

## 非接触式 IC 卡的截面分析

01-00348-CN

中谷 美沙

### 特点描述

- ◆ 可以直观地看到 IC 芯片的布线和天线焊接区的组成元素。
- ◆ 有助于评价材料可靠性和产品结构，有益于故障分析、质量改善、研发等。

### 简介

交通卡等常见的非接触式 IC 卡没有端子，其中的结构全部为塑料覆盖，具有优异的耐候性和耐磨性，可放入包内或保护套内直接使用，具有良好的便利性，也作为电子货币广泛使用。

非接触式 IC 卡内含控制数据通信的 IC 和用于收发电磁波的环形天线。划过卡片专用读写器后，利用电磁感应从环形天线向 IC 供电，并使其工作。若 IC 的环形天线或金属接线损坏或接触不良，则该卡将无法正常工作。因此，评估材料的可靠性并研讨制造工艺非常重要。

本文将介绍使用电子探针显微分析仪 EPMA™ (EPMA-8050G) 对非接触式 IC 卡的截面以及 IC 芯片的布线图进行面分析的案例。

### 非接触式 IC 卡的元素分析

如图 1 所示，非接触式 IC 卡由聚酯或环氧树脂、陶瓷等制成的绝缘柔性片材和安装有 IC 和环形天线的嵌入片材组成，夹在树脂覆盖片材之间。由于采用倒装芯片法等面朝下的方法直接将 IC 安装在环形天线上，无需使用基板。封装面采用 ACF（各向异性导电膜）或 ACP（各项异性导电胶）等焊接用树脂覆盖，也不需要保护性的封装。由此实现了 IC 芯片部件的小型化。

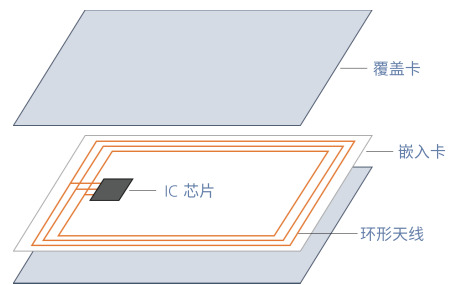


图 1 非接触式 IC 卡的结构

环形天线由厚度约 1~100 μm 的铜箔或铝箔制成，通过冲压或蚀刻等形成图案，或采用银 (Ag) 或铜 (Cu) 等金属导电浆料印制。除 ACF 之外，IC 与环形天线也可以通过球型凸点法或钉头凸点法等形成的凸点方法连接。凸点采用金 (Au)、铂 (Pt)、焊锡等金属或 Ag、Cu 等导电浆料。

图 2 所示为非接触式 IC 卡截面的元素面分析情况。在外侧覆盖卡上可观察到源自树脂的碳 (C) 和氧 (O)。另一方面，在嵌入卡内并未观察到基板或封装材料等模块，而是观察到属于 IC 芯片超高纯度单晶硅基板的厚度约 30 μm 的硅 (Si) 层和电气连接元件间的铝 (Al) 微型电路。此外，Al 线路下部有 Al 形成的厚度约小于 30 μm 的环形天线，其通过 Au 凸点实现连接。

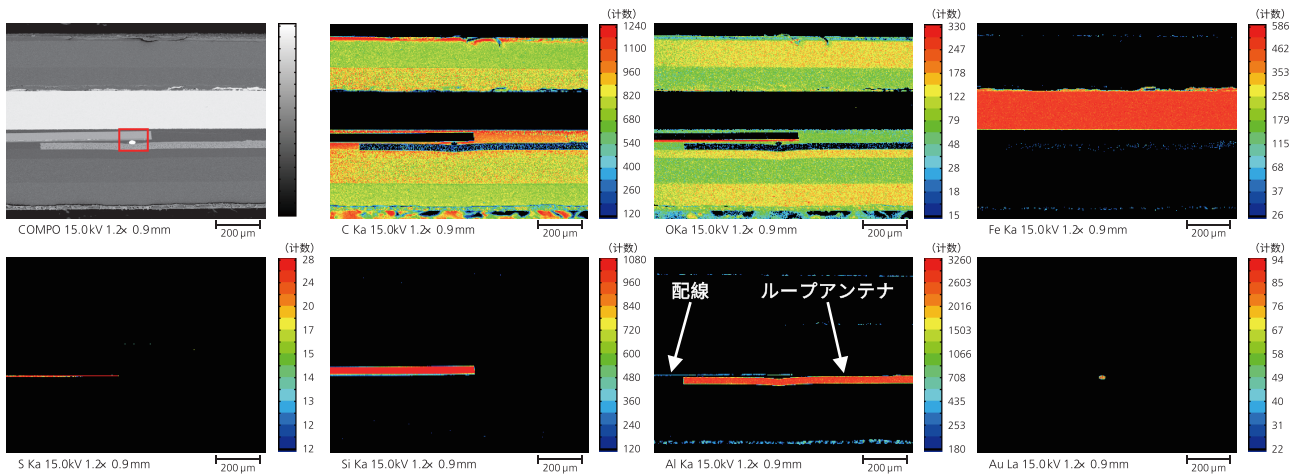


图 2 非接触式 IC 卡截面的元素面分析（整体图像）

## IC 芯片与环形天线间的元素分析

图 3 所示为图 2 红框部分的元素面分析图像，是 IC 芯片与环形天线连接部的放大图。Al 线路与环形天线之间埋有数十  $\mu\text{m}$  大小的 Au 凸点，两者之间实现电气连接。此外，还可观察到检测出来自焊接用树脂的 C，以填满 Al 线路与环形天线之间的间隙。

## IC 芯片线路布局的元素分析

IC 芯片中元件间的电气连接采用电阻较小、加工性较高的 Al。随着器件小型化的发展，由 Al 线路及实现电气绝缘的层间绝缘膜交互形成的多层线路成为主流。

除优异的绝缘性之外，层间绝缘膜还需要具有耐多层化的机械强度以及优良的密封性，因此主要采用二氧化硅膜 ( $\text{SiO}_2$ )。器件表面的不平整度随层数的增加而增大，之后会形成不均匀的膜，最终导致线路间的绝缘不良。有时会使用磷硅酸盐玻璃 (PSG: Phospho-Silicate-Glass)，在其中添加约 8 wt% 左右的熔点低于  $\text{SiO}_2$  的磷 (P)，通过配线前的高温热处理实现表面平坦化 (回流焊工艺)。

Al 线路与层间绝缘膜之间存在氮化钛 (TiN) 等形成的势垒金属，以提高布线的可靠性。此外，多层 Al 布线由嵌入层间绝缘膜的钨 (W) 连接。而芯片最表层则覆盖有氮化硅 ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) 等钝化膜，以防止损伤或混入杂质。

图 4 所示为 IC 芯片布线图的面分析。多层 Al 线路通过 W 连接，其周围检测出层间绝缘膜的 O 和 Si。在最靠近单晶硅基板侧的层间绝缘膜中也检测出 P，部分形成 PSG。Al 布线与层间绝缘膜之间检测出层间绝缘膜的氮 (N) 和钨 (Ti)，并且最下层检测出层间绝缘膜的 N 和 Si，因此可轻松识别出各层。

## 结论

使用 EPMA 映射对非接触式 IC 卡的截面进行了面分析。在中低放大倍率的面分析中，明确了卡片整体的结构，并可在 IC 芯片与环形天线的连接位置可视化元素分布。此外，通过以高倍率下面分析 IC 芯片的布线图，我们可以根据元素之间的对应关系轻松识别出各层。EPMA 可用于产品缺陷分析和材料可靠性评价。

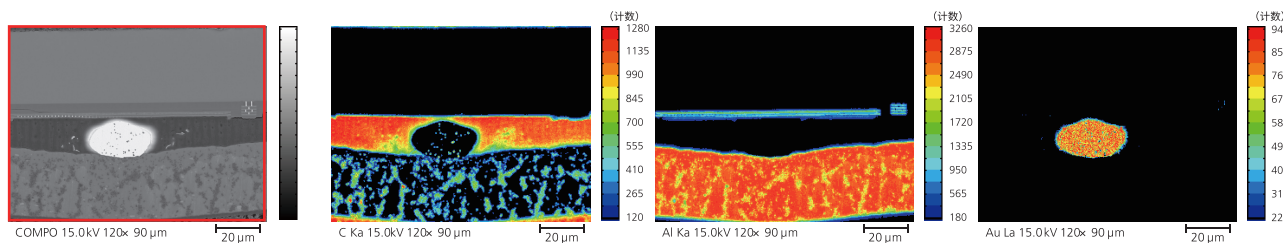


图 3 IC 芯片布线和环形天线连接部的面分析 (图 2 的放大图)

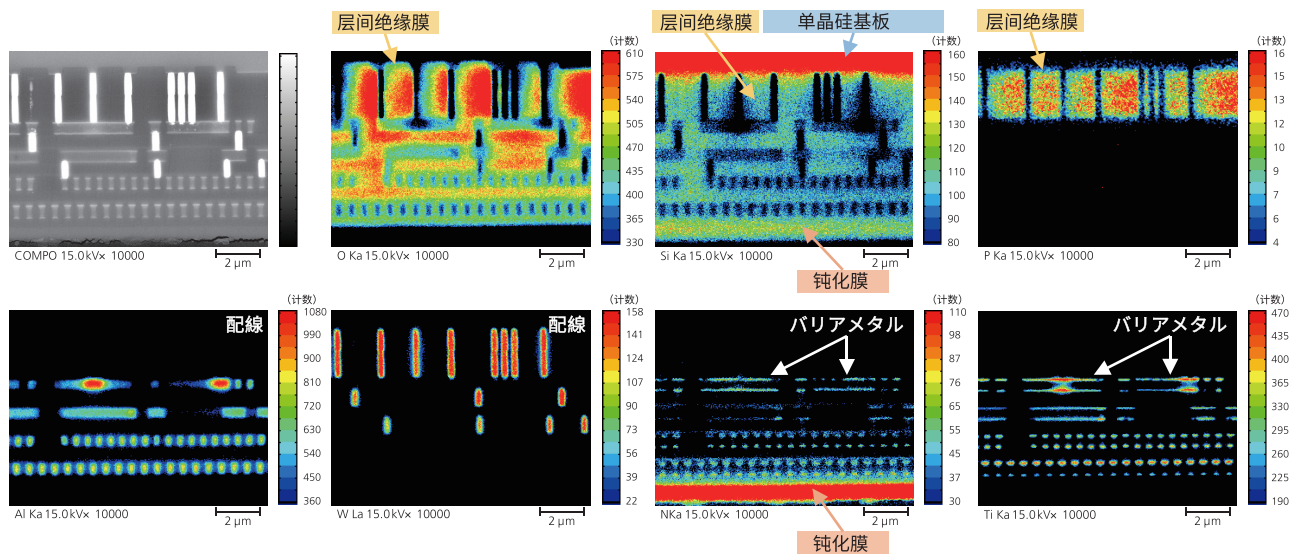


图 4 IC 芯片布线图的面分析

### < 参考文献 >

- 1) 远藤伸裕等：半导体制造基础材料，工业调查会，190 (2002)
- 2) 菊地正典：最新半导体信息，日本实业出版社，230 (2006)
- 3) 日本专利信息，非接触式 IC 卡与非接触式 IC 卡用嵌入及其检查方法，<http://tokkyojy.com/data/tk2003-44807.shtml> (参考时间 2022 年 2 月 8 日)

岛津应用云



EPMA 是岛津制作所株式会社或其相关公司在日本及其他国家 / 地区的商标。



岛津企业管理 (中国) 有限公司  
岛津 (香港) 有限公司

<http://www.shimadzu.com.cn>

用户服务热线电话：800-810-0439  
400-650-0439

免责声明：

\* 本资料未经许可不得擅自修改、转载、销售；  
\* 本资料中的所有信息仅供参考，不予任何保证。  
如有变动，恕不另行通知。

第一版发行日：2022 年 3 月