表面と比誘電率3.1～3.4のジアリルフタレート樹脂を化学結合させ100GHz対応基板を実現する。

#### 2-2 実施内容及び結果

##### (1) 分子接合剤処理アルミと絶縁層の密着強度試験

###### 1) 実施内容

分子接合剤処理アルミと絶縁層を熱プレスにより積層した。試料の積層構造は、0.15t Al / DAP 絶縁層 / 0.7t Al / DAP 絶縁層 / 0.15t Al である。

###### 2) 結果

熱プレス終了後の密着強度測定は340×510サイズの表裏各3ヶ所の常態及び半田耐熱試験後の測定を行った。測定は幅10mm、長さ25mm以上カッターで切れ込みPUSH-PULLゲージを用い90°に引き上げ最低値を測定した。(JIS規格C5016に準拠)。測定箇所を図2-1、測定結果を表2-1、2-2に示す。

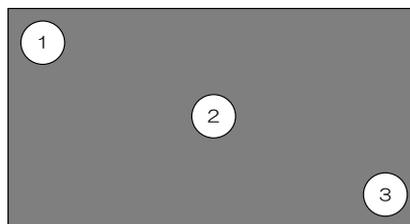


図 2-1 剥離強度測定箇所

表 2-1 常態の密着強度 単位：kN/m

	N=1	N=2	N=3	N=4	N=5	Ave
1	2.4	2.3	2.3	2.2	2.2	2.28
2	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	2.22
3	2.2	2.2	2.1	2.3	2.2	2.20
1(裏)	2.2	2.3	2.2	2.2	2.3	2.24
2(裏)	2.4	2.2	2.2	2.2	2.3	2.26
3(裏)	2.2	2.3	2.2	2.3	2.4	2.28

表 2-2 半田耐熱試験後の密着強度 単位：kN/m

	N=1	N=2	N=3	N=4	N=5	Ave
1	2.3	2.4	2.3	2.2	2.3	2.30
2	2.2	2.3	2.2	2.3	2.4	2.28
3	2.2	2.3	2.2	2.1	2.2	2.20
1(裏)	2.2	2.1	2.2	2.2	2.2	2.18
2(裏)	2.3	2.2	2.1	2.2	2.2	2.20
3(裏)	2.2	2.1	2.2	2.2	2.1	2.16

## (2) 温度サイクル試験及び PTC 試験（プレッシャークッカー試験）

### 1) 実施内容

これまで行った研究結果に基づき試作品を作製し、加速試験である温度サイクル試験及び PCT 試験を行い試作品の品質レベルを確認した。試作品の試験条件を 2-3、試験基板の外観を図 2-2 に示す。

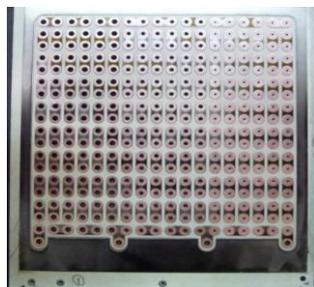


図 2-2 試験基板

表 2-3 温度サイクル試験及び PCT 試験条件

温度サイクル試験	-60℃⇔120℃ 各 30min サイクル 100 サイクル
PCT 試験	125℃ 85%RH 2 気圧 96hr

### 2) 結果

温度サイクル試験及び PCT 試験の終了サンプルを目視確認したところ、両試験サンプルとも表面の変色は見られるが膨れ、剥がれ及び密着不良は見られなかった。また、各基板のスルーホール穴壁についても観察したが、膨れ、剥がれ及びクラックは見られなかった。試験後のサンプルを図 2-3 示す。



温度サイクル試験



PTC 試験

図 2-3 試験後の状態

### 2-3 研究成果

アルミ表面に分子接合剤 n-T E S を処理することにより、2.0k N/m 以上、ハンダ耐熱性試験後の密着強度も 2.0k N/m 以上が得られた。また、無電解ニッケルのボイド対策として、亜鉛置換工程前のエッチング薬液を酸性、そのエッチング液浸漬時間を 2min、亜鉛置換薬液は亜鉛置換量の少ないものにするによりボイドの発生が皆無になった。

## 第 3 章 絶縁層の高熱伝導化

### 高熱伝導樹脂組成の高度化検討

#### 3-1 研究目的及び目標

次世代自動車向けアルミ導体化放熱基板に用いる絶縁層の研究開発を実施し、絶縁層に充填する無機フィラーの大きさ、形状、充填量を最適化し、線膨張率 24 ppm/℃ を達成する。また、絶縁層の熱伝導率 2.0 W/mk を達成する。

## (1) 表面処理アルミナの限界充填量の最適化

### 1) 実施内容

図3-1の自公転ミキサの攪拌容器に表面処理したアルミナ微粉末を絶縁樹脂に対し、71wt%/45vol%、77wt%/50vol%、81wt%/57vol%、83wt%/60vol%の4水準で投入し攪拌後、図3-2に示すフィルムアプリケーターで塗布⇒積層して評価した。



図3-1 a 自公転ミキサー

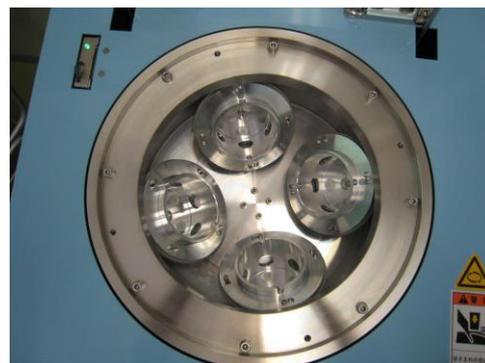


図3-1 b 自公転ミキサのローター部



図3-2 フィルムアプリケーター

### 2) 結果

充填したアルミナの内容及び密着強度を表3-1及び図3-4、充填したアルミナの内容及び熱伝導率を表3-2及び図3-4に示す。これらの結果から、アルミナの充填量が77wt%/50vol%において密着強度が最大となる。アルミナの充填量が81wt%/57vol%において、熱伝導率は改善できるが密着強度は低下するため、80wt%/55vol%以下とすることが必要である。

表3-1 充填したアルミナの内容及び密着強度

単位：kN/m

	71wt% 45vol%	77wt% 50vol%	81wt% 57vol%	83wt% 60vol%
3.6+1.1	1.54	1.50	1.50	0.52
3.6+2.00	1.50	1.52	1.38	0.37

表3-2 充填したアルミナの内容と熱伝導率

単位：W/m・k

	71wt% 45vol%	77wt% 50vol%	81wt% 57vol%	83wt% 60vol%
3.6+1.1	1.05	2.12	2.58	2.21
3.6+2.00	1.07	1.46	2.50	3.15

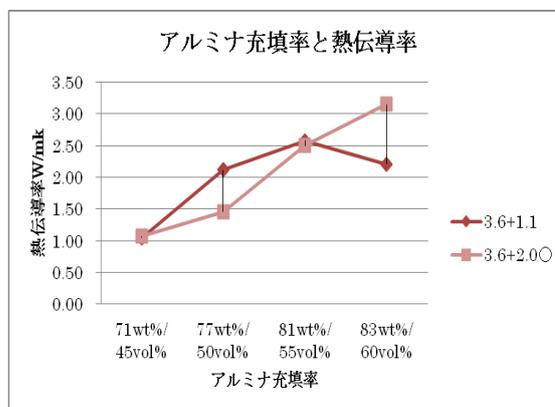
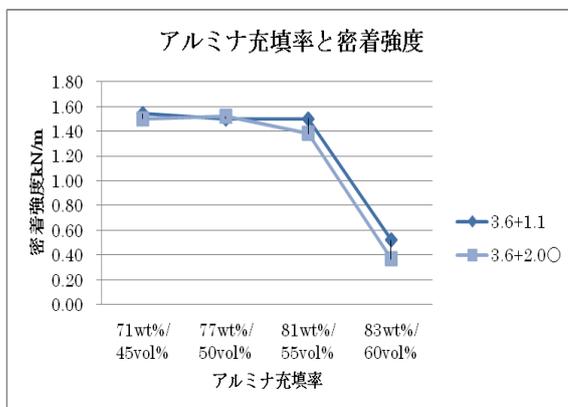


図3-3 アルミナの充填率と密着強度

図3-4 アルミナの充填率と熱伝導率

(2) シランKBM-402 (2%) における大小アルミナの充填比率への最適化

1) 実施内容

前記の試作手順に従い、アルミナ微粉末に信越化学工業製のKBM-402 (3-グリシドキシプロピルメチルジメトキシシラン) を表3-3に示す内容で大小アルミナ、又は小アルミナのみに2.0%処理した。このアルミナを攪拌容器に投入し攪拌⇒塗布⇒積層して試料を作製した。なお、本試験での樹脂に対するアルミナの充填率は、78wt%/51.5vol%とした。

表3-3 大小アルミナの充填比率とシラン処理の有無

試作No.	大アルミナ			シラン処理	小アルミナ			シラン処理
	形状	平均粒径 μm	充填比率		形状	平均粒径 μm	充填比率	
41	破碎	3.6	90%	有り	破碎	1.1	10%	有り
42	破碎	3.6	85%	有り	破碎	1.1	15%	有り
43	破碎	3.6	80%	有り	破碎	1.1	20%	有り
44	破碎	3.6	75%	有り	破碎	1.1	25%	有り
46	破碎	3.6	90%	有り	破碎	1.1	10%	無し
47	破碎	3.6	85%	有り	破碎	1.1	15%	無し
48	破碎	3.6	80%	有り	破碎	1.1	20%	無し
49	破碎	3.6	75%	有り	破碎	1.1	25%	無し

2) 結果

充填した大小アルミナ充填比率及び表面処理剤の有無の試験の結果を図3-6に示す。積層後の密着強度は、積層後において試作No.42、43、47が優れており、ハンダ試験後において試作No.42、43が優れている。TIM テスターを用い三層積層体の熱抵抗を測定した結果から算出した絶縁層の熱伝導率は、0.768~0.887W/m・kであった。その後温度傾斜法(定常絶対法)での

測定を行った。温度傾斜法（定常絶対法）の測定構造を図3-5に示す。同図のQ1：③—④とQ2：⑫—⑬の間に測定試料を挟み、0.1MPaに加圧して測定した。温度傾斜法（定常絶対法）で測定した三層基板の熱伝導率、熱抵抗から算出した絶縁層の熱伝導率を図3-6に示す。

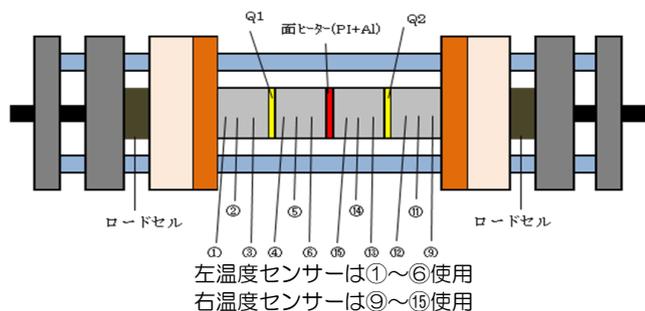


表3-4 測定条件

測定方法	定常絶対法
試料寸法	22mm×22mm
測定荷重	0.1MPa
試料界面処理	オイルコンパウンド塗布

図3-5 温度傾斜法（絶対定常法）の測定構造

試作No.61～65の絶縁層の熱伝導率は、2.9～3.18W/m・kであり、本測定法では0.1MPaの低荷重においても正確な測定が可能であることが確認できた。

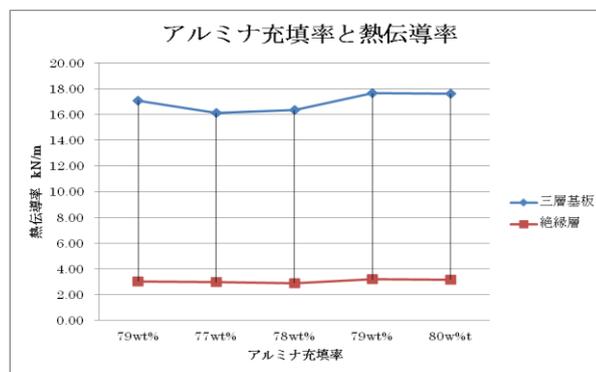


図3-6 アルミナ充填率と熱伝導率

### (3) 絶縁樹脂の積層前乾燥条件の最適化調査

#### 1) 実施内容

ガラスペーパーのスクリーニングは、アセトン浸漬引張強度を向上させる検討を行った。

#### 2) 結果

アセトン浸漬引張強度の測定結果を図3-7に示す。厚さ及び熱伝導率の測定

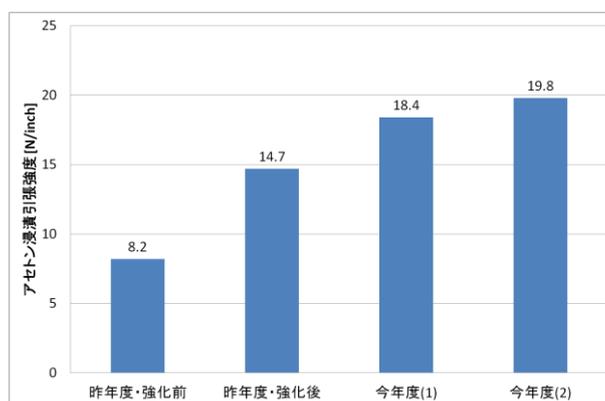


図3-7 15g/m<sup>2</sup> ガラスペーパーのアセトン浸漬引張強度測定結果

結果を図3-5に示す。熱伝導率の測定は従来の熱線法（非定常法）では接触熱抵抗による測定誤差が大きいため、TIM テスター（定常法）での測定を実施した。測定結果を図3-8に示す。

表3-5 プリプレグの厚さ・熱伝導率

No.	基材	配合	樹脂量 (g/m <sup>2</sup> )	熱伝導率[W/m・K]		厚み [mm]
				TIM テスター	熱線法	
(目標値)	-	-	351 以下(*1)	2.00		0.10~0.12
[1]	GMC-15E	E	240~270	1.40	0.70	0.11
[4]	GMC-15E	F	210~340	-	0.93	0.09
[5]	GMC-15E	G(*2)	240~270	1.68	0.84	0.14
[11]	GMC-15E	H1	270~300	2.63	0.83	0.13
[15]	GMC-15E	H2	230~270	2.57	0.81	0.11
[18]	GMC-15E	H3	230~310	2.55	0.73	0.13
[20]	GMC-15E	H3(*3)	230~295	2.62	0.80	0.11
[24]	GMC-15E	H2(*3)	340~350	-	0.72	0.14

\*1 厚みを目標値以下にするための樹脂量

\*2 [5]はダップモノマーに起因する強いタック性が発現

\*3 [20][24]は、シランカップリング処理を施した小径アルミナを使用

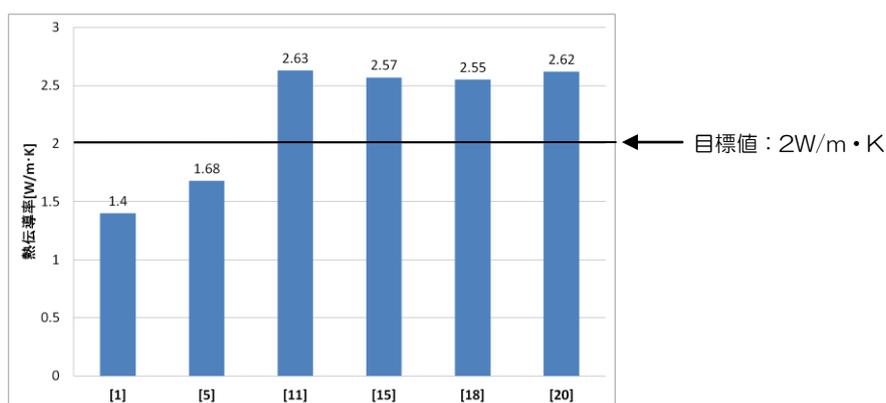


図3-8 各サンプルの熱伝導率

前記のプリプレグを電解銅箔／アルミ板と熱圧成形した試料を用い密着強度及び耐電圧を測定した。結果を表3-6に示す。

表3-6 測定結果

No.	ハンダ耐熱	引張強度 (kN/m)		耐電圧 (kV)	サンプル厚さ (mm)
		初期	ハンダ処理後		
(目標値)	○	2.0	2.0		1.10~1.12
[1]	×	0.23	0.25	1.27	1.11
[4]	×	1.13	0.92	1.33	1.09
[5]	○	0.97	1.13	0.62	1.65 (*1)
[11]	△	1.18	1.05	3.72	1.13
[15]	○	1.25	1.12	3.67	1.11
[18]	×	1.11	1.00	4.37	1.13
[20]	△	1.10	1.21	2.89	1.11

\*1 1.5mm 厚のアルミ板を使用

### 3-3 研究成果

粒径が大きいアルミナと粒径が小さいアルミナを充填する場合、球状アルミナより破碎状アルミナを用いると密着強度、熱伝導率とも優れることが判明した。アルミナの充填量が 77wt%/50vol%~79wt%/53vol%において密着強度が最大となることが判明した。また、熱伝導率の測定は、非定常より法定常法の方が熱の移動量を測定することから、より正確で測定荷重が重要であることが判明した。

樹脂含浸の基材となるガラスペーパーのアセトン浸漬引張強度は18~20N/inchで問題なく含浸でき、ダップAへのダップモノマーの添加比率は、2:1が望ましく、熱伝導率2.55W/m・K、耐電圧2.9~4.4kVが得られることが判明した。

## 第4章 絶縁層の高熱伝導化

穴埋め装置の導入及び穴埋め樹脂組成の最適化検討

### 4-1 研究目的及び目標

次世代自動車向けアルミ導体化放熱基板に用いる穴埋め樹脂の研究開発を実施し、効率的な穴埋め方法及び条件を確立する。

### 4-2 実施内容、結果

#### (1) 穴埋めインクを用いた穴埋め試験

##### 1) 実施内容

アルミ導体化放熱基板では、板厚0.5~0.7tのアルミ板に内層接続が不要部分をくり抜き、くり抜き部分に絶縁樹脂を充填する方法とした。図4-1に示す穴埋め装置により検証した。表4-1の穴埋めインクを用い、仮乾燥時の樹脂内部の気泡による膨れを無くすために表4-2に示す仮乾燥条件で試験した。



図4-1 穴埋め装置

表4-1 穴埋めインク組成表

	フィラー濃度変更タイプ	高沸点溶媒タイプ
フィラー濃度	30 vol%増	変更なし
成分	MIBK 10~15%	MIBK 10~15%
	MEK 1~5%(追加)	MEK 1~3%(追加)
		アノン 3~7%(追加)

表4-2 仮乾燥条件

処理工程	POR	条件.1	条件.2	条件.3	条件.4	条件.5	条件.6
仮乾燥温度	60℃	80℃	50℃	40℃	60℃	60℃	70℃
仮乾燥時間	60min	10min	20min	30min	5min	10min	10min

## 2) 結果

表4-2の各条件において、本乾燥時では図4-2に示すように気泡が多く発生した。フィラー濃度変更タイプはフィラーの濃度高いため、穴埋めインクの粘度が上昇し穴埋め時に穴の中に充填し難い結果となった。

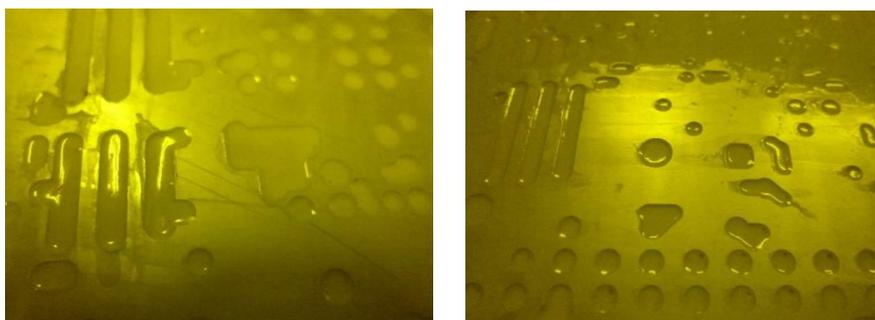


図4-2 穴埋めインク組成変更試験

## 4-3 研究成果

穴埋め機の最適運転条件は、インク粘度 200dPa・s、ロール速度 0.4m/min、ロール間距離 0.05mm であり、気泡の巻き込みの無い穴埋めが必要であることが判明した。

## 第5章 絶縁層の高熱伝導化

改質剤 (DAPY) 合成装置のスケールアップ及び工程簡素化検討

### 5-1 研究目的及び目標

次世代自動車向けアルミ導体化放熱基板に用いる絶縁層の研究開発を実施し、シアリルフタレート樹脂とエポキシ樹脂を化学結合する改質剤を開発し、300℃×60secのハンダ耐熱性を確保する。また、改質剤の製造日数を4日間に短縮する。

### 5-2 実施内容および結果

(1) 改質剤 (DAPY) の化学合成から乾燥粉碎までの試験



図5-1 合成器具



図5-2 改質剤合成装置 (乾燥粉碎機)

## 1) 実施内容

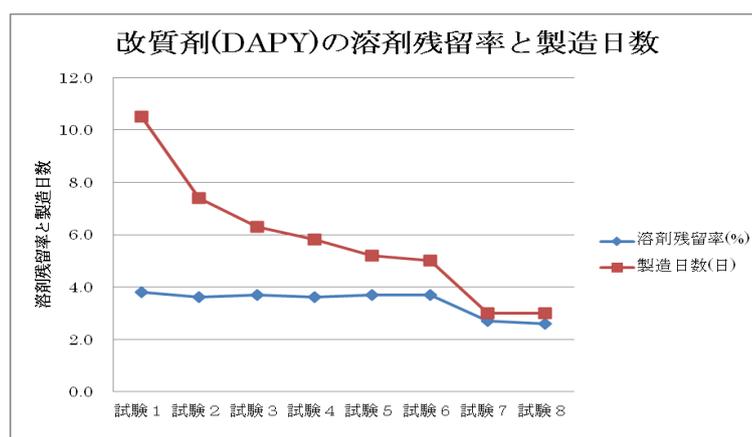
改質剤 (DAPY) 合成は、図5-1及び図5-2に示す各装置で行った。乾燥は表5-1の内容で行った。

表5-1 改質剤の乾燥方法と条件

試験 No.	乾燥方法	乾燥条件	最終溶剤含有率	所要日数
1	自然乾燥	5~20°C	3.8	10.5
2	真空乾燥	50°C×3hr+60°C×2hr	3.6	7.4
3	↑	50°C×1.5hr+60°C×3hr	3.7	6.3
4	↑	50°C×3hr+60°C×1.5hr	3.6	5.8
5	↑	60°C×2hr+65°C×1hr	3.7	5.2
6	↑	85°C×0.5hr+65°C×1hr+85°C×1hr	3.7	5.0
7	↑	70°C×1hr+65°C×3hr+80°C×2hr	2.7	3.0
8	↑	80°C×1hr+65°C×3hr+80°C×2hr	2.6	3.0

## 2) 結果

試験No.7及び8において、所要日数3日を達成した。また、溶剤残留量は目標より遥かに低い2.6~2.7%が達成できた。図5-3に試験経緯と溶剤残留率の変化と製造日数の変化を示す。



## 5-3 研究成果

真空乾燥機を用い乾燥条件を最適化することにより3日間に短縮でき、分析の結果、自然乾燥品と短時間乾燥品に優位差がないことが判明した。

## 第6章 絶縁層の高熱伝導化

### 含浸設備の改良及び検証

#### 6-1 研究目的及び目標

次世代自動車向けアルミ導体化放熱基板に用いる絶縁層の研究開発を実施し、ガラス不織布に含浸して製造する絶縁層の歩留まりを改善する。

#### 6-2 実施内容、結果

##### 1) 実施内容

図6-1に示す異物検査機を用い、クリーン化のための試験及び試作を行った。

試験には、図6-2に示す検出ソフトを用い異物の検知を行った。



図6-1 異物検査機

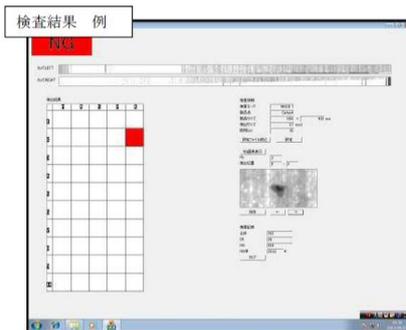


図6-2 検出ソフト

## 2) 結果

異物検査機で検査を行った結果、小さなピンホールや異物が検出でき、図6-3に示すように一枚当たりの検査時間が56%改善できた。

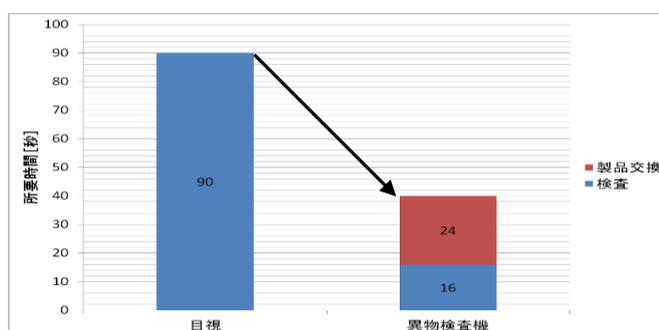


図6-3 製品1枚の検査の所要時間

## 6-4 研究成果

目的とする異物の検知が可能となり、歩留まりが改善でき56%の効率改善ができた。

## 第7章 スルーホール銅メッキ工程の簡素化

分子接合剤 x-TES 処理技術の研究及び確立

### 7-1 研究目的及び目標

次世代自動車向けアルミ導体化放熱基板の製造プロセスの省工程化の研究開発を実施し、スルーホールメッキ前処理剤となる分子接合剤 x-TES を合成し、アルミと吹き付けメッキ膜との密着性を確保する。

### 7-2 実施内容および結果

#### (1) 分子接合剤の原料合成

##### 1) 実施内容

図7-1に示す反応式に基づき分子接合剤の原料を合成した。引き続き、反応式に基づき分子接合剤 x-TES を合成した。

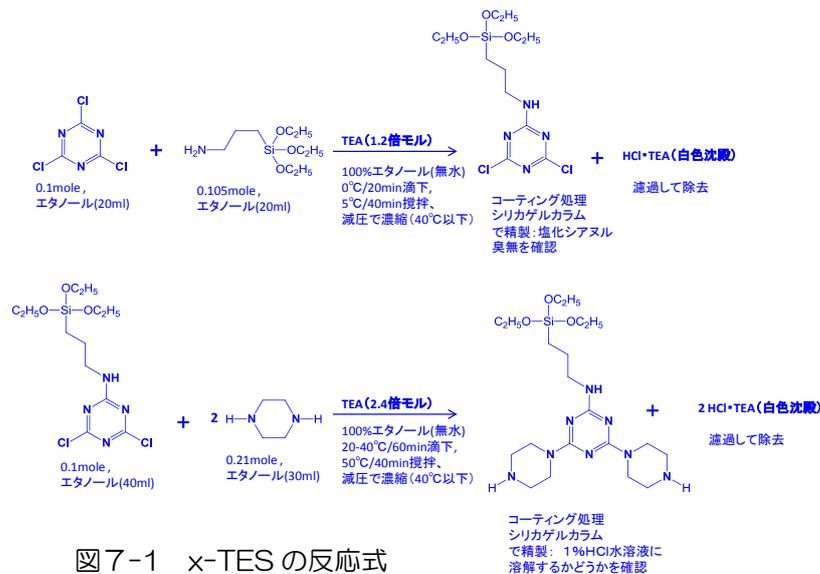


図7-1 x-TESの反応式

## 2) 結果

第一次合成で 2,4- X -6-(3-トリエトキシシリルプロピル)アミノ-1,3,5-トリアジン (粗収率 69%)の淡黄色オイルが得られた。引き続き行った二次合成において、6-(3-トリエトキシシリルプロピル)アミノ-1,3,5-トリアジン-2,4-ジクロリド の淡黄色オイルが得られた。化合物の同定をNMRスペクトル及び FT-IR で行った結果、目的の反応物が確認できた。

## 7-3 研究成果

アルミとジアリルフタレート樹脂(DAP) を強固に接するための新規物質である分子接合剤 x-TES の合成でき、合成工程の最終収率69%が得られた。

## 第8章 スルーホール銅メッキ工程の簡素化

### パラジウム触媒・化学銅メッキフリー技術の研究及び確立

#### 8-1 研究目的及び目標

次世代自動車向けアルミ導体化放熱基板の製造プロセスの省工程化の研究開発を実施し、パラジウム触媒・化学銅メッキフリー技術により、簡素なスルーホール銅メッキ工程を確立する。

#### 8-2 実施内容、結果

##### (1) 弱酸銀を用いてスプレーしたアルミ表面の密着力の検討

##### 1) 実施内容

アルミ上に処理した x-TES 表面に金属塩溶液と還元剤を吹き付けて析出テス

トを行うための設備を図8-1に示す。図8-2の実験フローに従い、各サンプルを洗浄⇒脱脂洗浄⇒酸洗などの前処理を行った。その表面に分子接着剤 TES を処理⇒センシタイザーなどの表面金属活性化剤を処理⇒銀鏡吹付け⇒電気銅メッキを行った。表面の乾燥が不要で TES とアルミが反応できる x-TES 処理をアルミ表面に行い、その後に電気銅メッキを行い密着力を評価した。なお、電気銅メッキは、電気銅メッキ膜のアニーリングと電流密度を徐々に増やす方法とした。



図8-1a めっき設備



図8-1b 銀鏡さ付け機

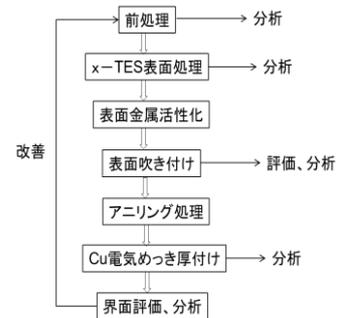


図8-2 実験フロー

## 2) 結果

電気銅メッキサンプルのメッキ膜の評価を SEM で分析した結果、銅膜とアルミともメッキ界面での剥離が観察され密着力の改善ができた。

表8-1 改善前後の SEM 分析結果

倍率	改善前の工程		改善後の工程	
	500x	2000x	500x	2000x
Cu めっき側				
Al 基板側				

## (2) 触媒処理装置の噴霧量、噴霧時間の最適化検証

### 1) 実施内容

実用化サイズ対応触媒処理装置の噴霧量、噴霧時間の検証を行った。使用した触媒処理装置を図8-3に示す。



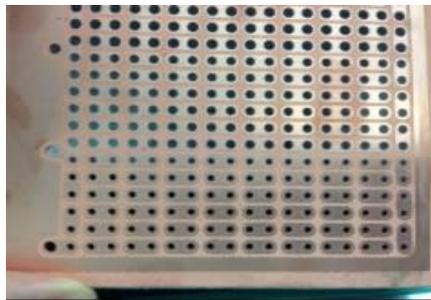
図8-3a 触媒処理装置



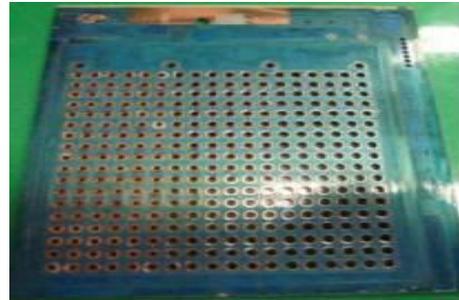
図8-3b 噴霧二流体スプレイ

## 2) 結果

ガラスエポキシ基板及びアルミ積層板を用い触媒処理装置を運転し銀鏡液を噴霧し銀鏡膜を形成した結果、噴霧量30ml/min、昇降機動作時間60sec、往復回数2回の条件が最適であった。引き続き、電気銅メッキを行った。(図8-4)



ガラスエポキシ基板



アルミ積層基板

図8-4 銀鏡膜形成後電気銅めっき処理状態

## 8-3 研究成果

弱酸銀を用いたスプレーメッキ法において、アルミと銀膜の密着強度が得られた。

## 第9章 スルーホール銅メッキ工程の簡素化

### エッチングフリー技術の確立及び検証

#### 9-1 研究目的及び目標

次世代自動車向けアルミ導体化放熱基板へ電着技術を確認する研究開発を実施し、電着レジスト形成時の歩留まりの改善を行う。

#### 9-2 実施内容、結果

##### (1) 電着レジストの不良率が5%以下に改善する作業方法・条件の検討

###### 1) 実施内容

実験で得られた電着レジストの処理条件（電圧100V、液温35℃、浸漬時間120sec）での不良率を5%以下に改善する方法について表9-1の条件で検討した。

表9-1 電着レジスト不良低減試験条件

工 程	脱泡無し	脱泡有り
酸洗(10% $H_2SO_4$ )	各 1min	各 1min
水洗		
新水洗		
電着レジスト	2min	2min
回収水洗	各 1min	各 1min
新水洗		
トップコート		
水洗		
新水洗	90℃ 30min	90℃ 30min
ベーキング		
露光	600mJ/cm <sub>2</sub>	600mJ/cm <sub>2</sub>

現像(スプレー)	40℃ 1.0min	40℃ 1.0min
水洗	各 1min	各 1min
新水洗		
剥離(スプレー)		
水洗		
新水洗		

## 2) 結果

不良率低減試験の結果、電着レジスト浸漬時の基板表面のマイクロバブルを除去することにより不良率が0.5%に低減できた。

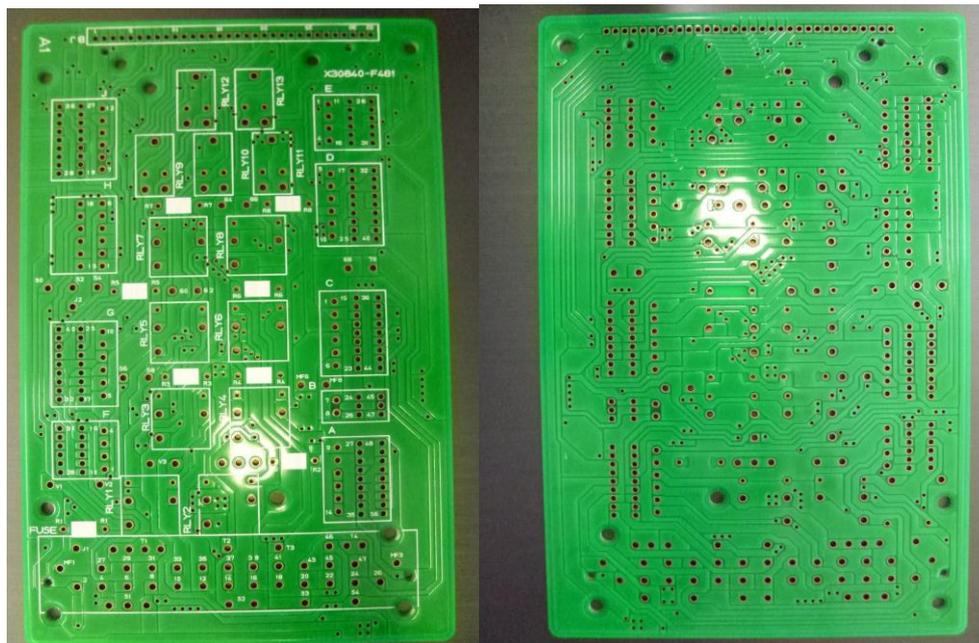
## 9-3 研究成果

電気銅メッキ厚さ30~35 $\mu$ mにおいて、バラツキが小さく、オーバーハングの無い電着レジスト形成条件の最適化ができ不良率が0.5%に低減できた。

## 第10章 全体総括

### 10-1 成果のまとめ

研究開発成果の確認のため、評価試験としてJIS C 5012に準じた一部試験を行った結果、基板品質は合格レベルであった。図10-1はサンプル出荷を予定しているアルミ導体化基板の試作品であるが、引き続き、事業化に向けた研究が必要である。



部品実装面 (A 面)

ハンダ面 (B 面)

図10-1 サンプル出荷を予定しているアルミ導体化基板

### 10-2 工業所有権の取得状況及び対外発表等の状況

#### (1) 工業所有権の取得状況平成

1) 24年度~平成25年度の研究成果を集大成し特許を出願した。

【発明等の名称】アルミニウムを導電パターンとしたプリント配線基板、及びその製造方法

【出願番号】 特願2014-44055  
【出願日】 2014年（平成26年）3月6日  
【出願人】 名東電産株式会社、木村信正  
【代理人】 高荒新一弁理士

(2) 对外発表等の状況

- 1) 次世代ものづくり基盤技術産業展 TECH Biz EXOP に出展した。  
2014年10月22日～24日 ポートメッセなごや

10-3 今後の事業化に向けた取り組み

- (1) 補完研究の実施  
(2) ユーザーへのPR活動  
(3) 企業訪問、インターネットサイトによるPR(ジェグテックへ登録済、掲載予定)  
(4) 展示会出展予定 EX-TECH2015、TECH Biz EXOP 2015  
(5) ユーザーへのサンプル出荷  
(6) 材料メーカーへの協力要請  
(7) 製品製造のための協力会社の発掘、養成及び連携  
(8) 量産化に向けた生産技術及び設備検討

以上