

平成 2 1 年度戦略的基盤技術高度化支援事業
(平成 2 1 年度補正予算事業)

「高温状態プリント配線基板全自動検査技術の開発」

研究開発成果等報告書

平成 2 2 年 3 月

委託者 中国経済産業局
委託先 財団法人ひろしま産業振興機構

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
1-2	研究体制	4
1-3	成果概要	9
1-4	当該研究開発の窓口	11

第2章 本論

2-1	研究の目的	12
2-2	各論	
(1)	高温用プローブ冶具の試作	13
(2)	高温環境下回路基板検査技術の開発	21
(3)	高温状態での基板プローブ位置決め技術の開発	26
(4)	自動化対応基板連続加熱技術の開発	29
(5)	自動化対応基板連続冷却技術の開発	30
(6)	基板搬送用低コストロボット技術の開発	32
(7)	全自動連続運転技術の開発	33
(8)	全体組立・試運転・改善	34
2-3	今後の課題	37

第3章 全体総括

3-1	目的	38
3-2	原理	38
3-3	装置の製作	38
3-4	全体運転と測定結果	40
3-5	おわりに	40

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

①プリント配線基板の信頼性3要素

一般にプリント配線基板の信頼性については、次の3要素が最も重要であるとされている。

1. 配線層間スルーホールの接続信頼性
2. 基板の経年変化に対する絶縁特性信頼性
3. 多層配線プリント基板の樹脂材料と補強材、銅箔、銅メッキなどとの接着力が半田付け時の熱や、動作時の熱による劣化に対する信頼性

これらのうち1, 3の信頼性は、当初から何らかの不具合があったものが、時間とともに拡大されてきているものと考えられる。

②多層プリント配線基板の不具合の解析

多層プリント配線基板の1・2層接続ホール（ビアホール）の形状とスルーホール部分について断面顕微鏡写真で観察してみると、次の様な現象がわかった。

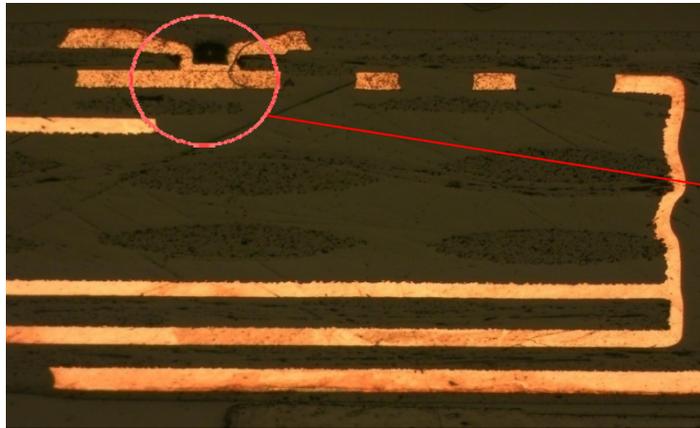


写真1-1

部品接続時の熱による不具合現象 I

部品半田付け時（260℃以下）に発生しているが、常温での電氣的検査では発見不可能である。これは機器に取り付けて動作させていると、時間とともに銅間の剥離が進行して動作不良になる可能性が高い。また、スルーホールの壁部分にも微細なクラックが見られることがある。

ビアホール
レーザ加工穴+銅メッキ

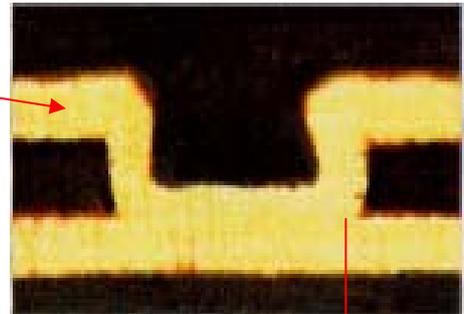


写真1-2

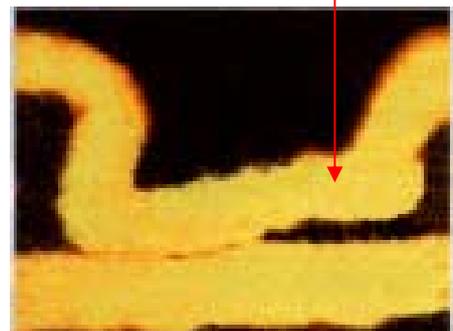


写真1-3

また、スルーホールの壁部分にも微細なクラックが見られることがある。

部品接続時の熱による不具合現象Ⅱ

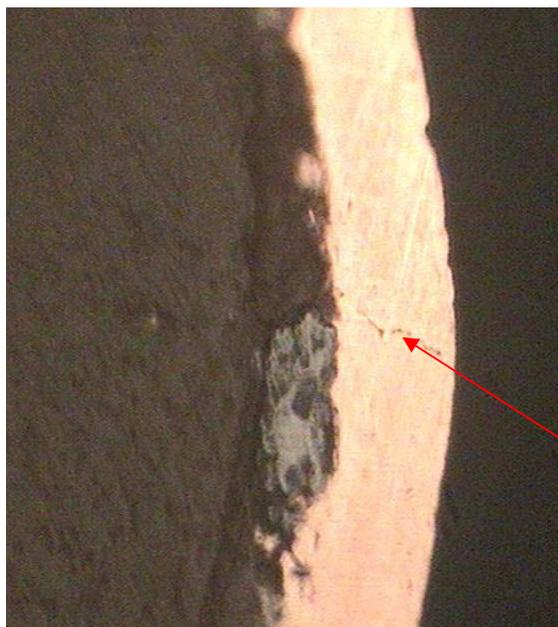


写真 1-4

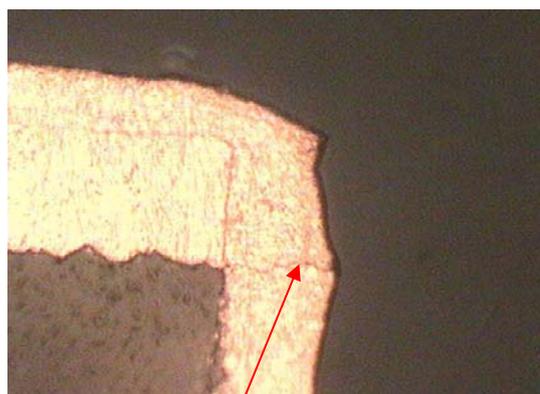


写真 1-5

クラック

クラックが発生しているが、室温での抵抗値検査では合格している。

(2) 研究の目的

従来から、以上の様な不具合を早期に発見するために、プリント配線基板を各種電子部品の実装前後に、 -20°C から -40°C の低温に保持した後、 80°C から 120°C の高温に移してヒートショックを与えて、不良部分を洗い出す試験がなされている。

しかし、ヒートショックを与えた後の電気試験は、常温で測定しており、写真 1-3 のように、断線した後も再び接続して導通している場合は不良部としては発見されない。

本研究では、プリント配線基板の樹脂が加熱されて膨張し不良部分が接触していない間に導通試験すれば、このような不良箇所は発見できる、と考え、世界で初めて、高温状態プリント配線基板検査技術を開発することを目的とした。

(3) 研究目標

本来、測定対象のプリント配線基板は顧客が設計した回路基板について検査するが、未知の分野である高温状態の基板を測定するため、片面にのみ電極を有するモデルプリント配線基板を本プロジェクトで作成し、これを基準とすることにした。

以下、具体的サブテーマごとの目標は、下記のとおりである。

① 高温用プローブ治具の試作 (株式会社日本マイクロシステム)

高温下で使用する治具については下記の条件が必要になると考えられる

- ・高温環境下での使用 ($150\sim 180^{\circ}\text{C}$) に耐える治具である
- ・絶縁特性の有る材質の使用
- ・微細加工に最適な材料の試験評価
- ・ピン加重よる歪の少ない材料である事
- ・測定点の多い基板に対応
- ・構造上の条件としては、組立時の平面度は治具全体 A4 サイズの範囲で 0.1mm 以下である事
- ・取り付けブッシュからのプローブピンの位置精度も必要
- ・温度変化による膨張の影響の測定

② 高温環境下回路基板検査技術の開発 (エーアイテクノロジー株式会社)

- ・加熱により高温状態の基板の検査をし、銅と樹脂の熱膨張率の差で拡大した不良部分を検出できること。
- ・各種電気的特性値の主な検査目標範囲は、次のとおりである。

抵抗測定(DC測定)	マイクロΩ～メガΩ	レンジ×±10%±基準値×±10%
リーク検査(DC測定)	ナノA～ミリア	同上
ベアボード導通検査	検査電圧 1V～50V(1Ω～100KΩ)	基準値×±10%±2Ω
ベアボード絶縁検査	10KΩ～100MΩ	基準値×±10%
- ・測定対象は、実装前プリント配線基板(ベアボード)と実装後のプリント配線基板とする。
- ・測定目標温度は、常温より100℃高い125℃とする。

③ 温状態での基板プローブ位置決め技術の開発 (ローツェ株式会社)

- ・①のプローブ治具を下向きに固定する。
- ・プリント配線基板ベアボードの上面に複数ある電極のみを検査測定できる構造とし、プローブ治具を上から降下させ、プリント基板に接触させる。
- ・加熱槽から本位置決め装置に搬入されたプリント基板を、XYθ制御テーブル上に固定された低熱伝導率材台に載置し、位置決めカメラでプリント基板上のアライメントマークを捕えて所定の位置に来ようテーブルを移動させて、位置決めする。
- ・②の検査装置の測定時間は数秒、所定温度までに冷却するまでの間に測定できるので、プリント基板載置台の高温化や保温は特に行わない。
- ・XY方向の位置決め精度は±5μmとする。
- ・高温検査装置、2月中旬完成目標。
- ・10秒/枚程度の位置決めと測定を目標。

④ 自動化対応基板連続加熱技術の開発 (ローツェ株式会社)

- ・加熱槽の設定最高温度は、125℃以上の任意の温度に設定できること。
しかし、プロジェクト開始後、160℃測定を要望する顧客があるとの情報が入り、これに対応できるように変更した。
- ・滞在時間30分、タクトタイム10～15秒で取り出せること。
- ・プロジェクト開始後、本試作機は、上記タクトタイムで50枚連続で流したい、との顧客要望が入り、これに対応できるように変更した
- ・A4判～A5判サイズのプリント配線基板(ベアボード)を収容できること。
- ・125℃×30分/枚および1分に1枚の取り出しを目標。
- ・将来的には高温化、高速化できる機構とする。
- ・2月中旬完成目標。

⑤ 自動化対応基板連続冷却技術の開発 (ローツェ株式会社)

- ・冷却槽温度は、0℃～-40℃を目標。
プロジェクト開始後、160℃測定ができれば冷却は不要、との情報はいった。しかし、三菱電機(穴村アドバイザー)より、外気温に影響を受けない-25℃程度の冷却槽は必要、とのコメントがあったので、冷却槽の開発を続行した。
- ・滞在時間30分、タクトタイム1分/枚で取り出せること。
- ・2月中旬完成目標。

⑥ 基板搬送用低コストロボットの技術の開発 (ローツェ株式会社)

- ・プリント基板の冷却槽への搬入ロボットと、冷却槽から加熱槽への位置決め検査装置へと基板プローブへ位置決め装置への搬入ロボットを低コストに仕上げる。
- ・加熱槽から基板プローブへ位置決め装置への搬送タクトタイムは10～15秒を目標。
- ・-40℃・125℃・各滞在時間30分を2サイクルとなる搬送、且つ、1分に1枚(A4版)を検査装置に搬入することを目標。
- ・2月中旬完成を目標。

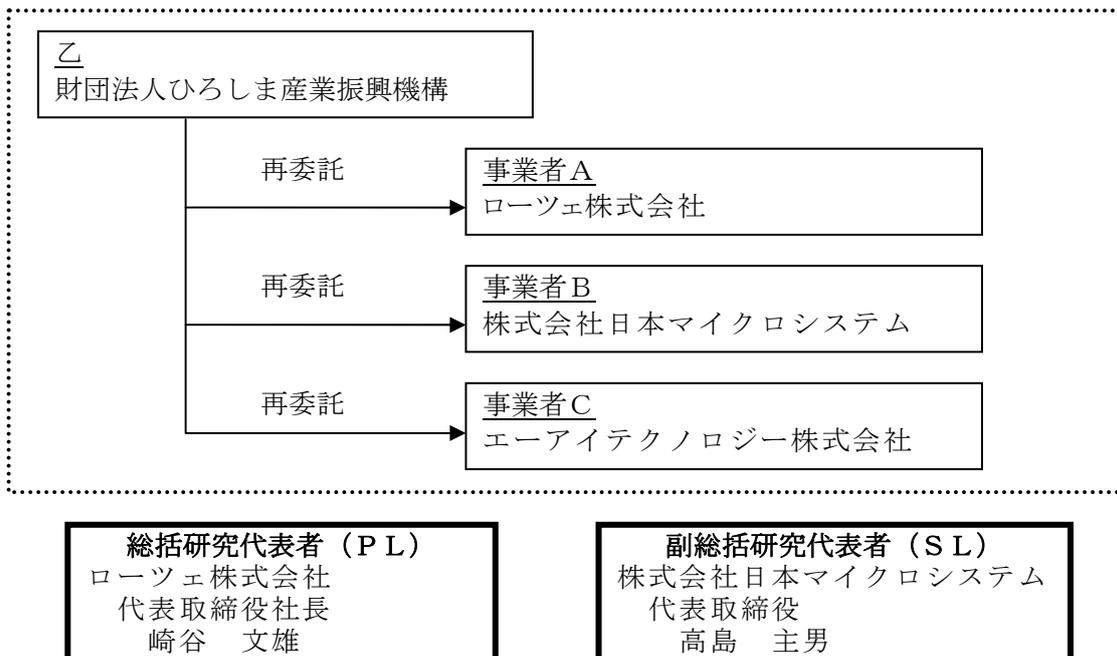
⑦ 全自動連続運転技術の開発（ローツェ株式会社）

- ・ロボットが、検査すべきプリント基板の、カセットから冷却槽へ、冷却槽から加熱槽へ、加熱槽から位置決め検査装置へ、検査装置の判断によりOK基板とNG基板を振り分けてそれぞれのカセットへ、全自動で搬送する。
本研究の試作機では、カセットからプリント基板50枚を連続的に、前記の加熱槽へ自動投入以降、自動振り分けまで自動運転することを目標とする。
- ・1分に1枚検査処理できるように、すべての工程を制御する。
- ・1月下旬から2月中旬完成目標。

1-2 研究体制

(1) 研究組織及び管理体制

1) 研究組織（全体）



2) 所在地

①事業管理者

財団法人ひろしま産業振興機構（最寄り駅：広島電鉄 広電本社前電停）
〒730-0052 広島県広島市中区千田町3丁目7-47

②研究実施場所（主たる研究実施場所については、下線表記のこと。）

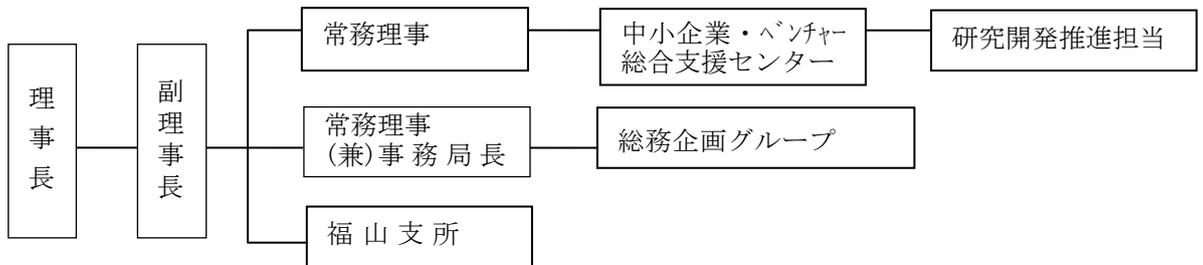
ローツェ株式会社（最寄り駅：JR福塩線、井原線 神辺駅）
〒720-2104 広島県福山市神辺町道上1588-2

株式会社日本マイクロシステム（最寄り駅：JR山陰本線 伯耆大山駅）
〒689-3536 鳥取県米子市高島28-1

エーアイテクノロジー株式会社（最寄り駅：わかやま電鉄貴志川線 岡崎前駅）
〒640-0352 和歌山県和歌山市井戸字谷山329-5

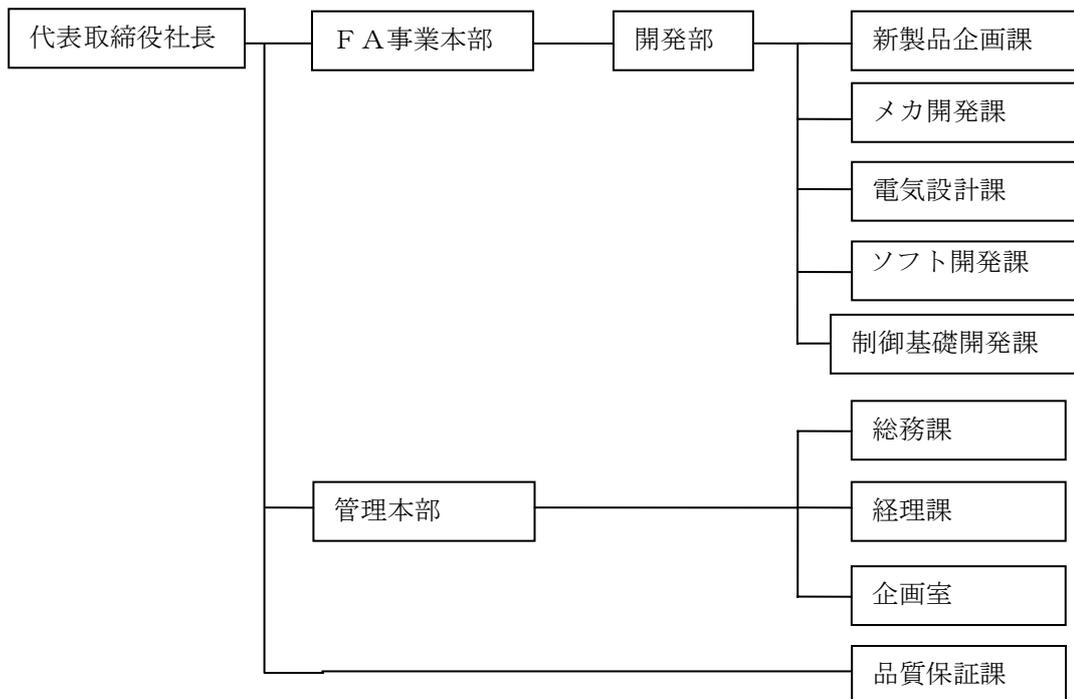
3) 管理体制

①事業管理者 [財団法人ひろしま産業振興機構]

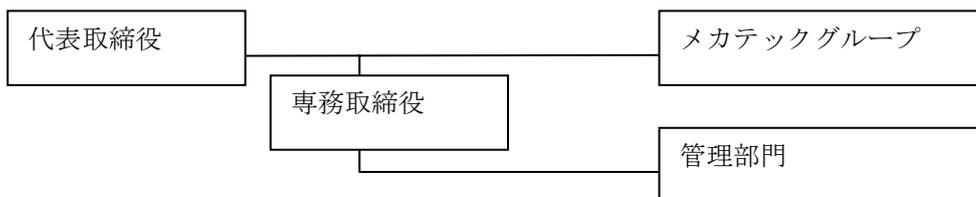


②（再委託先）

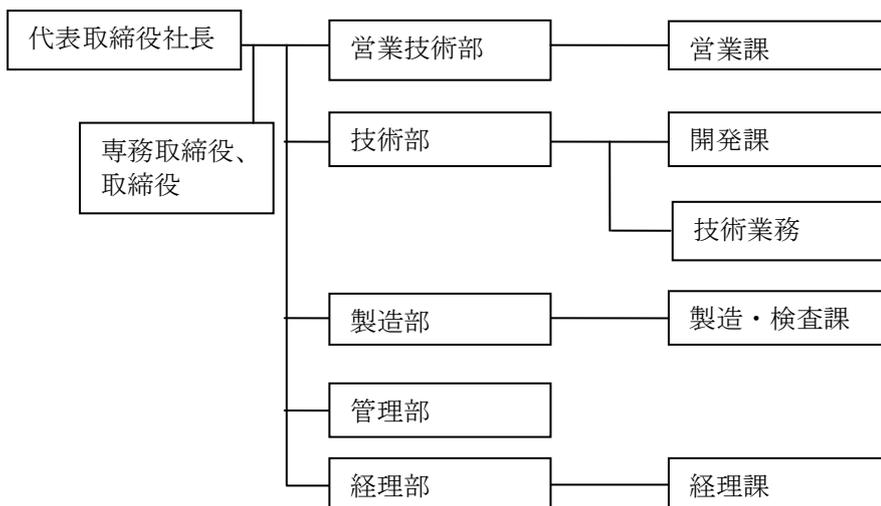
ローツェ株式会社



株式会社日本マイクロシステム



エーアイテクノロジー株式会社



(2) 管理員及び研究員

【事業管理者】財団法人ひろしま産業振興機構
管理員

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
堀川 浩司	常務理事	⑨
山縣 一郎	中小企業・ベンチャー総合支援センター 研究開発推進担当 部長	⑨
池田 修	中小企業・ベンチャー総合支援センター 研究開発推進担当 課長	⑨
森川 祐司	中小企業・ベンチャー総合支援センター 研究開発推進担当 課長	⑨
打田 準	中小企業・ベンチャー総合支援センター 研究開発推進担当 課長	⑨
橋本 貴史	中小企業・ベンチャー総合支援センター 研究開発推進担当 主任	⑨
百々 生恵	中小企業・ベンチャー総合支援センター 研究開発推進担当 主事	⑨

【再委託先】

ローツェ株式会社

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
崎谷 文雄	代表取締役社長	③～⑧
小宮 宗一	F A事業本部長 兼 開発部長	③～⑧
坂田 勝則	F A事業本部 開発部 副部長 兼 新製品企画課 課長	③～⑧
藤本 敬司	F A事業本部 開発部 新製品企画課 技師	⑦
山下 誠司	F A事業本部 開発部 新製品企画課	④～⑧
三和田知典	F A事業本部 開発部 新製品企画課	④～⑧
小川 尚登	F A事業本部 開発部 メカ開発課 課長	③～⑧
小川 明広	F A事業本部 開発部 メカ開発課 主任	③、⑥
前田 彰	F A事業本部 開発部 メカ開発課	③、⑥
早水 慎	F A事業本部 開発部 メカ開発課	③、⑥
佐藤 恭久	F A事業本部 開発部 メカ開発課 主任	④、⑤
藤本 和夫	F A事業本部 開発部 メカ開発課	④、⑤
山本 大悟	F A事業本部 開発部 メカ開発課	④、⑤
高橋 孝欣	F A事業本部 開発部 メカ開発課	④、⑤
廣田 健二	F A事業本部 開発部 メカ開発課	④、⑤
重本 智恵	F A事業本部 開発部 メカ開発課	④、⑤
清水 一晴	F A事業本部 開発部 電気設計課 課長	③～⑧
西江 文洋	F A事業本部 開発部 電気設計課	③、⑥
小島 充人	F A事業本部 開発部 電気設計課	④、⑤
藤原 雅俊	F A事業本部 開発部 電気設計課	④、⑤
杉森 昭彦	F A事業本部 開発部 ソフト開発課 課長	⑦
豊田 安夫	F A事業本部 開発部 ソフト開発課	⑦
猪原 和修	F A事業本部 開発部 ソフト開発課	⑦
坂下 正幸	F A事業本部 開発部 ソフト開発課	⑦
山本 康晴	F A事業本部 開発部 ソフト開発課	⑦
多田 光宏	F A事業本部 開発部 制御基礎開発課	③、⑥
佐能 敏政	品質保証課 課長	③～⑥
梅田 信行	品質保証課	③～⑥
播間かな子	品質保証課	③～⑥
後藤 守良	品質保証課	③～⑥
櫻井 俊男	管理本部 企画室 調査役	③～⑧

株式会社日本マイクロシステム

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
高島 主男	代表取締役	①、⑧
山根 修	メカテックグループ 研究員	①、⑧
田中 章博	メカテックグループ 研究員	①、⑧
森藤 学	メカテックグループ 研究員	①、⑧
松本誠一郎	メカテックグループ 研究員	①、⑧
津森 正浩	メカテックグループ 研究員	①、⑧
梅原 賢吾	メカテックグループ 研究員	①、⑧
三浦 晃	メカテックグループ 研究員	①、⑧

エーアイテクノロジー株式会社

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
山本 昌博	代表取締役社長 兼 技術部長	②、⑧
貴志 高明	専務取締役 管理部長 兼 営業技術部長	②、⑧
山本 弥温	取締役 経理部長 兼 技術部 技術業務	②、⑧
藤原 秀二	技術部 開発課 課長	②、⑧
山崎 年弘	技術部 開発課 主任	②、⑧
木村 康人	技術部 開発課 主任	②、⑧
谷口 博宣	技術部 開発課 副主任	②、⑧
品川 洋進	技術部 技術業務課長 兼 製造部 製造・検査課 課長	②、⑧
谷口 洋子	技術部 技術業務 兼 製造部 製造・検査課	②、⑧
山本 健介	技術部 技術業務 兼 製造部 製造・検査課	②、⑧
上田 卓司	技術部 技術業務 兼 製造部 製造・検査課	②、⑧

(3) 委託期間

平成21年10月22日から 平成22年3月31日まで

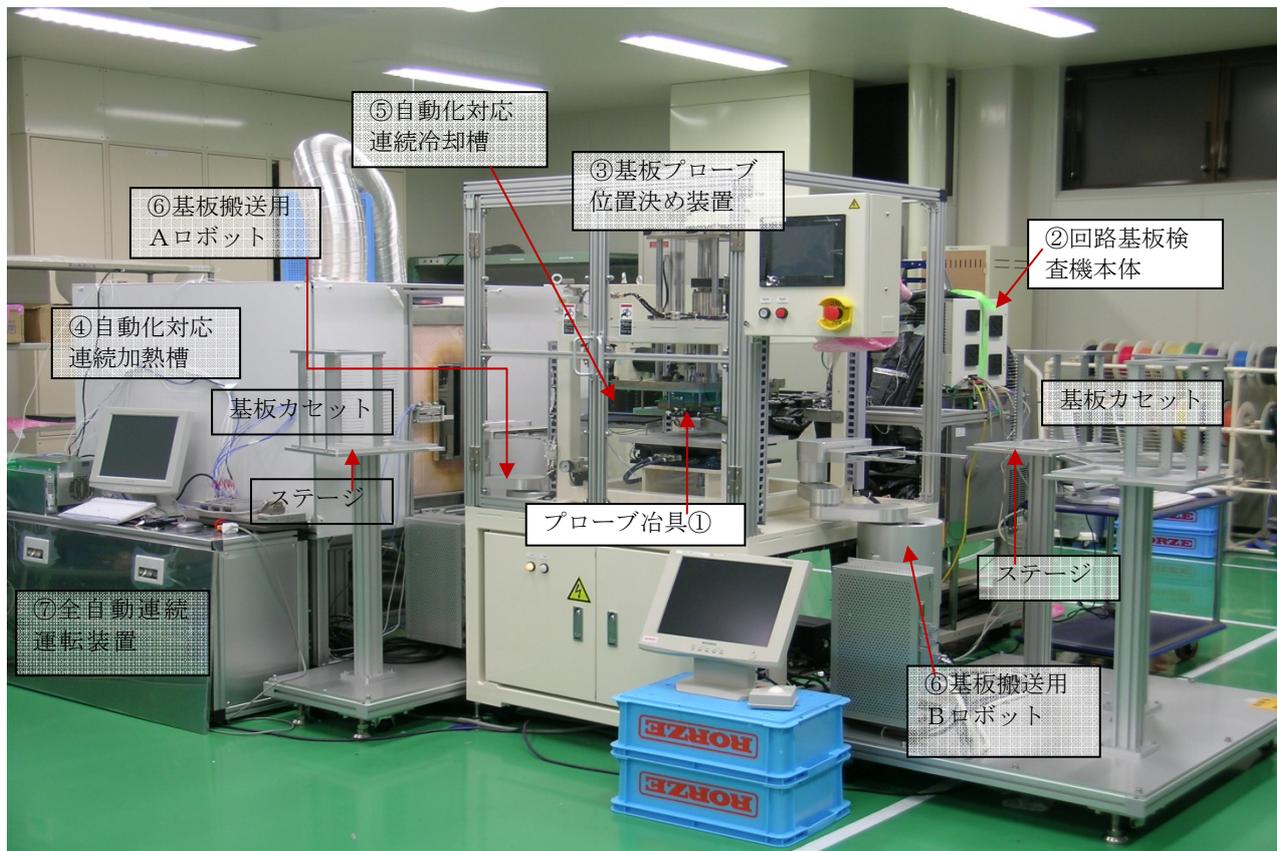
(4) 他からの指導協力者

氏名	所属・役職	実施内容
穴村 隆志	三菱電機エンジニアリング株式会社 福山事業所所長	アドバイザー

1-3 成果概要

1) 装置全体

「高温状態プリント配線基板検査装置」の全体写真は下記の通りである。



2) 各装置について

以下に、各社が、担当したそれぞれの装置について概要を述べる。

① 高温用プローブ治具の試作 (株式会社日本マイクロシステム)

単独テストで高温下で使用可能で絶縁特性、加工性に優れた部材は選定できた。

また、加工条件も試作切削等により求める事ができた。

課題の一つの最大プローブピンの本数については、今回では測定点 320 点、ピン本数 640 ピンの治具が完成し、位置精度の測定もできた。

実際高温下での治具の動作については、温度変化による基板と治具との位置のずれの解析がまだ不十分な点である。

② 高温環境下回路基板検査技術の開発 (エーアイテクノロジー株式会社)

今回の開発を実施するにあたり、評価基板を基板メーカの量産ラインで 240 枚程度製作しても潜在的な不良箇所を含んだ基板を調達できるとは限らないため、評価基板は、正常な設計品「OK 基板」と意図的に潜在的な不良としてレーザーVia とスルーホール の接合部分の面積を少なくしたり、マウスバイトと呼ばれるパターンの欠けを設けた「NG 基板」を製作した。

常温から高温に加熱した時の OK 基板と NG 基板の抵抗値の変位量を比較すると NG 基板の方が各ポイント共に総じて上昇しているが、一部の検査ポイントで変位量が他のポイントより著しく多い部分が確認できた。そして 120℃ に加熱した時の抵抗値に 0.1Ω を加えた値を上限值として検査すると、その部分を NG と検出することができた。

OK 基板と NG 基板を混在した 30 枚の基板を 120℃ に加熱して連続検査を実施した結果、意図的に潜在的な不良箇所を仕込んだ NG 基板を NG と判別できた。

また、加熱後、自然冷却した基板を検査してみると、加熱前の抵抗値とほぼ同じであることが分かった。

よって、120℃に加熱した状態で検査することで現在行われている「常温検査」や「加熱⇒自然冷却後に検査する方法」では検出できない「潜在的な不良箇所」を検出することができることが分かった。これは導体(銅)と絶縁体(樹脂)の熱膨張率の差により導体の脆弱な部分の抵抗値が増加したと考えられる。

③ 高温状態での基板プローブ位置決め技術の開発 (ローツェ株式会社)

加熱した基板は、測定中の10秒～20秒の間にその内部まで急激な温度低下はない、との予備実験結果に基づき、プローブ治具、基板載置ステージを含め、常温測定仕様で製作した。また、基板とプローブを位置決めするために、基板に設けたアライメントマークを、カメラでとらえてレンズの中心に来るよう、ステージを固定するXYθテーブルを採用した。

位置決め精度は±XY方向は5μm以下であるが、上下方向は治具に設けた多数のプレスピンでステージに抑えつけることで精度を得ることにした。

④ 自動化対応基板連続加熱技術の開発 (ローツェ株式会社)

最多50枚のA4判～A5判プリント配線基板を収納できる加熱槽を新設計した。(特許出願中)
加熱槽のサイズは縦横1300mm×1300mm×高さ1470mmで、槽内容積は約300ℓである。加熱源は、八光電機製熱風発生装置を利用した。温度制御は、加熱槽に取り付けた熱電対で槽内温度を検出し、常温～180℃の任意に制御可能で、一例として槽内が140℃に達するまでの時間は約1時間であった。

⑤ 自動化対応基板連続冷却技術の開発 (ローツェ株式会社)

当初、-40℃冷却槽を目標としたが、市販の空気冷却装置の入手ができなかったため、オリオン機械(株)製の最低-30℃、500リットル/分の冷却風装置を購入して、容積8.7リットルのプリント基板冷却槽に冷風を吹き込む方式で試作した。実際には、冷却槽内は-20℃になるまでの時間は約30分で、冷却温度の目標は未達であった。

冷却槽の外形サイズは600mm×330mm×600mmで、A4判プリント基板最多5枚を収納できる。

⑥ 基板搬送用低コストロボットの技術の開発 (ローツェ株式会社)

開発時間がなかったため、ローツェ設計済みロボットRR716を2台利用し、基板把持部をA4判用として新規設計製作した。

1台目ロボットAは、カセット・冷却槽・加熱槽の各装置への基板の搬入搬出と、基板プローブ位置決め装置への搬入を受け持つ。2台目ロボットBは、基板プローブ位置決め装置から測定済み基盤を搬出し、検査器本体からの判定に従い、良品と不良品とを振り分けてカセットに載置する。

⑦ 全自動連続運転技術の開発 (ローツェ株式会社)

全自動連続運転装置は、電気的・電子的制御装置で、加熱槽の温度制御とドアの開閉、冷却槽の温度制御とドアの開閉、ロボットの動作、基板プローブ位置決め装置との搬入搬出時期信号の入出力、検査装置本体からの基板検査結果(OK, NG)をうけたBロボットによる振り分け動作を、このホストコンピュータで制御した。

尚、プローブ位置決め装置の動作は、これ自体に制御用コンピュータを搭載して制御している。

⑧ 全体組立・試運転・改善 (ローツェ株式会社)

平成22年2月15日・株式会社日本マイクロシステムのプローブ治具の基板プローブ位置決め装置への組み付け調整、2月17日・加熱槽、冷却槽と基板プローブ位置決め装置、A、Bロボットとの芯だし組立て、2月18日・エーアイテクノロジー株式会社の検査機本体の搬入とプローブ治具への組み付けを、順次行った。

2月19日、20日の試運転の後、2月22日・財団法人ひろしま産業振興機構の検査

を受けた。2月23日から3月5日の間、再び試運転、改善しながら、基板検査データの採取を行ったが、不具合が多発し、必ずしも満足の行く運転はできなかった。その詳細は、下記の本論で述べる。

⑨ 研究報告会

平成21年12月25日、財団法人ひろしま産業振興機構において、共同研究体メンバー4団と穴村隆志アドバイザーのご出席を得て、崎谷文雄プロジェクトリーダーの司会のもとに、中間報告会を行った。報告内容は、研究が始まってまだ2か月であったため、各社、進行中の計画のみを発表した。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

[事業管理者]

財団法人ひろしま産業振興機構

中小企業・ベンチャー総合支援センター 研究開発推進担当 課長 池田 修

TEL : 082-504-7317 FAX : 082-504-7317 E-mail : ikeda@hiwave.or.jp

[再委託先(代表)]

ローツェ株式会社

管理本部 企画室 調査役

櫻井 俊男

TEL : 084-960-0001 FAX : 084-960-0200 E-mail : sakurai@rorze.com

第2章 本論

2-1 研究の目的

(1) 目的

自動車、情報通信、電力制御、太陽電池、の各分野用のプリント配線基板は、耐熱性、耐久性が要求され、従来は冷却や加熱後、室温で測定していたが、不良がなお発生している。本研究では、配線の銅と樹脂基板との熱膨張率の差を利用して冷却後、加熱により不良部分を拡大させたまま高温状態で部品実装前・後の配線済みプリント配線基板の電気特性を全数検査し、確実に不良品を排除できる全連続自動検査装置を開発する。

(2) 測定方法

本研究では、カセットにいれたベアボード・プリント配線基板を1枚ずつ、ロード用ロボットで、例えば -40°C の低温槽に所定時間挿入して弱い接触部位にはクラックを発生させ、次に 125°C の高温槽にロボットにより移送し所定時間加熱する。もう一度 -40°C と 125°C の環境に曝した後、別の 125°C 高温槽中で、多数のピンを持つプローブ（プリント配線基板の電気的特性を検査するための接点）をプリント配線基板の所定の配線点に接触させて、新規に開発する検査機で電気的特性を測定する。その測定値が予め定めた基準値をクリアしている基板（良品）と、クリアしていない基板（不良）とにアンロード用ロボットで自動的に分別する。この動作を連続的に行いプリント基板を全数検査する。

(3) 測定原理

本研究では、従来にない新しい測定方法として、銅配線と樹脂基板との線熱膨張率の差を利用して銅メッキ配線内のクラックや非接触部を拡大し、常温より 100°C 高い 125°C という高温加熱状態での電気特性を測定して不良品を発見しようとするものである。

プリント配線基板構成素材の線膨張率は次のとおりである。

・銅； $17 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{K}$

・プリント配線基板用ガラス繊維強化エポキシ樹脂

横（繊維）方向； $10 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{K}$

縦（積層）方向； $60 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{K}$ 差 = $43 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{K}$

従って、縦方向の膨張の差が大きく、配線不良も積層配線の縦方向のスルーホール部分が多い。

・縦の膨張量の差 $\Delta L = 43 t \times \Delta T \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{K}$

($^{\circ}\text{K}$ = 絶対温度、 t = 基板の厚み、 ΔT = 常温との温度差)

即ち、基板厚みはほぼ一定なので、温度差が大きいほど、接続不良箇所は引き離され、小さなクラックは切断する。しかし、常温に戻すと樹脂は収縮し、離れた部分は接触し導通するため不良とは認識され難くなる。そのため、高温での測定が必要となる。

2-2 各論

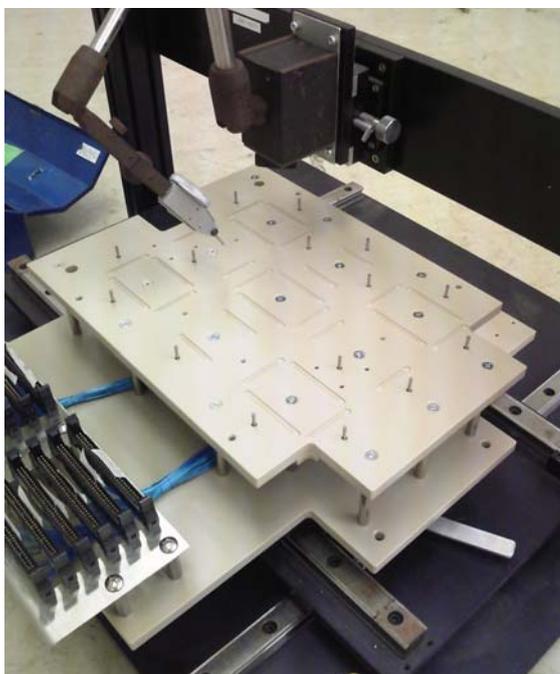
(1) 高温用プローブ治具の試作 (株式会社日本マイクロシステム)

- ①低抵抗の測定、4端子での測定目的
の為 PEEK 材の抵抗特性を、絶縁抵抗
計により測定ピン間の抵抗値は、
針が振れず、絶縁特性については
クリアしていると考えられた。



- ②左の写真は、ワイヤープローブで使用する耐熱接着材の絶縁特性の測定です。こちらも針は振れず完成した PEEKG450 材 $\phi 0.5$ プローブピン治具の平面度の測定と結果 A4 サイズ全体での平面の数値は、 ± 0.03 mm以内であった。

- ③ブッシュとプローブピン位置のずれと支柱の本数の関係について
ベースプレートと支柱を挟んで取り付けられているプローブピンプレートに位置決めノックピンを立てて測定した結果を次項に示す。
支柱 8 本使用と 14 本使用の違いについても測定した。



計測結果

計測値（支柱8本）				測定値（支柱14本）			
	3	回	測定		3	回	測定
1-1	312.243	-	112.217	1-1	312.235	-	112.205
2-2	312.273	-	112.220	2-2	312.252	-	112.201
3-3	357.053	-	557.096	3-3	357.053	-	557.126
4-4	357.083	-	557.134	4-4	357.101	-	557.123
1-1	312.175	-	112.150	1-1	312.185	-	112.153
2-2	312.241	-	112.190	2-2	312.161	-	112.108
3-3	357.095	-	557.124	3-3	357.086	-	557.152
4-4	357.154	-	557.184	4-4	357.043	-	557.137
1-1	312.156	-	112.129	1-1	312.221	-	112.190
2-2	312.248	-	112.196	2-2	312.312	-	112.263
3-3	357.066	-	557.149	3-3	357.085	-	557.173
4-4	357.106	-	557.192	4-4	357.188	-	557.240

記3回計測より

ブッシュとピンの位置関係は8本、14本とも5/100mm以内であった
位置関係は測定したが、今回のアライメントの方法では数値まで必要なかった。

④使用するコネクタの耐熱テスト →

180℃の温度下において2時間
コネクタの耐熱テストを行なった。
コネクタには力を加えてないが、
この温度下では外観的な変化は
見られなかった。



⑤基板押さえピン150℃2時間 →

黒のポリカーボネートの部分は、
150℃耐熱という事であった
がテストの結果、熱により変形
したため、SUS製に弊社内で
作り変え治具に取り付けた。
スプリング部分は動きに変化は
無かった。



⑥耐熱樹脂180℃×2時間 →

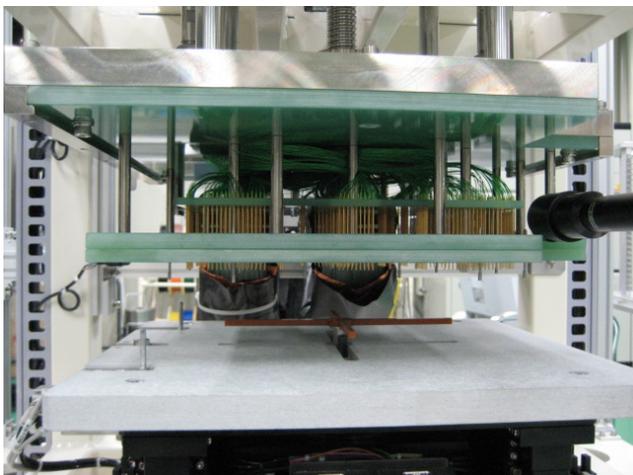
耐熱試験後に強度のテストを手動
で行ったが硬さには変化は無く、
もろくなっている様ではなかった。



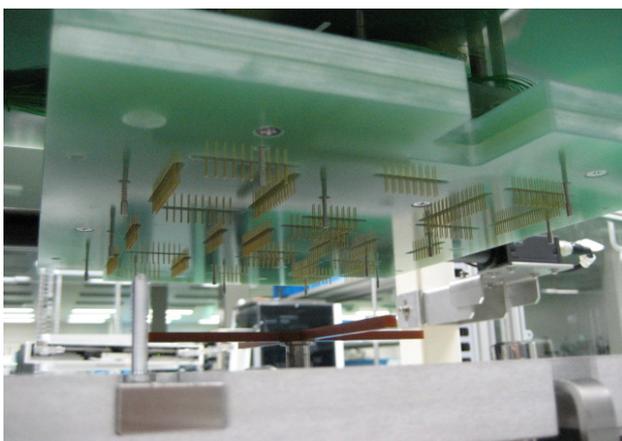
⑦ガラスエポキシ樹脂材治具

0.5 mm φプローブピンは耐熱性の保証がなかったので、少し太いが200°Cの保証があるスリーブ径0.9 mm φのスプリングピンを使用し、高価なPEEKに代えガラスエポキシ樹脂材を使ってプローブ治具を試作した。

下に、基板プローブ位置決め装置に取り付けた状態の写真を示す。



← 治具側面



← プローブピン
配置状況



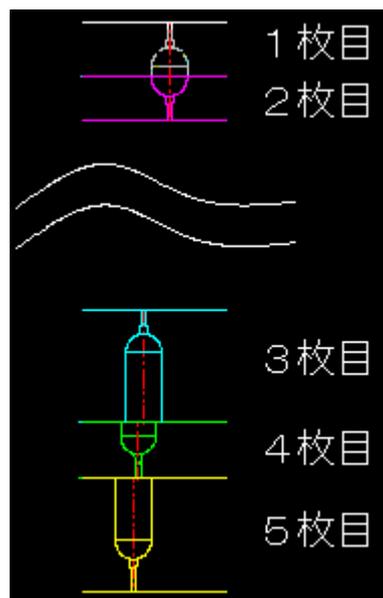
← 検査機本体と
ケーブル接続

⑧ワイヤプローブ治具製作

A. 基本設計

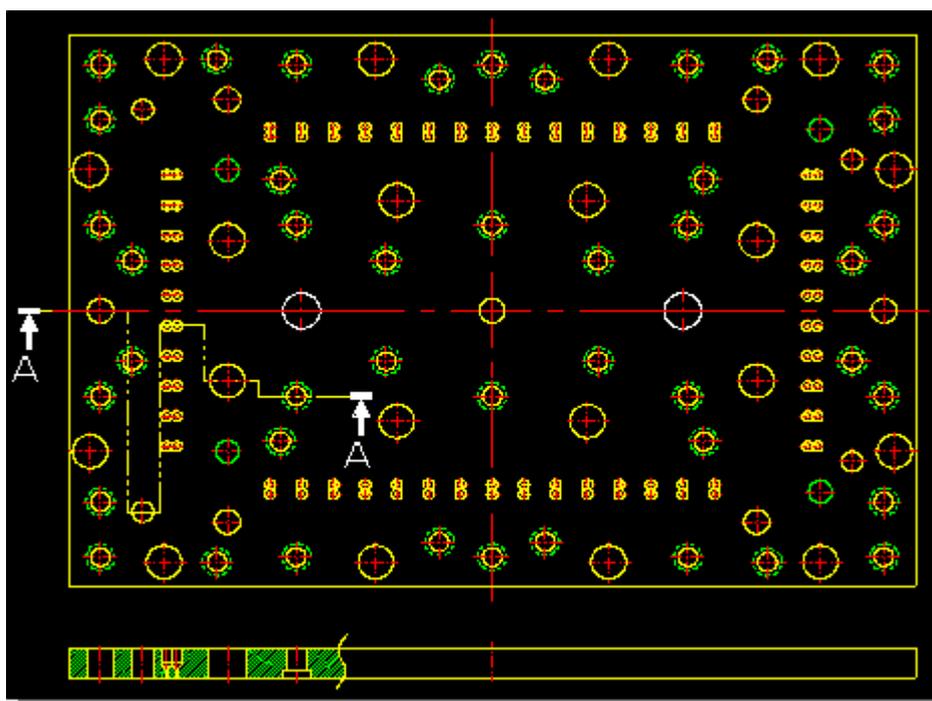
今回製作された基板データを基にして、1枚目から5枚目までの樹脂板の厚さ、穴の径、座グリ（逃がし）の径と深さ、などの数値を決定した。

右の図が穴の周りの断面を表す図面である。



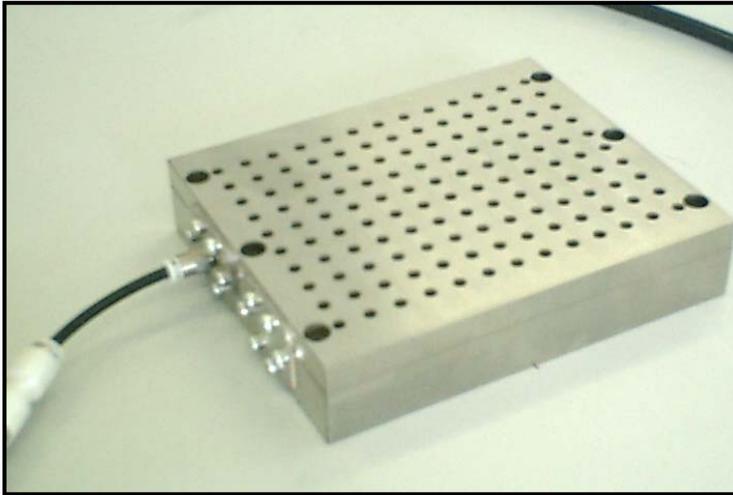
基板のデータを基にし、取付け穴やタップ穴、締め付け穴やノック穴などを考慮して設計を行い、下図のような図面を作成した。

※下図は9枚のうちの1枚の図面で、その図面の中の一部を参照として載せたものである。



B. 加工準備

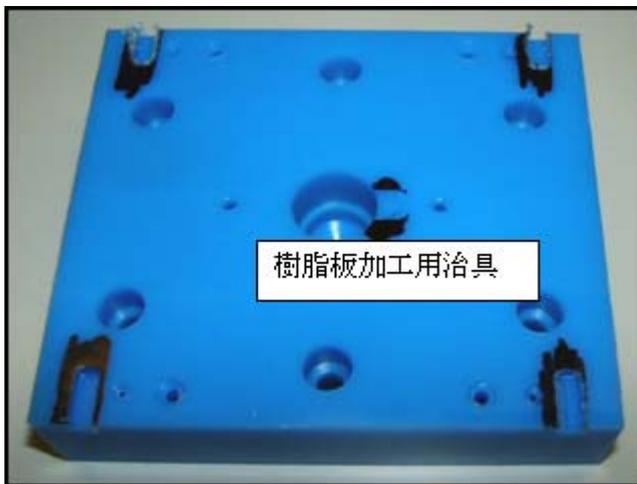
設計段階で、今回使う樹脂板の厚さが1.2mmと1.4mmのものが必要となり、1.5mmで購入していた樹脂板の厚さ加工のためと、購入した樹脂材料の仕入時の板厚のバラツキをなくすためにも「板厚」を弊社で加工する必要があるため、固定治具として「吸引チャック」が必要となり製作した。



左の写真が今回製作した「吸引チャック」である。今回製作するプローブ治具において、板厚だけではなく、様々な加工に使うので様々な工作機械に載せられるような形としました。

基準となる平面を作る治具であるので、変形やキズ、錆を防ぐために焼き入れ鋼とし、平面研削盤にて精度良く仕上げた。

製作した「吸引チャック」



樹脂板への穴加工は、社内で開発した加工機で加工しますが、樹脂板の表と裏を数ミクロンのズレもなく加工する必要があるため、その加工機専用の固定治具（左写真）を製作した。この治具により、9枚の樹脂板すべての表・裏の加工は、ズレの生じることのない加工ができる。

C. 加工

樹脂板の厚さを出すための加工は、細心の注意を払う必要がある。

加工による熱の発生で「変形」する危険性がある。

加工に使用する工具もできる限り大径のものを使用し、今回使用した工具の刃には「ダイヤモンドコーティング」を施し、熱伝導率を上げて変形に対して対処した。



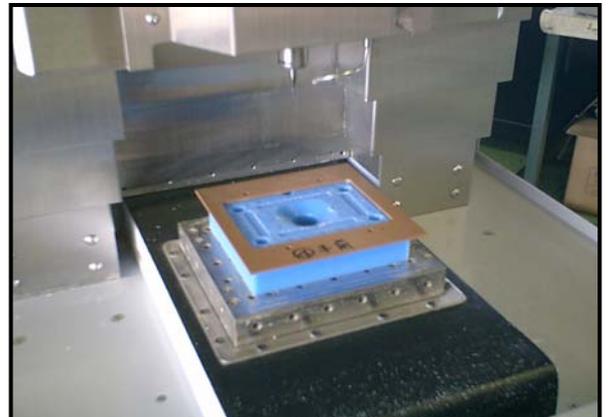
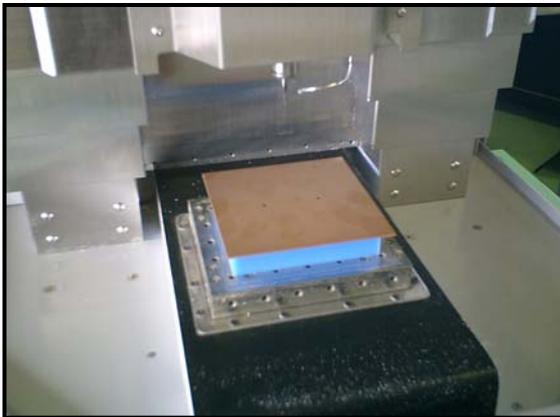
しかし何枚かは上写真のように、大きく変形した。最終的に、金属の薄板を変形させないようにする方法と同じ方法だと言うことが解った。



左の写真は、穴加工する工作機械に加工の治具を載せたところである。

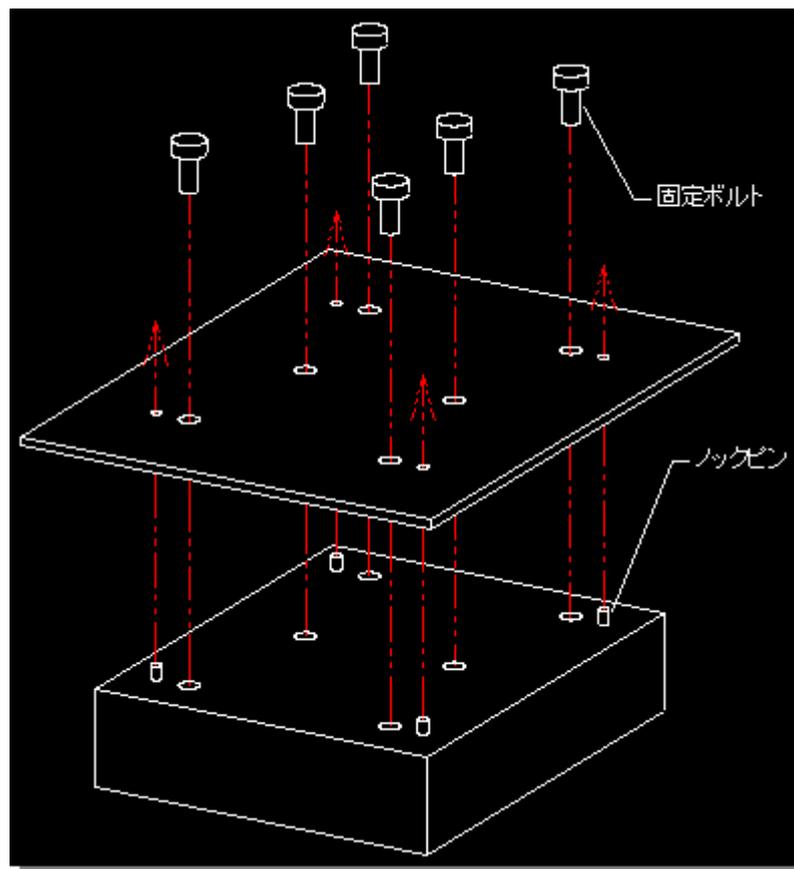
しっかりと固定した後、穴加工する樹脂板と位置を決めるロックピンを立てる穴加工する。

加工は機械の原点を基準にするため、固定した治具がズレない限り、加工の原点とロックの位置関係は狂うことなく、表も裏もミクロン単位で加工が可能となる。

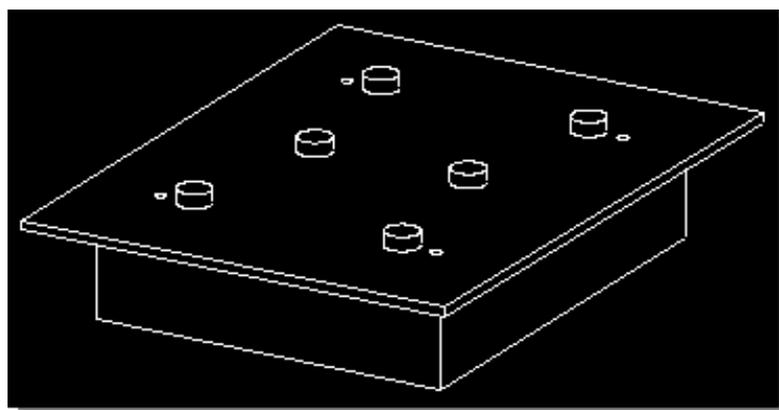


上左の写真は、穴の加工をしている状態の写真です、上右の写真は、穴の加工がすべてが終了し、治具として必要な部分を切り出した後の状態である。

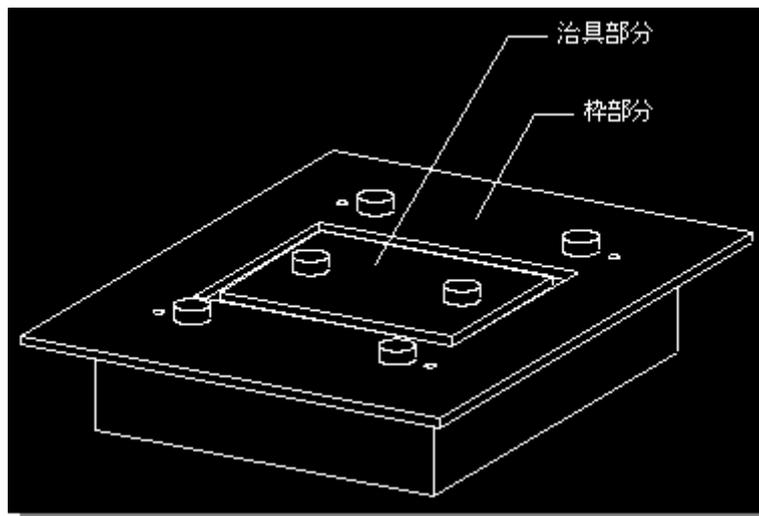
D. 加工手順



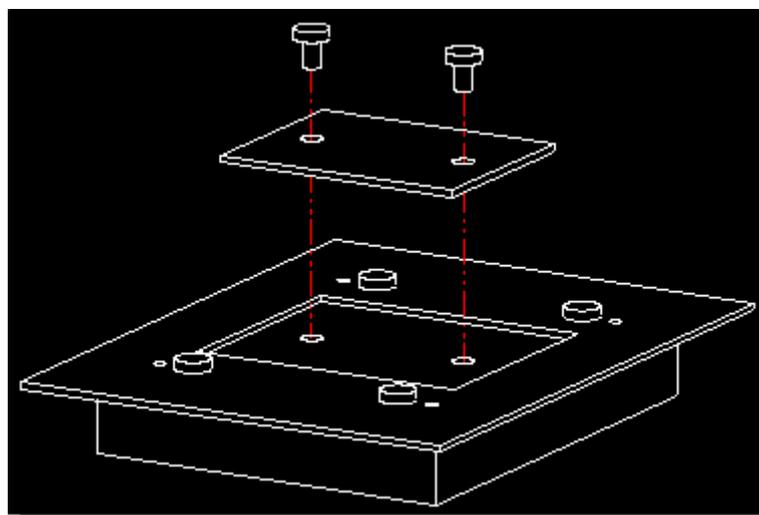
治具のノックピンと樹脂板のノック穴を勘合させ、位置が決まったところでボルトにより固定する。



この状態で表と裏のすべての穴加工を行なう。

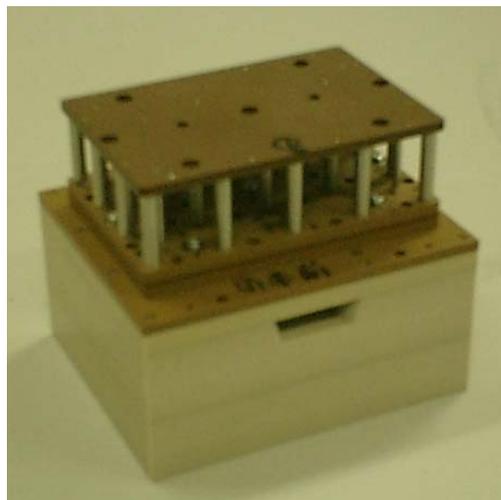


すべての加工が終了したら、必要な部分を切り出す。



取り出し、手仕上げにて最終の仕上げを行い終了となる。

同様な方法で、加工した
9枚の樹脂板を組立る。
右の写真は、仮組みを完成
した状態である。



(2) 高温環境下回路基板検査技術の開発 (エーアイテクノロジー株式会社)

① 目的

高温環境下回路基板検査システムを使い、連続検査を行い検査機単体での検証結果と同じように不良箇所が検出できるか確認する。

② 結論

OK・NG基板の加熱前と後の抵抗値(グラフ2・3)を見ると120℃に加熱した後も自然冷却後は加熱前の抵抗値に戻ることが分かる。

車載基板の検査工程では熱ストレスをかけた後に自然冷却して検査を行っているが、グラフ1の不良部分に関しては検出できていないことが分かる。よって高温に加熱することにより潜在的不良箇所の変位量が増幅される為高温下で検査することが必須であると言える。

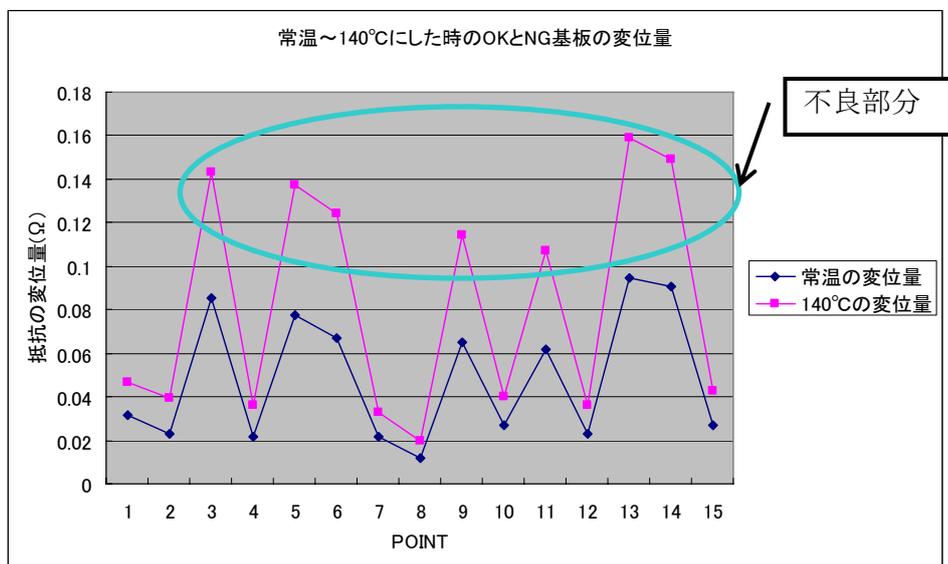
120℃でのOK基板とNG基板の抵抗値の変位量を比較するとNG基板のほうが全体的に抵抗値が高い。特にポイント113・144～151は変位量が他のポイントより著しく多い。この部分は意図的にスルーホールの接合部分の面積を少なくしたり、マウスバイトを作った箇所である。いわゆる潜在的不良箇所である。

120℃時のOK基板の抵抗値に仮に0.1Ωを加えた値を上限値とし、検査してもその部分をNGと検出することが可能である。この0.1Ω加えた根拠として市場の検査工程では平均抵抗値に0.03～0.05Ωを加算して検査をしていることが多いが、高温環境下ではさらにマージンを0.05Ω加算して0.1Ωとした。

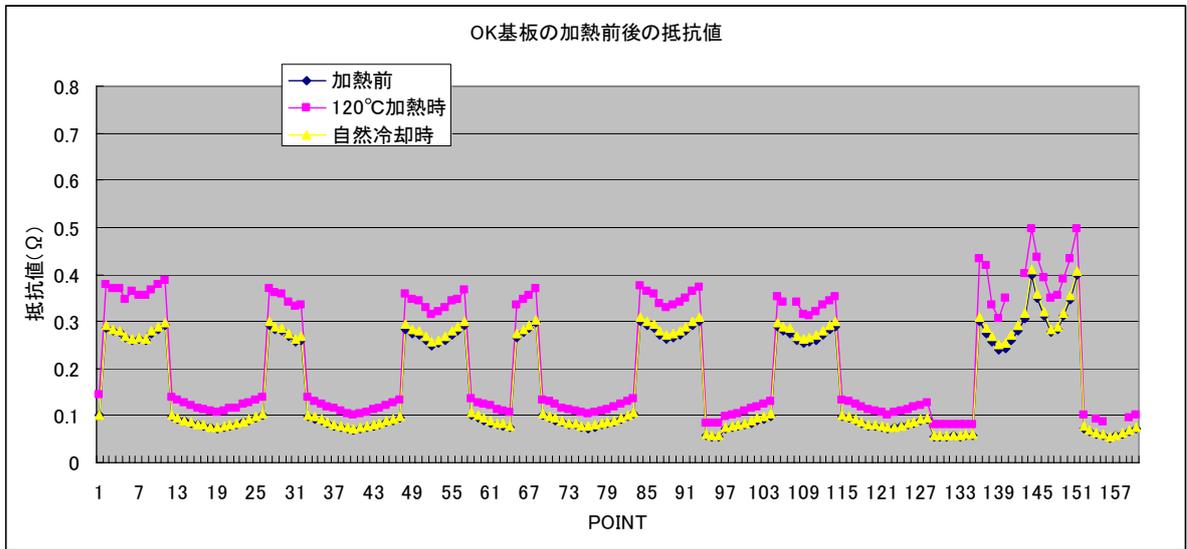
グラフ4のAの部分は常温での検出が不可能であると言い切れないがBの部分は明らかに常温時とは違う傾向が確認されるので高温時でしか検出不可である。

実際のランニングテストを実施した結果を見るとこの部分が熱をかけることにより抵抗値が増幅してNG箇所と判別できている。

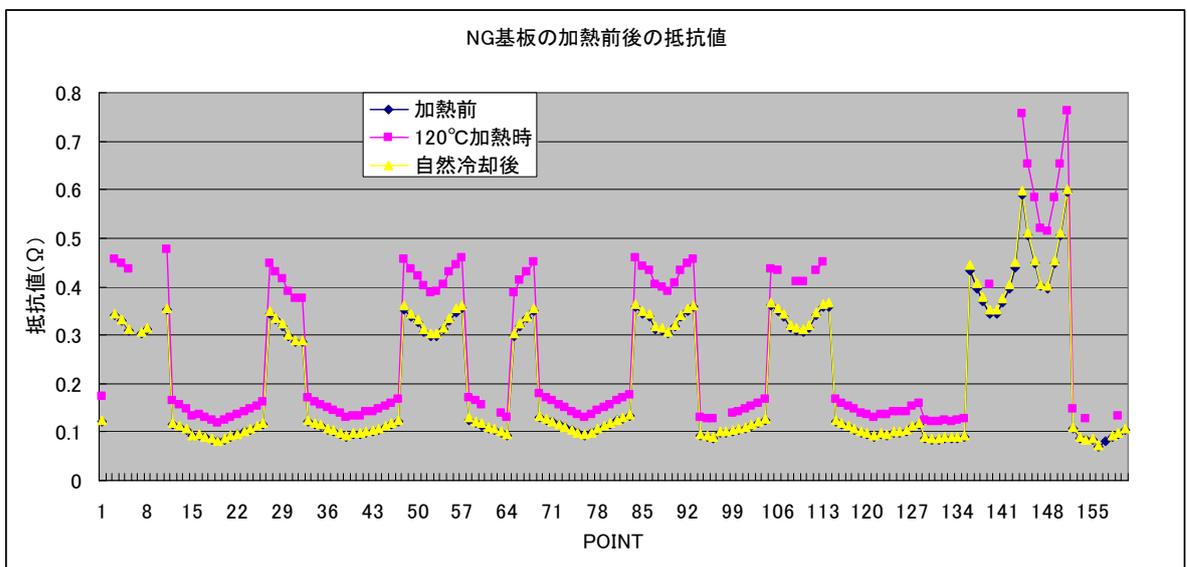
この部分が熱をかけることにより抵抗値が増幅した不良部分と判断する。



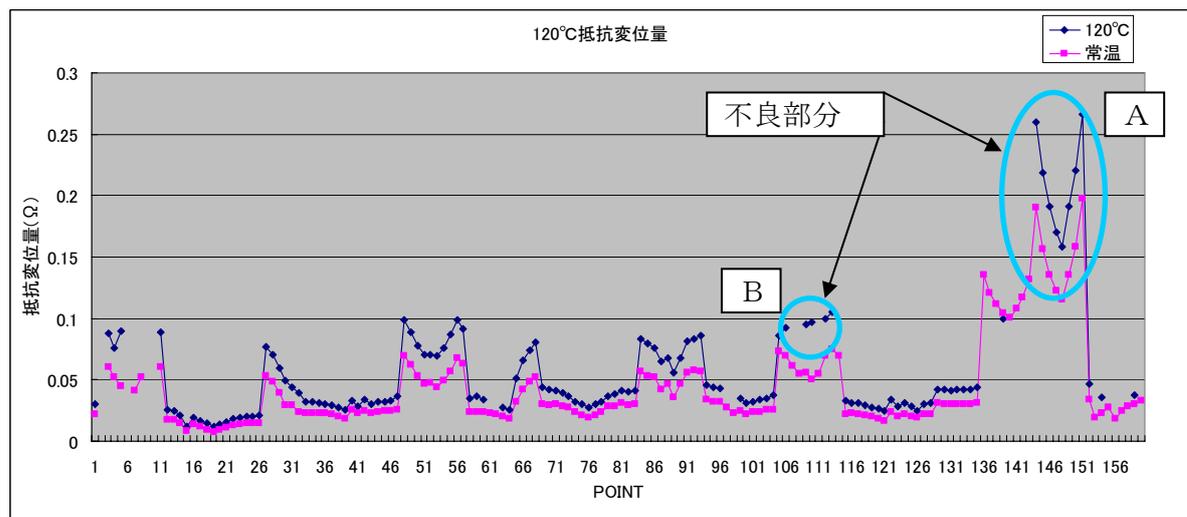
グラフ 1



グラフ 2



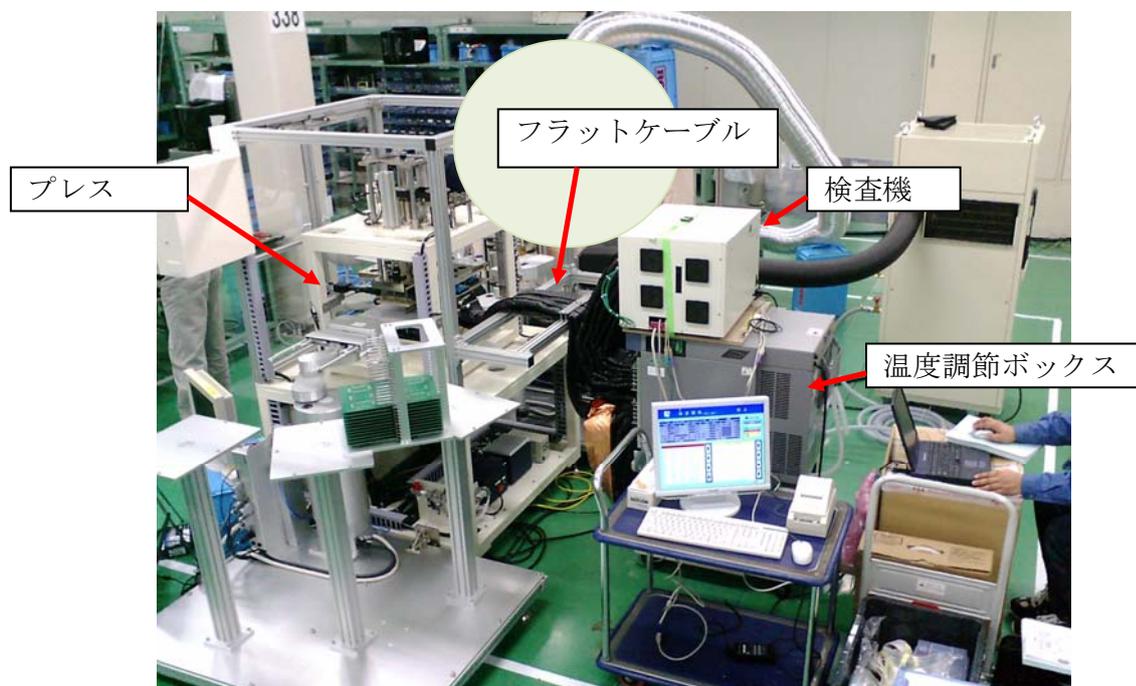
グラフ 3



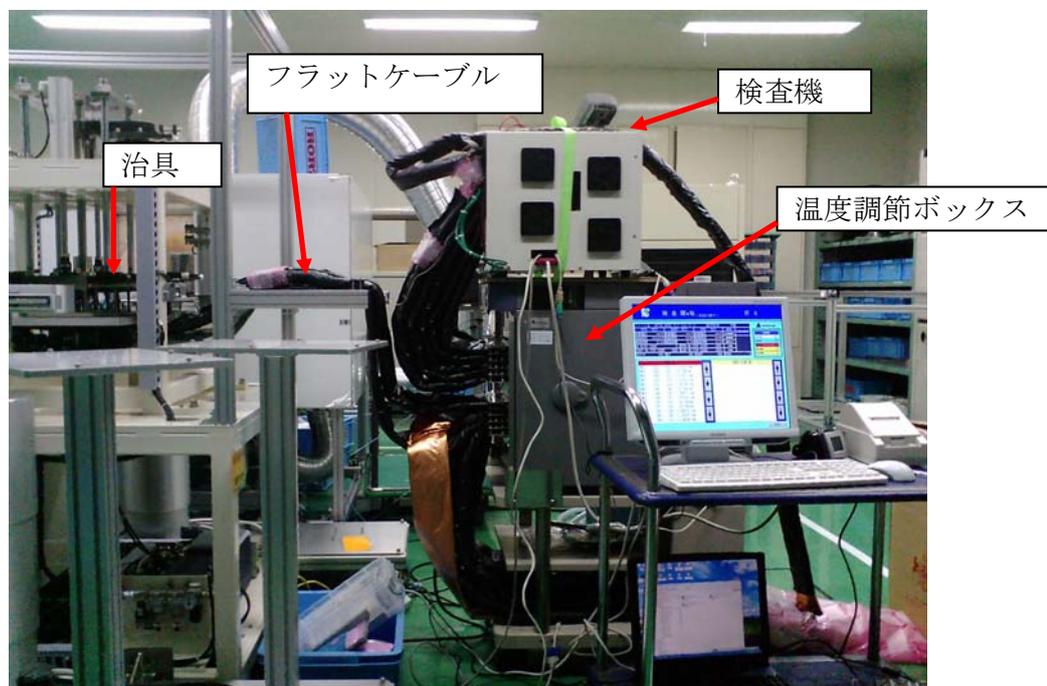
グラフ 4

③ 方法

- A : 写真⑨、⑩のシステムを使用する
- B : 基板を加熱せずに各ポイントの抵抗値を測定する
- C : 高温槽の温度を 120℃に設定する
- D : 自動運転で各ポイントの抵抗値を測定する



写真⑨



写真⑩

④ ランニングテスト結果

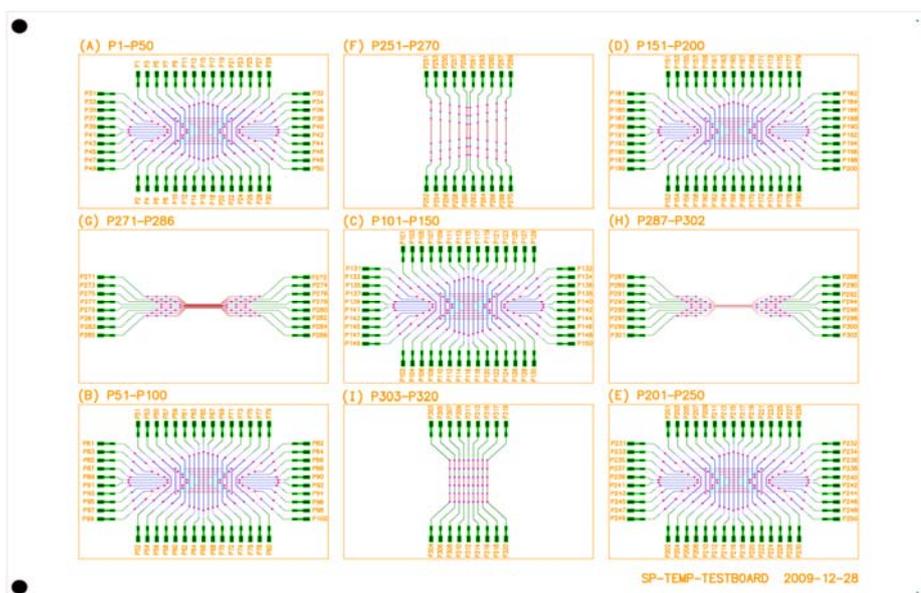
OK基板・・・23枚 PASS 16枚
NG 7枚

全てスルーホール部であり、製造上の不具合と考えられる

NG基板・・・7枚 全て NG (Via・マウスバイト・スルーホール部)

⑤ サンプル基板(OK・NG基板)の説明

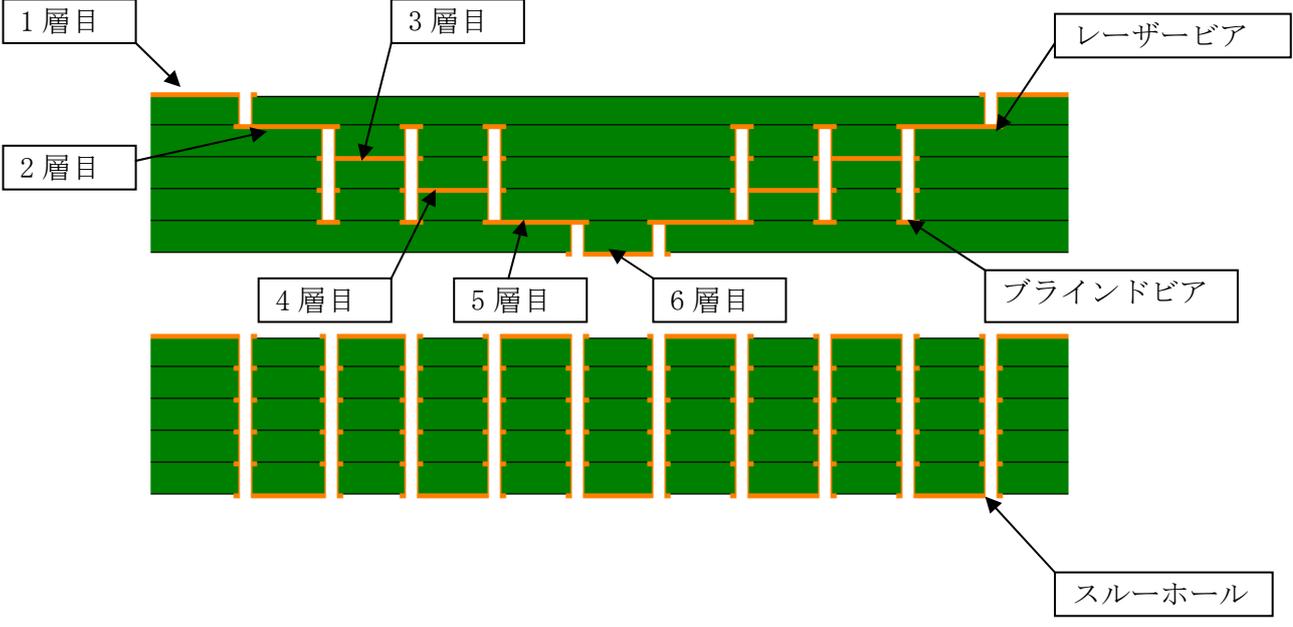
サンプル基板パターン概略図



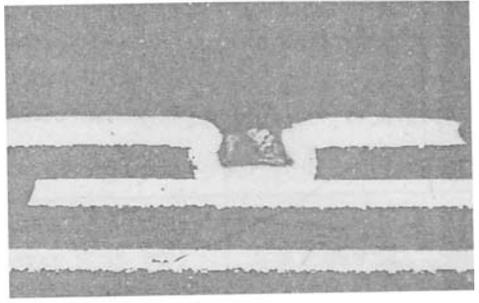
最近の車載基板の構造に合わせてサンプル基板も次の構造にした。

NG基板には意図的にレーザーViaのスルーホールの接合部分の面積を少なくしたり、マウスバイトを作った。

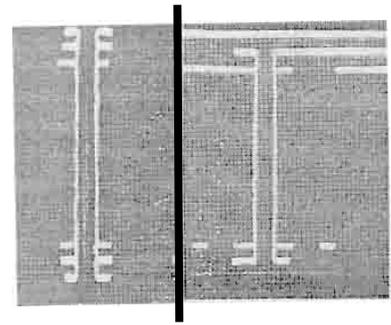
レーザービア・スルーホール・ブラインドビア断面図



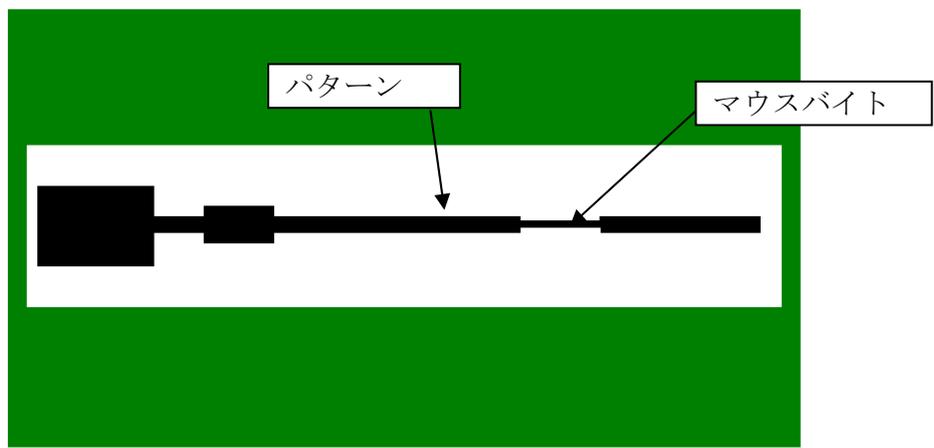
サンプル基板：レーザービアの断面画像



サンプル基板：スルーホールの断面画像



サンプル基板：マウスバイトの組込



(3) 高温状態での基板プローブ位置決め技術の開発 (ローツェ株式会社)

1) 測定すべき基板温度の決定

当初、加熱された基板をその温度で測定する構想であったが、プローブ治具を含む測定器全体を高温雰囲気とすることは、未知部分や影響が大きく困難であると考えた。そこで、加熱基板の室温での冷え方が測定時間内は十分に高ければ問題ない、との意見が出たので、モデル実験をすることになった。

B5判・0.7mm厚・ダミー基板2枚を重ねその間に熱電対を挿入して180℃に加熱した。オープンから取り出して160℃までに低下する時間を実験測定したところ、30秒～40秒であった。この間に検査ができる、と各社の合意のもとに、基板プローブ位置決め装置は常温とし、そこに加熱した基板を挿入することとした。

基板温度(2)

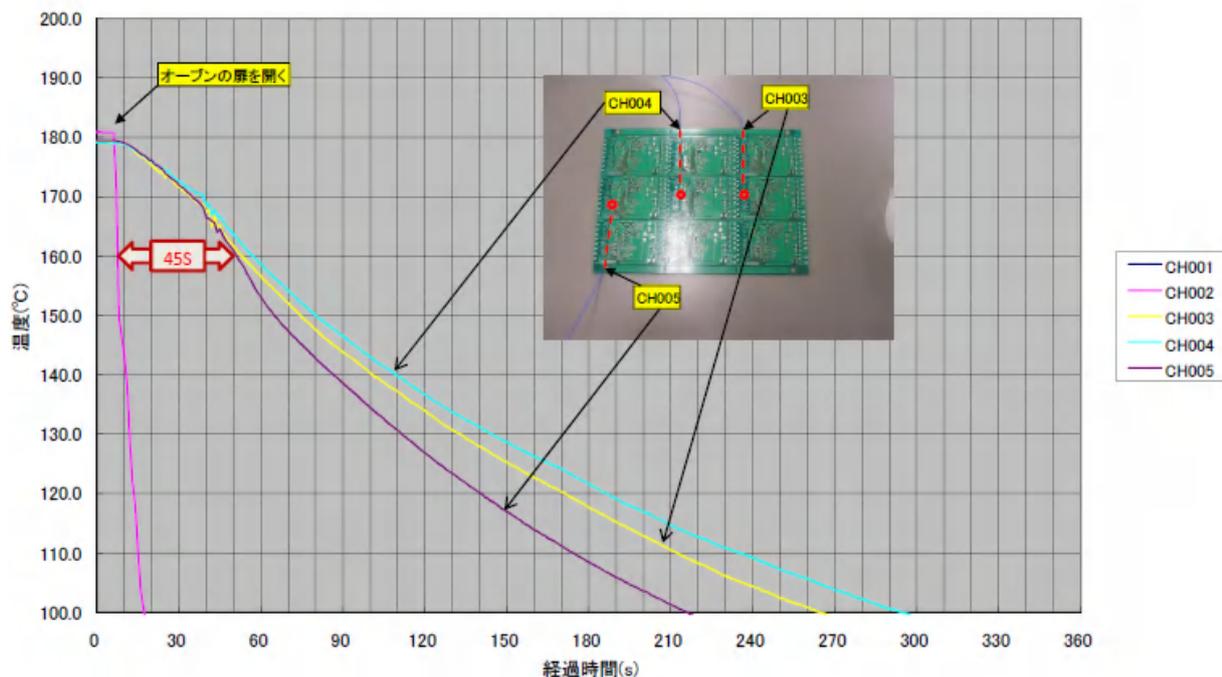


図 2 - 2 - 3 - 1 モデル基板の温度低下状況

また、通常、ベアボードは表裏にプローブ治具電極を配するため、プローブ治具は上下に2台配置すべきである。しかし本研究は、高温状態のプリント配線基板の電気特性がどのようになるか研究することが第一の目的であることから、プローブ治具は上側に1台のみとすることにした。

2) 基板プローブ位置決め装置

図 2-2-3-2 に基板位置決め装置の全体図を示す。

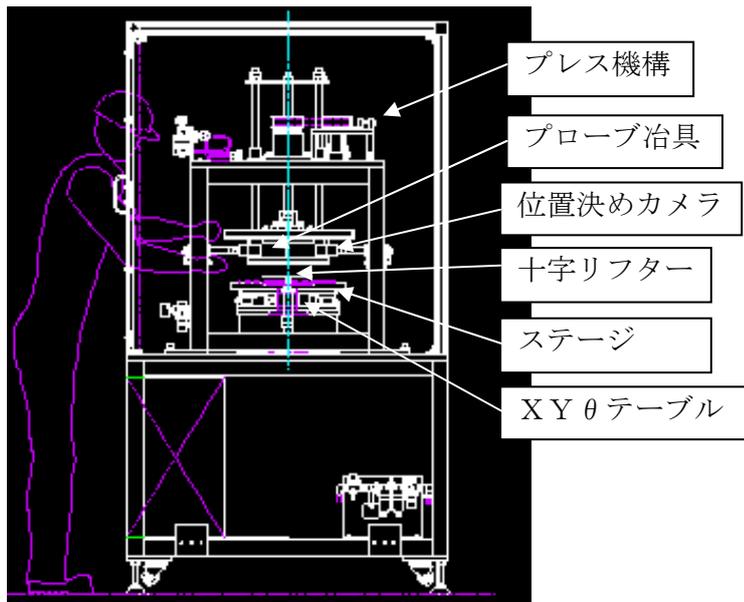


図 2-2-3-2 基板プローブ位置決め装置全体図

●位置決めおよび測定方法

ロボットAが図 2-2-4-1 (次々ページ写真) 左側の加熱槽ドアから基板を取り出し、図 2-2-3-2 の上昇して待機している十字リフターの上におく。その際、図 2-2-3-3 に示すように、基準である左側の 2 つの位置決めピンに基板左端の $\phi 5\text{mm}$ 穴を差し込み、十字リフターが基板をステージに降ろしシリンダで右側に押しつけてピンに押し付ける。

次に、2 台の位置決めカメラが、基板右端にある 2 つの 0.5mm ϕ のアライメントマークをそれぞれ捕え (図 2-2-3-5)、マークがカメラ像の中心に来るよう、XY θ テーブルを調整し位置決める (図 2-2-3-6)。

載置位置がきまると、上からプローブ治具を降ろして各プローブピンを各基板電極に接触させて導通抵抗を測定する。

測定後、リフターで基板を持ち上げ、他のロボットでこれを掴んで本装置から排出する。

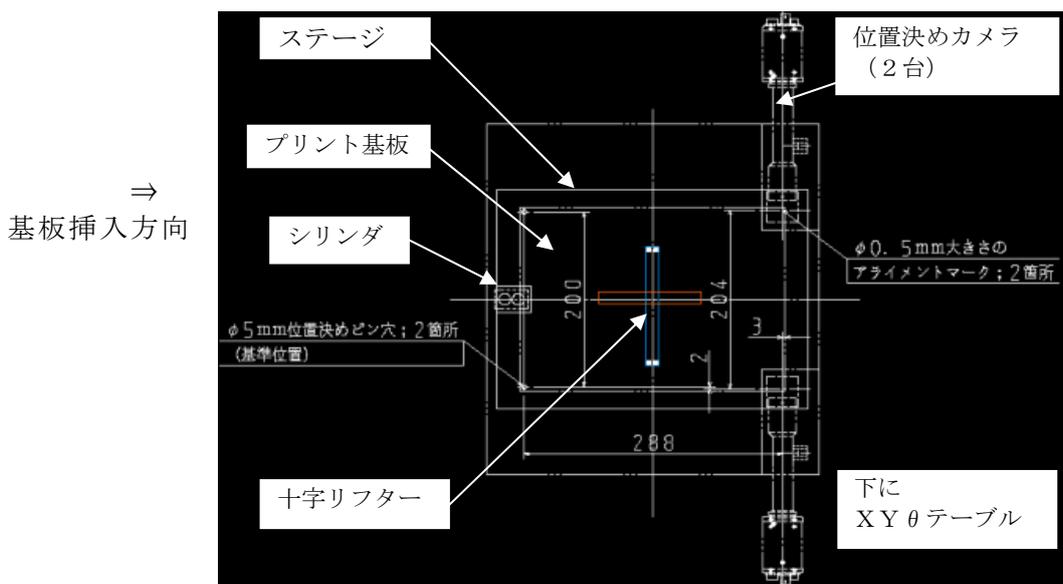


図 2-2-3-3 基板載置用ステージ

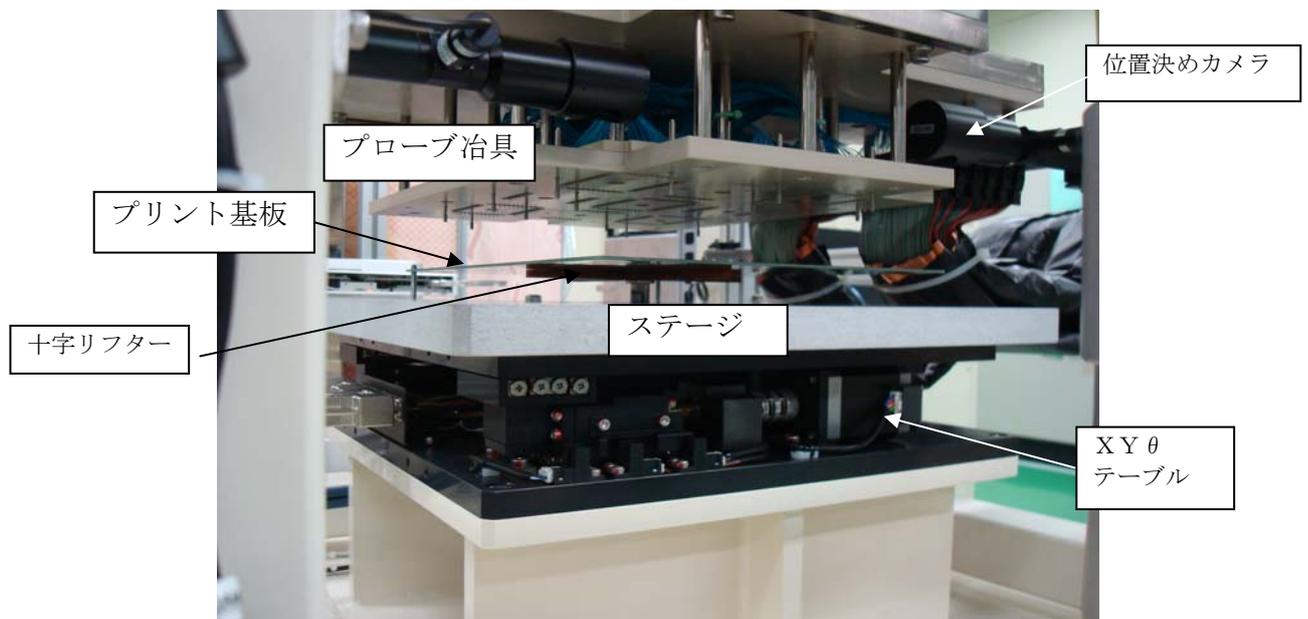


図 2-2-3-4 基板載置用ステージ写真

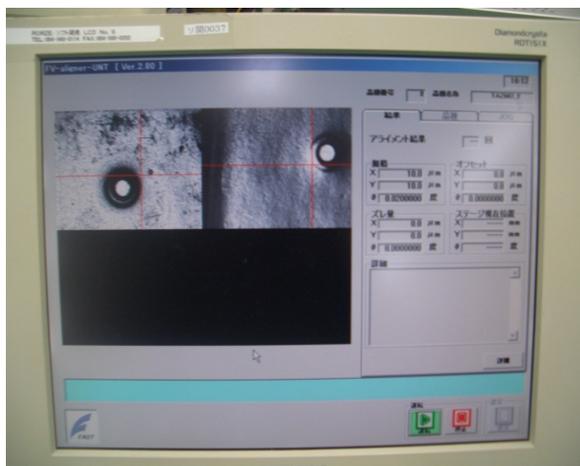


図 2-2-3-5 位置決めカメラ画像 (未調整)



図 2-2-3-6 位置決めカメラ画像 (位置決め後)

(4) 自動化対応基板連続加熱技術の開発 (ローツェ株式会社)

1) . 加熱槽

プリント配線基板を加熱するための槽で、コンパクトな設計をめざした。熱風発生機から熱風を天井から送入し、下から回収する加熱槽の外観写真を示す。加熱槽の容積は約300ℓで、熱風送風量は36m³/分である。



2) 基板の温度上昇状況

熱電対を装着したダミー基板を加熱槽に挿入後、温度上昇状況を図 2-2-4-2 に示す。約15分程度で設定の120℃まで上昇して安定し、評価規格の30分の滞在時間で十分基板を加熱できることが解った。

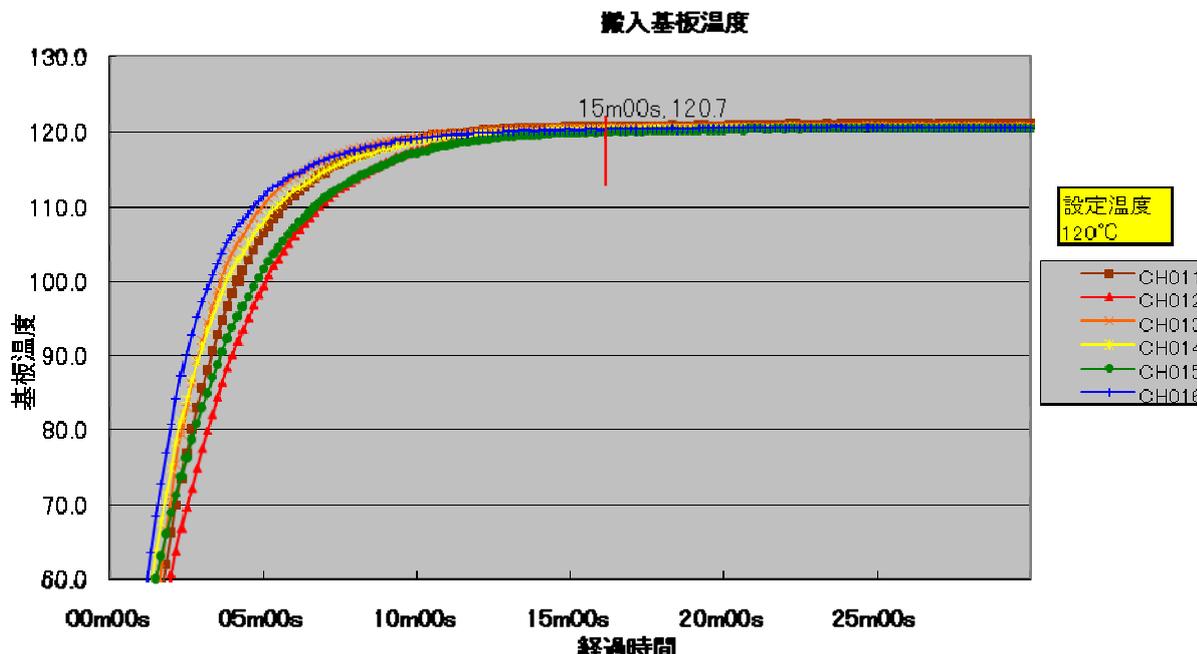


図 2-2-4-2 ダミー基板の昇温状況

4) ダミー基板の温度降下

次に、ダミー基板を120℃加熱槽から取り出し、基板プローブ位置決め装置の十字リフタに置くまでに113℃まで下がり、プローブ治具でプレスし測定30秒後(取出しから44秒後)に基板周縁部は110℃から50℃に、基板周縁部は105℃から63℃まで低下することが判った。

他方、机の上に立てかけて放置した場合は、中央部は78℃、机側の周縁部は53℃であった。

即ち、前記（４）、１）測定すべき基板温度の決定の項でのべたモデル実験より、本機では冷え方が著しく早く、問題があることが解った。

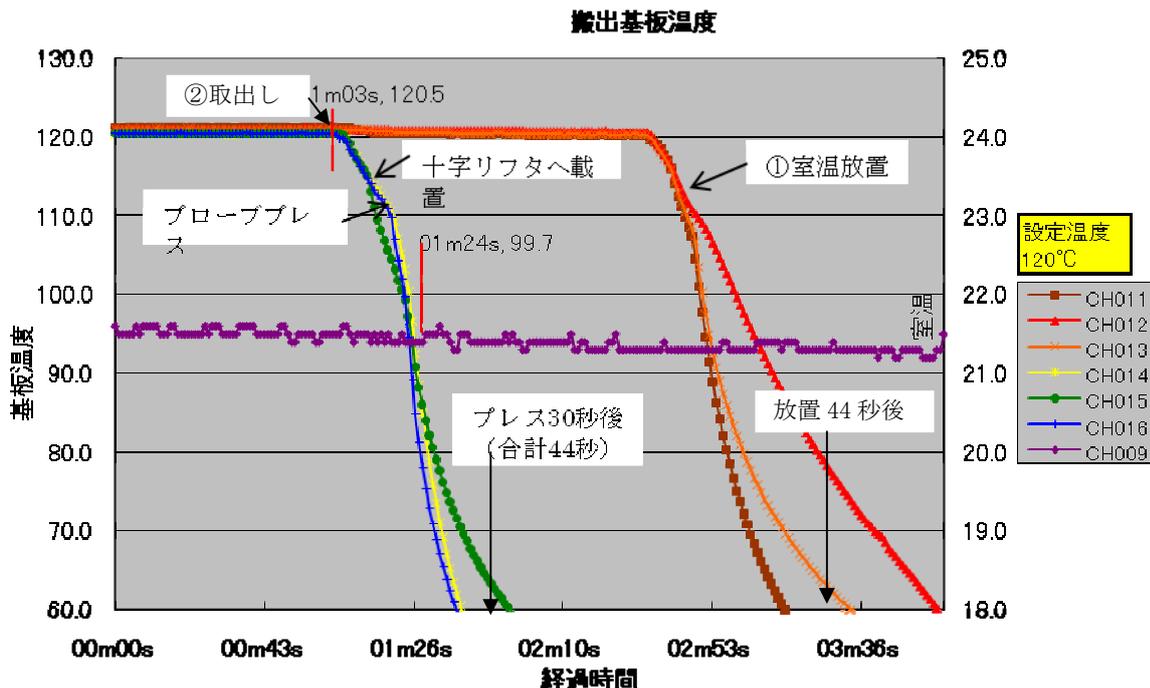


図 2-2-4-3 ダミー基板の温度降下

（５）自動化対応基板連続冷却技術の開発（ローツェ株式会社）

１）冷却槽の構造

当初構想では、加熱槽と同様な形状の冷却槽を考え、 -40°C 冷却を計画していたが、 -40°C の冷風発生装置の入手ができなかった。また、風量は槽容積の10倍/分以上必要と言われるので 3 m^3 /分以上の冷風発生装置が必要となるので、例え -40°C まで冷却出来なくても、大型冷風装置が必要である。購入可能なメーカーを探したところ、最低 -30°C 冷却風最大 9 m^3 /分の装置は見つかったが、納期が6ヶ月以上かかり、本プロジェクトの締め切りに間に合わず、断念した。

まず、納期が短い冷風機から出発せざるを得ず、 $-30^{\circ}\text{C}\sim 0^{\circ}\text{C}\cdot 200\sim 800\text{ l/分}$ の圧縮空気冷却制御装置（オリオン機械(株)製「コールドフレッシュAPX-15A-8」）を用いた。製作した冷却槽を図2-2-5-1と 図2-2-5-2に示す。



図 2-2-5-1 冷風発生装置と冷却槽

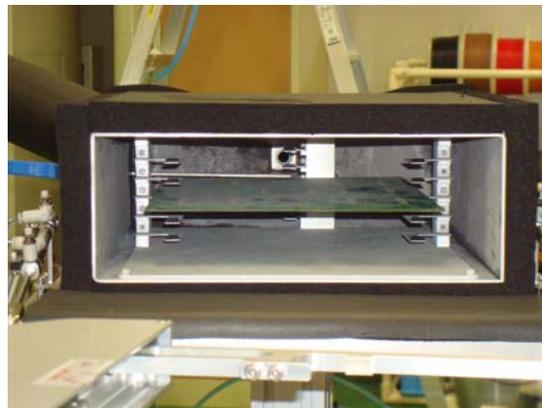


図 2-2-5-2 冷却槽の内部

2) 冷却装置の運転

本冷風発生装置は、圧縮空気が開放されて高速で冷却槽に到達するため、扇型の口元から冷気を導入して、風速をおとす。

ここで採用した冷風発生装置は、圧縮空気を冷却し断熱膨張で500ℓ/分、-30℃の能力で、冷風は回収循環出来ない仕様となっている。本研究で開発した冷却槽は、図2-2-5-3に示すように、容積8.7ℓ(100×280×310mm)で基板5枚を収納できるように設計した。

本研究では、冷風発生装置出口で-35℃、300ℓ/分で運転したが、冷却槽内の温度は、-20℃にしか下がらなかった。(加熱槽と同様ダミー基板に熱電対を埋め込み測定)

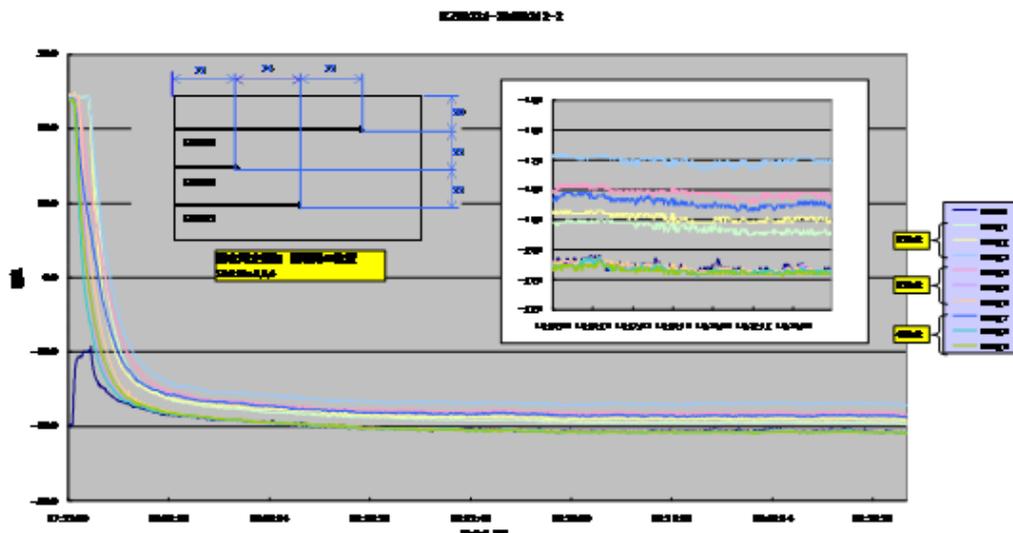


図2-2-5-3 ダミー基板の冷却状況

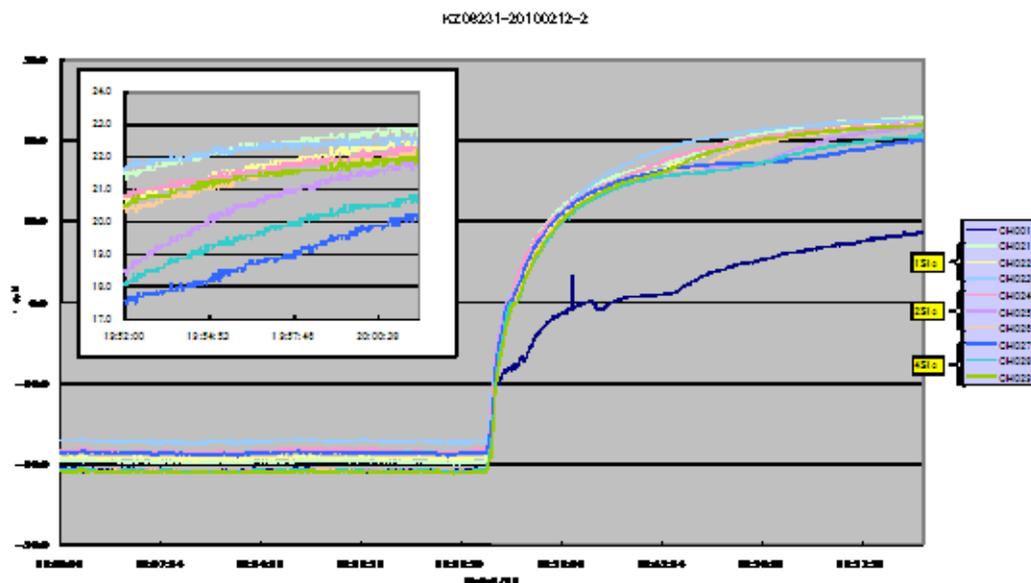


図2-2-5-4 冷却槽から取出後の室温中での基板温度上昇

一方、-20℃冷却槽からダミー基板を取り出したところ、図2-2-5-4に示すように、1分58秒で0℃まで上がり、4分3秒で7.3℃まで上昇した。

プリント配線基板にヒートショックを与える目的で、冷却槽から加熱槽へ直接移送する場合、10秒程度かかるとすると、-20℃から-18.5℃に上昇するので、充分ショックを与えることができると思われる。

(6) 基板搬送用低コストロボットの技術の開発 (ローツェ株式会社)

1) ロボット

当初計画では、構造が簡単な低コストロボットを開発を目指したが、研究期間が余りにも短くなったため新規設計が間に合わない恐れが発生した。そこで、ロボット本体はローツェ(株)製半導体ウエハ搬送用ロボットRR716の設計図面を流用し、A4判プリント基板を把持出来る様に改造した。

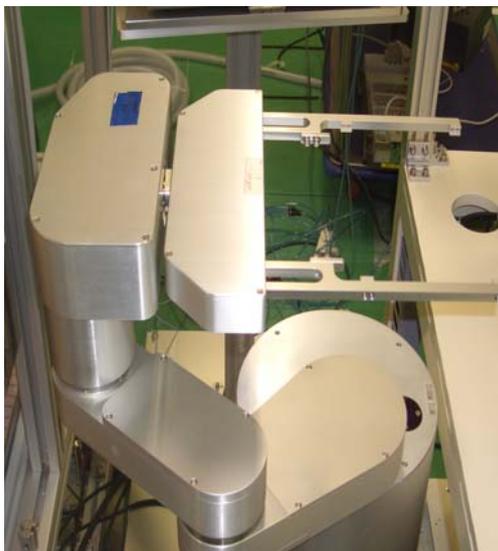


図2-2-6-1 加熱槽・基板プローブ位置
決め装置間搬送用ロボットA



図2-2-6-2 基板プローブ位置決
め装置から取出し用ロボットB

図2-2-6-2に基板プローブ位置決め装置から測定済み基板を取出し、良品、不良品に振り分けるロボットを示す。ここで、フィンガーは が水平部位と垂直部位を回転する。(180度可能)棒状の把持部が両側に開閉して基板を把持する。基板が接触する部分には、V字加工した耐熱樹脂製のパッドを左右に2か所ずつ取り付けられている。

2) カセット

プリント配線基板を供給・受取りのために、カセットを作成した。図2-2-6-5にその写真を示す。カセットは、25枚入りで、加熱槽の容量の半分である。

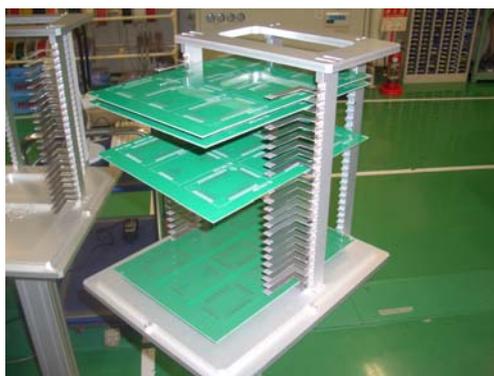


図2-2-6-3 カセット写真

(7) 全自動連続運転技術の開発 (ローツェ株式会社)

図2-2-7-1に、ロボット搬送システム・加熱槽制御システム・冷却槽制御システムをメイン制御系統図を示す。ここでは、熱風発生機・冷風発生器・ロボットの電力系電源と、温度測定・ロボットコントロールコンピュータなどの電子制御系がまとめられている。

尚、各槽の温度設定は、それぞれの発生源に組み込まれているシステムを利用した。

加熱槽には、熱風発生機運転・停止、風車型基板載置棚の回転機の回転速度、回転・停止、基板搬入搬出ドア(シャッター)の開閉の制御システムを組み込んでいる。

以上のシステム構成に加え、メインPCに記憶させるソフトウェアによって、全自動運転を行う。

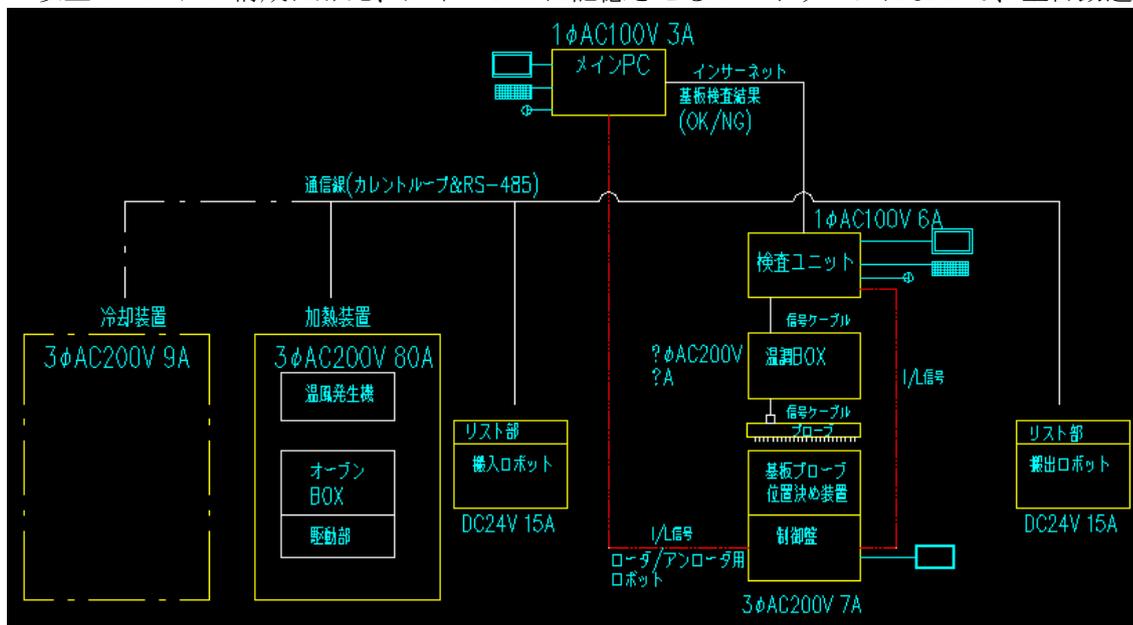


図2-2-7-1 制御系統図

(8) 全体組立・試運転・改善 (共同体 3 社)

1) 全体組立

平成22年2月12日金曜日、株式会社日本マイクロシステムのプローブ治具を取り付けた基板位置決め装置 (アライメントユニット)、エアイテクノロジー株式会社の検査機本体、ローツェ株式会社の加熱装置・冷却装置・ロボット装置が、広島県福山市のローツェ株式会社本社に集結した。

翌週月曜日2月15日から、下記図2-2-8-1の通り、加熱槽 (オープン)・投入用ステージ・基板プローブ位置決め装置 (アライメントユニット)・搬出用ステージを一直線に並べて結合し、プローブ治具と検査機とをケーブル接続して全システムを配置・組立て、2月18日から3月5日金曜日まで試運転を行った。

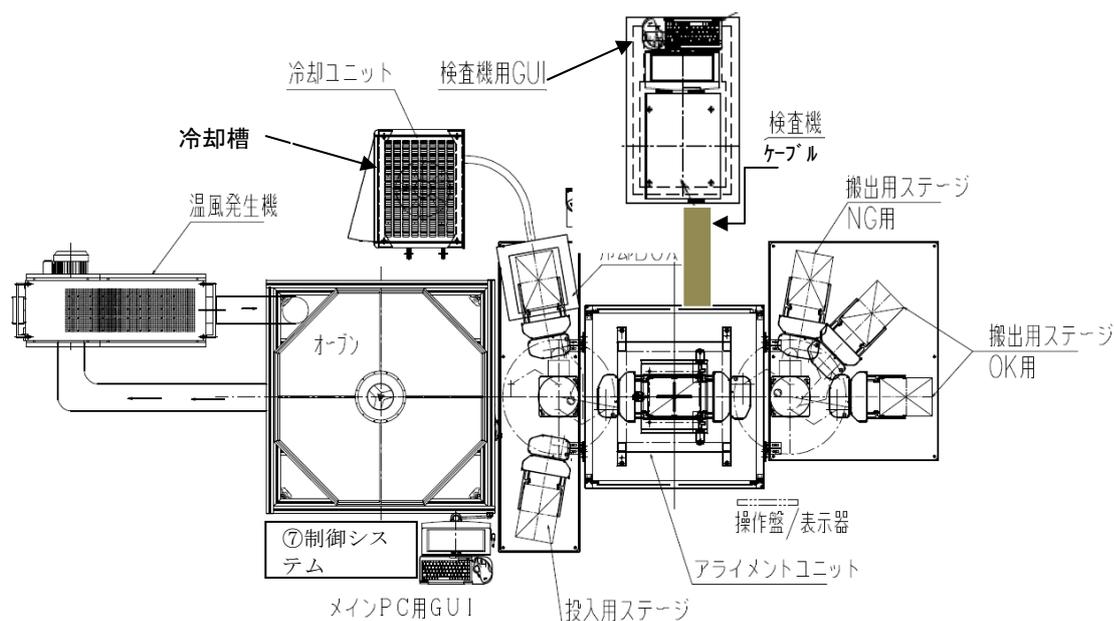


図2-2-8-1
全システム配置図

2) 試運転 (3社共同)

①プローブ治具

PEEK材 0.5mm スプリングピン 640本の治具を、基板プローブ位置決め装置(アライメントユニット)に取り付け、検査機本体とケーブルで接続した。常温で測定したところ、モデルプリント配線基板数枚はすべて良品と判定され、問題はなかった。

次に、140℃高温槽に於いてモデル基板を23枚を約1時間加熱し、これらを40秒～1分間隔で連続的に基板プローブ位置決め装置に投入し、マニュアル操作(位置決めカメラは自動)でプローブに加熱基板を接触させ、モデルプリント配線基板の検査をした。しかし、4～5枚目から抵抗値が100KΩ以上と異常に高いポイントが非常に多数発生した。

位置決めカメラによる位置決定ポイント側は、プローブ電極が基板に接触してデータが得られているが、反対側は、熱膨張により基板が伸びて、ほとんどプローブが基板電極に接触していないと考えられる。

②検査機本体

高温環境下回路基板検査システムでの検査の検証

A. 目的

検査機単体での検証結果と同じようにシステムでも不良箇所が検出できるか確認する。

B. 結論

OK・NG基板の加熱前と後の抵抗値を見ると120℃に加熱した後も自然冷却後は加熱前の抵抗値に戻ることが分かった。

車載基板の検査工程では熱ストレスをかけた後に自然冷却して検査を行っているが、常温測定では不良部分に関しては検出できていないことが分かった。よって高温に加熱することにより潜在的不良箇所の変位量が増幅される為高温下で検査することが必須であると言える。

120℃でのOK基板とNG基板の抵抗値の変位量を比較するとNG基板のほうが全体的に抵抗値が高い。特に図2-2-8-2のポイント113・144～151は変位量が他のポイントより著しく多い。

この部分は意図的にスルーホールの接合部分の面積を少なくしたり、マウスバイトを作った箇所である。いわゆる潜在的不良箇所である。

120℃時のOK基板の抵抗値に仮に0.1Ωを加えた値を上限値とし、検査してもその部分をNGと検出することが可能である。この0.1Ω加えた根拠として市場の検査工程では平均抵抗値に0.03～0.05Ωを加算して検査をしていることが多いが、高温環境下ではさらにマージンを0.05Ω加算して0.1Ωとした。

グラフ4のAの部分は常温での検出が不可能であると言い切れないがBの部分は明らかに常温時とは違う傾向が確認されるので高温時でしか検出不可能である。

実際のランニングテストを実施した結果を見るとこの部分が熱をかけることにより抵抗値が増幅してNG箇所と判別できている。

この部分が熱をかけることにより抵抗値が増幅した不良部分と判断する。

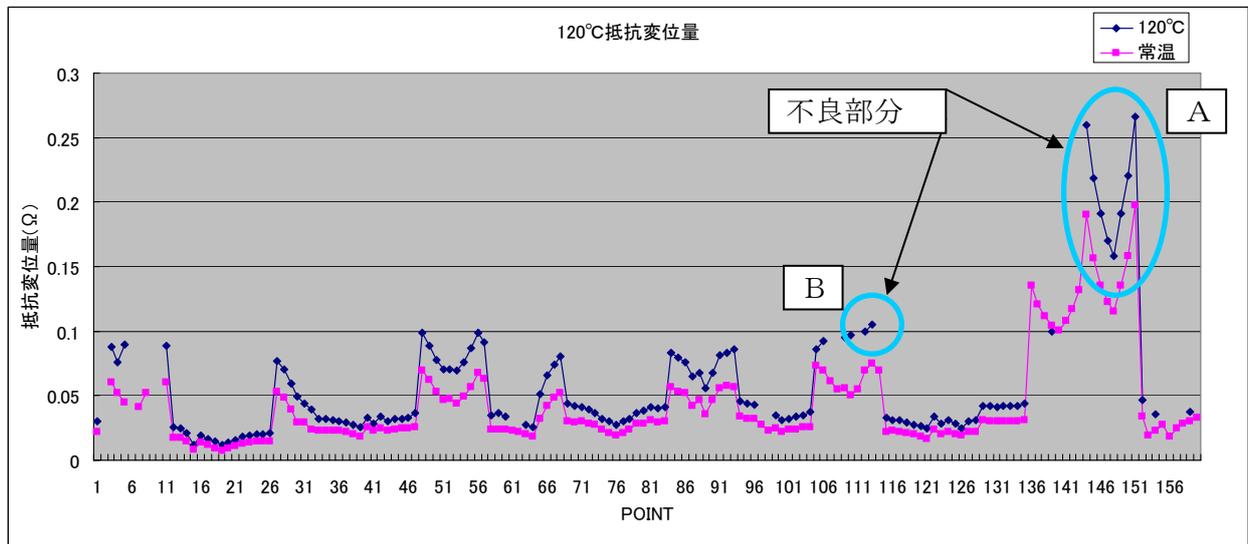


図 2-2-8-2

③基板プローブ位置決め装置

常温の基板の検査では、全く問題なく動作し測定できた。高温基板が投入された場合位置決めカメラで観測すると、120°C加熱後位置決めステージに置かれた基板は、測定中に約250 μ m収縮した。本位置決め装置は $\pm 5\mu$ mの精度になるよう設計製作してあるが、このように基板の収縮が激しいと、高精度の意味がない。

④加熱槽

120°C、140°Cでの温度コントロール、基板の温度上昇は目標通りの性能が得られた。しかし、下記⑥で述べるように、ロボット搬送と組み合わせた場合は、ロボットが加熱基板を把持できない、常温で把持した基板を加熱槽内の正規位置に挿入出来ない等、大きな課題が残った。加熱による基板自体の膨張・歪み、加熱槽内の部品の膨張・歪みが発生していることが原因と考えられた。

⑤冷却槽

冷却槽へのロボットによる基板搬入・搬出は全く問題なく運転できた。しかし、冷却温度が目標未達であったほかに、ドアを開けた場合、基板や器壁に霜がついた。これは、外気流を巻き込んだためと推測された。

⑥ロボット搬送

搬入・搬出先の装置が常温の場合は、各装置間への基板の搬送は問題なかった。また、ロボットが加熱された基板をうまく掴んだ場合は、基板プローブ位置決め装置の2本の位置決めピンへの挿入と受け渡しは問題はなかった。

しかし、まず、加熱槽への基板の搬入時、何例か、定められたV溝に基板が嵌まらなかったケースがあった。更に、加熱槽で熱せられた基板を把持することができない場合が多発した。このような不具合は120°C、140°Cいずれの場合にも観察された。

⑦全自動運転技術

前記④、⑥に記載したとおり、高温でロボットが基板を把持出来なかったため、自動運転はできなかった。

2-3. 今後の課題

(1) 高温用プローブ治具の試作 (株式会社日本マイクロシステム)

PEEK材φ0.5プローブピンでのプレス高温測定時に、基板のランドからプローブピンがずれる(接点不良)現象が起こった事に対して、基板の熱膨張も考えられるが、今後基板の製作精度のバラツキ、プローブピン先端のピン配置のバラツキを3次元測定し、基板膨張との関係を実際の寸法的方面と膨張で起こりうる理論値とを比べ測定評価する必要がある

ワイヤプローブ治具については、如何に加工機を止めずに効率を上げるかが大きな課題と考える。複数の同じような径の穴が実際には不規則に並ぶわけだが、人間が認識しながらの加工では時間もかかるしミスにも繋がり易い。汎用のCAD/CAMシステムでは、同じ径の穴でも勘合穴やバカ穴があり、どうしても人間の介入の割合が大きくなるので、人間の能力が効率に影響する。

システム化の構築を急ぐ必要がある。

(2) 高温環境下回路基板検査技術の開発 (エーアイテクノロジー株式会社)

今後、量産基板による検査の検証が必要であろう。

(3) 高温状態での基板プローブ位置決め技術の開発 (ローツェ株式会社)

① 基板の温度降下

加熱されたプリント配線基板は、十字リフター、ステージ、プローブ治具での接触により、温度降下が著しかった。ステージへのヒーターの埋め込み等対策が必要であろう。

② 基板表裏の測定

ベアボード基板の場合は、表裏に電極や電子部品ハンダ付け穴が配置されるのが通常であるため、プローブ治具は表裏にそれぞれ接触するように、2台取り付ける。本研究では、高温状態のプリント基板の状態を観察するため、プローブ治具は上面用1台のみとしたが、上下面用2台への変更設計も考慮する必要がある。

(4) 自動化対応基板連続加熱技術の開発 (ローツェ株式会社)

加熱するとロボットが基板を把持出来ない原因を早急に解析し、その対策を実行して24時間連続運転を目指す。そのためには、現在解っている現象から、まず基板載置V溝の改良と基板押えパネの改良を行い、基板が加熱槽内で安定化させる。その後、量産化に向けたコストダウン研究を実施する。

(5) 自動化対応基板連続冷却技術の開発 (ローツェ株式会社)

モデルプリント配線基板の冷却処理から高温処理の実験を行い、冷却の効果を確認し、客先のニーズによる測定を行い確認する。大型冷却槽の設計を進めながら、ニーズを探索し、量産対応できる連続冷却・加熱装置を目指す。

(6) 基板搬送用低コストロボットの技術の開発 (ローツェ株式会社)

まずは、基板が熱膨張や熱変形しても対応できるロボットフィンガー、カセットの改良を行う。次いで、今回は時間がなく手が付けられなかった低コストロボットを開発する。

(7) 全自動連続運転技術の開発 (ローツェ株式会社)

基板プローブ位置決め装置、加熱槽の温度不安定性、ロボット把持等のハードウェア運転の確実性が保証されれば、ソフトウェア的には連続運転が可能である。

(8) 組立・試運転・改善

実用化に向けた24時間連続運転でのケーブルの熱伝導の確認と冷却効果の検証と、24時間連続運転による安定した検査の検証を実施する。(株式会社日本マイクロシステム、エーアイテクノロジー株式会社、ローツェ株式会社)

第3章 全体総括

3-1. 目的

ほとんどの電気製品に使用されているプリント配線基板の信頼性を向上して、自動車、コンピュータ、家電製品等の信頼性と安全性を担保するために、製品化工程の早い段階で、不良基板を選別することを目的とした。

3-2. 原理

基材のガラスエポキシ樹脂と配線銅の熱膨張差を利用して、銅配線・銅メッキの接触不良部分を検出するために、世界に例を見ない加熱状態でのプリント配線基板の電気特性を測定し、分析する。電気試験は4端子法を採用し、微小な抵抗値の変化を検出した。

3-3. 装置の製作

(1) プロブ冶具

電気測定のためのプロブ冶具は、基板の電極が最大1096点まで測定することを目標としたが、製作時間と耐熱プロブのコスト高のため640本とし、耐熱性樹脂PEEK材基板と0.5mmφピンプロブ冶具を製作した。

しかし、0.5mmφピンは温度保証が得られなかったため、多少太いが耐熱200℃の保証がある0.9mmφピンをガラスエポキシ樹脂材に装着した、前者と同形のプロブ冶具を製作した。(株式会社日本マイクロシステム担当)

(2) 検査機本体

前述のプロブを被検体のプリント配線基板に電流を流し、抵抗値等の電気特性を測定するための検査機を作成した。当初計画通り、基板の電極が最大1096点まで測定できるようにし、今回のプロブ冶具にはその内640芯のケーブルをコネクタ10個で接続させた。

加熱された基板からの温度上昇によるケーブルの抵抗値変化を避け、ケーブルの途中を温度一定にして検査機との温度差を無くするために、15℃恒温槽中を通した。

(エーアイテクノロジー株式会社担当)

(3) 基板プロブ位置決め装置

本装置は、ベアボード状プリント配線基板上面のみの検査をする構造とした。多数のプロブピンを正確に基板の電極に接触させるために、位置決め装置として下部ステージに、基板の短辺側両端の穴にさしこむ位置決めピン2本とピンに固定するシリンダ、基板の他の短辺両端に設けたアライメント(位置決め)マークを検出するカメラ2台とこれらに連動して位置決め用XYθテーブルを付加した。また、ロボットが載置しやすいように設けた十字型昇降テーブルと、ステージは、熱伝導性の小さい有機材料を用いた。(ローツェ株式会社担当)

(4) 加熱槽

基板を50枚収納できる加熱槽を新設計した(特許出願中)。導入する熱風は、市販の熱風発生機を用いダクト結合した。加熱温度100℃~180℃の運転を行ったところ、問題なく温度制御できた。しかし、加熱槽内では、プリント配線基板の熱膨張、変形、一部加熱槽部品の変形が観察され、ロボット搬送への不具合が発生した。(ローツェ株式会社担当)

(5) 冷却槽

当初目標の-40℃冷風発生機の入手ができなかったことと、大容量の-30℃冷風発生機の納期が研究締め切りに間に合わなかったため、-35℃小型除湿冷風発生機を購入して、A4判基板5枚入りの冷却槽を作成した。実際に運転したところ、冷風発生機出口で最低温度としても冷却槽内は、-20℃にとどまった。また、外気を巻き込み槽内及び基板に霜が発生した。ロボット搬送は、問題がなかった。(ローツェ株式会社担当)

(6) 基板搬送ロボット

新規ロボットの開発設計には時間的に余裕がなかったため、ローツェ株式会社製の既存のシングルアームロボットを、これに旋回リストを新規に取り付けて使用した。ロボット台数は、投入用基板カセット・加熱槽・冷却槽から基板プロブ位置決め装置への搬入ロボット1台と、検査

後基板プローブ位置決め装置からの取り出しと、良品、不良品を振り分けカセットに載置する搬出ロボット1台の計2台である。

搬送動作は、常温ではどの場面においても問題はなかった。しかし、高温の加熱槽への基板搬入時正常位置に収納できない、基板搬出の際、基板を把持出来ない不具合が多発し、結果的に全自動連続運転ができなかった。従って、測定のために人手による搬送をせざるを得なかった。

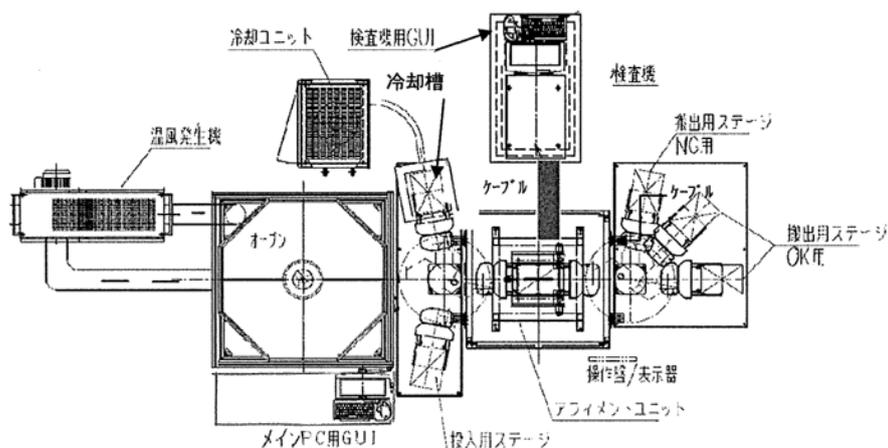
(ローツェ株式会社担当)

(7) 全自動連続運転装置

各ロボットの搬送動作、加熱槽・冷却槽ドアの開閉動作のコンピュータ管理、加熱槽・冷却槽の温度管理を行うためのコンピュータ、電気装置を1つの配電盤に収納した。温度コントロール、搬送経路の指示など、本装置に問題はなかった。(ローツェ株式会社担当)

(8) 全体組立

以上、上記①から⑦の各装置をローツェ株式会社を集結し、下図の装置システムを組み立てた。



3-4. 全体運転と測定結果

(1) 搬送系

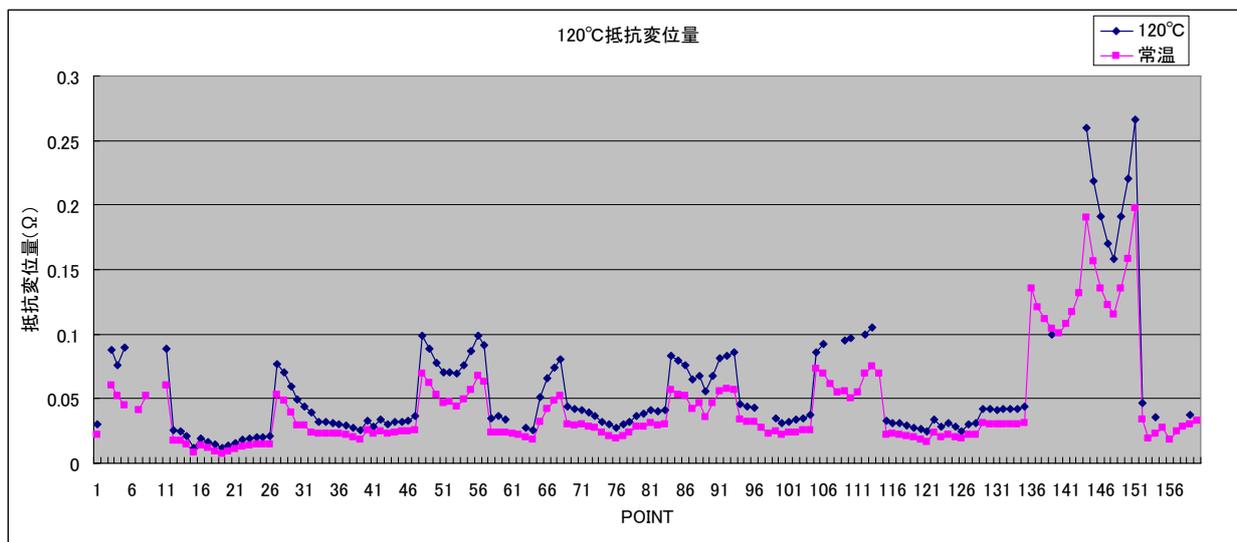
搬送動作は、常温ではどの場面においても問題はなかった。しかし、加熱槽内では、プリント配線基板の熱膨張、変形、一部加熱槽部品の変形が観察され、ロボット搬送において不具合が発生した。高温の加熱槽への基板搬入時正常位置に収納できない、基板搬出の際、基板を把持出来ないなど不具合が多発し、結果的に全自動連続運転ができなかった。従って、測定のためには人手による搬送をせざるを得なかった。

また、基板プローブ位置決め装置においても、PEEK材プローブ治具のピンが、熱膨張した基板の640個の電極の半数に接触しないと思われる不具合が発生した。これは、測定中に基板が収縮し、位置決めが正確に行えない問題も含んでいる。

(2) 測定系

PEEK材プローブ治具で測定できなかったため、少し太いが耐熱性がよいピンを装着したガラスエポキシ樹脂材プローブ治具に交換して、手搬送で基板プローブ位置決め装置に持ち込んで測定した。後者の治具は、この基板に対しては太く、20ヶ所前後ピンが接触しない部分があったが、これらピンのデータは採用せずに測定を行った。

その結果、モデルプリント配線基板に設けたレーザービアは、下図のように加熱状態で常温とは明らかに異常に高い抵抗値を示し、不具合を予見するデータが得られた。本研究での、高温状態でのプリント配線基板を測定する意味があることが分かった。



3-5. おわりに

今回の研究は、期間が3か月半と短く、十分な予備検討をする時間がないまま試作に入り、当初の計画通りの装置を完成することができなかった。しかし、高温状態のプリント配線基板の測定においては、当初の予想通り、早期に基板の不具合部分を発見する手段として有効であると考えられる。

今後、測定温度条件の正確な設定ができるよう、補完研究を実施して、一刻も早く万全な装置を作り上げたい。

以上