SHIMADZU
Excellence in Science

Application News

電子線マイクロアナライザ　EPMA-8050G

非接触型ICカードの断面分析

中谷 美沙

ユーザーベネフィット

◆ ICチップの配線やアンテナとの接合部における構成元素を可視化できます。
◆ 材料の信頼性や製品の構造評価に有用で、不良解析・品質改善・研究開発などに役立ちます。

■はじめに

交通系カードなどにみられる非接触型ICカードは端子が無く、中の構造物が全てプラスチックで被覆されるため、優れた対候性や耐摩耗性を有します。また、鞄やケースに入れたまま利用できるため、その利便性から電子マネーとしても普及しています。

非接触型ICカードは、データの通信制御を行うICと電磁波の送受を行うループアンテナを保持しています。カードを専用のリーダ／ライタにかざすと、電磁誘導によってループアンテナからICに電力が供給されて動作します。このループアンテナやICの金属配線に断線や接触不良が生じるとカードは機能しません。したがって、材料の信頼性評価や製造プロセスの検討が非常に重要です。

本稿では、電子線マイクロアナライザEPMA™（EPMA-8050G）を使用して、非接触型ICカードの断面とICチップの配線パターンをマッピング分析した事例をご紹介します。

■非接触型ICカードの元素分析

非接触型ICカードは図1に示すとおり、ポリエステルやエポキシ樹脂、セラミックスなどから成る絶縁性のフレキシブルシートにICとループアンテナが搭載されたインレットシートを、樹脂製のオーバーレイシートで挟んだ構造をしています。フリップチップ法などのフェイスダウン方式でループアンテナに直接ICを実装するため、基板が必要ありません。また、実装面はACF（Anisotropic Conductive Film）やACP（Anisotropic Conductive Past）などの接合用樹脂によって覆われるため、保護用の封止材も不要です。これにより、ICチップ部の小型化を実現しています。

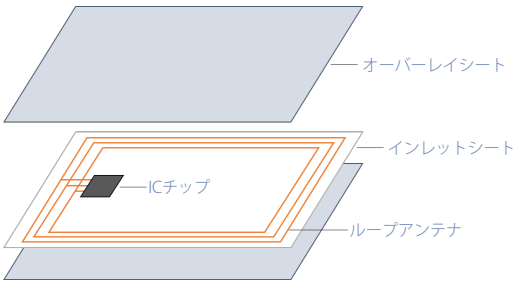

図１　非接触型ICカードの構造

ループアンテナには、プレスやエッチングなどでパターン形成した厚さ1～100 µm程の銅箔やアルミ箔が用いられる他、銀（Ag）や銅（Cu）などの金属ペーストを印刷したものが使用されます。また、ICとループアンテナの接続はACF以外に、ボールバンプ法やスタッドバンプ法で形成したバンプを介す方法もあります。バンプには金（Au）、白金（Pt）、はんだなどの金属や、Ag、Cuなどの導電性ペーストが用いられます。

図2は、非接触型ICカードの断面をマッピング分析した様子です。外側のオーバーレイシート部分では、樹脂由来の炭素（C）および酸素（O）が確認できます。一方、インレットシート内では基板や封止材といったモジュールは観察されず、ICチップの超高純度シリコン単結晶基板に該当する厚さ約30 µmの珪素（Si）の層と、素子間を電気的に接続するアルミニウム（Al）の微細な配線が確認されました。また、Al配線の下には厚さ約30 µm弱のループアンテナがAlで形成されており、それらがAuバンプで接続されている様子が分かります。

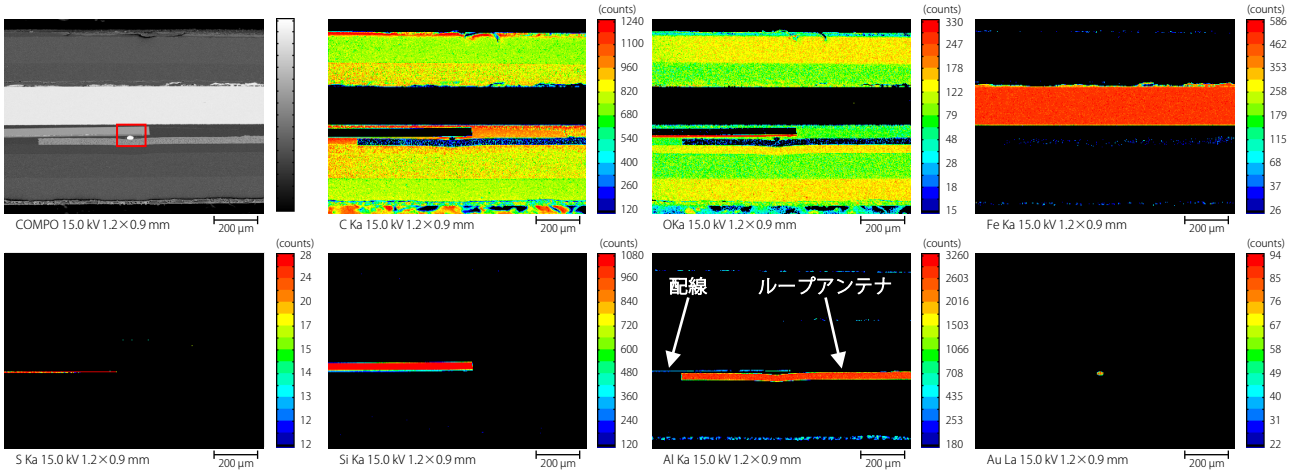

図２　非接触型ICカード断面のマッピング分析（全体像）

■ICチップとループアンテナ間の元素分析

図3は図2の赤枠部分のマッピング像であり、ICチップとループアンテナの接続部を拡大した様子です。Alの配線とループアンテナの間には、数10 μmサイズのAuバンプが埋め込まれており、両者を電気的に接続している様子が分かります。また、Al配線とループアンテナの隙間を満たすように、接合用樹脂由来のCが検出されていることが確認できます。

■ICチップの配線パターンの元素分析

ICチップにおける素子間の電気的な接続には、電気抵抗が小さく加工性の高いAlが用いられます。デバイスの小型化が進むにつれ、Al配線とそれらを電気的に絶縁する層間絶縁膜とが交互に形成された多層配線が主流になりました。

層間絶縁膜は優れた絶縁性の他、多層化に耐えうる機械的強度や秀でた密着性を有することが重要で、主にシリコン酸化膜（SiO_2）が使用されます。層数が増えるごとに増大するデバイス表面の凹凸は、その後の不均一な膜形成に繋がり、最終的には配線間の絶縁不良の原因になります。したがって、SiO_2に比較的融点の低いリン（P）を約8 wt%程添加したリンシリケートガラス（PSG：Phospho-Silicate-Glass）を使用することで、配線前の高温熱処理により表面を平坦化することがあります（リフロー工程）。

Al配線と層間絶縁膜の間には、窒化チタン（TiN）などで形成されたバリアメタルが存在し、配線の信頼性を高めています。また、多層化されたAl配線同士は、層間絶縁膜に埋め込まれたタングステン（W）を介して接続されます。さらに、チップ最表層は傷や不純物が入らないように窒化珪素（Si_3N_4）などのパッシベーション膜で被覆されます。

図4は、ICチップの配線パターンをマッピング分析した様子です。多層のAl配線がWによって接続され、その周囲では層間絶縁膜由来のOとSiが検出されています。加えて、最もシリコン単結晶基板側の層間絶縁膜ではPも検出され、部分的にPSGとなっていることが分かります。また、Al配線と層間絶縁膜の間にはバリアメタル由来の窒素（N）とチタン（Ti）が、最下層ではパッシベーション膜由来のNとSiが検出されており、各層を容易に識別できました。

■まとめ

EPMAを用いて非接触型ICカードの断面をマッピング分析しました。低中倍率のマッピングでは、カード全体の構造を明らかにし、ICチップとループアンテナの接続部の元素分布を視覚化できました。また、高倍率でICチップの配線パターンをマッピングすることで、元素の対応から各層を容易に判別できました。EPMAは製品不良解析や材料の信頼性評価などに有用です。

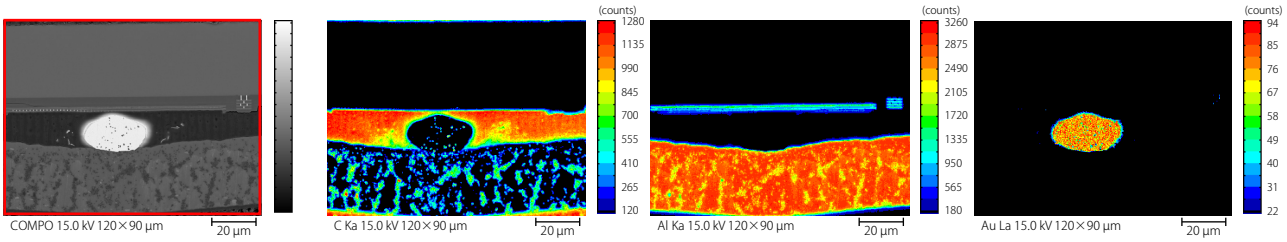

図 3　ICチップの配線とループアンテナの接続部のマッピング分析（図2の拡大図）

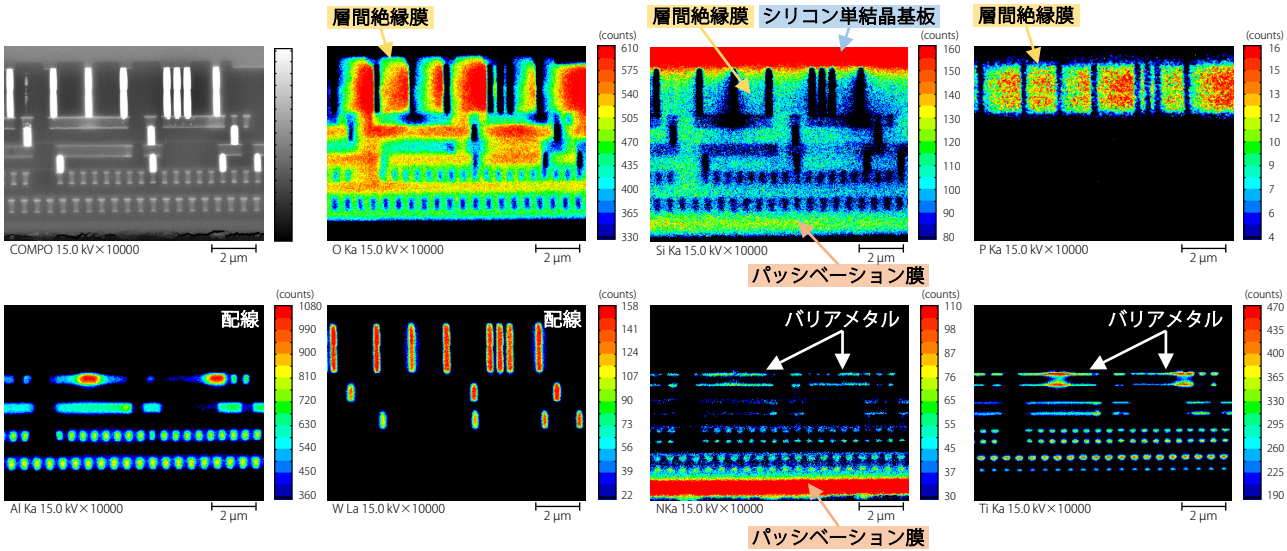

図 4　ICチップの配線パターンのマッピング分析

<参考文献>
1) 遠藤伸裕ほか：はじめての半導体製造材料, 工業調査会, 190（2002）
2) 菊地正典 ：最新 半導体のすべて, 日本実業出版社, 230（2006）
3) 日本特許情報, 非接触ICカードと非接触ICカード用インレット及びその検査方法, http://tokkyoj.com/data/tk2003-44807.shtml（2022年2月8日参照）

EPMAは、株式会社島津製作所またはその関係会社の日本およびその他の国における商標です。

株式会社 島津製作所　分析計測事業部
グローバルアプリケーション開発センター

01-00348-JP　初版発行：2022年 3月

島津コールセンター　0120-131691

本文中に記載されている会社名および製品名は、各社の商標および登録商標です。
本文中では「TM」、「®」を明記していない場合があります。

本資料は発行時の情報に基づいて作成されており、予告なく改訂することがあります。

最新版は、島津製作所>分析計測機器の以下のサイトより閲覧できます。
https://www.an.shimadzu.co.jp/apl/index.htm
会員制情報サービス Shim-Solutions Club にご登録いただきますと、毎月の最新情報をメールでご案内します。
新規登録は、https://solutions.shimadzu.co.jp/ よりお願いします。

© Shimadzu Corporation, 2022

アンケート

関連製品 一部の製品は新しいモデルにアップデートされている場合があります。

EPMA-8050G
電子線マイクロアナライザ(Electron Probe Microanalyzer)

関連分野

電気・電子

価格お問い合わせ

製品お問い合わせ

技術お問い合わせ

その他お問い合わせ