

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

「エッチング工程を必要としない
環境配慮型プリント配線基板製造工法の開発」

研究開発成果等報告書

平成29年5月

担当局 九州経済産業局
補助事業者 公益財団法人 福岡県産業・科学技術振興財団

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
- 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 本論

- 2. 1 スクリーン印刷工法での印刷寸法精度向上：アサダメッシュ(株)、奥野製薬工業(株)
- 2. 2 導電ペーストによる両面基板の穴埋め接続技術の確立：アサダメッシュ(株)
- 2. 3 シード層材料の配線ラインの印刷性能向上と密着性向上：奥野製薬工業(株)、アサダメッシュ(株)
- 2. 4 高速無電解銅めっきの開発：奥野製薬工業(株)
- 2. 5 層間絶縁材料の検討及び4層基板製造プロセスの開発検討：福岡大学
- 2. 6 部品実装信頼性確保の検討：福岡大学

最終章 全体総括

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

【研究開発の背景】

従来の汎用プリント配線基板製造工法は、サブトラクティブ工法という、導体層の不要部分をエッチング工程により溶解除去して配線を形成する工法である。それに伴いエッチング工程からは多くの廃液、汚泥が発生するという問題がある。日本国内 2013 年度の生産額は 4,900 億円であり、年間推定 50 万トン以上の特別管理産業廃棄物が発生している。地球環境保全の観点から、またプリント配線基板メーカーの製造環境改善の観点からも、廃棄物低減（＝環境負荷の低減）が望まれている。

また、これまでの工法がサブトラクティブ工法で画一化されていたため、製造方法の変更・改良に伴う使用設備削減や工法削減による生産性向上や低コスト化が実現されてこなかった。

【研究開発機関の背景】

アサダメッシュ株式会社：

ステンレスメッシュの専門メーカーであり、セラミック部品やタッチパネル、太陽電池業界に対して、多く製品を出荷し、印刷技術の蓄積も大きい。従来の 2.5 倍の強度を有するステンレスメッシュを開発したことで、印刷寸法精度が飛躍的に高まった。このことにより、プリント配線基板製造における厳しい寸法精度の要求にも応えることができると考えた。

奥野製薬工業株式会社：

めっき薬液のメーカーであり、これまでの技術の蓄積により、高速無電解めっきの開発に取り組んでいる。自社研究所を保有し、高度な研究開発力を有している。

【新技術開発の目的】

両面プリント配線基板のサブトラクティブ工法は、回路形成工程が7工程必要であり、電解めっきにより導体層を形成し、不要部分をエッチング工程により溶解除去して配線を形成する工法である。

それに対し新規製造工法は、スクリーン印刷技術と無電解めっき技術を組み合わせた工法である。両工法のプロセスを図1に示す。

図1はプリント配線基板の工程を横方向（断面方向）から模式的に見た図となっている。現状の工法では、廃液発生工程が5工程である。新規製造工法は廃液発生工程が1工程のみであり、基板製造工程中での排出液・廃液の発生が少ない。この「エッチング工程を必要としない環境配慮型プリント配線基板の製造工法を確立」することが、開発の目的である。

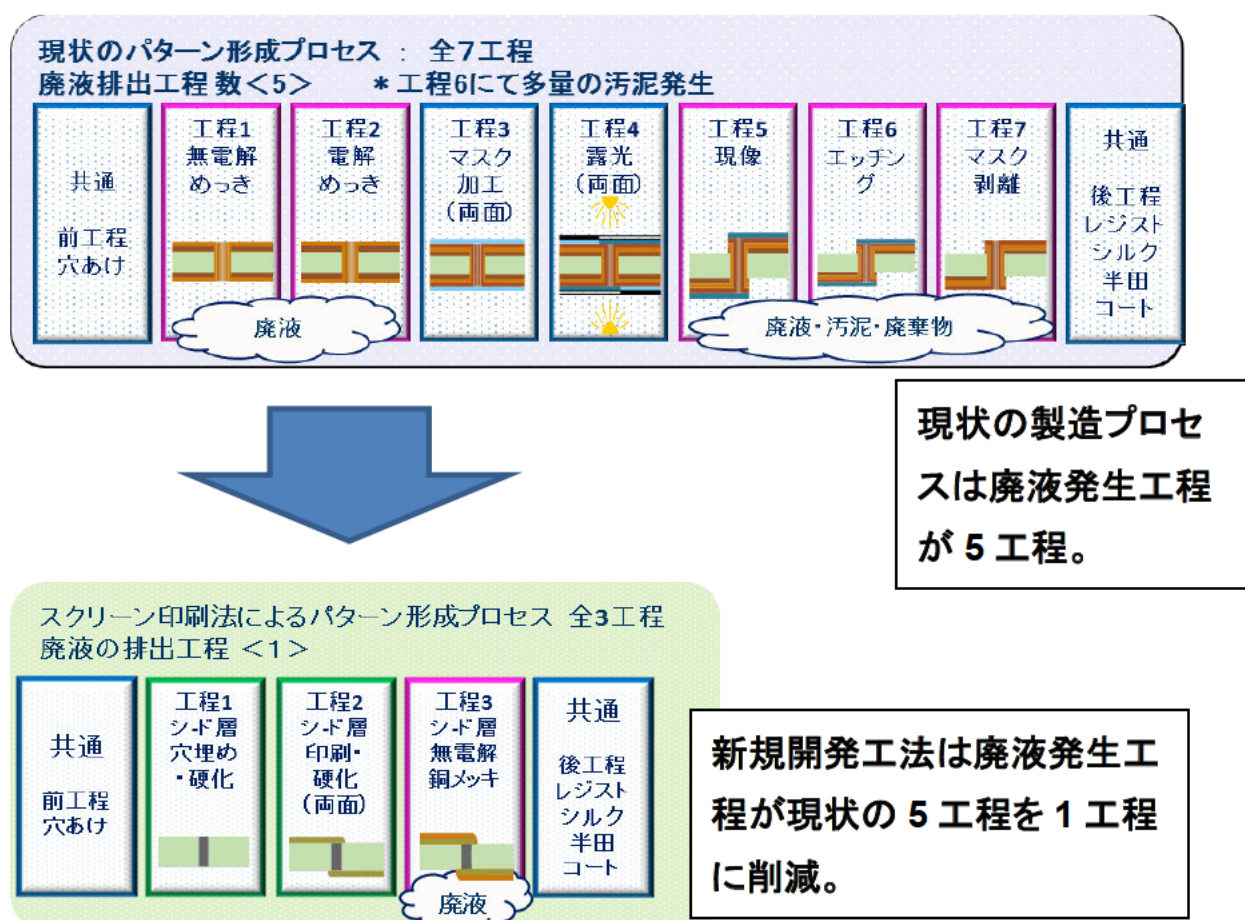


図1 現状の製造プロセスと、スクリーン印刷法を用いた新規製造プロセスの違い
 新規工法での3工程は、以下の3工程である。

工程1：穴内に、導電ペーストをスクリーン印刷法により充填する。

工程2：導電ペーストをシド層（無電解めっきの下地層）としてスクリーン印刷する。

工程3：無電解めっきを実施する。

【高度化目標】

本開発は、プリント配線基板製造工程中の排出液・廃液の発生が少ない環境配慮型プリント配線基板の製造工法を開発する事を目的とする。この開発を行うことにより、現像、エッ

チング、マスク剥離の各工程が不要となり、廃液の大幅な削減、作業効率の向上、コスト低減が実現する。

(1) 基板目標

- ・対象製品：モバイル機器を除く家電機器製品
- ・対象基板：両面及び4層構造のマザーボード基板
- ・対象基板仕様：ライン幅／スペース＝0.1mm／0.1mm以上の、低～中密度配線基板

(2) プロセス及びリードタイム

現状プロセス及び開発プロセス工程数とリードタイム（前後共通工程を除く）



直接工数は1H程度の改善であるが、工程の短縮により待ち受け工数の大幅な短縮が見込める。

(3) 新プロセスによる期待される効果

項目		従来技術	本研究工法	優劣
スクリーン版 (450x450mm)	版コスト	不要	6万円×3	×
	1ショットコスト		(量産時はコスト低減)	
エッチング用マスク	コスト	必要	不要	○
導電ペースト	コスト	不要	必要	×
大型印刷機＋乾燥機の自動ライン	設備コスト	－	3000万円程度	⊕
電解めっき＋マスク加工＋露光＋現像＋エッチング＋マスク剥離		8000万円程度	－	
エッチング液、マスク現像液、剥離液	コスト	必要	不要	⊕
廃液処理	コスト	必要	半減(概算による推定)	⊕
工数	コスト	－	削減	△
設備スペース	スペース	小型化難	小型化容易	○
少量多品種対応	機能	対応難	ライン編成容易	⊕

【研究開発項目】

1. スクリーン印刷工法での印刷寸法精度向上：アサダメッシュ(株)、奥野製薬工業(株)
 - 1-1：超高強度メッシュを採用したスクリーン版の高精度化と印刷条件の適正化検討
2. 導電ペーストによる両面基板の穴埋め接続技術の確立：アサダメッシュ(株)
 - 2-1：両面基板 0.3mmφ穴埋め接続用ペーストの穴埋め接続技術の確立
3. シード層材料の配線ラインの印刷性能向上と密着性向上：奥野製薬工業(株)、アサダメッシュ(株)
 - 3-1：シード層材料の配線ラインの印刷性能検討
 - 3-2：シード層材料の基材及び無電解銅めっきとの密着性検討
4. 高速無電解銅めっきの開発：奥野製薬工業(株)
 - 4-1：無電解めっき液の検討
5. 層間絶縁材料の検討及び4層基板製造プロセスの開発検討：福岡大学
 - 5-1：新規層間絶縁材料の検討及び4層基板製造プロセスの開発検討
6. 部品実装信頼性確保の検討：福岡大学
 - 6-1：部品実装信頼性確保の検討

【研究開発項目の目的目標に対しての実施結果】

研究開発項目 1. スクリーン印刷工法での印刷寸法精度向上及び 2. 導電ペーストによる両面基板の穴埋め接続技術の確立の実施結果について、表に示す。

表. 研究開発項目 1, 2の実施結果

開発項目	サブテーマ	目標値	実施年度	実施結果
1-1	高精度ステンレススクリーン版の評価及び印刷技術の開発（小型基板 200X200mm）	基板中央を基準とし基板穴位置に対する印刷位置± 30μm 以内	H26年度～ H28年度	目標達成
1-2	高精度ステンレススクリーン版の評価及び印刷技術の開発（大型基板 450X450mm）	基板中央を基準とし基板穴位置に対する印刷位置± 40μm 以内	H27年度～ H28年度	目標達成
2	両面基板 0.3mmφ穴埋め接続用ペーストの穴埋め接続技術の確立	0.3mmφ穴埋め技術確立。 0.1mmφ以上のボイド無きこと	H26年度～ H27年度	目標達成

研究開発項目3. シード層材料の配線ラインの印刷性能向上と密着性向上、4. 高速無電解銅めっきの開発、5. 層間絶縁材料の検討及び4層基板製造プロセスの開発検討及び6. 部品実装信頼性確保の検討の実施結果について、表に示す。

表. 研究開発項目3～6の実施結果

開発項目	サブテーマ	目標値	実施年度	実施結果
3-1	シード層材料の配線ラインの印刷性能検討	ライン間隔0.1mm、両側にじみ計が、ライン幅の20%以内	H26年度～H28年度	目標達成
3-2	シード層材料の基材及び無電解銅めっきとの密着性検討	リフロー試験5回実施後、テープピール試験で剥離なきこと	H26年度～H27年度	目標達成
4	無電解めっき液の検討	めっき速度3.0 μ m/時以上、めっき広がり性ライン幅の25%以内	H26年度～H27年度	目標達成
5	新規層間絶縁材料の検討及び4層基板製造プロセスの開発検討	印刷法・成型法の評価実施	H26年度～H28年度	目標未達成
6	部品実装信頼性確保の検討	両面基板リフロー試験1回で、実装部品の剥がれなきこと	H26年度～H28年度	目標達成

1. 2 研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）

【実施体制】

川下企業のニーズとアドバイスを受けながら、研究開発主体のアサダメッシュ(株)が高精度・高強度ステンレス版及びペースト印刷の開発を担当し、奥野製薬工業(株)が無電解めっき液の開発を、福岡大学半導体実装研究所がパターンニング検討及び実用化評価を行う。

<研究実施機関 PL>

アサダメッシュ株式会社（代表研究者：北田 真也）

本研究開発を統括し、ステンレスメッシュ版と印刷法の開発を行う。

<研究実施機関 SL>

福岡大学半導体実装研究所（代表研究者：加藤 義尚）

開発したプロセスによるプリント配線基板の実用化に向けた性能評価を行う。

<研究実施機関>

奥野製薬工業株式会社（代表研究者：加東 隆）

シード層材料及び無電解めっき液に関する開発を担当する。

<アドバイザー>

東京工業大学 堀田善治氏：顧問

株式会社羽野製作所：部品実装評価手法及び評価結果に関するアドバイス

株式会社野田スクリーン：導電ペーストのスクリーン印刷技術に関するアドバイス

<研究協力者>

タツタ電線株式会社、互応化学工業株式会社

1. 3 成果概要

開発項目 1-1：スクリーン印刷工法での印刷寸法精度向上

サブテーマ：

高精度ステンレススクリーン版の評価及び印刷技術の開発（小型基板
200X200mm）

目標値：

基板中央を基準とし基板穴位置に対する印刷位置 $\pm 30\mu\text{m}$ 以内

実施年度：

H26年度～H28年度

実施結果：

設計値に対する印刷誤差が最大 $27\mu\text{m}$ 。⇒目標を達成した。事業後に解決すべき技術的課題なし。

開発項目 1-2：スクリーン印刷工法での印刷寸法精度向上

サブテーマ：

高精度ステンレススクリーン版の評価及び印刷技術の開発（大型基板
450X450mm）

目標値：

基板中央を基準とし基板穴位置に対する印刷位置 $\pm 40\mu\text{m}$ 以内

実施年度：

H27年度～H28年度

実施結果：

設計値に対する印刷誤差が最大 $29\mu\text{m}$ 。⇒目標を達成した。事業後に解決すべき技術的課題なし。

開発項目 2：導電ペーストによる両面基板の穴埋め接続技術の確立

サブテーマ：

両面基板 $0.3\text{mm}\phi$ 穴埋め接続用ペーストの穴埋め接続技術の確立

目標値：

0.3mmφ穴埋め技術確立。0.1mmφ以上のボイド無きこと

実施年度：

H26年度～H27年度

実施結果：

初年度にて確立したフタ印刷工程を用い、0.3mmφの穴埋めが可能であること、及び0.1mmφ以上のボイドなきことを確認した。⇒目標を達成した。事業後に解決すべき技術的課題なし。

開発項目3-1：シード層材料の配線ラインの印刷性能向上と密着性向上

サブテーマ：

シード層材料の配線ラインの印刷性能検討

目標値：

ライン間隔0.1mm、両側にじみ計が、ライン幅の20%以内

実施年度：

H26年度～H28年度

実施結果：

ライン間隔が0.1mm、ライン0.1mmの評価で、にじみ計が約9%となった。⇒目標を達成した。事業後に解決すべき技術的課題なし。

開発項目3-2：シード層材料の配線ラインの印刷性能向上と密着性向上

サブテーマ：

シード層材料の基材及び無電解銅めっきとの密着性検討

目標値：

リフロー試験5回実施後、テープピール試験で剥離なきこと

実施年度：

H26年度～H27年度

実施結果：

リフロー試験5回実施後もテープピール試験で剥離がないことを確認した。⇒目標

を達成した。事業後に解決すべき技術的課題なし。

開発項目4：高速無電解銅めっきの開発

サブテーマ：

無電解めっき液の検討

目標値：

めっき速度 $3.0\mu\text{m}/\text{時}$ 以上、めっき広がり性ライン幅の25%以内

実施年度：

H26年度～H27年度

実施結果：

めっき速度 $5.5\mu\text{m}/\text{時}$ 以上、めっき広がり性はライン幅の18.5%であることを確認した。⇒目標を達成した。事業後に解決すべき技術的課題なし。

開発項目5：層間絶縁材料の検討及び4層基板製造プロセスの開発検討

サブテーマ：

新規層間絶縁材料の検討及び4層基板製造プロセスの開発検討

目標値：

印刷法・成型法の評価実施材料選定（マイグレーション試験絶縁抵抗 $1\times 10^8\Omega$ 以上達成検討する）

実施年度：

H26年度～H28年度

実施結果：

(1) 絶縁材料の評価：互応化学工業(株)の協力で実施した。

① 絶縁材上への銅回路密着性評価

樹脂組成、シード層種類により密着性良好なものと NG のものがあることを確認した。

② 絶縁材上のめっき銅回路上的のソルダーレジスト耐熱試験

樹脂組成やシード層種類により密着性良好なものや NG のものがあることを確認した。

③ 銅めっき基板上への絶縁材の密着性評価

樹脂組成、シード層種類により密着性結果に差異があることを確認した。

(2) 4層基板製造プロセスの開発検討

①多層基板の層構成について検討し、4層基板・3層基板での実装携帯について仕様・具体的な検討内容について取り纏めた。最終的には、第1ステップとして、最初に3層基板での評価を実施することに決定した。

②検討する3層基板を設計した。基板は、信頼性評価試験用基板と、モーションセンサー（IoT モジュール）を作成し、センサーには部品実装を行いセンサー機能を評価することとした。基板を作製するための、最終プロセス確認評価を実施した。

⇒4層基板製造プロセスの開発は実施途中。マイグレーション試験絶縁抵抗 $1 \times 10^8 \Omega$ 以上達成する検討は、基板が製造できた後のマイグレーション試験実施時に行うので、目標未達。

開発項目6：部品実装信頼性確保の検討

サブテーマ：

部品実装信頼性確保の検討

目標値：

両面基板リフロー試験 1 回で、実装部品の剥がれなきこと

実施年度：

H26年度～H28年度

実施結果：

両面基板でのリフロー試験実施。リフロー3回で、実装部品の剥がれなきことを確認した。⇒目標を達成した。事業後に解決すべき技術的課題なし。

1. 4 当該研究開発の連絡窓口

<事業管理機関>

公益財団法人福岡県産業・科学技術振興財団連絡担当者所属役職

三次元半導体部 管理グループ 橋本 文平

Tel: 092-331-8550 Fax: 092-331-8555

E-mail: b-hashimoto@ist.or.jp

<総括研究代表者（PL）>

アサダメッシュ(株) 営業技術部

北田 真也

Tel: 072-334-0550 Fax: 072-333-1299

E-mail: s-kitada@asada-mesh.co.jp

<副総括研究代表者（SL）>

福岡大学 半導体実装研究所

加藤 義尚

Tel: 092-332-9144 Fax: 092-332-9146

E-mail: ykatoh@fukuoka-u.ac.jp

第2章 本論

1. スクリーン印刷工法での印刷寸法精度向上

1-1：超高強度メッシュを採用したスクリーン版の高精度化と印刷条件の適正化検討

アサダメッシュ(株)は、「高精度ステンレススクリーン版の評価及び印刷技術の開発」を実施する。従来の 2.5 倍の強度を有する $19\mu\text{m}$ 線径 500 メッシュのスクリーンを使用し、高精度スクリーン版を製造する。

アサダメッシュ(株)と奥野製薬工業(株)は印刷条件の適正化と、設計の補正値を確定する。
初年度：小型スクリーン枠（ $550\times 550\text{mm}$ ）を使用し、小型基板（パターンエリア $200\times 200\text{mm}$ ）に 5×5 で 25 個の $0.3\text{mm}\phi$ の穴をあけ、これを基準として印刷精度の測定を行う。印刷条件と印刷結果から設計値に補正を入れスクリーン版を製作し、印刷精度の向上を計る。基板の中心を位置合わせ基準としてすべての穴位置で印刷位置合わせ精度 $\pm 50\mu\text{m}$ 以内を達成する。奥野製薬工業に大型スクリーン印刷装置（スクリーン枠 $850\times 950\text{mm}$ ）を導入し、立ち上げる。

初年度結果：目標未達成。

小型基板については、設計値に対する印刷位置ズレ量は最大 $33\mu\text{m}$ であるが、基板穴開け位置と印刷位置の最大誤差は $52\mu\text{m}$ であった。

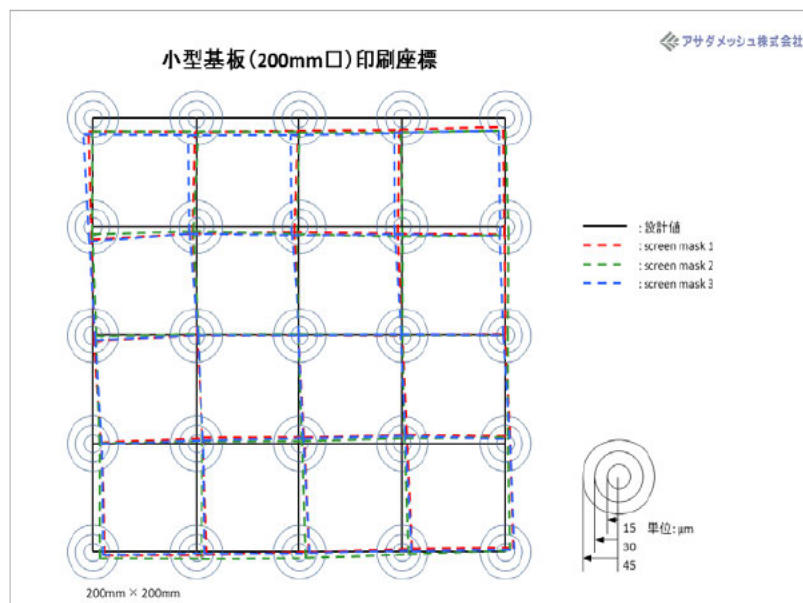
基板への穴開け加工精度向上、スクリーン版のデザイン焼付精度（適正な補正含む）の向上に取り組む。

二年度：小型基板（ $200\times 200\text{mm}$ ）で $\pm 30\mu\text{m}$ の位置合わせ精度での印刷技術を確立し、大型基板（パターンエリア $450\times 450\text{mm}$ ）で、 $\pm 60\mu\text{m}$ を達成する。

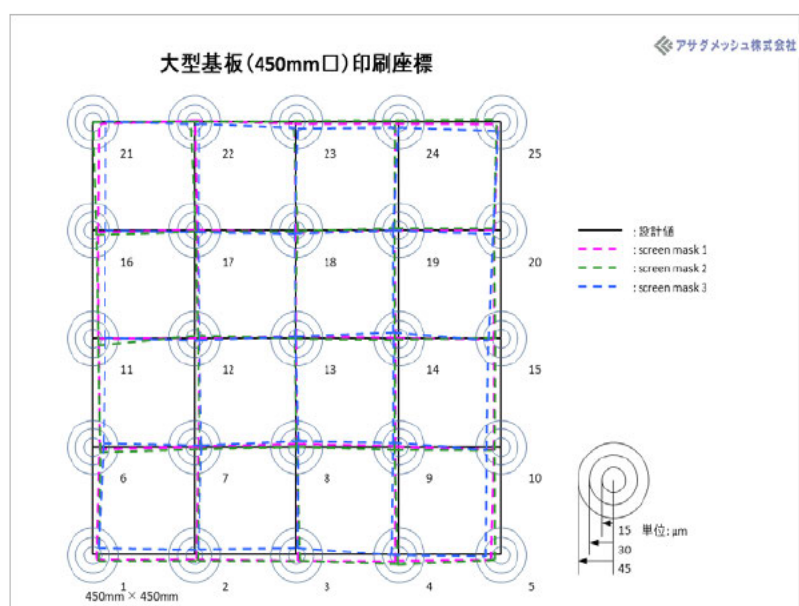
二年度結果：小型基板は設計値に対する印刷誤差最大 $31\mu\text{m}$ 、大型基板は最大 $\pm 60\mu\text{m}$ と、ほぼ目標を達成。

三年度：大型基板（パターンエリア $450\times 450\text{mm}$ ）で、 $\pm 40\mu\text{m}$ の位置合わせ精度での印刷技術を確立する。昨年度は、版枠サイズが $850\times 950\text{mm}$ と大型であるため、軽量な材料（角パイプ枠）を枠として使用していた。大型基板での精度向上のため、剛性の強い版枠を使用した寸法精度の向上検討を行う。

三年度結果：目標達成。



設計値に対する印刷座標(小型基板)



設計値に対する印刷座標(大型基板)

2. 導電ペーストによる両面基板の穴埋め接続技術の確立

2-1：両面基板 0.3mmφ穴埋め接続用ペーストの穴埋め接続技術の確立

アサダメッシュ(株)は、従来の汎用プリント配線基板での最少穴径と同じ 0.3mmφ、板厚 0.3mm の穴埋め接続用ペーストの最適化検討を行う（印刷後研磨工程を行わない工法の可能性も検討する）。穴周辺の絶縁材料との密着性、後工程で形成する上下のシード層との密着性の検討を行う。

初年度：市販の銅ペースト、銀ペースト、導電性ポリマーなどから、本目的に適した材料を印刷性、導電性の面から選定する。スクリーンメッシュは、吐出性を向上させるため開口率が高い線径 25μm の 230 メッシュを使用する。穴径は、0.5mmφとする。

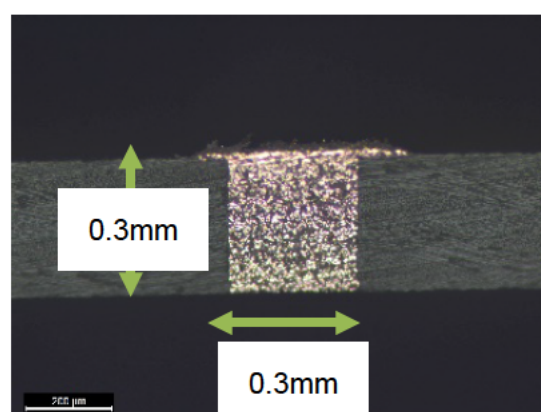
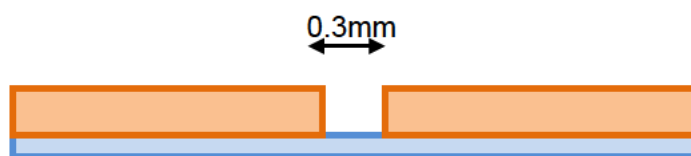
初年度結果：目標達成。

穴埋め適正材料を選定した。研磨を行わない穴埋め工法で 0.5mmφ穴埋めを実施し、1mmφ以上のポイド無き事を確認した。

二年度：0.3mmφの穴への穴埋め技術を確認する。併せて、シード層材料との接続信頼性を確保する。

二年度結果：目標達成。

初年度にて確立したフタ印刷工程を用い、0.3mmφの穴埋めが可能であること、0.1mmφ以上のポイド無きことを確認した。また穴埋ペーストとシード層ペーストとの接続信頼性が充分であることをテープピール試験にて確認した。



導電ペーストによる穴埋め図及び観察画像

3. シード層材料の配線ラインの印刷性能向上と密着性向上

各種シード層導電材料（銀ペースト、銅ペースト、導電性ポリマーペースト）の評価

3-1：シード層材料の微細配線ラインの印刷性能検討

奥野製薬工業(株)は、金属粒子、有機溶剤、バインダー樹脂からなるペースト状のシード層材料で、両側のにじみ計がライン幅の20%以内となるシード層材料を開発する。ペーストの粘度特性は印刷性能に大きく影響を与えることから、ペースト粘度特性を最適化する。

初年度：ライン間隔 0.15mm（小型基板）を達成する為、高精度ステンレススクリーン版に適した粘度特性となる様、有機溶剤及びバインダー樹脂の選定を行う。

初年度結果：目標未達成。

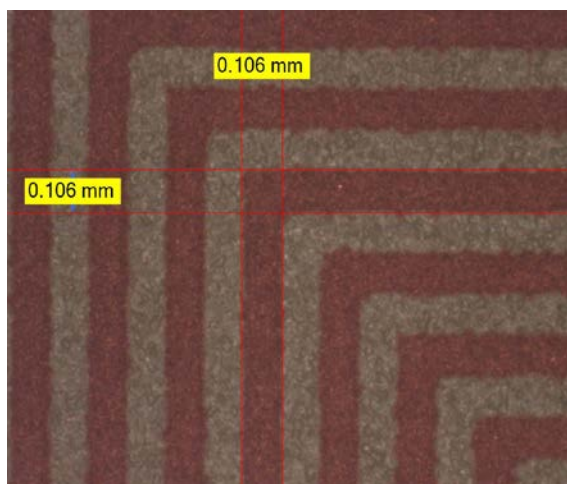
ライン間隔が 0.15mm、ライン 0.1mm の評価で、にじみ計が約 40%であった。検証の結果、にじみ計 20%以内とするには、ペーストの粘性改良が必要であることが判明した。二年度も引き続き改良を続ける。

二年度：ライン間隔 0.1mm（小型基板）を達成する為、初年度で得られた技術・成果を発展させる。

二年度結果：ライン幅 0.1mmの印刷を実施し、シード層材料の印刷性改善を検証した。その結果、印刷性であるライン幅に対するにじみ幅は 63%から 24%に減少し、大幅に改善できたが、目標値の 20%以内は未達であった。ペーストの粘性改良及び印刷条件の最適化が必要であることが判明したため、すでに改良に着手しており、次年度も引き続き改良を続ける。

三年度：ライン間隔 0.1mm（大型基板）を達成する為、二年度で得られた技術・成果を発展させる。

三年度結果：目標達成。



ライン間隔 0.1mm、にじみ計 6%

3-2：シード層材料と基材及び無電解銅めっきとの密着性検討

奥野製薬工業(株)は、密着性に大きな影響を与える使用バインダー樹脂の種類選定及びシード層材料中の樹脂濃度を最適化する。

初年度：リフロー試験 3 回実施後、テープピール試験で剥離なきこと。

初年度結果：目標達成。

リフロー試験を実施し、膨れ・剥がれがないことを確認した。さらに、テープピール試験を実施し、剥離なきことを確認した。

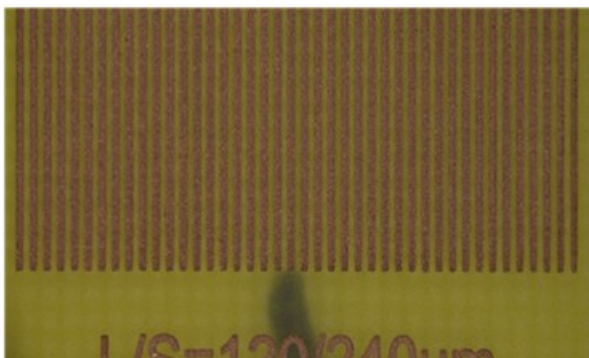
二年度：リフロー試験 4 回実施後、テープピール試験で剥離なきこと。

二年度結果：目標達成。

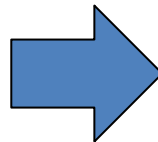
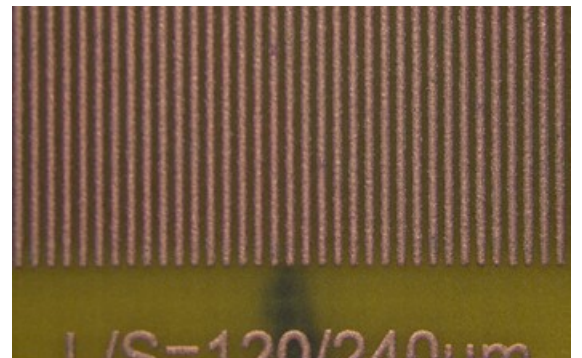
リフロー試験 5 回実施後もテープピールで剥離なく、密着性に問題が無いことを確認した。

三年度：リフロー試験 5 回実施後、テープピール試験で剥離なきこと（二年度達成済）。

リフロー試験前



リフロー試験5回後



リフロー試験後のテープピール試験(剥離無し)

4. 高速無電解銅めっきの開発

4-1：無電解めっき液の検討

奥野製薬工業㈱は、めっき速度が速く、めっき広がり性の小さい無電解めっき液の開発を行う。

初年度：めっき速度 $2.5\mu\text{m}/\text{時}$ 以上、めっき広がり性：ライン幅の 30%以内を達成する為、添加剤の種類選定を行う。

初年度結果：目標達成。

めっき速度 $8.01\mu\text{m}/\text{時}$ 以上を達成した。めっき広がり性はライン幅の 25%以内を達成した。

二年度：めっき速度 $3.0\mu\text{m}/\text{時}$ 以上、めっき広がり性：ライン幅の 25%以内を達成する為、初年度で成果が得られた添加剤を使用し、実用化を検討する。

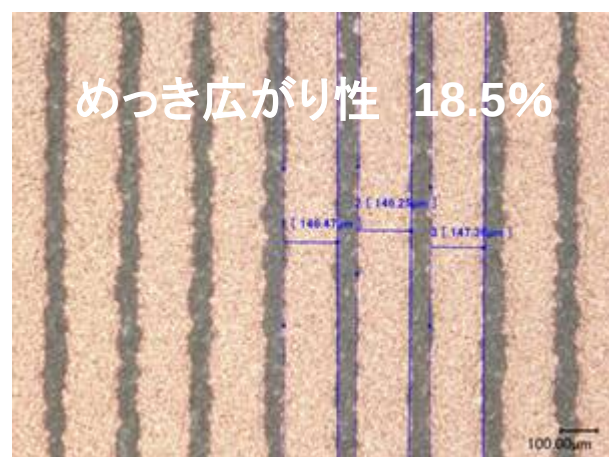
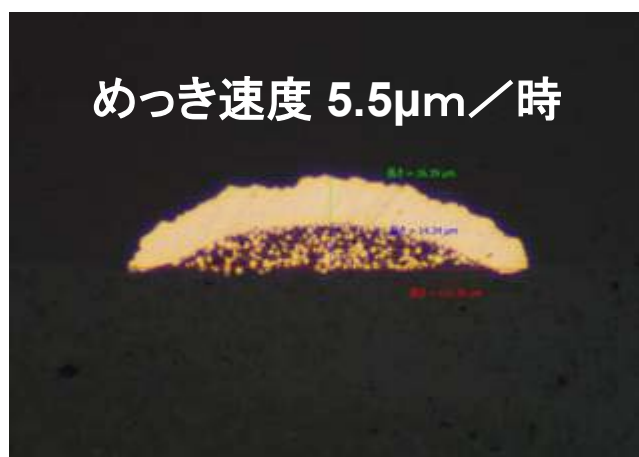
二年度結果：目標達成。

めっき速度 $5.5\mu\text{m}/\text{時}$ 、めっき広がり性は 18.5%。

三年度：めっき速度 $3.5\mu\text{m}/\text{時}$ 以上、めっき広がり性：ライン幅の 20%以内（二年度達成済）。三年度は、めっき速度を $5.5\mu\text{m}$ よりさらに高速化することや、めっき厚み $10\sim 15\mu\text{m}$ でのめっき信頼性を検討し、トータルのめっき実施時間の短縮化を検討した。

※めっき $3.5\mu\text{m}/\text{時}$ の根拠（必要性）：

マザーボード基板の導通性及び信頼性を確保するためには、導体厚み $25\mu\text{m}$ が必要となる。シード層の厚みが約 $10\mu\text{m}$ であるため、無電解めっきの厚みとして $15\mu\text{m}$ の厚みが必要。生産性を考慮すると、4～5 時間でめっき工程を完了させる必要があり、そのためのめっき速度として $3.5\mu\text{m}/\text{時}$ が必要となる。



5. 層間絶縁材料の検討及び4層基板製造プロセスの開発検討

5-1：新規層間絶縁材料の検討及び4層基板製造プロセスの開発検討

福岡大学は、4層基板を製造するために、十分な絶縁性と耐マイグレーション性・密着強度を有した層間絶縁材料の検討を行う。層間絶縁材の形成方法により、使用する材料が異なるため、ガラスクロス有（成型で使用する材料）、ガラスクロス無（印刷塗布で使用する材料）それぞれの条件で検討を行う。

初年度：絶縁材料の調査を実施し、材料候補を選定する。

初年度結果：目標未達成。

絶縁材料の調査を実施。フィルムタイプで2種類選定した。加えて、スクリーン印刷タイプの新規材料開発も検討している。平成27年2月に材料メーカーG社を訪問し、スクリーン印刷タイプの新規絶縁材料開発に協力頂く事を決定した。次年度より評価を開始する。

二年度：ガラスクロス有（成型で使用する材料）、ガラスクロス無（印刷塗布で使用する材料）それぞれの条件での評価検討を実施する。

二年度結果：絶縁材料の初期評価を材料メーカーの協力で実施。事前検討に時間を要したため達成度60%。三年度に開発速度を上げて継続実施していく。

三年度：材料選定、マイグレーション試験絶縁抵抗 $1 \times 10^8 \Omega$ 以上達成検討する。材料選定については、互応化学工業(株)の協力を得て、印刷特性（膜厚み精度）・銅配線への密着性・絶縁特性・絶縁材上への銅めっき配線密着性の評価を進めていく。

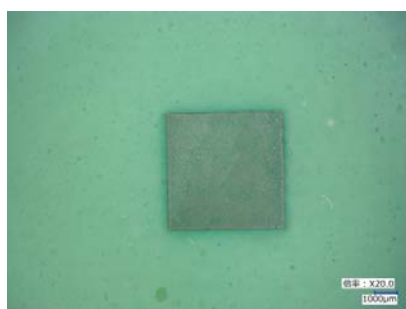
(1) 絶縁材料の評価：互応化学工業(株)の協力で実施した。

① 絶縁材上への銅回路密着性評価

樹脂組成やシード層種類により密着性良好なものとNGのものがあることを確認した。

② 絶縁材上のめっき銅回路上でのソルダーレジスト耐熱試験

樹脂組成やシード層種類により密着性良好なものやNGのものがあることを確認した。



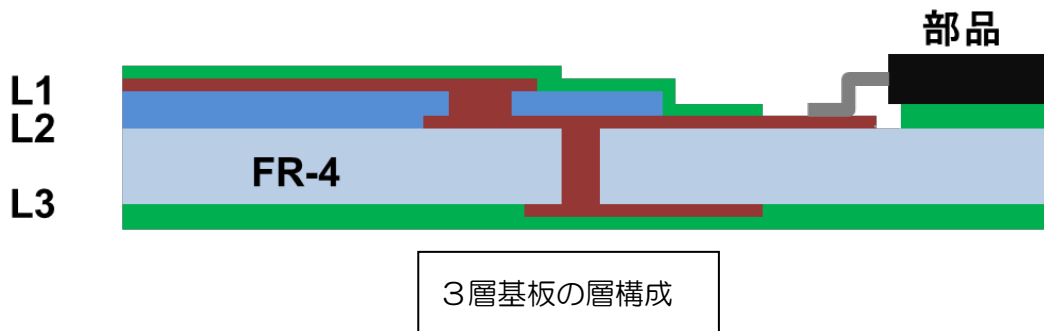
ソルダーレジスト
耐熱性試験結果：
シード層 SW150

③ 銅めっき基板上への絶縁材の密着性評価

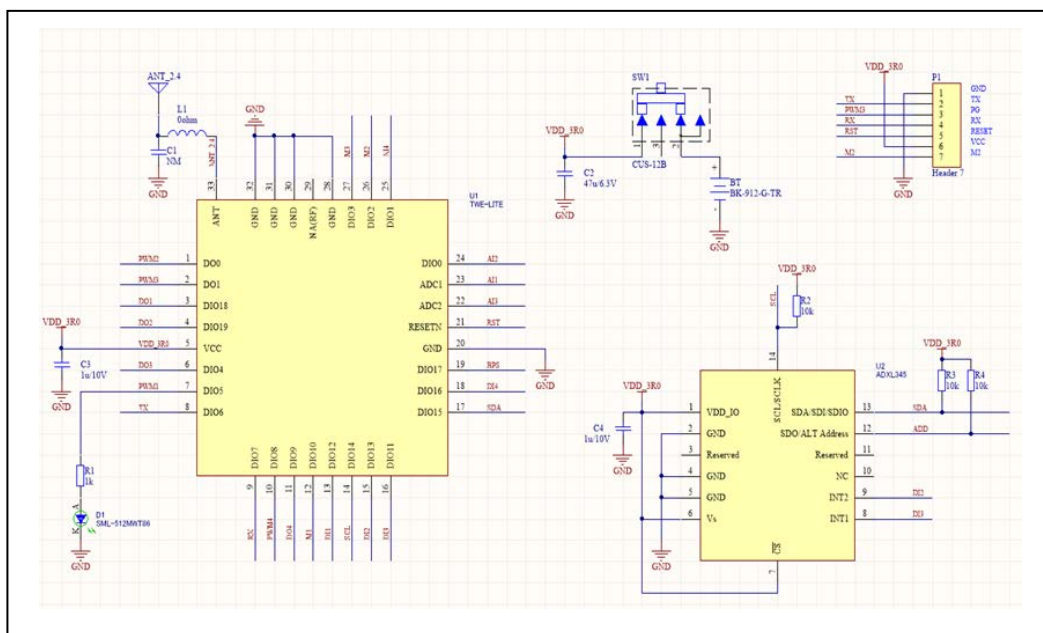
樹脂組成やシード層種類により密着性結果に差異があることを確認した。

(2) 4層基板製造プロセスの開発検討

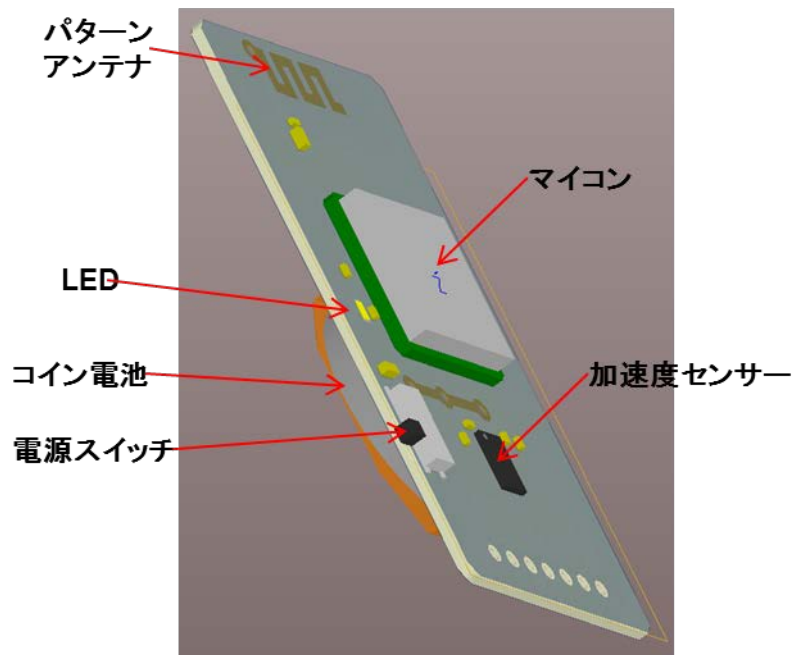
①多層基板の層構成について検討し、4層基板・3層基板での実装形態について仕様・具体的な検討内容について取り纏めた。最終的には、第1ステップとして、最初に3層基板での評価を実施することに決定した。



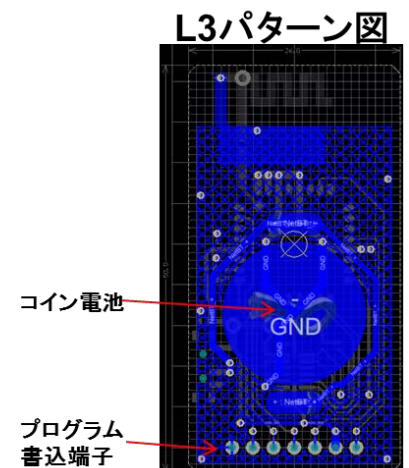
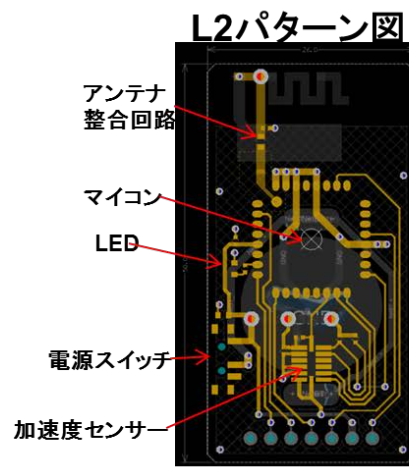
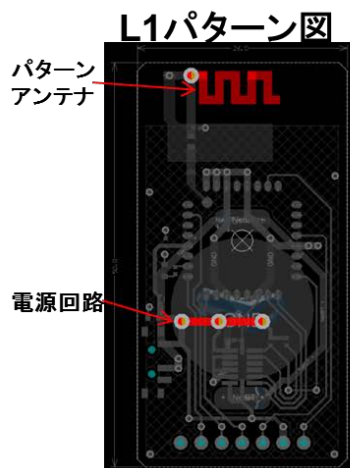
②検討する3層基板を設計した。基板は、信頼性評価試験用基板と、モーションセンサー（IoT モジュール）を作成し、センサーには部品を実装しセンサー機能を評価することとした。基板を作製するための、最終プロセス確認評価を実施した。



多層基板回路図



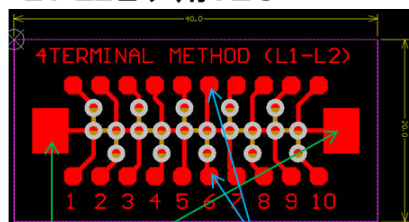
多層基板外観図



多層基板外観図

4端子法によるビア抵抗精密測定用 TEG

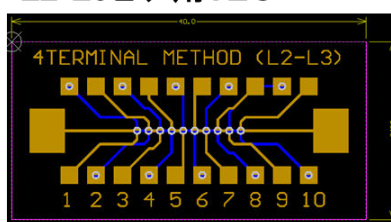
L1-L2ビア用TEG



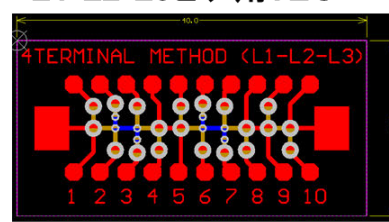
定電流付加パッド

電圧測定パッド

L2-L3ビア用TEG

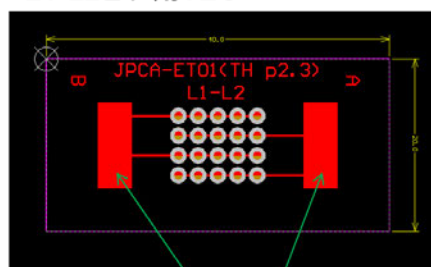


L1-L2-L3ビア用TEG



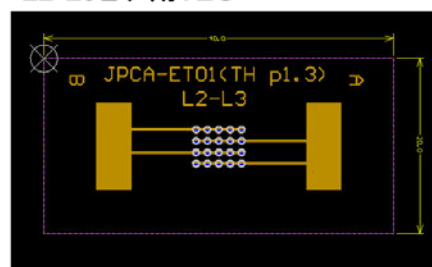
ビア絶縁評価用 TEG

L1-L2ビア用TEG



絶縁抵抗測定パッド

L2-L3ビア用TEG



三年度結果：4層基板製造プロセスの開発は実施途中。マイグレーション試験絶縁抵抗 $1 \times 10^8 \Omega$ 以上達成する検討は、基板が製造できた後のマイグレーション試験実施時に行うので、目標未達。達成度80%。事業終了後の自主研究として、多層化にむけた層間絶縁材料の開発及び4層センサーモジュール基板の開発と、信頼性評価検討を継続実施する。

6. 部品実装信頼性確保の検討

6-1：部品実装信頼性確保の検討

福岡大学は、基板に電子部品を実装して、鉛フリーはんだリフロー温度である 230℃に耐えることを確認（リフロー耐熱試験の実施）し、信頼性の検討を行う。

初年度：片面基板でリフロー試験 3 回実施後、テープピール試験で配線の剥離なきこと。

初年度結果：目標達成。

片面基板の配線パターンで予備試験を実施し、以下の 2 点を確認した。①リフロー試験 3 回実施後の剥がれ・膨れなし。②リフロー試験 3 回実施後のテープピール試験で剥がれなし。

二年度：両面基板リフロー試験を 1 回実施し、剥がれなきことを確認する。

二年度結果：両面基板でのリフロー試験で剥がれなきことを確認した。

三年度：両面基板リフロー試験を 3 回実施し、剥がれなきことを確認する。具体的には二年度に作製した基板の解析結果を踏まえて新たな基板を作製し、その基板によるリフロー耐熱試験を実施し、信頼性の確認を行う。

三年度結果：目標達成。

最終章 全体総括

今回の事業では、3年間のプロジェクト期間内でほぼ予定通りの開発検討を実施できた。

開発開始から約1年半で新規製造工程による両面基板を作製し、基板としての機能を満足していること、信頼性が確保されていることを確認した。その後、多層基板作製に向けた検討を行い、基礎評価が完了し、基板製作過程に進んだが、事業期間内では工程途中での課題抽出までの実施となった。

そのため、今後は多層基板製造技術開発に向けた①～④の検討を自主研究として実施する。また、並行してアプリケーション・市場調査を実施し、今後2年以内に戦略的な事業化計画を構築していく。

①多層基板製造工程を確立する。

②製造コスト算出精度を向上させるための調査を引き続き実施し、正確なコスト算出を加速させる。

③信頼性評価を実施し、アプリケーション・用途についてのターゲットを明確にしていく。

④量産化に向けた工程の課題抽出と対策検討。平成28年度末に設計したIoTモジュール及び評価用TEGの製造・評価を行い、量産化に向けた課題を抽出して対応策を検討する。

【川下企業との事業化に向けた連携・PR等の状況】

- ・想定顧客へのアプローチとして、大手基板メーカー開発責任者に対し本事業の概要を説明し、コスト試算に関しての協力を依頼した。平成29年度以降も継続して開発内容について報告・説明し、事業化への協力を働きかけていく。
- ・平成28年6月の展示会（JPCAショー）に引き続き、平成29年1月の展示会（インターネブコン）で本研究内容についてのパネル展示、サンプル展示を行った。
- ・平成28年3月のエレクトロニクス学会春季講演大会発表（東京工業大学）、同年9月9日のエレクトロニクス学会MES2016（中京大学）、同年11月24日の印刷学会セミナー、同年12月16日のエレクトロニクス実装学会公開研究会、平成29年3月8日のエレクトロニクス実装学会春季講演大会（慶應義塾大学）において研究内容を発表。
- ・この外、技術動向の調査を継続実施中。

【補完研究（自主研究）について（H29年度下期から実施予定）】

- ・補完研究のテーマ：量産化・事業化に向けた、多層基板製造工法の検討
- ・補完研究の実施主体：本事業の参加企業（アサダメッシュ・奥野製薬工業・互応化学工業・タツタ電線）及び福岡大学
- ・補完研究の資金供給元：各社の独自資金
- ・補完研究の概要：多層化にむけた層間絶縁材料の開発及び4層センサーモジュール基板の開発及び信頼性評価、プリント配線基板メーカーとの量産化・事業化検討等。

【事業化に向けたスケジュール】

実 施 内 容	H29年度 上期	H29年度 下期	H30年度 上期	H30年度 下期	H31年度 上期	H31年度 下期
市場調査・展示会出展・学会発表						
【1】市場調査						
【2】展示会出展	JPCAショー 6月	インターネフコン 1月	JPCAショー 6月	インターネフコン 1月	JPCAショー 6月	インターネフコン 1月
【3】学会発表						
	エレクトロニクス実装学会MES 8月	エレクトロニクス実装学会春季大会 3月	エレクトロニクス実装学会MES 8月	エレクトロニクス実装学会春季大会 3月	エレクトロニクス実装学会MES 8月	エレクトロニクス実装学会春季大会 3月