

SEMを活用したプリント板の解析技術

Printed Circuit Board Analysis Technology that Utilizes Scanning Electron Microscope (SEM)

小 岩 聡
Akira Koiwa

鈴木 高 志
Takashi Suzuki

菊 池 彰 彦
Akihiko Kikuchi

特集
2

高品質、高信頼性を実現する製造技術

要 旨

当社は、社内向けを中心に年間約10,000㎡のプリント板を生産しているが、その品質向上活動として種々の分析装置・ツールを利用して解析・分析を行っている。しかし、近年のプリント配線板の微細化に伴い、十分な解析・分析が困難になり、高倍率・高焦点深度であるSEMによる解析が必要になってきた。

本稿では、SEMの利用目的、実際の解析事例等を挙げて、その取り組みについて述べる。

Abstract

JRC produces approximately 10,000 square meters of Printed Circuit Board a year, mostly for use in JRC products. To improve the quality of this production, JRC uses a number of analysis devices and tools. However, recent miniaturization of Printed Circuit Boards has made adequate analysis difficult, and the use of scanning electron microscope (SEM), which have high magnification and high focal depth, has become necessary.

This paper explains how SEM are utilized in Printed Circuit Board analysis.

1. まえがき

当社は、社内向けを中心に年間約10,000㎡のプリント配線板（以下、プリント板と略す）を生産している。種々の分析装置・ツールを利用して不良解析・分析などを行い品質向上活動に取り組んでいるが、その取り組み内容について紹介する。

2. SEMの概要

SEM (Scanning Electron Microscope : 走査型電子顕微鏡 図1) の原理は、電子線を細く絞った電子ビームを観察物に照射すると、その電子のエネルギーにより二次電子・反射電子・特性X線・内部起電力等が観察物から放出される。これを解析することにより、画像を得ることが可能である。

また、光学顕微鏡と比較して、広い範囲に焦点が合った画像が得られるので、観察物を立体的に観察できるという特徴がある。

このSEMにEDX (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy : エネルギー分散型X線分析装置) を付加することにより、電子ビームを照射した際に放出されるX線を解析し、元素分析を行う事ができる。またSEMで得た画像と対応させることで、部分的な元素分析や、元素の有無をマッピングで確認することも可能である。



図1 SEM (走査型電子顕微鏡)

Fig.1 SEM(Scanning Electron Microscope)

3. SEMの当社における利用方法

3.1 SEMの利用目的

近年、製造業においてはQCD (Quality:品質, Cost:価格, Delivery:納期) を確実なものにすることで、お客様からの信頼を得なければいけない。

特に品質については、様々な品質管理方法を用いて、工程内不良の削減に努めている。

表1 当社におけるSEM利用方法

Table 1 Uses of SEMs in JRC

項目	内容・特徴	デメリット	応用例
観察	・試料の観察。 ・高倍率の観察が可能。 ・焦点深度が深い。	・画像に色情報がない。 ・試料の大きさに制限がある。	4.1 基板観察と測長
測長	・試料の測長。 ・高倍率画像により微細物の測長が可能。		4.1 基板観察と測長
定性分析	・成分（元素）分析を行う。	・絶縁物には導電処理が必要。	4.2.1 穴詰まり異物の解析 4.2.2 半田レジスト異物の解析 4.2.4 スルーホール不具合の解析
マッピング	・成分分布画像が撮れる。		4.2.3 マッピングによる解析

当社においては、各種の不具合モードに対して迅速で明確な解析・原因究明を行い、顧客満足度を向上するように努めている。

3.2 SEMの利用方法と特徴

これまでの当社の不具合解析には主に、断面カットによる観察、光学顕微鏡による観察、ハンディースケールによる測長を行っていた。しかし、プリント板の微細化に伴い、これらでは十分な解析・検証が実現できず、不具合の真因に迫ることが困難になった。そこで、高倍率・高焦点深度であるSEMによる解析が必要となった。

以下にSEMの利用方法と特徴を記載する（表1参照）。

(1) 観察・測長

SEMは高倍率の観察ができ、光学顕微鏡と比較して焦点深度が100倍以上深く、広範囲に焦点の合った立体的な像を得る事ができる。また、高倍率画像により微細物の測長が可能である。しかし、電子による観察のため、光学顕微鏡のように色情報が得られない。又、絶縁物に対しては導電処理を行わなければならない。試料室に大きさの制限があるなどのデメリットもある。

(2) 定性分析

SEM・EDXは電子を照射することで、試料の持っている特性X線が放射され、X線スペクトルのエネルギーのピークの位置からそれらの元素を導き出すことが出来る。これまで光学顕微鏡の色情報から試料の成分を推測していたものが、確実な成分（元素）を導き出すことが可能となる。

(3) マッピング

マッピングは、SEM・EDXから得られた元素の試料中成分の分布状況を導くことが出来る。

マッピングをすることで、プリント板の製造過程における不具合の発生状況・発生場所等の検証を行うことが出来る。

3.3 SEMによる分析の必要性

近年、プリント板業界は高密度、高多層化が進み製造技術が高度化している。

当社においても、これまで製造していた2層板から6層、8層板など高多層化が進み、パターンのライン・スペース幅に関して、以前は0.3～0.5mm幅が主流だったが、現在は

0.15mm以下のファインパターンが主流となった。更に、QFP（Quad Flat Package）・BGA（Ball grid array）など表面実装部品が多く使われるようになった。製造技術の高度化と共に、高品質の製品を生産していく上で、新たな解析技術が必要とされた。

当社では、下記に示す解析にSEMを利用している。

- (1) プリント板製造過程において付着する異物解析
高密度化が進み、50 μ m程度の僅かな異物が不具合原因となる為、高倍率の観察が必要となった。又、SEM・EDXによる成分の特定で原因の究明を行っている。
- (2) 鉛フリー判別
RoHS対応基板の製造に際して、プリント板への禁止物質の含有を調査する。又、製造装置からの鉛の転写など、外観上では判別できない鉛の含有の判別をする。
- (3) 表面処理状態の解析
当社製品は、表面実装部品を搭載するプリント板が増加しており、表面処理状態は、次工程である実装部門での製造歩留まりに大きく影響する為、不具合部の成分分析などが必要である。

4. 当社のSEM利用事例

4.1 基板観察と測長

(1) SEMによるラミネート形状観察

プリント板製造のパターン形成において、パターン現像後のラミネート（エッチングレジスト）形状（図2）は、設計値通りの導体幅を形成する上で、重要な要素の一つである。この部分の観察は、断面カットによる光学顕微鏡観察では、正確な観察が出来ないため、SEMによる観察が必要とされる。

(2) 改善効果

これまで、仕上がり膜厚の測長は断面カットを行い、光学顕微鏡により観察、測長を行っていた為、正確さが欠け、試料の解体を行う必要もあった。これをSEMによる傾斜画像と測長機能を使うことで図2のように、試料を解体せず、より高倍率での測長が可能となった。又、焦点深度が深いので、試料の全体観察が容易にでき、これまで観察が困難であった、プリント板表面とラミネートパターンの境界部の観察が可能となった。

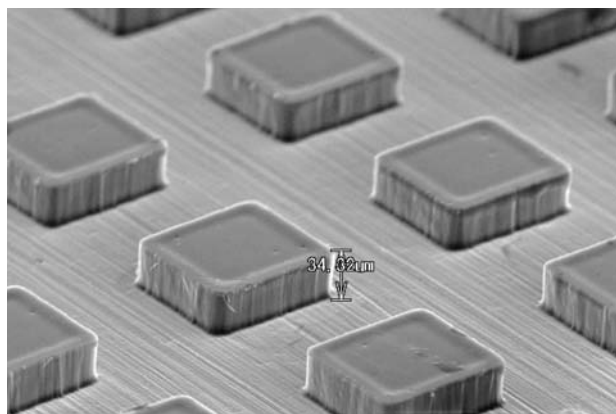


図2 パターン現像後のラミネート形状
(傾斜画像と仕上がり膜厚の測長)

Fig.2 Laminated condition after photoengraving
(perspective view and finished film thickness measurement)

4.2 SEMを用いた解析事例

4.2.1 穴詰まり異物の解析

(1) 銅メッキ異物原因の追究

プリント板製造工程において銅メッキを行う際のメッキ前処理研磨・薬液処理時に、スルーホール内に異物が詰まる現象がある。異物に電解銅メッキが施され、導通用スルーホールでは導通不良、部品挿入用スルーホールでは部品挿入不具合を起こす原因となる。

異物の原因究明では、形状の観察だけでなく、成分を特定することで、異物発生源の追及を行う。

(2) 分析経緯

銅メッキ後のスルーホール穴に詰まった異物を採取、SEMによる観察及び定性分析を行った。

図3のような分析結果が得られ、穴詰まり異物の核はC(炭素)を主成分としたものであることが分かった。

このCを主成分とした異物の観察を行い、製造工程から考えられる原因として、メッキ前研磨工程で使用する研磨用バフの接着剤が推測された。バフの接着剤サンプルと異物サンプルを比較するためFT-IR分析(フーリエ変換型赤外分光法)する事により原因が確定された。

(3) 改善

改善対策として、研磨用バフの接着剤が微細で、発生が少ないタイプのバフに変更した。

4.2.2 半田レジスト異物の解析

(1) 半田レジスト異物短絡現象の追及

実装後の機能検査で短絡現象が発生したので、該当箇所の調査を行った。半田レジストの下に異物付着が発見され、これが原因の短絡現象であった。

(2) 分析経緯

半田レジストの下に付着している異物のため、現状の状態ではSEMによる定性分析ができず、断面カット又は、水平研磨にて異物を表面まで出すための前処理が必要となる。本件の不具合基板においては、水平研磨を行い、異物を表

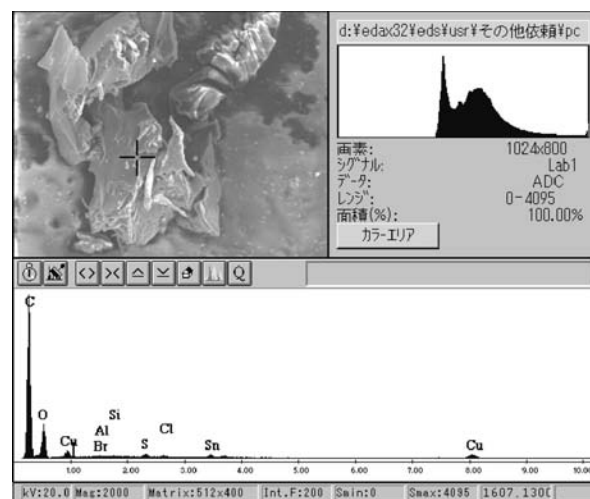


図3 穴詰まり異物の定性分析

Fig.3 Qualitative analysis of hole-blocking foreign material

面まで出した後、定性分析を行った。

分析の結果図4のようにAl(アルミニウム)を主成分とした金属異物であった。

(3) 改善対策

成分(元素)の特定が出来たことにより、工程内の改善対策の絞込みが容易になり、発生源と思われる設備・備品等との比較分析を行い、発生源の絞込みを行った。

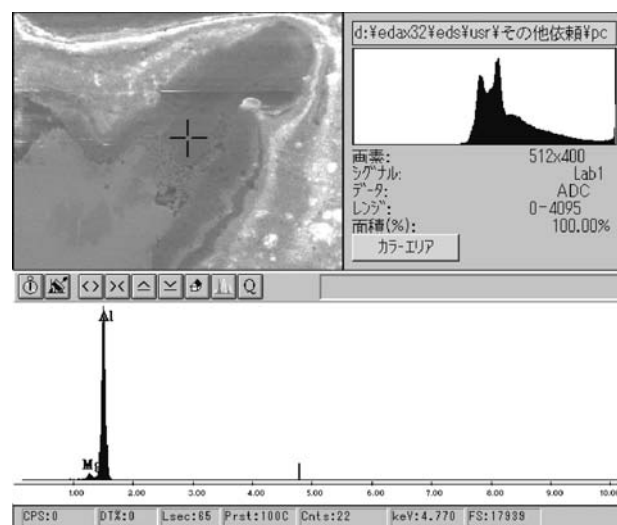


図4 半田レジスト異物の定性分析

Fig.4 Qualitative analysis of foreign material in solder resist

4.2.3 マッピングによる解析

(1) 見逃し原因調査

4.2.2金属異物による短絡の見逃し原因の検証を行った。

当社の製品(プリント板)は導通チェッカーによる断線・短絡検査を全数行っている。短絡を発見できなかった原因をマッピングから解析を行った。

図4の全体の定性分析を行い、Al以外の成分を抽出し、これらの成分をマッピングをすることで図5のような成分分布画像を得た。

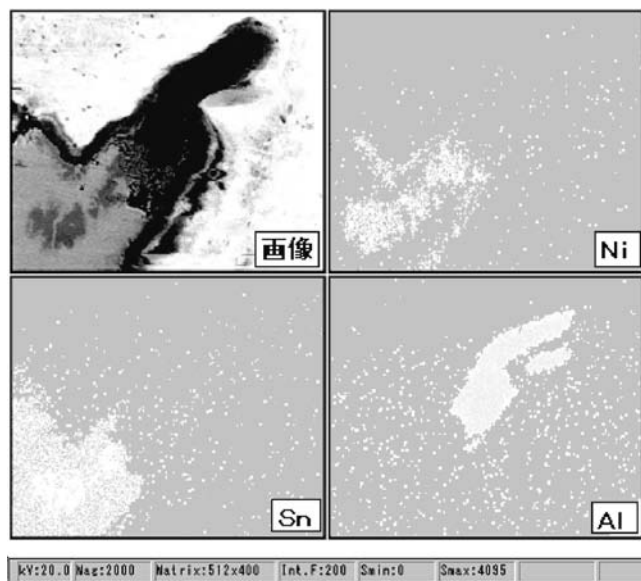


図5 異物のマッピングによる解析

Fig.5 Analysis performed through the mapping of foreign material

(2) 原因究明

図5マッピング画像から推測される短絡原因として、実装前はAl金属異物と表面処理のNi（ニッケル）が半田レジスト下部に付着していたが、短絡には至っていなかった。

後工程での実装時に半田付けで半田（主成分はスズ=Sn）がつき、短絡状態となったものと考えられる。

4.2.4 スルーホール不具合の解析

(1) 導通不具合調査

当社で製造された基板で断線が発見された。先に述べたように、当社での製造品は導通チェッカーを行っているため、断線の原因調査を行った。

(2) 分析経緯

返却された基板の導通確認を行ったところ、バイヤーホール内の断線であることが確認された。更に断面カット後、SEMによる高倍率のスルーホール内観察を行った結果、スルーホール内クラックが発見された。

スルーホール内クラックが発生する原因として、表面処理での前処理液の残渣が、長時間を経てスルーホール内の銅を腐食させることが考えられた。

スルーホール内の前処理液の残渣状況を定性分析にて解析した。

図6のクラック部の成分分析結果ではCo（コバルト）、Mg（マグネシウム）、Si（ケイ素）、Ba（バリウム）等の半田レジスト成分と表面処理前処理液の主成分であるS（硫黄）が検出された。

(3) 原因究明

この分析結果からスルーホール内に半田レジストが詰まり、表面処理前処理工程において、水洗不足となりSの残渣となったと考えられる。

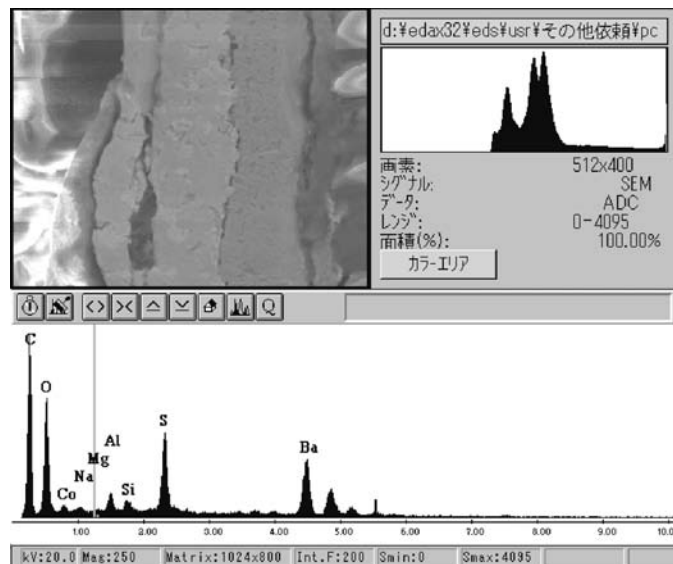


図6 スルーホール内部の定性分析

Fig.6 Qualitative analysis of the inside of a through hole

5. あとがき

当社でのSEMの利用による高倍率観察・定性分析等の解析を行うことにより、これまで困難であった微細欠陥の観察、不具合原因の元素分析、不具合原因となる要因の分析などが可能となり、さまざまな用途に役立っている。

今後も各種解析に活用し、工場内不適合の削減、工場外流出不良の撲滅に活用できると考えている。