

接続端子同士ははんだ接合によって直接接続されるため、1mm程度の厚みと60本という端子数の制限があるコネクタに比べて、接続部の厚みをはるかに薄く、同じ平面スペースにおける接続端子数を大幅に増やすことができる。さらに、導電性粒子の接触に頼るACFに比べて、接続抵抗は著しく低くなる。また、RPCとFPCを別々に作製することができるため、R-F基板のような製造工程の複雑さや面付け効率の低さに起因するコストを抑えることができる。加えて、接続部を基板の端ではなく内側に配置させることや、FPCとRPCおよびFPC同士が交差するような構造をとることもでき、基板の外形および接続構造の自由度が飛躍的に向上する。このような基板間接続はRPCとFPCの接続にかぎらず、例えば単層FPCと多層FPCといったように、層数の異なるFPC同士の接続も行うことができる。

2.2 接続工程

図1に、はんだ接合を用いたストレート端子同士の接続の工程を示す。まず、FPCのストレート端子上にPbフリーはんだめっきをほどこす(図1(a))。次に、はんだめっき上にフラックスを塗布し、RPCのストレート端子と向かいあわせてストレート端子同士が重なるように位置あわせをする(図1(b))。その後、図2に示すようなヒーターツールで接続部全体を加熱・加圧し、ストレート端子同士を熱圧着させる(図1(c))。この結果、フラックスがはんだとストレート端子の表面酸化膜を分解し、はんだの溶融

によってストレート端子同士が接続されて電氣的導通が確保される。

図1(b),(c)の工程において、特にストレート端子が狭ピッチな基板では、図3の概略図におけるY方向とX方向の位置あわせ精度が重要となる。その位置あわせはカメラで撮影される画像を認識・処理することによって実行される。まず、基板間接続機にセットされた2つの基板間におけるX方向の距離、およびY方向とX方向の位置ズレ量を測定する。次に、測定された距離およびズレ量を補正して調心する。再び測定・補正・調心を行い、この一連の動作を数回繰り返す。これにより、位置ズレを徐々に減少させてストレート端子の位置あわせが実行される。画像処理およびモータの調心駆動を含めた総合的な基板間接続の位置あわせ精度は、Y方向が $\pm 10 \mu\text{m}$ 、X方向が $\pm 0.30^\circ$ となり、これまでに $100 \mu\text{m}$ (L/S=50/50)ピッチのストレート端子同士の接続を実現した。

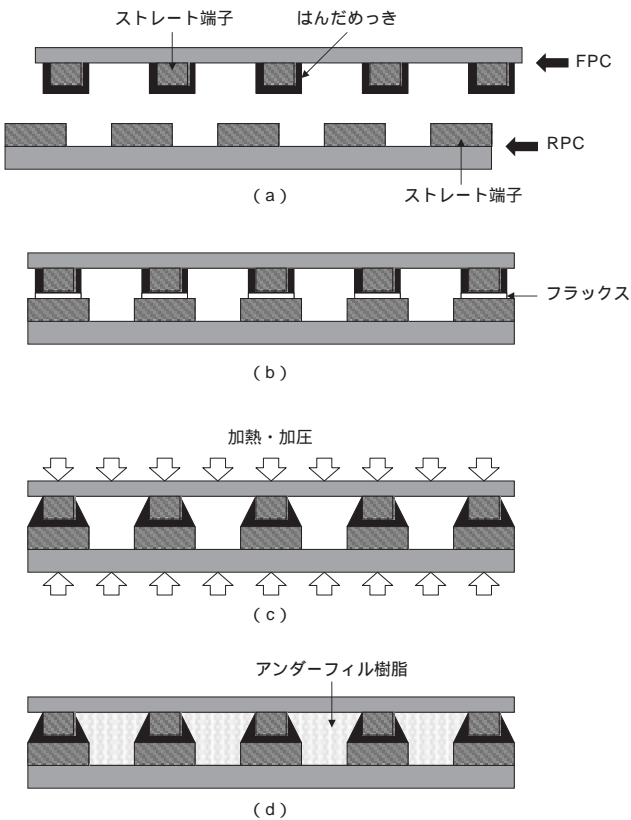


図1 はんだ接合による基板間接続の工程
Fig. 1. Process of interconnection with solder welding.

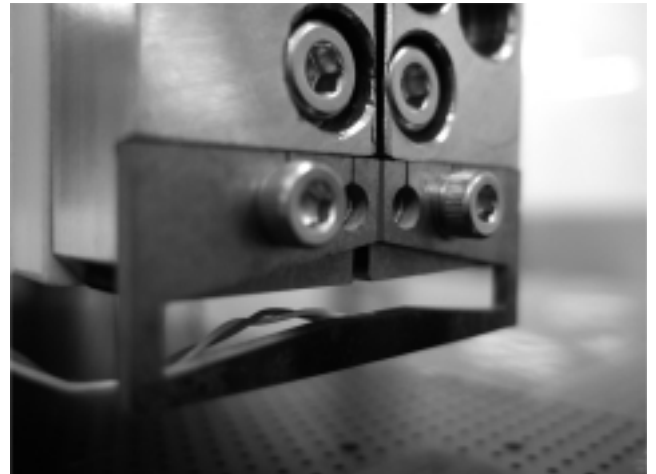


図2 ヒーターツールの外観
Fig. 2. Outlook of heater tool.

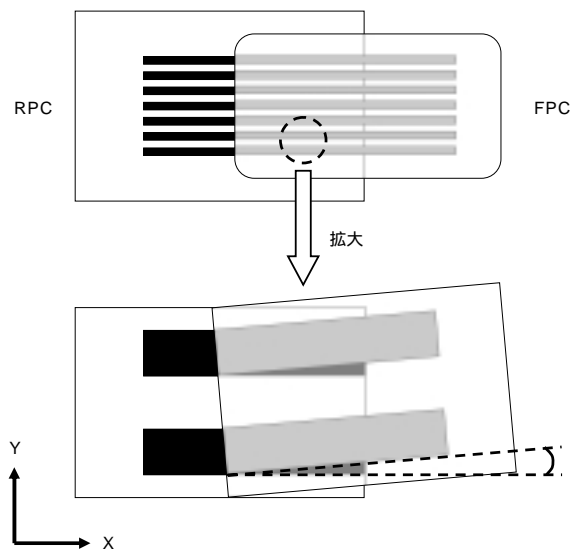


図3 RPC-FPC接続基板の概略図
Fig. 3. Outline of RPC-to-FPC direct connection.

2.3 アンダーフィル樹脂塗布工程

RPCとFPCの接続基板において、リフローなど、はんだの融点以上の環境下でははんだが溶融する。その結果、接続後の状態のままでは隣接するストレート端子のはんだ同士が接触し、図4のX線画像の破線内に示されるようなはんだブリッジが発生する。また、高温下では、ウイスカの成長によって端子間が短絡する可能性もある。さらに、接続部全体でははんだ接合よりも十分に高い接続強度を確保する必要もある。そこで、ブリッジの防止および十分な接続信頼性と接続強度を確保するため、接続後のストレート端子間にアンダーフィル樹脂（熱硬化性樹脂）を充填し、硬化させる（図1(d)）。

アンダーフィル樹脂の充填にはディスペンサを使用する。これにより一定の圧力とスピードで接続部にアンダーフィル樹脂を塗布することが可能となる。接続基板の開口部に塗布されたアンダーフィル樹脂は、毛細管現象によってストレート端子間を浸透し、充填される。アンダーフィ

ル樹脂は、低粘度のものほど、また接続基板の温度が高いほど、ストレート端子間を浸透する速度が上がる。充填されたアンダーフィル樹脂は、オープン等で一定時間加熱することによって硬化させる。

3. 試 作 結 果

RPCとFPCのストレート端子同士をはんだで接合した接続基板の外観を図5に示す。RPCおよびFPCともに、幅50μmのストレート端子が150μmピッチの間隔で165本配列されている。図6に示すのは、図5のA-A'の破線で切断したストレート端子接続部の断面図である。FPCのストレート端子とRPCのストレート端子がはんだをかいて良好に接続されていることが確認された。

RPCとFPCの接続基板における90°のピール強度を図7に示す。アンダーフィル樹脂を充填していない接続基板の強度は平均で3.0N/cm程度である。これは一般的な

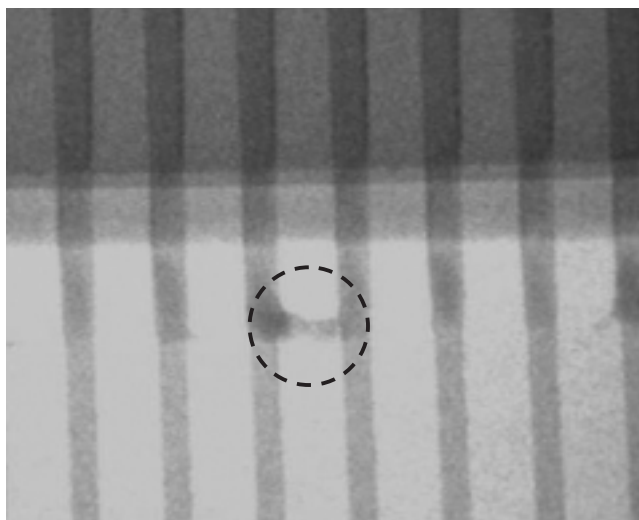


図4 ストレート端子間に形成したはんだブリッジのX線画像
Fig. 4. X-ray image of solder bridge between straight terminals.

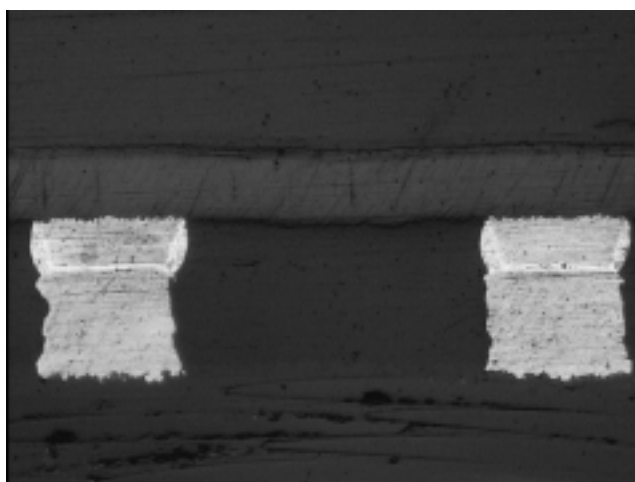


図6 接続後のストレート端子断面（A-A'方向）
Fig. 6. Cross sectional view of straight terminal after interconnection (A-A' direction).

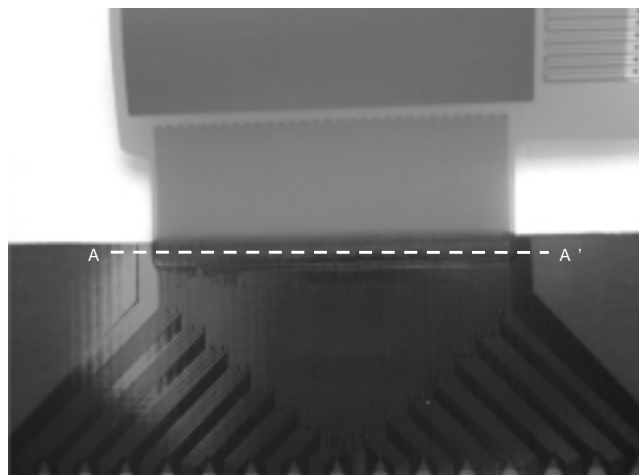


図5 RPC-FPC接続基板の外観
Fig. 5. Outlook of RPC-to-FPC direct connection.

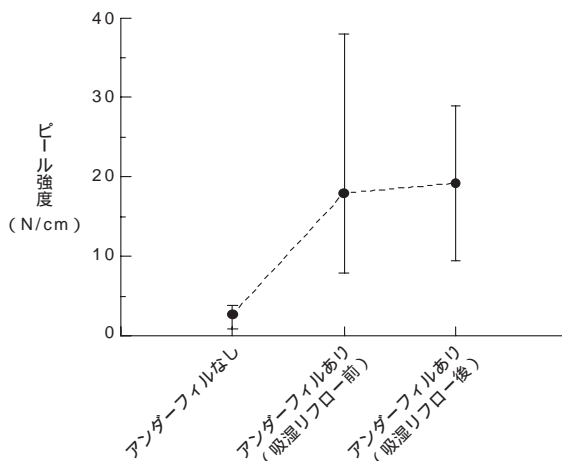


図7 RPC-FPC接続基板のピール強度
Fig. 7. Peeling intensity of RPC-to-FPC direct connection.

Copper Clad Lamination (CCL) において、Cu箔の引き剥がし強度の目安となる値 (7.0N/cm) と比較すると、半分にも満たない値である。一方、アンダーフィル樹脂を充填した接続基板のピール強度は、吸湿リフロー (30 60%RH, 192 時間) の前後とも平均で15N/cm以上となる。さらに、0°のピール (引張り) 試験では100N/cm程度の強度を示し、接続部が剥がれる前にFPC基材が破断した。以上より、充填されたアンダーフィル樹脂によって接続部全体の強度は著しく上昇することが確認された。

アンダーフィル樹脂が充填された接続部の信頼性を調べるため、熱衝撃試験 (-40 /30min. 125 /30min. 1,000 サイクル) および高温高湿バイアス試験 (85 85%RH, 12V, 1,000時間) を行った。図8は125 の熱衝撃試験の結果であり、接続基板の抵抗変化率は1,000サイクル終了まで±1%以内を保っている。図9は高温高湿バイアス試験の結果であり、絶縁抵抗値は1,000時間経過しても100M以上の抵抗値を維持している。以上より、はんだ接合によるストレート端子同士の基板間接続は、R-F基板と同等の信頼性を有することがわかった。

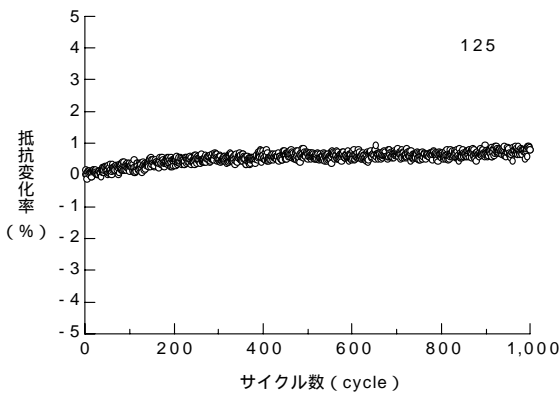


図8 ヒートサイクルと抵抗変化率の関係

Fig. 8. Relationship between heat cycle and ratio of difference in resistance.

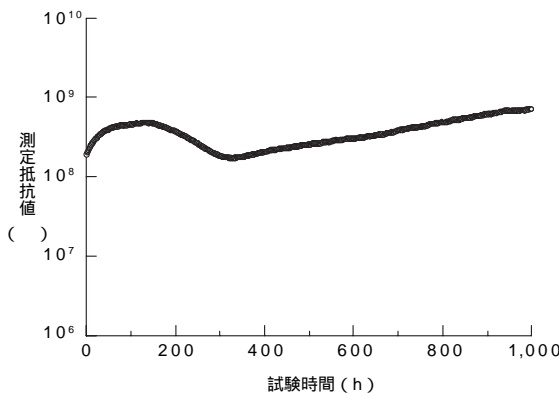


図9 高温高湿バイアス試験における試験時間と絶縁抵抗値の関係

Fig. 9. Relationship between test time and insulation resistance in humidity test.

4. 基板間接続タイプ中空ヒンジ

折りたたみ型携帯電話の液晶表示部と操作部を接続するヒンジ部には、耐屈曲性に優れた片面FPCが使用されるが、携帯電話の高機能化・高精細化にともない、信号数を増加させることが市場から要求されている。しかし、単純な解としては両面FPCを使用することが考えられるが、耐屈曲性が低く、ヒンジ部の屈曲特性として必要な20万回以上の屈曲寿命をもつことが難しい。この信号数の増加と屈曲特性を満たすために、近年では2枚の片面FPCを使用した中空ヒンジ基板が多く採用されている。

通常、中空ヒンジ基板は積層タイプで作製されるが、この製法では工程が複雑になる。しかし、これを積層タイプから基板間接続タイプに変更することによって、工程数を減らし、面付け効率を上昇させることができる。図10は、基板間接続技術を利用して作製された基板間接続タイプ中空ヒンジ基板である。片面に回路形成された2枚のFPCがRPCを挟むようにして中空構造を形成する。RPCとFPCのストレート端子ははんだ接合で接続され、ストレート端子間にはアンダーフィル樹脂が充填される。

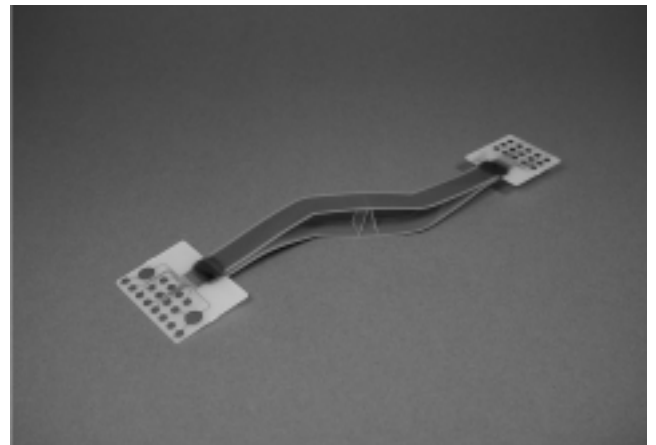


図10 基板間接続タイプ中空ヒンジ基板の外観

Fig. 10. Outlook of board-to-board direct connection type hinge board with air-gap.

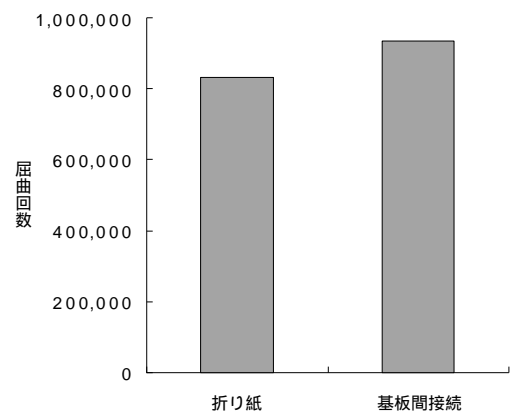


図11 屈曲試験の結果

Fig. 11. Result of bending test.

折り紙タイプおよび基板間接続タイプ中空ヒンジ基板の屈曲試験の結果を、図11に示す。屈曲条件は、 α 巻き、屈曲半径3.0mm、屈曲速度1cycle/secである。折り紙タイプが80万回以上まで断線しなかったのに対し、基板間接続タイプはさらに90万回以上まで断線しなかった。また、断線時においてもはんだ接続部の剥離は生じず、ヒンジ部の屈曲寿命および基板間の接続ともに満足のいく結果となった。

5.むすび

コネクタ、ACFおよびR-F基板にとって代わる技術として、RPCとFPCまたはFPC同士をはんだで接続する基板間接続技術を開発した。接続部の薄型化、同平面スペース

の接続端子数の増加、接続端子の狭ピッチ化、接続抵抗の減少、製造工程の簡略化および面付け効率の上昇によるコストの低減、外形および接続構造の自由度の向上、層数および部品実装条件が異なる基板同士の接続といった数々のメリットが期待される。そのため、基板間接続技術は非常に有効な手法になるものと考えられる。

参考文献

- 1) 貫井 孝ほか：エレクトロニクス実装技術基礎講座 第4巻 実装組立技術，工業調査会，1994
- 2) 沼倉 研史：高密度フレキシブル基板入門，日刊工業新聞社，1998