

# 射频等离子工艺气体化学成分与电极配置对去除铜引线框架氧化的影响

Daniel Chir和Johnson Toh

Nordson MARCH

美国加利福尼亚

州卡尔斯巴德

Johnson.toh@nordson.com

## 摘要

引线框架表面氧化会导致成型后的表面脱层问题或导致引线结合问题。采用等离子处理已被证明是解决这些问题的安全有效方法。然而，等离子处理在去除氧化物方面的效果取决于对配方参数、气体化学成分和电极配置的正确使用。

本文通过对铜引线框架应用分析技术（如接触角测量、高倍率光学检查和扫描电子显微镜-能谱仪（SEM-EDX）），以评估使用不同等离子气体化学成分和电极配置的作用。本文得出结论，即使用

氩气/氢气比氦气在去除铜引线框架的氧化物方面效果更好。另一个

结论是，将铜引线框架放置在接地电极上所能达到的氧化物去除率比放置在电源电极上的更高。

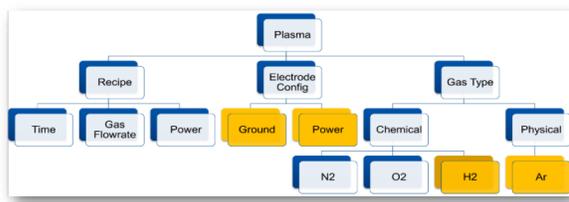
## 概述

铜合金因其良好的热和电性能、良好可制造性和低成本而成为集成电路封装中使用的主要基材。然而，它与大气中氧气的亲和力非常高，在装配过程中会引起氧化。在需要加热的制造过程中，尤其是在引线结合步骤，铜表面氧化的风险增加 [1]。氧化会导致模具和金属表面在后期固化过程中出现剥离或结合问题的概率更高。

[2][3]。众所周知，使用最佳等离子配置去除铜表面氧化物，可使表面能最高增加原值的84%[4]。将待处理的产品置于接地电极较置于电源电极，前者处理效果更均匀（各向同性），后者更不均匀（各向异性）。与置于接地电极进行处理相比，置于电源电极进行处理会导致表面温度更高，而这会降低处理均匀度[5]。

各种活跃的等离子体（包括离子、电子、自由基和光子）是在使用射频能量对工艺气体进行电离时形成的。离子将与目标表面发生物理碰撞，

破坏表面氧化物与基材之间的键合，使二者互相脱离，这一工艺称为溅射。等离子体中形成的氢分子自由基是一种良好的还原剂，可与氧化表面的氧原子反应，形成水蒸气。这是一种可去除金属表面氧化物的有用工艺气体。



## 方法

**使用材料** 对两种商用铜合金引线框架（裸铜和粗铜）进行测试。在送去进行等离子体处理之前，将引线框架置于与芯片粘接、胶体固化和引线键合等步骤中温度相同的温度下。这样是为了模拟引线框架在典型装配工艺中会遇到的氧化。

**等离子体设备** Nordson MARCH等离子体系统使用13.56 MHz的射频产生等离子体。该设备配备有一个氢气安全套件，可实现最高100%的氢气流量，不过

在本次评估中，实际使用的预混合气体为95%的氩气加5%的氢气（Ar/H2）。带材以OTE（电极之上）配置直接放在电极上。这种配置已证明可实现更均匀的处理效果，并可等离子能量集中在引线框架的上表面，

这是因为引线框架的背面平放在电极底座上，不会接触等离子体。本次评估所用的工艺参数为600瓦射频功率，180秒等离子体轰击时间。

而所采用的变量则有不同的电极配置和气体化学成分。

**分析方法** 使用以下两种设备：SEM-EDX和接触角测角仪，对铜引线框架表面进行分析。在这项研究中，采用SEM-EDX来分析样品表面的氧化物浓度，采用测角仪来分析润湿性和表面能。

## 结果

### 接触角

- 粗铜比裸铜引线框架的CA值更高
- 等离子处理过程后的表面CA读数有所降低
- 氩等离子体处理后比氦气/氢气等离子体处理后的CA值更高
- 如果使用氩气/氢气化学反应，则无论将材料置于电源电极或接地电极上，均无明显区别

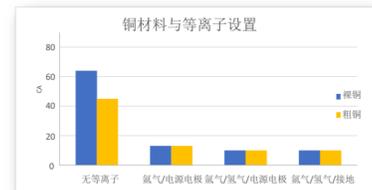


图4 不同配置和材料的接触角结果

### 扫描电子显微镜-能谱仪（SEM-EDX）

- 在等离子处理后，检测到粗铜引线框架的表面氧浓度比

裸铜引线框架的高

- 当在电源电极对引线框架进行处理时，氩气/氢气等离子体处理后的氧浓度比氦气等离子体处理后的氧浓度更低
- 经检测，在接地电极上使用氩气/氢气等离子体处理后的表面氧浓度最低
- 根据此结果分析，CA结果与表面氧化层厚度无直接关系

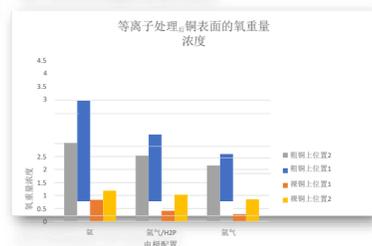


图5 高倍率SEM-EDX结果

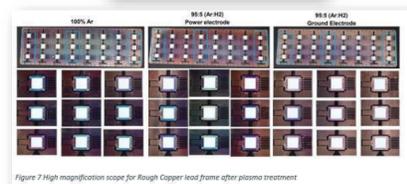


Figure 7 High magnification scope for Rough Copper lead frame after plasma treatment

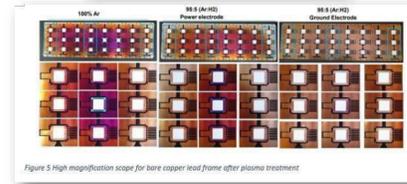


Figure 8 High magnification scope for Bare copper lead frame after plasma treatment

在不同工艺步骤中均可观察到，经过等离子体预处理过的引线框架在受热后出现了变色。在电源电极上用氩气处理过的样品和在电源电极设置上用氩气/氢气处理的样品上都可发现变色现象。然而，在用氩气/氢气在接地电极上处理后的引线框架上却观察不到任何变色现象

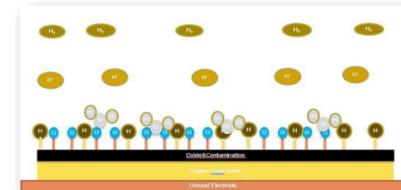
Visual Inspection for Rough Cu			
Type of lead frame	Configuration	Observation	Oxide Remain
Rough	No Plasma	Reddish-yellow discoloration	High
Rough	Ar/Powered Electrode	Reddish-Brown discoloration	High
Rough	Ar/H <sub>2</sub> /Powered Electrode	Dark Bluish-purple discoloration	Mid
Rough	Ar/H <sub>2</sub> /Ground Electrode	Slight discoloration	Low

Visual Inspection for Bare Cu			
Type of lead frame	Configuration	Observation	Oxide remain
Bare	No Plasma	Reddish-Brown discoloration	High
Bare	Ar/Powered Electrode	Reddish-Brown discoloration but slight reduction in colour intensity	High
Bare	Ar/H <sub>2</sub> /Powered Electrode	Reddish-Brown discoloration but further reduction in colour intensity	Mid
Bare	Ar/H <sub>2</sub> /Ground Electrode	No discoloration	Low

等离子体处理后粗铜引线框架的外观显示出与处理后裸铜引线框架不同的变色。这可能是因为与裸铜引线框架相比，粗铜上的氧化层更厚。这两种引线框架上的氧化层越薄，变色强度都会越低。与在接地电极上用氩气/氢气处理过的裸铜引线框架相比，粗铜引线框架上残留的变色更多。要实现降低表面变色，则需要进一步优化配方，以去除剩余氧化物。

### 为什么使用氩气/氢气和接地电极在去除表面氧化物方面的效果更好？

- 氢气等离子体中氢分子自由基可降低氧化亚铜的活化能（从114.53降至75.64千焦/摩尔）。
- 氢分子自由基更容易吸附在铜表面，并促进与氧原子的反应生成H<sub>2</sub>O，随后H<sub>2</sub>O作为挥发性副产品被解吸
- 更具各向异性的反应不利于去除氧化物。



## 结论

综上所述，向工艺气体中加入氢气以及将待处理物置于接地电极上可以提高铜表面的氧化物去除率。本研究获得的结果表明，这可获得最小接触角，最有效避免变色，以及最低表面氧化物浓度。这可以解释为当等离子体中形成氢分子自由基时，将氧化铜还原为铜所需的活化能较低。相比之下，在离子溅射占主导地位的电源电极物理反应过程中，氧化物去除效果较差。

本报告的关键结论为，正确的气体化学成分和合适的电极配置对实现耗时更短、过处理风险更低或高温相关问题最少的最佳等离子体工艺来说至关重要。从生产角度来看，这会带来更高的生产吞吐量和更高的产量。

## 参考资料

1. C.-L. Chuang, J.-N. Aoh and R.-F. Din, "Oxidation of copper pads and its influence on the quality of Au/Cu bonds during thermosonic wire bonding process," *Microelectronics Reliability*, Vols. 46(2-4), pp. 449-458, 2006.
2. C. T. Chong, A. Leslie, Elen and L. Thiam, "Investigation on the Effect of Copper Leadframe Oxidation," *1995 Proceedings. 45th Electronic Components and Technology Conference*, 1995.
3. M.-F. Shu, K. Chen, B. Yang, W. Liu and Y.-H. Tseng, "Lead-Frames Copper Oxidation Effect for a QFN Package Delamination Improvement," *Conference: 2016 6th Electronic System-Integration Technology Conference (ESTC)*, 2016.
4. L. Y. M. Wong Jun Hao, "A Comparative Analysis on Physical and Chemical Plasma Cleaning Effects on Surfaces," *2013 IEEE 15th Electronic Packaging Technology Conference (EPTC 2013)*, 2013.
5. J. Getty, L. Wood and C. Nordson, "Critical Plasma Processing Parameters for Improved Strength of Wire Bonds," 2016.
6. K. C. Sabat, R. K. Paramguru and B. K. Mishra, "Reduction of Copper Oxide by Low-Temperature," *Hydrogen Plasma. Plasma Chem Plasma Process* 36, pp. 1111-1124, 2016.

EPTC 2022

24<sup>th</sup> Electronics Packaging Technology Conference

Singapore 2022年12月7日-9日, 新加坡国敦河畔大酒店

IEEE EPS Flagship Conference

亚太大区