

論文 熱可塑性フィルム基板を用いたフラックスレス基板間 接続技術*

Fluxless Joining of PWB and FPC Using Thermoplastic FPC

三宅敏広 戸谷 眞 黒崎礼郎 近藤宏司
Toshihiro MIYAKE Makoto TOTANI Hiroo KUROSAKI Koji KONDO

Electronic products are becoming smaller these days. The connection technology with fine pitch electrodes is very important. We have already developed a new method for connecting FPC (flexible printed circuit) and PWB (printed wiring board). In the new method the volume expansion energy of alkane boiling was used instead of flux. There was no detectable insulation deterioration between the fine pitch electrodes. This paper presented the simultaneous adhesion and encapsulation technology of alkane soldering. When alkane was spread on the PWB, and PEI (poly ether imide) FPC was heated with a heating tool on the PWB, the adhesion, encapsulation and soldering were completed simultaneously.

Key words : Thermoplastic, FPC, Fluxless joining, Alkane

1. 緒言

電子製品の小型高密度化に伴い、微細ピッチなFPC (Flexible Printed Circuit) による基板間の接続技術が必要となってきた。基板間接続技術のコンセプトは、Fig.1に示したように電子製品の低コストな高機能化技術と言える。ここで、はんだ付けによって電極接合をする場合、フラックスを用いて被接続材表面の酸化膜を除去する必要がある。しかし、フロン使用規制から洗浄が十分できず、特に微細ピッチの電極接合において、フラックス残さは耐湿絶縁特性を低下させるという問題があ

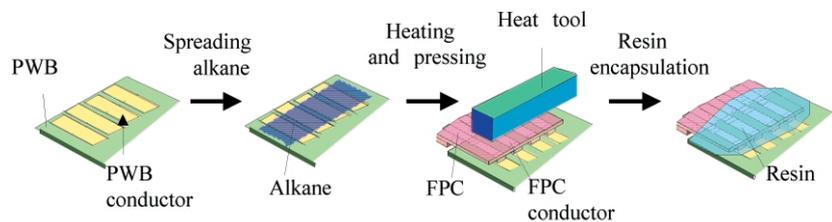


Fig.2 Connection process using alkane

るため、フラックスを用いないはんだ付け技術が必要となる。そこで、これまでに、酸化膜溶解作用のないアルカン類をはんだめっきした接続電極間に介在させ、沸騰による体積膨張エネルギーによってはんだの

酸化膜を物理的に破壊してはんだ接合する接合法を研究してきた¹⁾。このような基板間接続法において、当初は、FPC基材としてポリイミドを用いており、電極接合後、防滴剤を塗布しイオンマイグレーションを防止する構造となっていた (Fig.2)。本研究では、FPC接続部の強度向上と工数削減によるコストダウンを狙い、FPC材料として高耐熱熱可塑性フィルムPEI (ポリエーテルイミド) 等を用い、電極接合と同時にFPC基材を溶融・接着させて封止をする工法を検討した。この工法の概念図をFig.3に示した。今回は、この工法のポイントである接着および封止に的を絞って検討した。

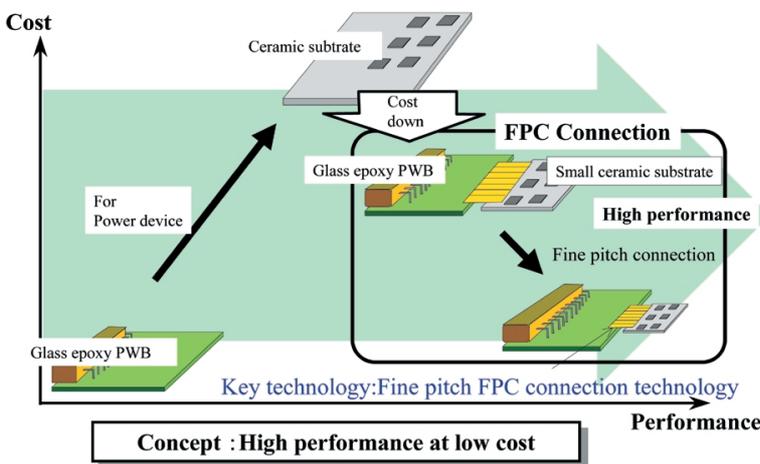


Fig.1 Concept of FPC connection

* (社) エレクトロニクス実装学会の了解を得て、「エレクトロニクス実装学会誌 Vol. 5 No.1 (2002.1)」より転載

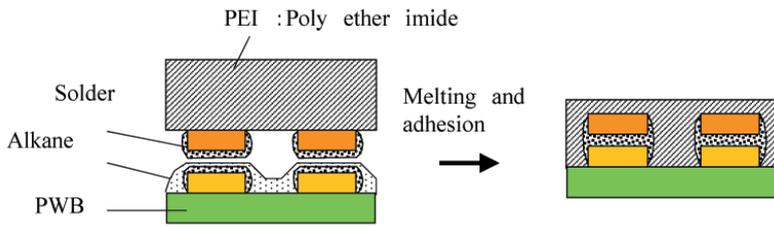


Fig.3 New connection process using alkane

2. 実験方法

2.1 接続加工方法（電極接合および接着）

Table 1に基板仕様，Table 2に加工条件を示した。ガラスエポキシ基材のPWB（Printed Wiring Board）とPEI基材のFPCを用いた。両基板には，一定ピッチで並んだ複数の電極が設けてあり，PWB端子にはニッケルおよび金めっき，FPC端子にははんだめっきが施してある。はんだ付けおよび，樹脂封止には，上下可動の加圧機構を持つヒートツールと，下部治具板とから構成されるはんだ付け装置を使用した。この両電極をFig.3に示したように向かい合わせて重ね，この電極間にアルカンを介在させ，加熱ツールにより加熱・加圧してはんだ付けと同時に，FPC基材を溶融接着した。ただし，ガラスエポキシ基材とPEI基材の接着強度を評価する場合は，双方とも電極を形成していない基材を用いた。

Table 1 Specification of specimens

Specimen	Specification
FPC	Insulation Material : Poly ether imide (100 μm thick)
	Conductor Material: Copper (35 μm thick)
	Coating of Conductor: Solder(Sn60%,Pb40%, 2~6 μm thick)
PWB	Insulation Material : Glass epoxy (0.8mm thick)
	Conductor Material: Copper (35 μm thick)
	Coating of Conductor: Ni-Au(Ni0.6 μm, Au0.05 μm thick)

Table 2 Connecting conditions

Parameter	Condition
Heating tool temperature	240~350℃
Pressure*	0.03 MPa
Heating time	20s
Heating tool	Titanium L120×W8 mm

*:Force per pressed area

2.2 評価方法

2.2.1 ガラスエポキシ基材とPEI基材との接着強度測定

電極接続部のPEI基材部のみを短冊状に切り，この短冊状のPEI基材をガラスエポキシ基材と90度の角度

で引っぱったときの接着強度を測定した。引っぱり速度は10mm/sとした。

2.2.2 PEI基材へのアルカン浸透量の測定

PEI基材を10×10mm角に加工し初期重量（W1）を測定後，ホットプレート上で100，200，250，及び320に加熱したアルカン30ml中にPEI基材を浸漬（5分）させ，アルコール洗浄後に再度重量測定

（W2）し，式（1）によりPEI基材へのアルカン浸透量を算出した。

アルカン浸透量（%）=

$$\frac{(W2 - W1)}{W1} \times 100 \dots (1)$$

2.2.3 アルカンの浸透状態の分析

アルカンに浸漬したPEI基材の赤外線吸収スペクトルを透過型赤外線分光光度計（日本電子製：FT/IR-8300）を用いて測定した。

2.2.4 PEI基材の弾性率測定

PEI基材を10×50mmの長方形に加工し，ホットプレート上で加熱したアルカン（30ml）中にPEI基材を5分間浸漬させ，取り出してアルコール洗浄した。このPEI基材の弾性率の温度依存性を粘弾性測定装置（Rheometrics製：RSA）を用いて測定した。

3. 結果および考察

3.1 ガラスエポキシ基材とPEI基材との電極接合および接着検討

ガラスエポキシ基材とPEI基材との間にアルカンを介在させた場合とさせない場合それぞれについて接着実験をした。接着加工時の接着界面温度と接着強度の関係をFig.4に示した。用いたアルカンは，カーボン

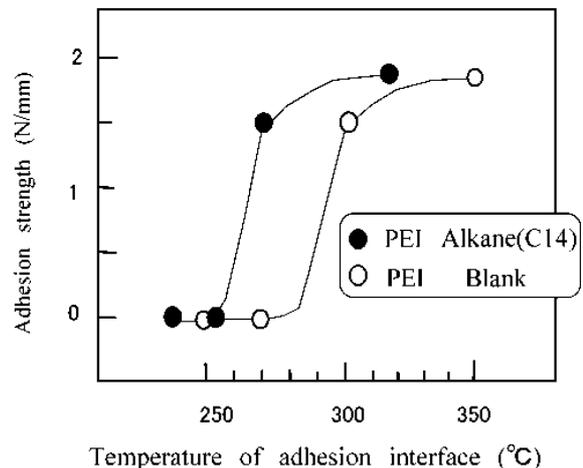


Fig.4 Relationship between temperature of adhesion interface and adhesion strength

数14のテトラデカンである．アルカンを用いた場合には約260 まででは接着力が現れず，270 以上になると良好な接着力を示した．一方，アルカンを介在しない場合は，270 では接着せず，300 を越えてはじめて良好な接着力を発現することが分かる．次に，それぞれの場合において，電極を設けた基材を用いて接続し，断面構造を観察した．その結果をFig.5に示した．

アルカンの介在がある場合，比較的低温（接着界面温度270 ）で接続が可能であり，過剰な樹脂流動を防いで良好な封止を確保しつつ接着できることが分かる（Fig.5A）．一方，アルカンの介在が無い場合は，界面に隙間が観察され（Fig.5B），接着していない．更に300 では，電極上部のPEIが過剰に流動して電極の封止が不十分であることが分かる（Fig.5C）．すなわち，ガラスエポキシ基材とPEI基材との界面にアルカンを介在させた場合，より低温で接着が可能であり，過剰な樹脂流動を防ぎ，良好な封止を確保しつつ接着させることが可能であることが分かった．

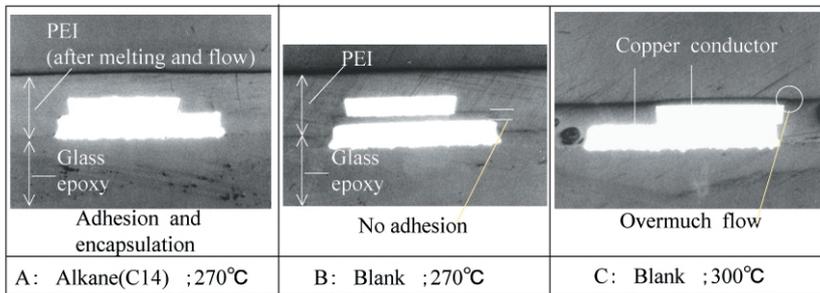


Fig.5 Cross section of encapsulated connection

3.2 アルカン介在時の接着現象の考察

アルカンが介在した場合により低温で接着が完了するという事は，次の二つの点を示唆している．一つ目は，アルカンは界面に残留しないことであり，二つ目は，アルカンは，接着温度において基材の弾性率を下げる効果があるということである．アルカンは，ヒータツールにより上部より加熱・加圧されるため，ガラスエポキシ基材とPEI基材との界面で高温・高圧で密閉状態となる．その際，アルカンがガラスエポキシ基材とPEI基材界面で気化，または沸騰し，PEI基材中へ浸透する可能性がある．この時，接触界面でPEI基材の弾性率が低下して接着を促進していると考えられる．この仮説を検証するために，アルカンを介在して接着後のPEI基材のIRスペクトルを赤外線分光光度計により測定した．その結果をFig.6に示した．PEI基材のIRスペクトル中にアルカン特有のCH₂伸縮振動に

基づく吸収帯（2920cm⁻¹）が見られ，PEI基材中にアルカンが確かに浸透していることが分かる．そこで，アルカンのPEI基材への浸透についてより詳細に調べることとした．

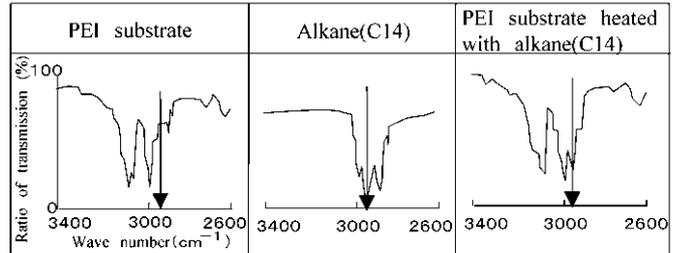


Fig.6 IR spectrum of PEI substrate heated with alkane (C14)

3.3 アルカンのPEI基材への浸透量の温度依存性

各沸点の異なるアルカンを用い2.2.2項に示した方法でアルカンにPEI基材を浸漬してアルカンの浸透量を測定した．アルカンとしては，デカン（C10），テトラデカン（C14），ヘキサデカン（C16），ドコサン（C22）を用い，PEI基材浸漬時のアルカンの温度は，室温，100 ，200 ，250 ，および320 とした．Fig.7に測定結果を示した．カーボン数に依存せず，どのアルカンにおいても浸漬温度がPEI基材のガラス転移温度（T_g=240 ）を超えると浸透量が増大する傾向が見られた．次に，各種

アルカンを介在させた状態でPEI基材とガラスエポキシ基材とを接着し（界面温度270 ），PEI基材へのア

ルカンを介在させた状態でPEI基材とガラスエポキシ

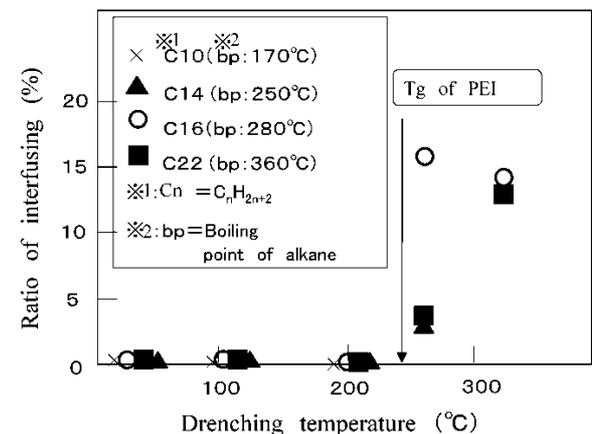


Fig.7 Relationship between alkane drenching temperature of PEI and ratio of alkane interfusing into PEI

ルカン浸透量と接着強度との関係調べた (Fig.8). その結果, PEI基材へのアルカンの浸透量が多くなるほど, 接着強度も向上する傾向が見られ, アルカンの浸透量と接着強度は相関関係があることが分かった. このことから, アルカンは, PEI内部に浸透し, 浸透量が増大するに従って接着強度が向上することが分かった.

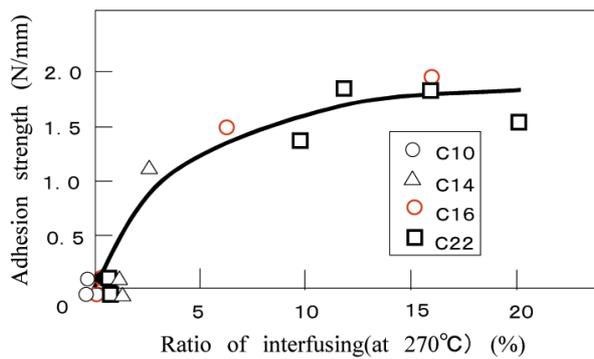


Fig.8 Relationship between ratio of alkane interfusing into PEI and adhesion strength

3.4 基材の弾性率に与えるアルカンの効果

各種アルカンがPEI基材に浸透させた場合とさせない場合のPEI基材の弾性率の温度依存性を測定した (Fig.9). アルカンを浸透させていないPEI基材のガラス転移温度 (240) に比べて, アルカンを浸透させたPEI基材はガラス転移温度が約220 に下がっていることが分かった (弾性率と温度の関係を示す曲線の変曲点をガラス転移温度とした). また, アルカンの浸透による弾性率の変化および, 弾性率と接着強度との関係をFig.10に示した. 横軸に270 におけるPEIの弾性率, 縦軸に接着強度をとった. アルカンの浸透無しに比べ, 浸透した場合は, 弾性率の低下にもなっ

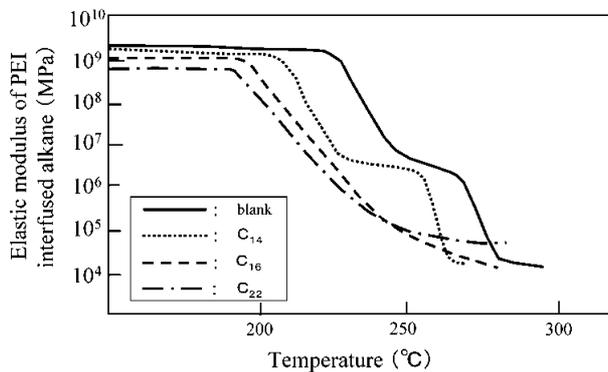


Fig.9 Relationship between elastic modulus of PEI interfused alkane and temperature

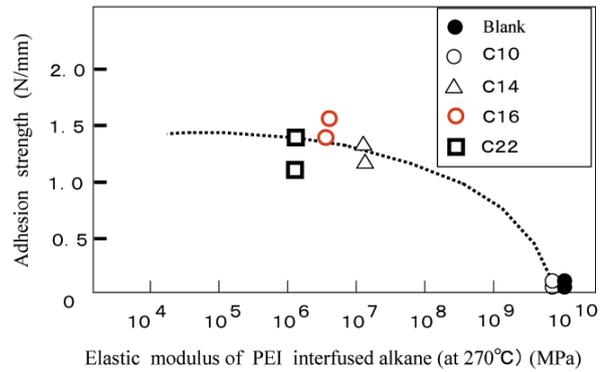


Fig.10 Relationship between elastic modulus of PEI interfused alkane and adhesion strength

て接着強度も向上する傾向を示している. このことから, PEIのガラス転移温度 (240) 以上の温度でアルカンがPEI中に浸透し, PEI基材の接続加工温度 (270) における弾性率が低下したと考えられる.

3.5 アルカンを介在した接着メカニズムの推定

以上の結果から, ガラスエポキシ基板とPEI基板との低温接着におけるアルカンの作用をFig.11に示したように推定した. まず, ヒーターツールにより高温・高圧空間に密閉されたアルカンがガラスエポキシ基板とPEI基材界面で沸騰する. 続いて, PEI基材がガラス転移温度に到達するとともにアルカンがPEI基材中に浸透し始める. その結果, 接続加工温度 (270) におけるPEIの弾性率がPEI本来の弾性率より小さくなり, 低温で接着が可能になったと考えられる.

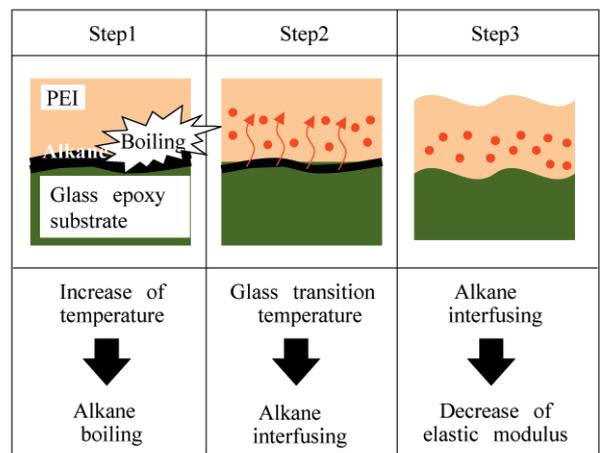


Fig.11 Adhesion process using alkane

3.6 接続品質の評価

各種アルカンを使用して電極を形成したガラスエポキシ基材のPWBとPEIとPEEKの混合物の基材のFPCとを接続し（接続ピッチ：0.5mm），高温高湿槽中（60℃，95%）で隣あう電極間に30Vの電圧を印加し，絶縁抵抗の経時変化を調べた．その結果をFig.12に示した．1000時間経過後も絶縁抵抗は安定していることが分かる．次に，同様に接続した試料を熱衝撃槽（-30℃～85℃）に入れて熱衝撃を印加し，接続部を含む導体抵抗を測定した．その結果をFig.13に示した．1250サイクル印加後も導体抵抗の変化は10%以下であり，品質の劣化は見られなかった．また，熱衝撃を印加前と後の接続部の引き剥がし強度を測定した結果をFig.14に示した．熱衝撃印加後も接続強度の低下は見られず，安定していることが分かる．ここで，熱衝撃印加後に強度が高くなっているのは，FPC基材あるいは，その接着界面近傍の弾性率が高くなったためと推定している．以上の結果から，PEI中にアルカンが浸透した接着構造になっていても，接続部の品質は安定しており，実用上問題のないレベルであることが確認できた．

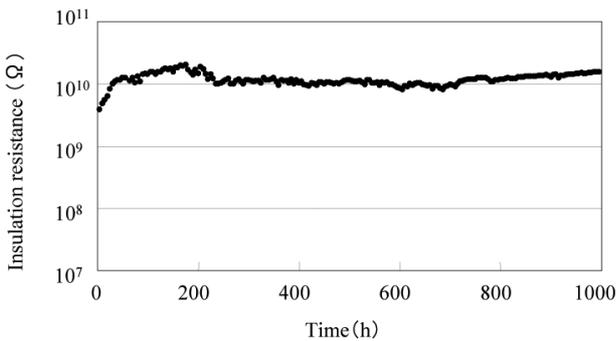


Fig.12 Relationship between insulation resistance and time in humidity test

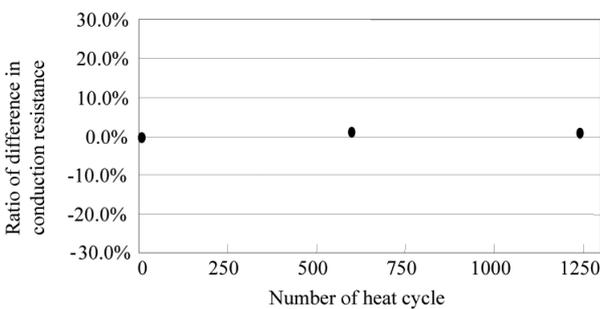


Fig.13 Ratio of difference in conduction resistance after heat cycle test

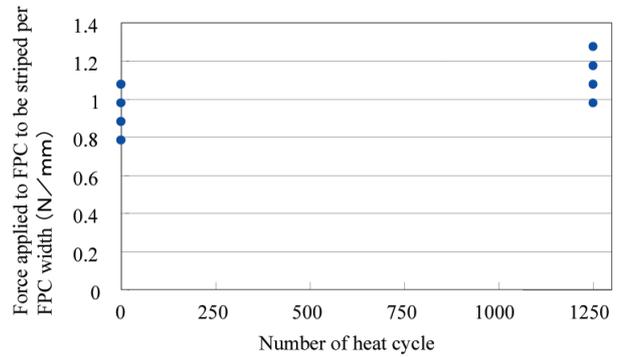


Fig.14 Force applied to FPC to be stripped after heat cycle test

4. まとめ

アルカン接続法の新工法として，熱可塑性FPC基材（今回は主にPEIを使用）を用いた接合同時封止法による基板間接続技術を検討し以下の知見を得た．

PEI基材とガラスエポキシ基材との接着において，アルカンを介在させると，低温で接着が可能となり，樹脂全体が流動しない条件での接着が可能であることが分かった．

接着時に介在させたアルカンがガラスエポキシ基材とPEI基材界面で沸騰し，PEI基材に浸透し，その結果，接続加工温度におけるPEI基材の弾性率が下がったと考えられる．

<参考文献>

- 1) 三宅敏広，近藤宏司，小原文雄，奥村望：“アルカンを介したフラックスレスはんだ接続法”，回路実装学会誌，Vol.13，No.2（1998），p.103．
- 2) 中西香爾，P.H.ソロモン，古館信生：“赤外線吸収スペクトル - 定性と演習”，南江堂（1981），p.17．



< 著 者 >



三宅 敏広
(みやけ としひろ)
生産技術開発部
プリント基板関連の要素技術開発に
従事



戸谷 眞
(とたに まこと)
生産技術開発部
プリント基板関連の要素技術開発に
従事



黒崎 礼郎
(くろさき ひろお)
三菱樹脂株式会社 総合研究所
樹脂フィルム製品の開発に従事



近藤 宏司
(こんどう こうじ)
生産技術開発部 工学博士
プリント基板関連の要素技術開発に
従事