

先人の知恵を次世代に

特定非営利活動法人サーキットネットワーク(C-NET)では、次世代に伝えるべきプリント配線板と実装関連の内容をアーカイブにする。プリント配線板と実装業界で活躍された関係者へインタビューを実施し、銅張積層板やプリント配線板関係の黎明期の状況や失敗から学んだ教訓などを順次、掲載。

失敗事例から学ぶ

「電子機器の『絶縁』について」

小林正
(NPO/C-NET 名誉顧問)

失敗は成功の母

シリーズ 9

失敗の内容

50年ほど前、航空機コクピットの表示パネルに使用するプリント板を製造していた。要求される電気特性はAC 500Vを印加して、漏洩電流50 μ A以下と米国軍用規格MIL-P-7788に規定されていた。

プリント配線板はライン/スペース=1/1mm程度の粗いパターンで、ソルダレジストが塗布されていた。絶縁間隙が1mmもあれば、通常、AC 500Vを印加しても絶縁は全く問題なく、漏洩電流はほとんどゼロである。

しかし、高高度を飛ばす航空機用の電子機器には地上(大気圧)とは違った環境条件(温度-62 $^{\circ}$ C~85 $^{\circ}$ C、高度30,000ft)に対応する試験がMIL-STD-810で要求されていた。

高度30,000ftは約9,000mであり、その高度での気圧は大気圧の30%しかない。この試験は内部を0.3気圧に調整したチャンパーに供試プ

リント配線板を入れて行った。

驚いたことにプリント配線板の導体エッジやパターンコーナー部のあちこちから青白いグロー放電が発生しており、当然不合格である。

対策として、パターンコーナー部では曲がり角が鋭角だったため避雷針効果で放電が発生したと考え、アークワークを修正してコーナー部をまるめた。

また、導体のエッジ部ではソルダレジストが薄くなっていたので、ソルダレジストを重ね刷りした。しかし、これら対策をとってもグロー放電を抑えることはできなかった。

結局、ソルダレジストをあきらめ、電気絶縁用インクをアメリカから取り寄せて塗布したところ、グロー放電はピタリと止まった。塗布厚はソルダレジストよりずっと薄いにもかかわらずである。

ソルダレジストは電気絶縁用の塗膜にはなれないことを知ったのである。

失敗の背景

1. パッシェンの法則

図は平行な電極間で火花放電の生じる電圧(V)がガス圧(p)と導体間げき(d)の積で決まることを示した実験則である。

圧力が大気圧から下っていくと火花電圧は徐々に低下する(絶縁破壊しやすくなる)が、ある下限値以下になると急激に火花電圧が高くなる(真空に近づくとも絶縁性が高まる)のである。

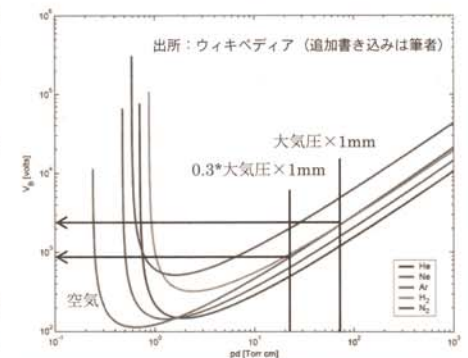
高度9,000mでは気圧は大気圧の30%に下るが、図から耐電圧も約3分の1に下ることがわかる。その結果、大気圧下では問題なかった絶縁が、高度9,000mでは保てなくなっていたのである。

2. ソルダレジストの絶縁性能

ソルダレジストの目的は本来、はんだが端子部以外の導体パターンにくっつかないようにすることであり、絶縁皮膜ではないのである。ソルダレジスト皮膜は通常ピンホールだらけだが、大気中ではピンホール中の空気が絶縁材として働くため絶縁が保たれている。

高高度で空気の絶縁性能が落ちるとソルダレジストの絶縁性が低下してグロー放電を引き起こしたのである。

参考までに、JAXA規格ではソルダレジストは絶縁皮膜ではないとしている。また、IPC規格では絶縁皮膜として使用できるソルダレジストを別グレードとして規定している。



失敗から得た教訓:

“絶縁”を正しく理解しよう

プリント配線板の信頼性項目は数多いが、もっとも重要なのは、
(1)導体の信頼性(正しくつながっている)
(2)絶縁の信頼性(線と線がきちんと分離されている)
である。導通が阻まれると機器が正常に動作しない。“絶縁”が損なわれると機器が動作しただけでなく、回路がショートして、焼損、火災など重大事故にいたる危険もある。絶縁劣化のメカニズムは複雑で、マイグレーション、ウィスカーなどもある。機器の絶縁が導体間の空気で保たれている箇所が多い。その場合、高い標高での機器使用には要注意である。IPC-D-275(プリント板の設計基準)では、最小導体間げきをパターンの内層用、外層用で分け、さらに、使用高度10,000ft(3,048m)以下とそれ以上に分けて規定している。標高1,000mまでとする機器が多く、マック製品には最高動作高度3,048mと記載されている由である。

電子を化学で結ぶサンワの技術

感光性ポリイミドレジストインキ SPPIシリーズ

感光性ポリイミドレジストインキは、アルカリ現像が可能、加工性に優れた新しい時代のレジストインキです。

- ・ポリイミド樹脂を用いているのでフレキシブル性・耐熱性に非常に優れています。
- ・現像型のレジストでありネガタイプとポジタイプがあり、高解像度の塗膜が形成できます。
- ・SPPI-3000シリーズは1%炭酸ソーダでの現像が可能です。
- ・硬化温度が150 $^{\circ}$ Cとポリイミドとしては比較的低温で硬化できます。
- ・SPPI-3000SCはスピンコートでの塗膜形成が可能です。

熱硬化型ポリイミドレジストインキ IRP-1407シリーズ

IRP-1407はポリイミドフレキシブル基板上へのカバーレイとして開発されたポリイミド系のソルダレジストです。

- ・スクリーン印刷により、回路上にフィルム状のカバーレイが形成できます。
- ・ポリイミド系樹脂ですが、150 $^{\circ}$ C60分のベーキングで300 $^{\circ}$ C以上のはんだ耐熱性があります。
- ・可塑性に優れ、180度折り曲げでクラックや密着不良を生じません。
- ・FPC加工において耐溶剤性や耐金めっき性にも優れています。
- ・IRP-1407SCはスピンコートにより塗膜を形成することが可能です。

紫外線後硬化型接触露光アルカリ現像型ソルダレジストインキ

PHOTO RESIST SPSR-700は、シャープな高解像度と高信頼性を可能にした後UV硬化型のソルダレジストインキです。従来は、現像後熱硬化でしたが、本製品は現像後UV硬化を可能にした製品になります。

- ・後硬化がUVであるため作業性に優れています。
- ・塗膜は耐金メッキ性に優れています。
- ・専用の設備は必要ありません。従来の設備がそのまま使用できますので新しく設備を導入する必要はありません。

ポリイミド系導電性ペースト SAP-15

ポリイミド系導電性ペーストは、優れた熱信頼性があり様々な用途に可能性を兼ね備えています。

- ・Tgが399 $^{\circ}$ Cと非常に高いため高温にさらされても特性を失いません。
- ・バインダーにポリイミド樹脂を用いているので耐屈曲性、耐熱性に優れています。
- ・Tgが高いため抵抗値の変化率が非常に低くなります。
- ・適度なチキン性を有しており、印刷性に優れています。