

平成19年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「3次元実装型ギガヘルツ帯高周波SIP用多端子検査技術の開発」

研究開発成果等報告書

平成20年3月

委託者 関東経済産業局

委託先 シンワフロンテック株式会社

目 次	ページ
第1章 研究開発の概要	2
1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標	2
(1) 研究開発の背景～S i P（システムインパッケージ）の動向	2
(2) 研究開発の背景～試験検査技術の動向	2
(3) 研究開発の目的	3
(4) 研究開発の目標	4
1-2 研究体制	6
(1) 研究組織	6
(2) 管理体制	7
(3) 管理者および研究者	9
(4) 参画企業および法人所在地	9
1-3 成果概要	10
(1) 研究実施期間	10
(2) テーマ別成果概要	10
第2章 研究開発報告	11
1-1 多チャンネル化に伴う確実なコンタクト性の研究【テーマ1-1】	11
(1) 本テーマの目的	11
(2) 研究の内容	11
a. 転写法による Cu ファインパターン形成	11
b. コンタクト回数試験機の製作	16
(3) まとめ	16
1-2 同軸構造配線の狭ピッチ化の研究【テーマ1-2】	17
(1) 本テーマの目的	17
(2) 研究の内容	17
a. 微細ルーター加工機の導入	17
b. 同軸構造の狭ピッチ化の実現	18
(3) まとめ	21
1-3 先端電極基板と同軸構造配線基板の接合方法の研究【テーマ1-3】	22
(1) 本テーマの目的	22
(2) 研究の内容	22
a. 実施計画と実績	22
b. 赤外レーザーはんだ実装装置の導入	22
c. 先端電極基板と同軸構造配線基板の接合	24
(3) まとめ	25
1-4 先端電極基板のめっき回路技術の研究【テーマ1-6】	26
(1) 本テーマの目的	26
(2) 研究の内容	26
(3) まとめ	28

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～S i P（システムインパッケージ）の動向

電子機器における多機能化,高機能化を支える技術にS i P (System in Package) があるが、その中でも3次元実装型S i Pは複数のL S Iをワンパッケージ化することで大幅な低コスト化と多機能化が実現でき、特に携帯電話やデジタルカメラ等の小型携帯型情報機器を主体に実用化が進んでいる。

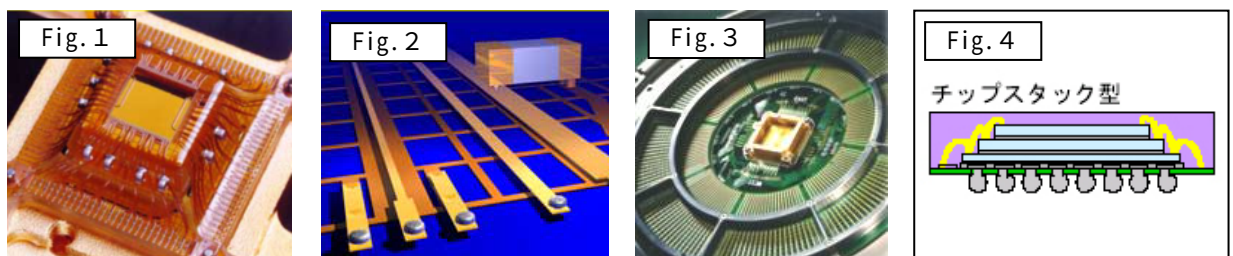
さらに次世代の3次元実装型S i Pでは多機能のみならず高速情報処理化が求められているが、そのためにはパッケージ内部の信号をさらに高速高周波化する必要があり、輻射ノイズや信号遅延による処理タイミングのズレといった動作上の諸問題が課題となっている。

また、3次元実装であるが故に、製造上の品質保証として既存の試験検査方法では対応できず、設計手法・生産手法のみならず、品質保証手法も確立しなければならない周辺技術の一つに挙げられている。

(2) 研究開発の背景～試験検査技術の動向

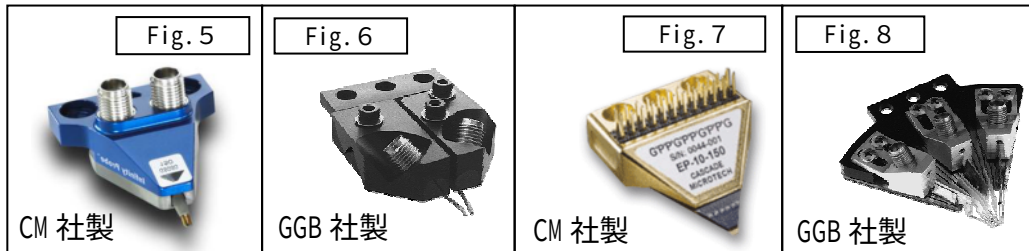
品質保証手法を構成する要素の一つに、S i Pへ直接コンタクトして高周波信号の送受信を行うコンタクトプローブがあるが、高周波コンタクトプローブの世界シェアは米国カスケードマイクロテック社（以下CM社）と米国G G B社がほぼ独占状態となっており、CM社が50%、G G B社が40%、その他が10%という構図になっている（2006年1月CM社発表、調査元VLSI Research and Company estimates.）。

高周波コンタクトプローブの技術動向としてはCM社が先行しており、代表的なものとしてMEMS等の超微細加工技術を利用したピラミッドプローブと呼ばれるL S I全パッド一括コンタクト型のプローブ(Fig 1)が製品化されている。インピーダンス整合が考慮された構造(Fig 2)となっており、最小ピッチ 50 μ mで3 G H zまでの伝送帯域に対応している。この製品は完全カスタムオーダーとなっており、コンタクトプローブ単体ではなくプローブカード(Fig 3)としての販売戦略が取られている。量産対応に優れるが汎用的な試験検査には向かず、高さ方向に柔軟に対応できる構造ではないことから、本研究開発でターゲットに設定している3次元実装型S i P (Fig 4)には対応していない。



国内におけるコンタクトプローブの開発状況は、MEMS やナノテクを利用した電極端子が主流である。製品化されたものとしては半導体よりもフラットパネルディスプレイ向け点灯試験用のコンタクトプローブが主流であり、高周波伝送に対応してインピーダンス制御された製品は販売されていない。

CM社やGGB社が販売しているコンタクトプローブが高いシェアを占めていることは先に述べた通りだが、主力製品の端子数は2チャンネルとなっている(Fig5, Fig6)。CM社ならびにGGB社において3チャンネル以上の汎用型多端子プローブは製品群に存在するが、高周波伝送には対応していないのが現状である(Fig. 7, Fig. 8)。

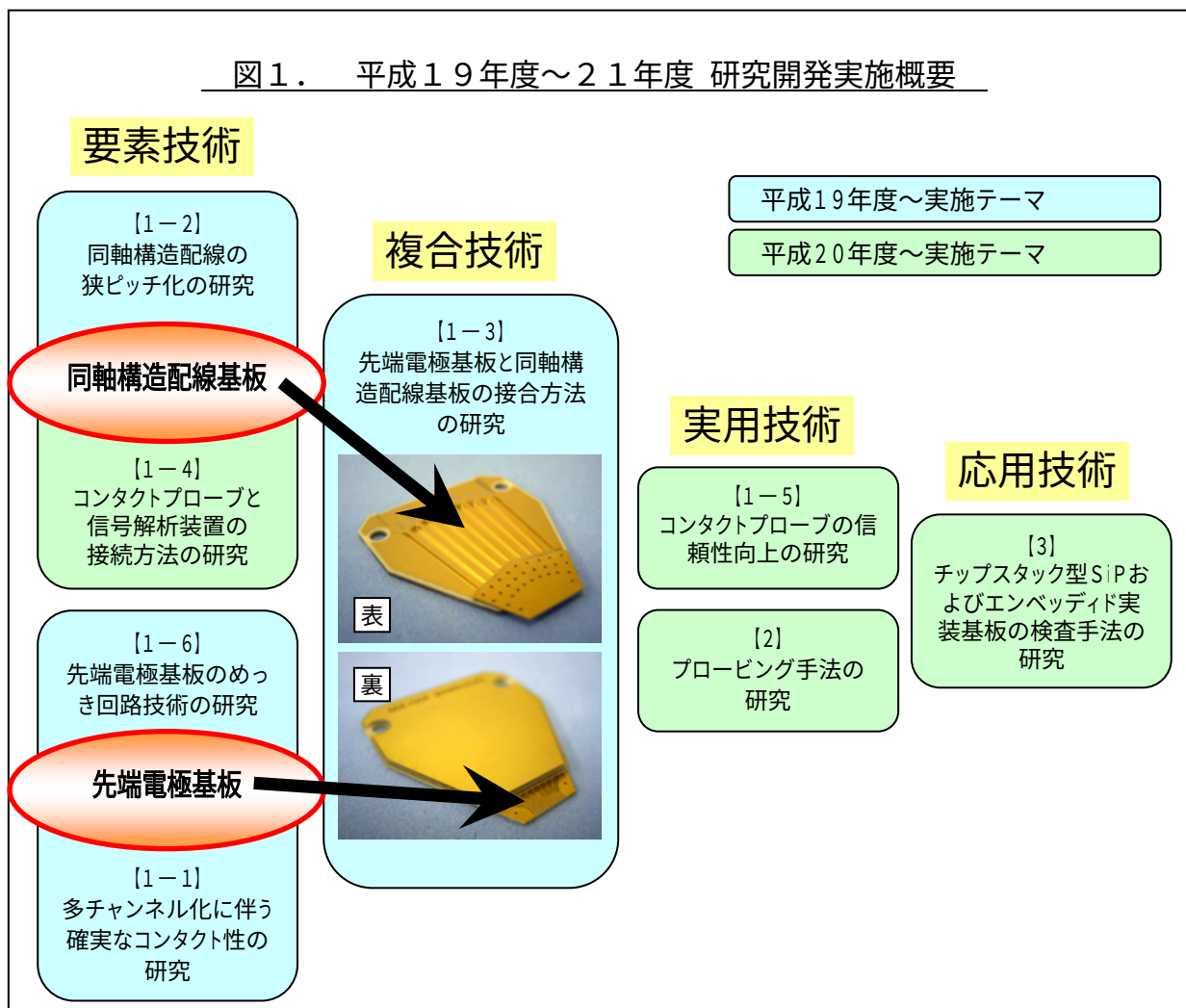


(3) 研究開発の目的

これらの背景を踏まえ、本研究開発において、次世代の高速高周波対応3次元実装型SiPの試験検査に対応すべく、多段検査ポイントに柔軟に対応でき、さらに次世代の高速情報処理化すなわち伝送信号の高速高周波化に対応すべく40ギガヘルツに対応した伝送経路を有し、8端子同時コンタクトによる同一時間軸における信号間の影響が検出でき、10年後の半導体製造技術を鑑みて検査ポイントピッチを20μmとし、量産に耐えうる20万回コンタクトを実現したコンタクトプローブおよび試験検査手法を確立することで、次世代3次元実装型SiPの開発期間の短縮、複数の検査ポイントを一括して検査できることによる検査工程の負荷の軽減、中間検査手法を確立することによる低コスト化や省資源化、これまでの点接触から面接触とすることで検査対象へのダメージの低減を実現することにより、次世代3次元実装型SiPの高度化と普及に拍車をかけることを目的としている。

(4) 研究開発の目標

平成19年～21年の研究開発実施計画の概略は図1ようになるが、本年度の目標はS i P試験検査技術の主軸となるコンタクトプローブ製造のための要素技術、複合技術の高度化に重心を置いている。



【1-1】多チャンネル化に伴う確実なコンタクト性の研究

先端電極基板の平坦度・接触抵抗、先端電極基板の弾力性・圧力、被検査対象へのダメージの関係を要素試作品にて検証し、コンタクトプローブ試作に向けて構成の優先順位や可否を決定する。本年度の目標は、要素試作品による各種特性データの蓄積により、次年度より本格的に試作を始めるコンタクトプローブの製造仕様を確定することにある。

【1-2】同軸構造配線の狭ピッチ化の研究

先端電極ピッチのさらなる微細化実現のため、同軸構造配線のピッチを微細化する。

先端電極基板と同軸構造配線基板の接続（テーマ【1-3】）では両基板の回路配線ピッチを同一にする必要があり、また先端電極基板の回路配線はS i Pコンタクト端子のピッチまで徐々に狭めていく必要があり、同軸構造配線基板と先端コンタクト部のピッチの差により先端電極基板の長さが左右される。高周波信号の低損失化のためには先端電極基板

の配線を短くする必要があり、そのために同軸構造配線の狭ピッチ化が求められる。

本年度の数値目標は、0.6mm ピッチ同軸構造配線において 20GHz の高周波伝送に耐える仕様とした。

【1－3】先端電極基板と同軸構造配線基板の接合方法の研究

先端電極基板と同軸構造配線基板を均一にムラなく接合するはんだ実装技術確立することで、チャンネルごとの特性インピーダンスの変動を±1オーム以内に抑えることを目標とした。

【1－6】先端電極基板のめっき回路技術の研究

本委託事業以前の取り組みでは先端電極基板のコンタクト電極間ピッチが 200 μm であったため、エッチング工法でも製作が可能であったが、本委託事業では最終目標を 20 μm ピッチに設定しているため、フォトリソ技術と電鍍めっき技術(セミアディティブ工法)により製作する必要がある。

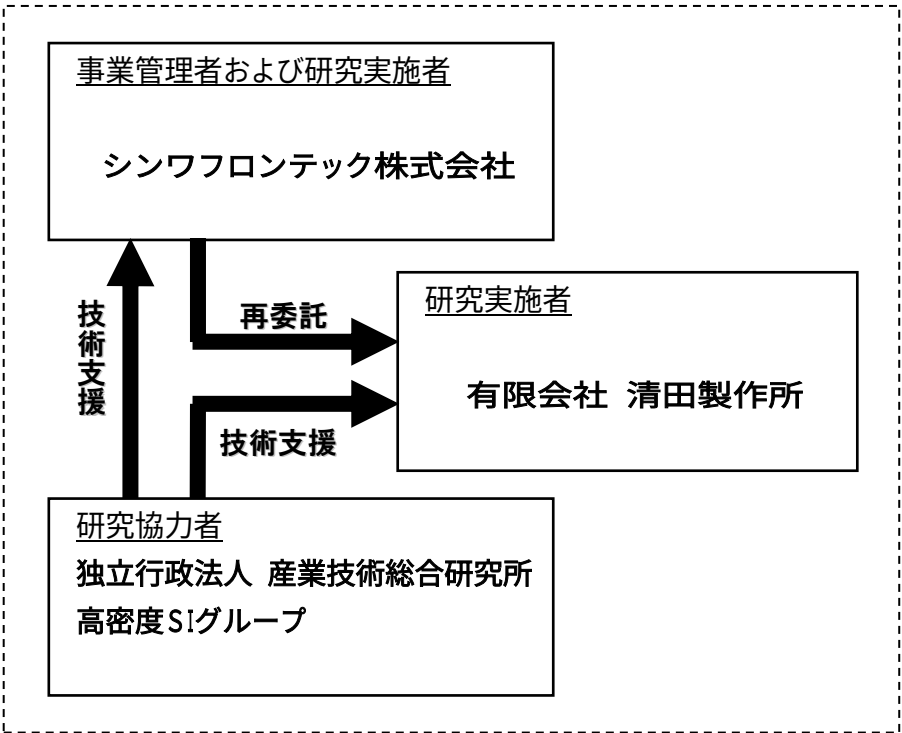
さらに、コンタクトプローブの先端電極として耐摩耗性やコンタクトの繰り返しによる電極配線の反りや変形のない耐剥離性が求められるため、本テーマではこれらを網羅するめっき技術確立する。

年度目標は表面硬度 300 ビッカース、電着応力±800PSI に設定した。

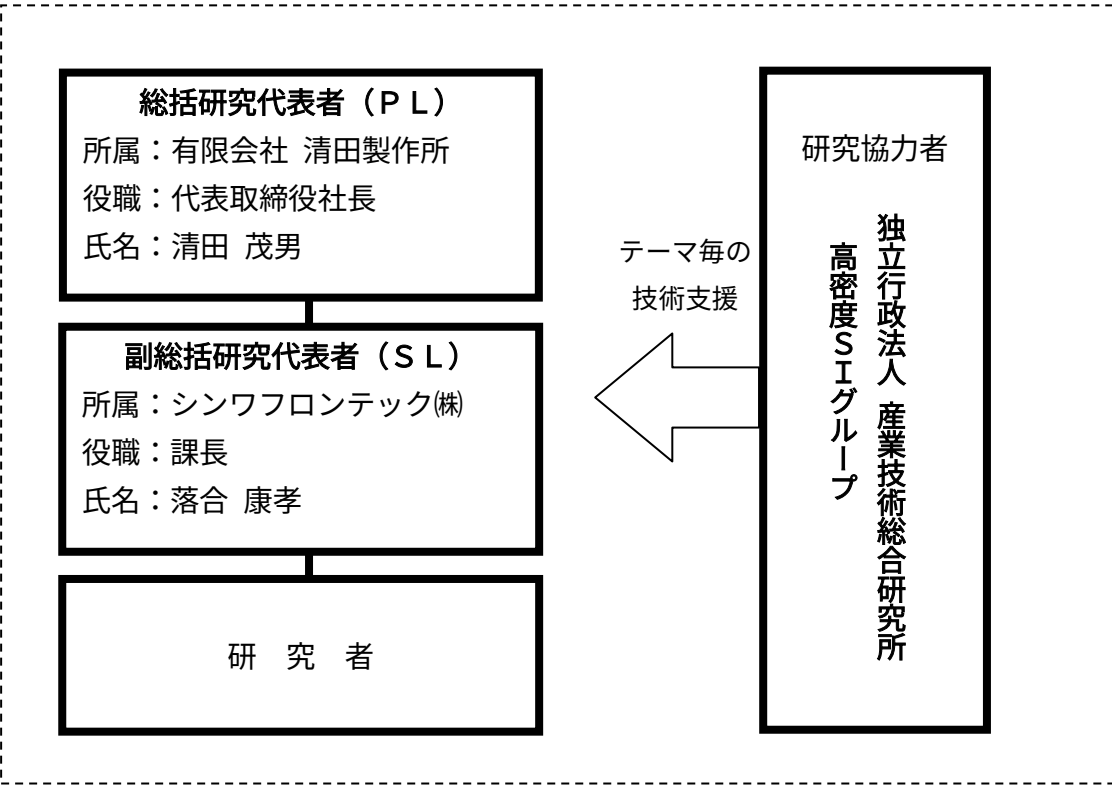
1－2 研究体制

(1) 研究組織

全体組織

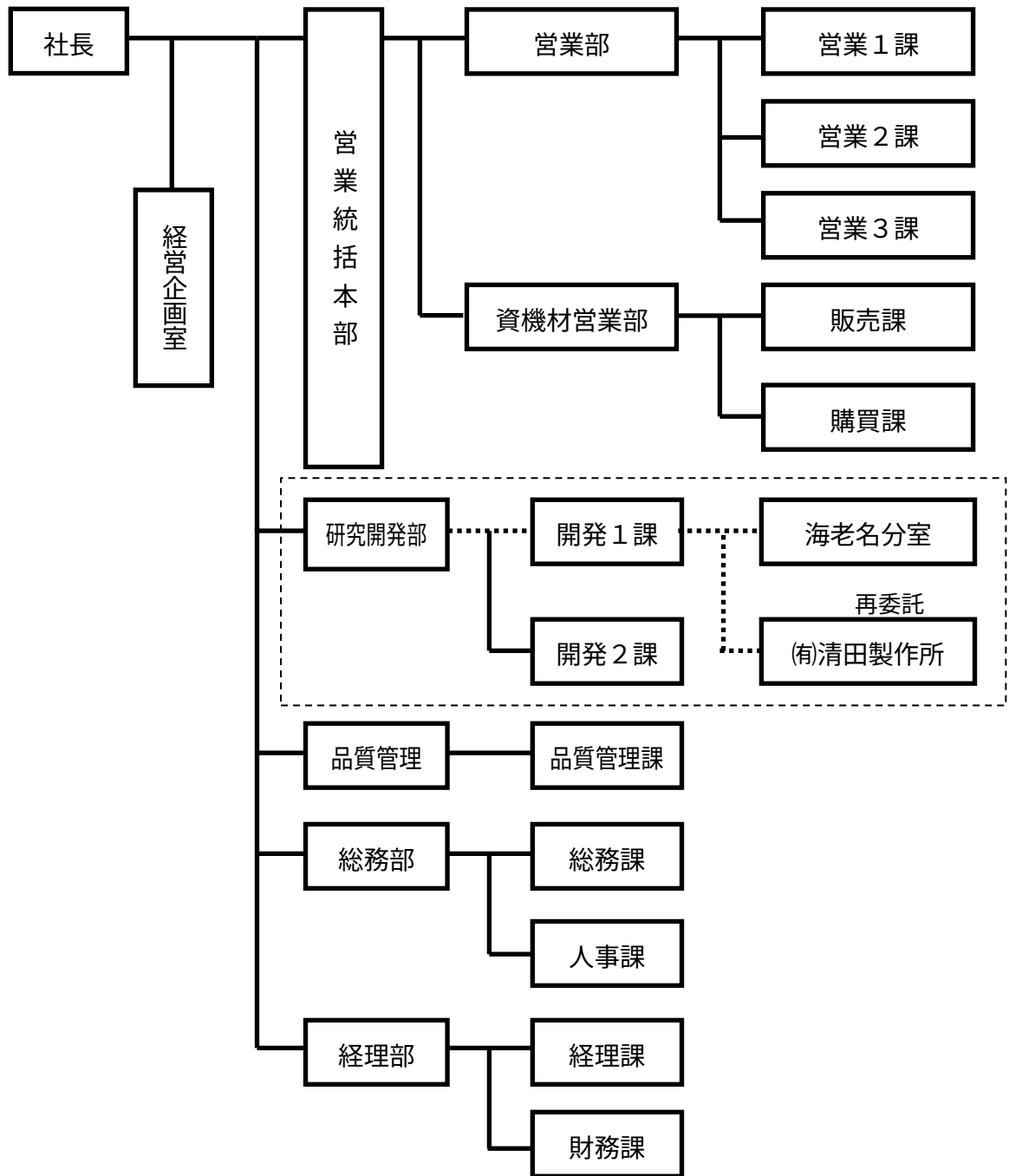


研究組織

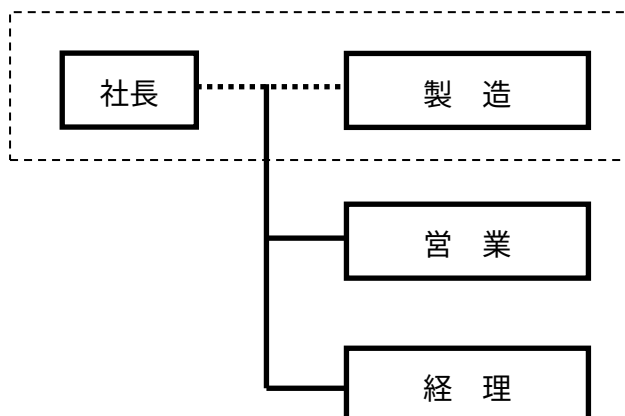


(2) 管理体制

①事業管理者, 研究実施者 [シンワフロンテック株式会社]



②再委託先 [有限会社 清田製作所]



(3) 管理者および研究者

【事業管理者】 【研究実施者】 シンワフロンテック株式会社

業務管理者

氏 名	所属・役職	実施内容 (番号)
藤田 洋行	経営企画室長 兼 研究開発部長	[4]

経理担当者

氏 名	所属・役職	実施内容 (番号)
斉藤 容江	経理部長	

研究員

氏 名	所属・役職	実施内容 (番号)
落合 康孝	開発部一課 課長	【1-2】
今井 昌一	開発部一課 研究員	【1-2】
和田 辰男	開発部一課 海老名分室 室長	【1-1】 【1-6】
岡田 英司	開発部一課 海老名分室 研究員	【1-6】
阿部 拓郎	開発部一課 研究員	【1-6】
塚本 正博	開発部一課 研究員	【1-6】

【再委託先】 【研究実施者】 有限会社 清田製作所

経理担当者

氏 名	所属・役職	実施内容 (番号)
清田 芳子	経理	

研究員

氏 名	所属・役職	実施内容 (番号)
清田 茂男 松村 清 土屋 尚臣	代表取締役 主任	[1-1] [1-3] [1-1] [1-3] [1-1] [1-3]

【研究協力者】 独) 産業技術総合研究所 エレクトロニクス研究部門 高密度S Iグループ
協力者

氏 名	所属・役職	実施内容 (番号)
青柳 昌宏 仲川 博 菊地 克弥	グループ長 主任研究員 研究員	} [1-1] [1-2] [1-3] [1-6]

(4) 参画企業および法人所在地

シンワフロンテック株式会社 本社 (最寄り駅: J R南武線 武蔵中原駅)
〒211-0053 神奈川県川崎市中原区上小田中2丁目4番地12号

シンワフロンテック株式会社 海老名分室 (最寄り駅: J R相模線 海老名駅)
〒243-0435 神奈川県海老名市下今泉705-1
神奈川県産業技術センター内 製品開発室1-4

有限会社 清田製作所 (最寄り駅: J R京浜東北線 上中里駅)
〒114-0016 東京都北区上中里2丁目32番地12号

独立行政法人 産業技術総合研究所 エレクトロニクス研究部門 高密度S Iグループ
(最寄り駅: J R常磐線 荒川沖駅)
〒305-8568 茨城県つくば市梅園1丁目1番地1号 中央第2

1－3 成果概要

(1) 研究実施期間

平成19年9月3日～平成20年3月22日

(2) テーマ別成果概要

a. 【テーマ1－1】多チャンネル化に伴う確実なコンタクト性の研究

数種類の電極ピッチで基板試作し、現在の技術レベルにおける製造限界が60 μm ピッチであることを確認し、コンタクト性の検証を行うための先端電極基板の仕様を当面60 μm ピッチとした。

b. 【テーマ1－2】同軸構造配線の狭ピッチ化の研究

当初の目標であった高周波特性の計測まで至らなかったものの、微細ルーター加工機の導入と運用が円滑に進捗し、0.8mmピッチ同軸構造配線の仮加工条件を得た。さらなる加工条件の最適化のためには高周波伝送特性を計測する必要があるが、そのための評価用基板の設計が完了した。

c. 【テーマ1－3】先端電極基板と同軸構造配線基板の接合方法の研究

本委託事業以前に製作した先端電極基板と同軸構造配線基板のはんだ接続を試行し、実装条件確定まであと少しの段階まで進捗した。

d. 【テーマ1－6】先端電極基板のめっき回路技術の研究

ほぼ計画通りに電鍍めっき液が調製でき、電着応力も目標数値 $\pm 800\text{ PSI}$ を下回る $+487\text{ PSI}$ を達成した。

第2章 研究開発報告

1-1 多チャンネル化に伴う確実なコンタクト性の研究【テーマ1-1】

(1) 本テーマの目的

端子数が多くなることにより、接点電極の高さのばらつきが確実なコンタクトの障害となる。また、3次元実装型S i PパッケージにおけるL S Iチップ間ワイヤー結線前の試験検査を視野に入れた場合、ワイヤー結線不良の要因とならないよう、コンタクトの際に打痕が残らない先端構造が求められる。これらのことから、先端電極の平坦度・接触抵抗、先端電極基板の弾力性・圧力、被検査対象へのダメージの関係を要素試作にて検証し、コンタクトプローブ試作に向けて構成の優先順位や可否を決定する。

(2) 研究の内容

a. 転写法によるCuファインパターン形成

① 目的

先端電極基板の試作に向け、現状の技術レベルにおける接点電極幅の限界値を把握することを目的とする。

② 実施計画と実績

		計画	9	10	11	12	1	2	3
		実績	月	月	月	月	月	月	月
ファインピッチ転写技術確立-1. (L/S=20/20μm)									
①DFレジスタパターン形成・見積→発注→形成加工	DF・SUS板マスター・露光機・マスクフィルム・乾板 プリプレグ・接着剤付PI・研磨・薄膜硫酸銅(2μm)								
②電鍍回路形成	ソフトNi・硫酸銅電鍍・銅表面粗化・DFマスク剥離								
③ホットプレス転写積層(他社プレス機借用)									
④小型積層機・見積→申請・発注→設置	有効サイズ:□250mm・10t・Max. 220℃								
⑤転写積層品の一次性能評価	回路断面観察・ピール強度・熱サイクル・半田耐熱								

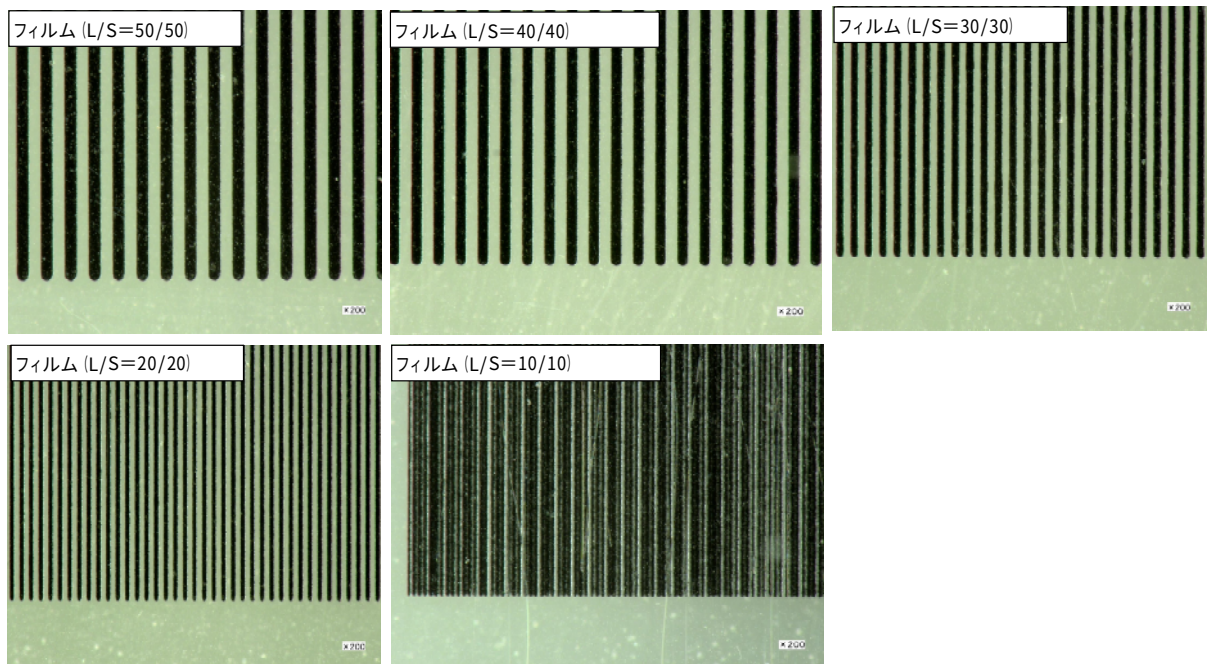
③ 試作スペック

- ・電極幅(L/S) 150、125、100、90、80、70、60、50、40、30、20、10 (μm)
- ・基板寸法 100mm×100mm 厚さ1.0mm
- ・電極金属 銅
- ・電極厚み 20μm
- ・基板材質 PI:ポリイミド(宇部興産 UPILEX 50S)
- ・電極形成工法 セミアディティブ法
- ・電極形成工法 転写法による電極埋込(BS:ボンディングシート:有沢製作所 AY50KA)

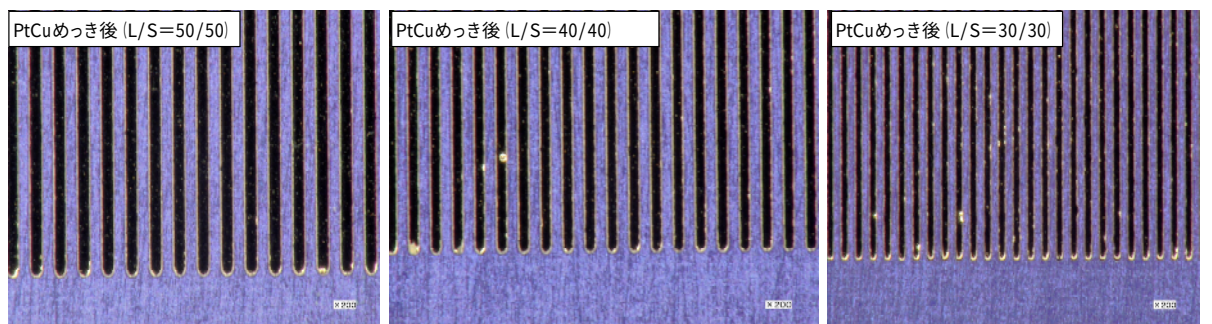
④ 工程および課題

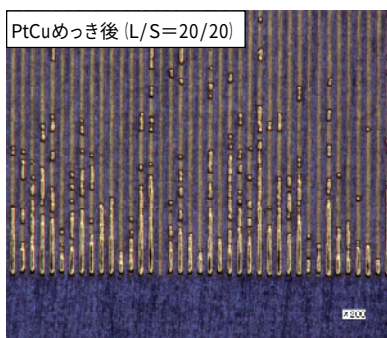
工程名	仕様	課題
SUS板研磨1	バフ研磨 #600	
SUS板研磨2	テスト1: #800ペーパーにて研磨 テスト2: サンドブラスト #400にて研磨	サンドブラストではPI転写後簡単にハクリができない。 また、ブラストの凹凸が大きい為ファインPtに適さない。 #800程度の研磨がよさうだ。
SUS板フラッシュめっき	前処理 希硫酸有り 1A/dm ² にてめっき厚3μm狙い	黒化処理にてフラッシュめっきがなくなってしまう。 5μm~6μm程度のめっき厚が必要と見る。
DFラミネート	DF=FX930 (デュボンMRC) 使用 DF厚:30μ	
露光	オーク製作所 平行光露光機使用 照度: 4.3mv/cm ² 露光量: 25mJ/cm ² 30カウント 露光時間約2s	平行光を使用した、露光現像の条件がでない。 断面観察よりDF回路は10μm程度細くなっている。
現像	現像液: アパクリン (日本表面化学) 現像時間15~18s ライン速度: 4.5m/min規定時間でポンプ停止し、回路面下向き	露光現像条件見直し必要。
PtCuめっき	前処理 希硫酸有り 1.5A/dm ² にて (電極幅10、15、20、25μmをターゲット)	電極幅20μmにおいてはめっきが付いていない 前処理に濡れ性の良い酸性脱脂が必要と判断。
DFハクリ	水酸化ナトリウム3wt%	
プレス前処理	希硫酸 黒化処理は下地のSUSが出てきた為 NG	フラッシュめっき=3μmでは、黒化処理後に部分的 になくなる箇所がある。(5~6μm必要と見る)
レイアップ	シリコンゴムシート使用 別途層構成参照	十川ゴム製KK125シリコンシートは柔らかすぎる ゴムシートの選定必要。
プレス (PI転写)	60°→160° (昇温)、160° (50分保持)、160°→40° (冷却) 製品圧力: 40kg/cm ² 、プレス中真空 段内に製品を4枚並べた	断面観察より、回路間にボイドはなし。 積層条件は良いと判断。
SUS板からの剥離 フラッシュエッチング	テープにて裏面の銅をはがしきかけをつくる。 黒化処理ラインのソフトエッチ使用	サンドブラスト品は、剥れない →BS-PI間で剥れるNG。 #800研磨品は簡単に剥れる (OK)。 黒化処理したものは、BSとSUS板がはりついた (NG) →下地フラッシュめっき厚は5~6μm程度が良いと思われる。

【マスクフィルム写真】

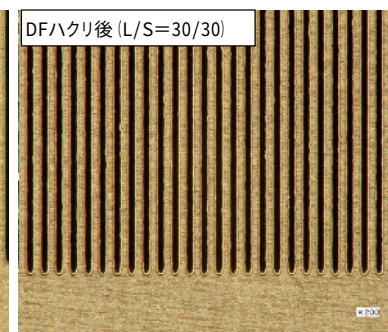
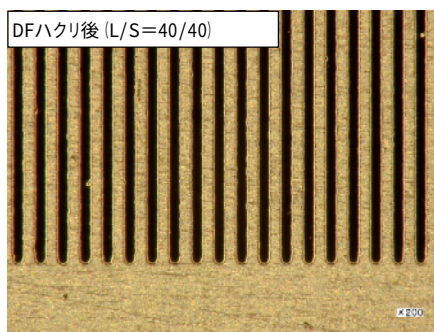
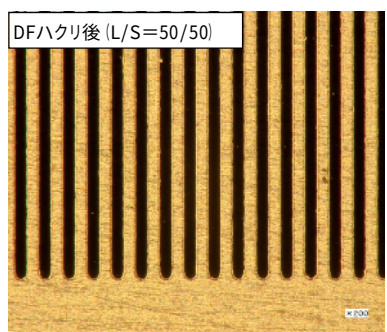


【PtCuめっき後写真】

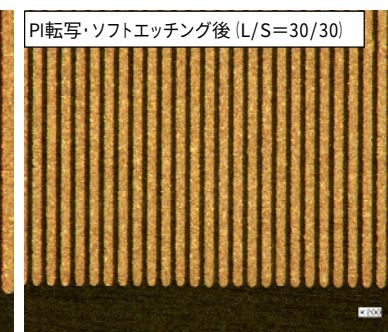
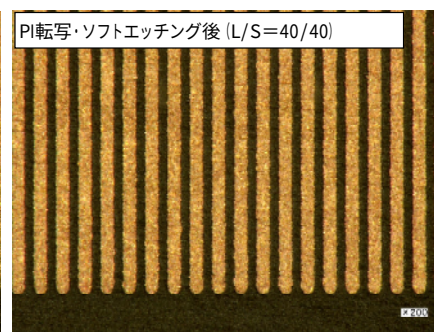
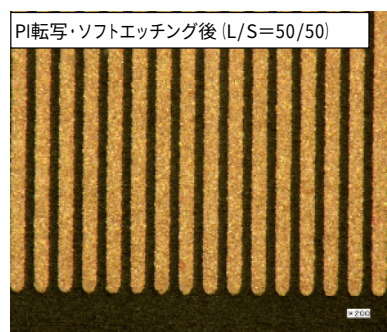




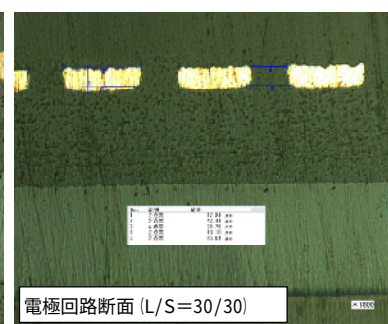
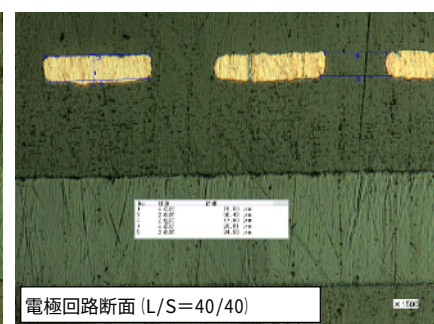
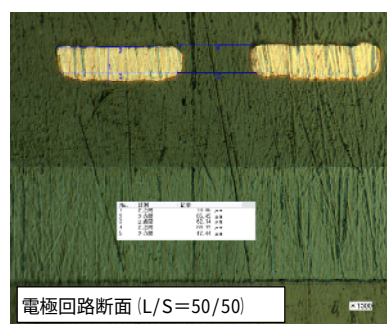
【ドライフィルム剥離後写真】



【ポリイミド転写・ソフトエッチング後写真】



【電極回路断面写真】

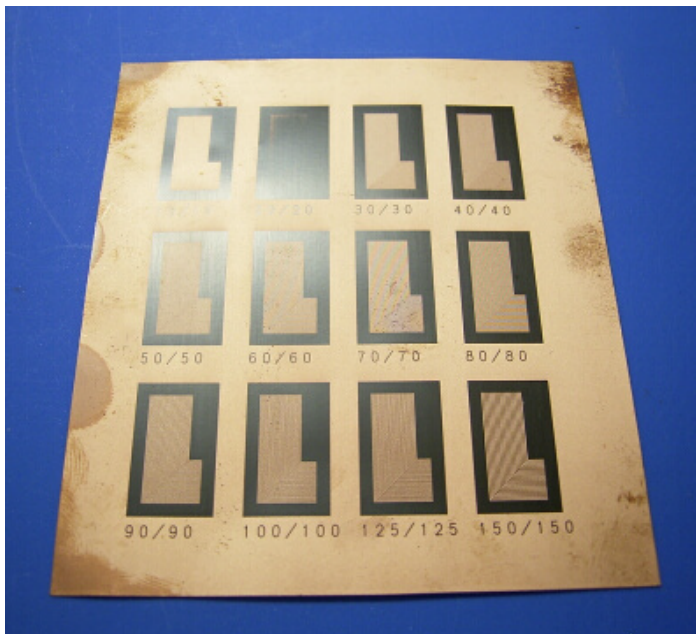


【積層プレス レイアップ構成】

クッション8枚
リケイ
SUS板
リケイ
ゴム
リケイ
BS+PI
製品SUS
リケイ
ゴム
リケイ
SUS板
リケイ
クッション8枚
プレート

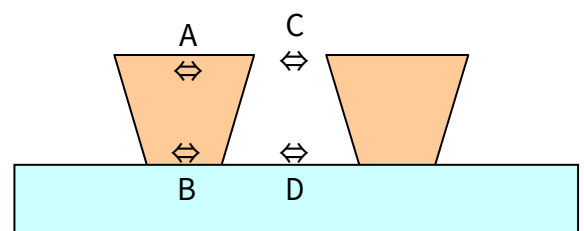
★プレス条件
・160℃ 50分保持
・40kg/cm²

【試作基板全体画像】



⑤ 結果

L/S	フィルム	DF回路	めっき後	転写後	断面観察による回路幅 (μm)
50/50	○	○	○	○	(A:65 B:62)、(C:38 D:42)
40/40	○(回路凸凹小)	○	○	○	(A:50 B:47)、(C:30 D:34)
30/30	△(回路凸凹大)	△	△	△	(A:42 B:38)、(C:19 D:25)
20/20	△(回路凸凹大)	×	×	×	×
10/10	×	×	×	×	×



⑥ 考察

① マスクフィルム

今回はプリント基板製造に一般的に使用される富士フィルム社製レーザーフォトリソ用IP-L175S感光フィルムを使用し、描画はダイナトロン社製フォトリソプロッターRP212（最小スポット径8 μm ）で行ったため、40 μm 電極幅以下で画像端部の平滑性が失われ、10 μm ではフィルムマスクとして意味を成さない仕上がりであった。これは半導体製造用のガラスマスクに置き換えることで対策できる。

② ドライフィルムの形成

仕上がりが10 μm 程度太くなったことから、露光条件の最適化が必要である。今回は膜厚を30 μm としたが、膜厚をさらに薄くすることを目的としてドライフィルム自身の再選定も視野に入れる必要がある。

③ PtCuめっき

電極幅20 μm において電鍍めっきされていない箇所が多く発生している。これは前処理として酸性脱脂剤による洗浄で対策できると考える。

④ 積層プレス前処理

電極回路とポリイミドの密着性を向上させるため、電極回路表面に粗化处理（黒化处理）を施しているが、予想以上にSUS板上に形成した3 μm 銅膜を侵したため、SUS板が露出した。これは銅膜を6 μm に変更したり、粗化处理自身の工法を置き換えることで対策できると考える。

⑤ 積層プレス

これまで実績のない電極回路幅20 μm に対応するため、ボンディングシートへの埋込性を期待しシリコンゴムシートで圧力の分散を期待したが、基板の変形が大きく、断面観察でも電極回路の“うねり”が確認できる。これはシリコンゴムシートが柔らかすぎることに起因すると思われ、弾性の異なるゴムシートで試行する必要がある。

⑦ まとめ

マスクフィルムの限界により電極回路幅10 μm の製造上の検証が行えなかったが、電極回路幅20 μm も電鍍銅めっきで不具合が生じており、現段階の技術レベルにおいては電極回路幅30 μm が限界であることが確認された。このスペックは、先端電極ピッチとして考えると60 μm ピッチに相当する。

先端電極ピッチの最終目標は20 μm ピッチとしており、引き続き電極回路の細線化を進めるが、本テーマで検証を行う確実なコンタクト性の各種条件は、当面60 μm ピッチ仕様の先端電極基板で実施することとする。

b. コンタクト回数試験機の製作

① 目的

先端電極基板の要素試作品や、次年度より試作するコンタクトプローブの特性検証を行うため、自動でコンタクトし、さらに将来的に各種電気特性をパソコンで記録できる拡張性を有した試験装置を製作する。

② 実施計画と実績

			計画  9 10 11 12 1 2 3						
			実績  月 月 月 月 月 月 月						
A	多チャンネル化に伴う確実なコンタクト性の研究								
	①回路設計	基板サイズ: □100mm・パターンフィルム							
	②転写・積層試作: Auめっき(2L・ピーカ)→裁断→組付	研磨・薄膜銅・DF積層・露光・現像・Ni・Cu電鍍・粗面化							
	③コンタクト回数試験機仕様設定・見積→申請・発注→組付	新規製作の予定より、既存品の改造に計画変更							
	④コンタクト性能(耐久性・被検査品への損傷・汚染性)チェック	顕微鏡・断面観察・電気抵抗・その他							

③ 結果

当初の計画では新規に製作する予定であったが、清田製作所で保有する装置の改造で対応できることがわかり、実際の検証日程が具体化するまで保留とした。

(3) まとめ

次のステップとして実施する先端電極基板の要素試作スペックについて、現状の技術レベルでの限界値である60 μmピッチとした。

コンタクト性能の検証は自動試験装置で実施するが、新規で製作せず、既存装置の改造で対応することとした。

1-2 同軸構造配線の狭ピッチ化の研究【テーマ1-2】

(1) 本テーマの目的

先端電極ピッチのさらなる微細化実現のため、同軸構造配線のピッチを微細化する。

先端電極基板と同軸構造配線基板の接続（テーマ【1-3】）では両基板の回路配線ピッチを同一にする必要があり、また先端電極基板の回路配線はS i Pとのコンタクト部のピッチまで徐々に狭めていく必要があり、同軸構造配線基板と先端コンタクト部のピッチの差により先端電極基板の長さが決定される。高周波信号の低損失化のためには先端電極基板を短くする必要があり、そのために同軸構造配線の狭ピッチ化が求められる。

(2) 研究の内容

a. 微細ルーター加工機の導入

① 目的

本委託事業以前の取り組みにおいて、同軸構造を形成するための樹脂加工を外部業者依存しており、研究要素が含まれることから受注量が減少しているタイミングでないと対応してもらえず、標準納期3ヶ月であったことから研究開発遅延の要因にもなっていた。さらなる狭ピッチ化の研究に際し、専用設備で対応することで研究期間の短縮とノウハウの内部蓄積を目的とする。

② 実施計画と実績

		計画	9	10	11	12	1	2	3
		実績	月	月	月	月	月	月	月
A	微細ルーター加工機の導入								
	①微細ルーター加工機:見積→発注→搬入	発注先:碌々産業(株) 機種:MEGA-S400 搬入日:10月27日							
	②空調室工事	発注先:㈱ヨシダ 工事日:10月9日～12日							
	③トレーニングスクール基礎コース	10月16日～18日 碌々産業(株)静岡工場にて							
	④操作研修	10月29日～31日 シンワフロンテックにて							

③ 結果

本委託事業以前の取り組みにおいて、初期はレーザーによる加工を試みていたが、加工側面に焦げ付きや段差が生じ、同軸構造配線として良い伝送特性は得られなかった。改善策として樹脂加工を検討し、加工機械メーカーである碌々産業株式会社の研究部門へ相談し加工を依頼した結果、論文発表(※1)できる特性を有する成果物を得た経緯がある。この際に加工に使用したのと同じ加工機を導入しており、加工対象が明確なことから、碌々産業社へ加工依頼を行った際の加工条件などの実施内容が記録に残っていたことから、導入は円滑だった。

※1 第16回エレクトロニクス実装学術講演大会(2002.3) 口頭発表および論文集
第18回エレクトロニクス実装学術講演大会(2004.3) 口頭発表および論文集

b. 同軸構造の狭ピッチ化の実現

b-1. 0.8mmピッチ同軸構造の実現

b-1-1. 目的

先端電極ピッチのさらなる微細化実現のため、同軸構造配線のピッチを微細化することを目的とする。

b-1-2. 実施計画と実績

		計画	9	10	11	12	1	2	3
		実績	月	月	月	月	月	月	月
B	同軸構造の狭ピッチ化の実現								
	①0.8mmピッチ同軸構造の実現	φ0.4mmドリルによる加工条件最適化							
	②0.6mmピッチ同軸構造の実現	φ0.3mmドリルによる加工条件最適化							
	③高周波伝送特性の検証	高周波伝送特性測定・評価							

b-1-3. 研究の内容

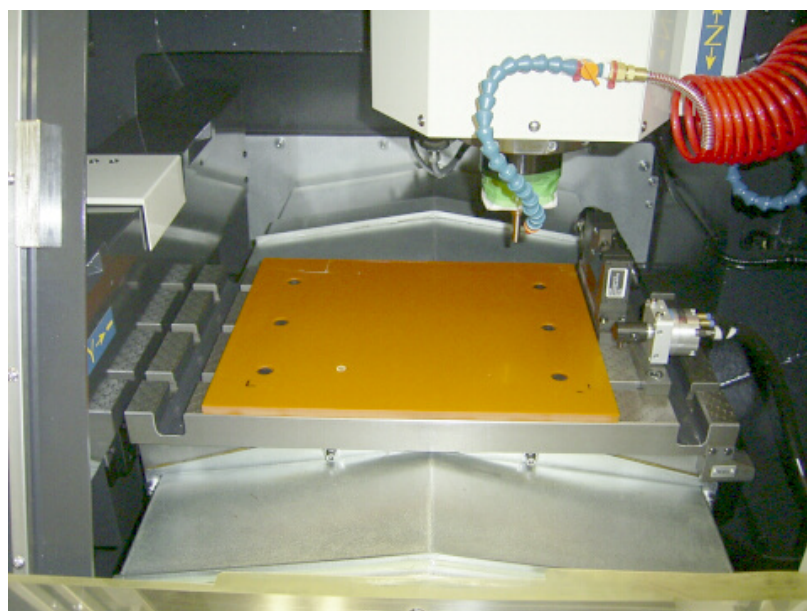
b-1-3-1. 加工テーブルの製作

①製作の目的

導入した微細ルーター加工機は、エンドミルと呼ばれる主に精密金型を研削するための仕様となっており、樹脂加工に特化した加工機ではない。本委託事業での加工対象は樹脂板となるため、対象物の固定はネジ止めではなく、ピンガイド挿し込みによる方法に対応させる必要があった。

②製作の方法

10mm厚のベーク板を適当な大きさに裁断し、加工機本体のネジ穴に合わせて6ヶ所にφ8mmの穴を明け、ネジで加工機本体に取り付けた。



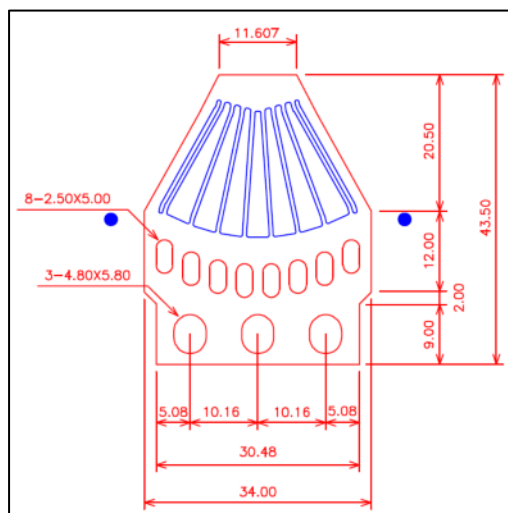
b-1-3-2. $\phi 0.4$ mmドリルによる加工

①研究の目的

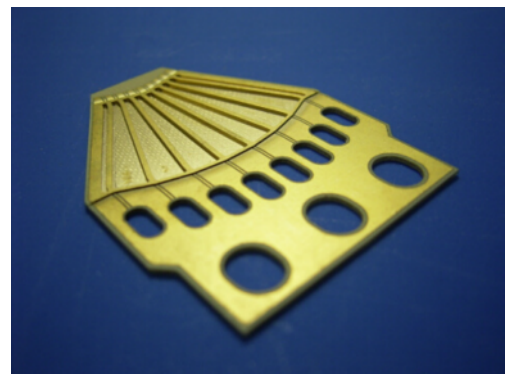
本委託事業の最終目標として同軸回路配線のピッチは 0.3 mmピッチとしており、この際の使用ドリルは $\phi 0.15$ mmである。加工条件の最適化を図るためには、少なくともドリルが折れずに加工が完了する必要がある、問題点の明確化と試行錯誤の機会を多くすることを目的として、比較的折れにくいと判断した $\phi 0.4$ mmドリル（同軸構造配線 0.8 mmピッチ用）から始めることとした。

②加工データの選定

加工データのテキスト打ち込みによるセミナーを受講したが、複雑なデータを手入力で作成するのは難しく、さらに専用の設計ソフトも操作方法の習得が不十分であったため、本委託事業以前に試作したコンタクトプローブ用同軸構造配線基板の加工データを流用することとした。



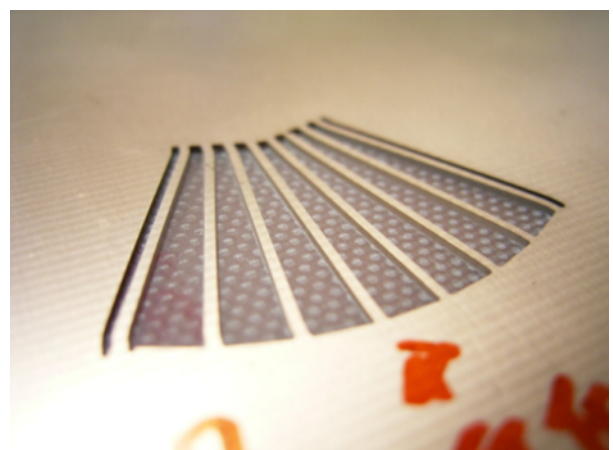
※青色部分が同軸構造配線の左右側面部分の溝加工データ



③加工条件の最適化

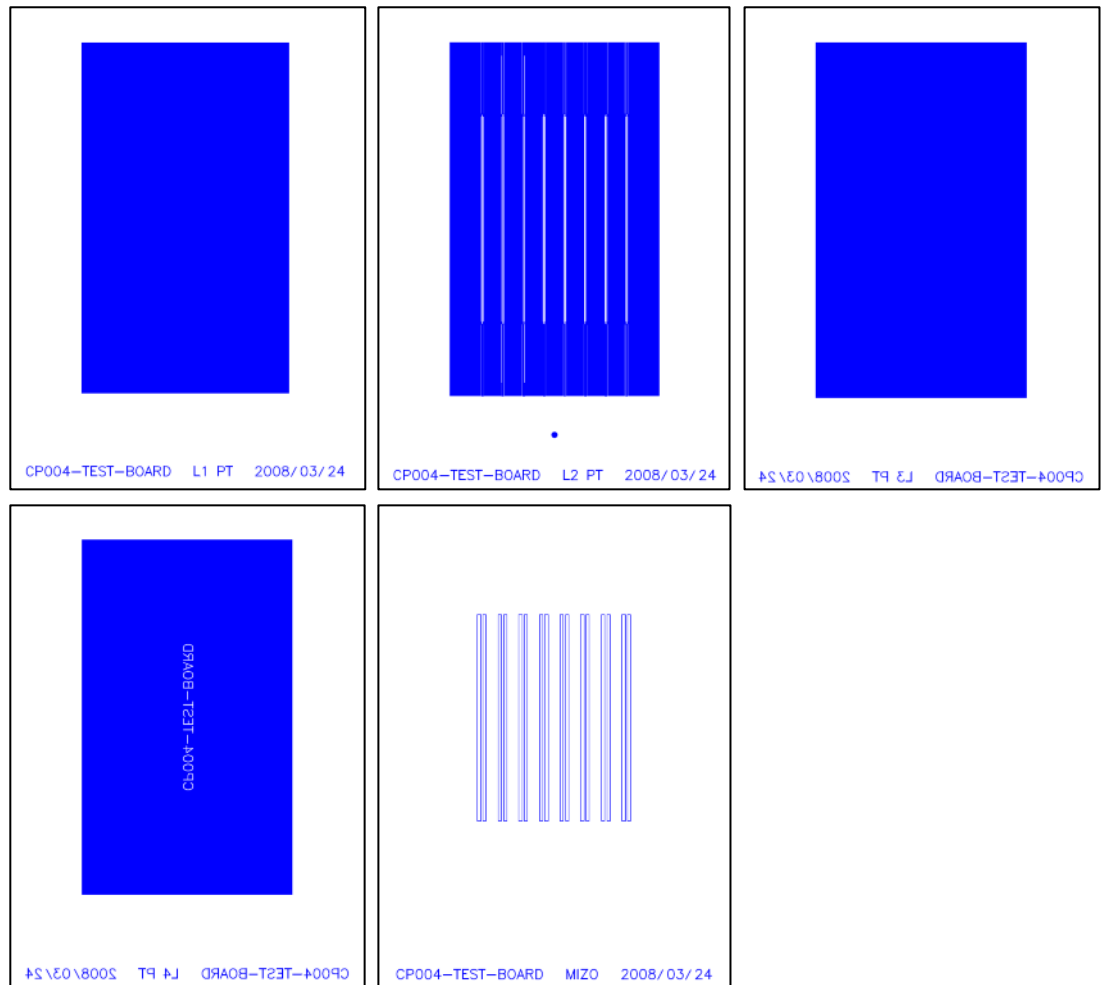
選定した加工データでは溝深さが 0.5 mmであり、 $\phi 0.4$ mmのドリルでは加工付加が大きくドリル折れが発生した。これは一回の加工で溝深さを 0.1 mm加工し、5回繰り返して 0.5 mm掘り込むことで対策できた。

また、加工条件は回転数 40000 rpm、送り速度 100 mm/mで大まかな加工条件として仮設定した。さらなる最適化には、実際に同軸構造配線基板を試作し、高周波信号特性を計測する必要がある。



④高周波特性評価用基板の設計

加工条件最適化のための、高周波特性評価用基板の設計を行った。



⑤高周波特性評価用基板の製作

本年度中の実施には至らなかった。

(3) まとめ

当初の目標であった高周波特性の計測まで至らなかったものの、微細ルーター加工機の導入と運用が円滑に進捗し、0.8mmピッチ同軸構造配線の仮加工条件を得た。

高周波伝送特性を計測するための基板の設計が完了した。

1－3 先端電極基板と同軸構造配線基板の接合方法の研究 【テーマ1－3】

(1) 本テーマの目的

本委託事業以前の取り組みとしてこれまで開発してきた単一チャンネルプローブの先端電極基板とセミリジット同軸ケーブル、および、マルチチャンネルプローブの先端電極基板と同軸配線基板を“手はんだ”による実装で接続したが、多チャンネルの場合は各チャンネルの接合仕上がりのばらつきによる伝送信号の遅延などで正確な検出の障害となる。この問題を解決するため、赤外レーザーはんだ実装装置の導入により、先端電極基板と同軸構造配線基板を均一にムラなく接合する生産技術確立するのが目的である。

(2) 研究の内容

a. 実施計画と実績

		計画	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
		実績	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月
A	赤外レーザーはんだ実装装置の導入											
	①微細ルーター加工機・見積→発注→搬入	発注先: ㈱すばる光電子 機種: 特注品 搬入予定日: 1月25日										
	②納入前仕様確認	予定日: 1月23日										
	③操作トレーニング	実施日: 搬入日										
B	先端電極基板と同軸構造配線基板の接合											
	①テスト基板による接合と評価											
	②先端電極基板と同軸構造配線基板の実装と評価											

b. 赤外レーザーはんだ実装装置の導入

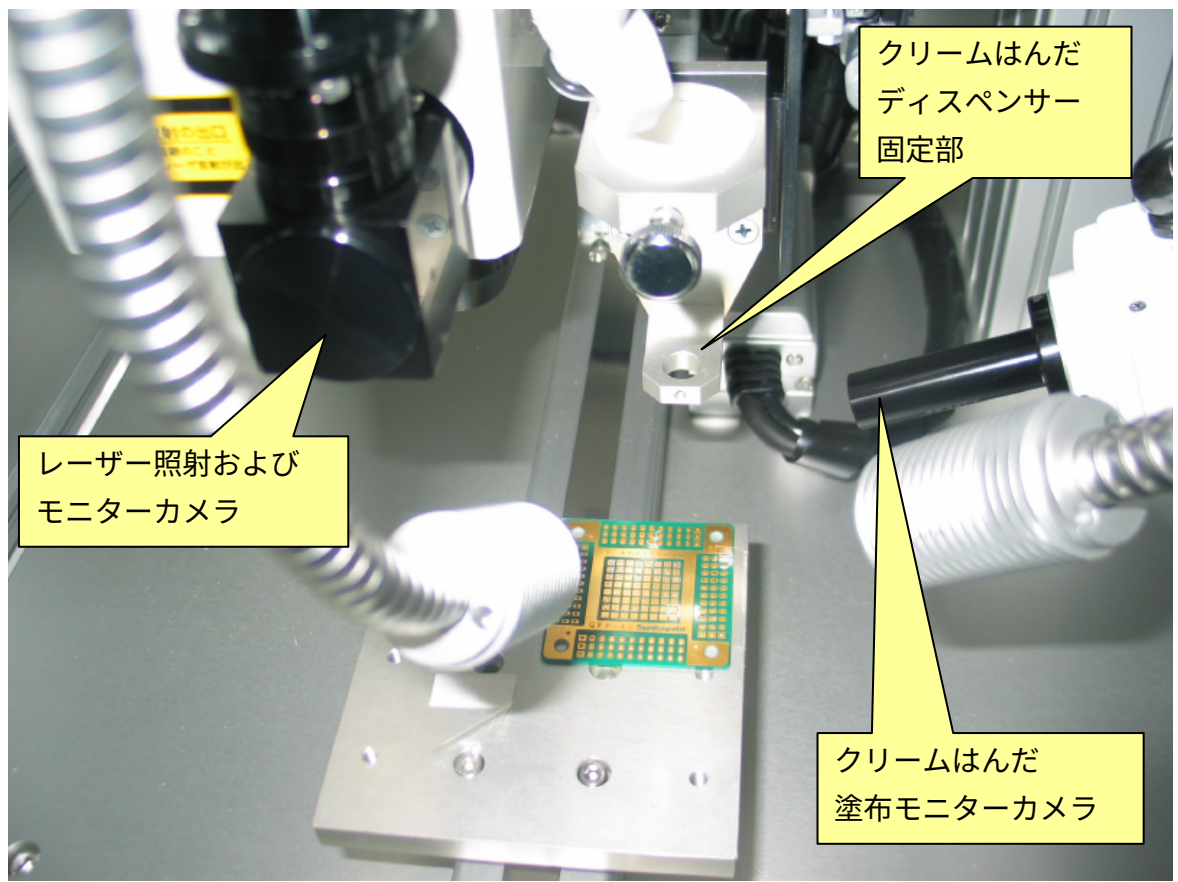
最終的に㈱すばる光電子へ発注したが、最大の選定理由は、はんだディスペンサー機能の内蔵が予算内で実現できたことによる。

これまで微細領域へのハンダ実装が最大の課題であり、論文発表した『20μm ピッチ シングルチャンネル高周波プローブ』も1つの良品を得るのに3日間を要しており、その間に無駄にしている材料が80セットを超える状況であった。針先で塗布した微量のはんだを仕上がり方をコントロールして溶解させるのも至難であったが、一定量の微量ハンダを塗布するのも課題の一つであった。

すばる光電子社ではこの問題に応え、赤外レーザー照射ユニットの横ヘディスペンサーと専用カメラを固定し、ソフトウェア上でレーザー照射とハンダディスペンサーのコントロールを切り分けることを提案し、赤外レーザーはんだ実装装置単体価格で対応した。

ただし、納期が当初の見積段階よりも1ヶ月延びている。

装置全体



レーザー照射および
モニターカメラ

クリームはんだ
ディスペンサー
固定部

クリームはんだ
塗布モニターカメラ

c. 先端電極基板と同軸構造配線基板の接合

c-1. 目的

本委託事業以前に製作した先端電極基板および同軸構造配線基板の実装技術を確立することで、次年度より本格的に試作を行う新規試作品のはんだ接合を円滑に実施することを目的とする。

c-2. 研究の内容

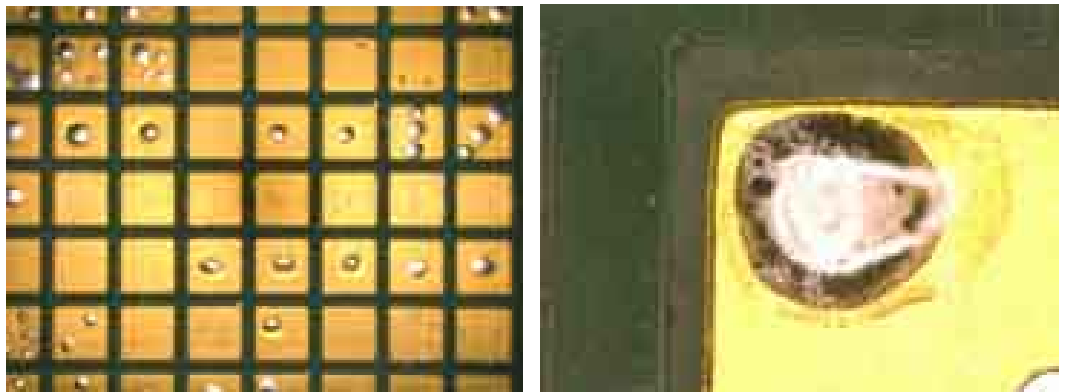
c-2-1. テスト基板による実装評価

メーカー支給のサンプル基板等にてはんだ溶解実験を行い、処理条件の最適化を行った。

(1) メーカー支給サンプル基板

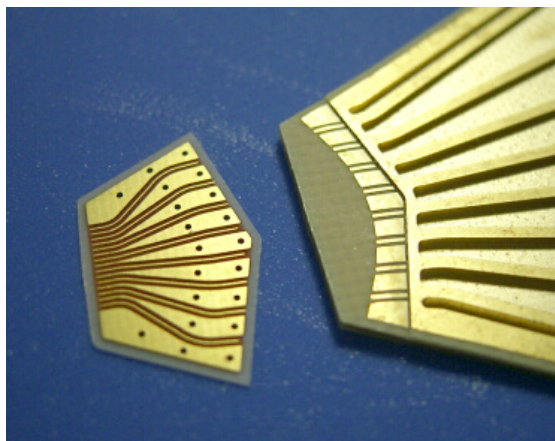
処理条件

- ①内部温度：22.2℃ ②シリンジノズル穴径：0.3 ③エアー圧力：0.35MPa
- ④エアー時間：0.30 ⑤使用半田：FLF01AM2030D
- ⑥使用基板(すばる光電子支給基板 t=1.0)
- ⑦レーザー電流：25A ⑧レーザー照射時間：2秒



(2) 先端電極基板と同軸構造配線基板の実装

本委託事業以前に製作した先端電極基板と同軸構造配線基板のはんだ接続を試行した。



① 実装方法

2 基板を下の写真のように隙間を空けて配置し、その隙間へはんだを塗布し、レーザー照射ではんだを溶解させた。



② 処理条件

- ①内部温度：20.3℃ ②シリンジノズル穴径：0.2 ③エアー圧力：0.35MPa
- ④エアー時間：0.30 ⑤使用半田：FLF01AM2030D
- ⑥使用基板(基板 A 厚さ 0.17 基板 B 厚さ 0.92)
- ⑦レーザー電流：16A ⑧レーザー時間：2 分 15 秒

※レーザー照射はマニュアルモードとし、はんだの溶解をカメラでモニタリングしながら加熱

③ 結果

基板を触ると先端電極基板が剥がれてしまうが、完全ではないが部分的に接続している感がある。

④ 考察

レーザー照射によるはんだの溶解は局部過熱になることから、広い面積でのハンダの濡れ性は期待できない。今回の 2 基板の接続はハンダの濡れ性や回り込みを期待する必要があると思われ、レーザー照射径の調整や、予め基板を過熱しておくなどで改善できる可能性がある。

2 基板の固定はハンダではなく接着樹脂で固めることを想定しているが、はんだ実装後の断線を防ぐためにも、はんだ実装前に 2 基板を固定する治具を早急に検討する必要がある。

(3) まとめ

本年度は明確な成果は得られていないが、当初より本テーマは次年度第一四半期までの計画としており、ほぼ計画通りに推移している。

1-4 先端電極基板のめっき回路技術の研究【テーマ1-6】

(1) 本テーマの目的

テーマ【1-1】および【1-5】の先端電極基板の特性を実現するため、電鍍めっきによる耐摩性微細接点電極形成技術の確立を目的とする。

(2) 研究の内容

a. めっき装置の製作と電鍍めっき液の調製

① 目的

来期からの本格的なコンタクトプローブ試作に先立ち、電鍍めっき環境を整えることを目的としている。

② 実施計画と実績

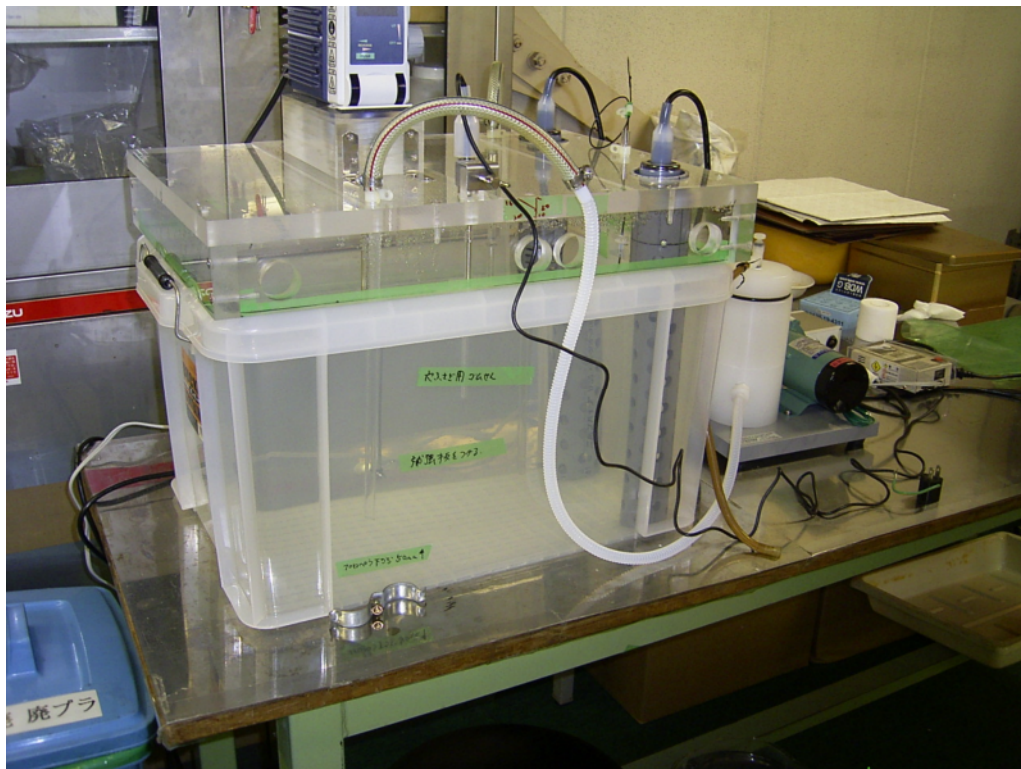
		計画	9	10	11	12	1	2	3
		実績	月	月	月	月	月	月	月
A	ソフトNi電鍍技術(液量:44リットル、ピッカーズ:200~260)								
	①電鍍技術仕様設定:見積→発注→組み付け		→	→					
	②槽洗浄・電鍍液調製(第一段階)			→	→	→			
	③電鍍装置改良変更:槽カバースystem			→	→	→	→		
	④ストレスコントロール(第二段階)						→	→	→

③ めっき槽の製作

■仕様

槽・付帯設備	決定仕様
本槽	PP, 液量=42L, 廃液収納箱を転用(500x330x300mm)
加熱ヒータ	昇温速度:15→50℃/4Hr, 300w x2本
攪拌機	1200~1600RPM, ロッド:SUS304+テフロンコート
濾過機	濾過能力:4L/分, 25μmフィルター
温度制御	常態:48.5℃±1℃, 電源シャットダウン:52℃
液面高さ制御	標準液面高さ=270±5mmで電源シャットダウン
電極棒	φ30mmCu+20μmNi めっき
Ti電極ケース	65x230x220(H)mm, 内容量=3.3L
整流器	15V-50A
アノードバッグ	裏起毛コットン, 70x235x220(H)mm
槽カバー	MA, 20(t)x80(H)mm, 部品台, 液面低下(蒸発)抑制

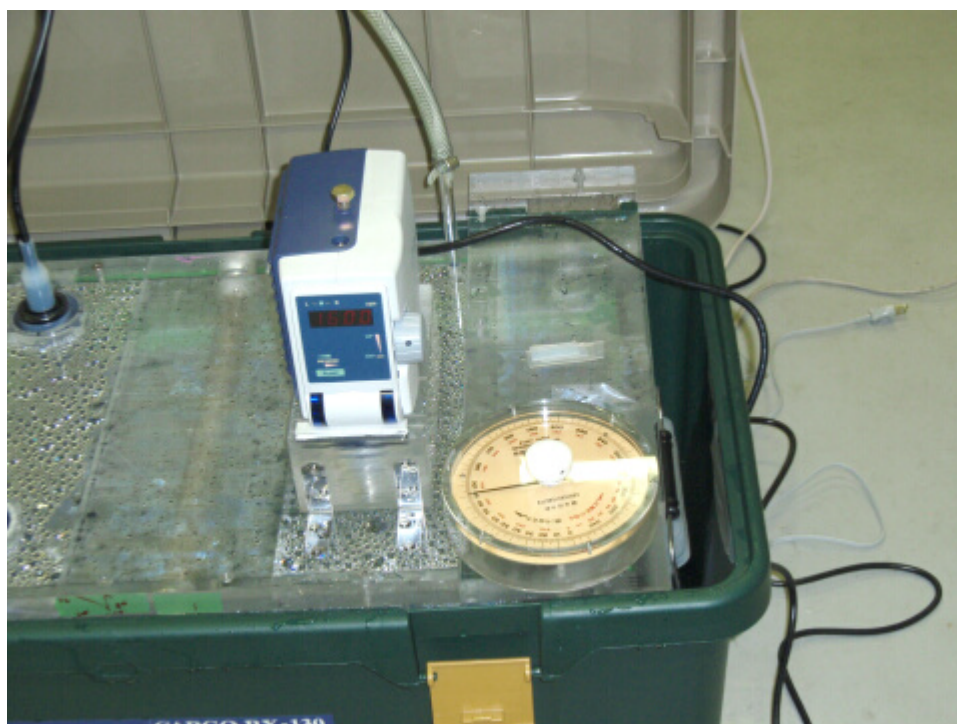
■組み付け



⑤ 電鍍めっき液の応力コントロール

平成20年1月31日より応力調整を開始したが、初期段階の電着応力は+2982 PSI（引っ張り応力）であったため、マイナス方向に調整し、平成20年3月18日現在では、電着応力が+487 PSI まで低下した。

応力計による電鍍めっき液の測定



(3) まとめ

ほぼ計画通りに電鍍めっき液が調製でき、電着応力も目標数値±800PSIを下回る+487PSIを達成した。

本年度の数値目標の一つとして挙げていた表面硬度の測定は、実施に至らなかった。