

符合ANSI/EIA-977標準

被動元件硫化腐蝕精準驗證

● 李易展

近年來由於人工智慧(AI)、5G、大數據、物聯網(IoT)、邊緣運算、高效能運算與電動車的廣泛應用，讓電子被動元件的使用越來越多。因此電子產品的硬體設備可靠度能力，也越來越受到業界所重視。而在全世界日趨嚴重的空氣污染威脅下，無論是在室內或是室外的空氣品質，也都將會直接或間接地影響電子產品的使用壽命。一般來說，這些電子產品易受到環境中的腐蝕性氣體、水分、鹽分、汙染物、和懸浮微粒的影響，尤其是在含硫化氣體污染高的環境。

由於電子被動元件的硫化腐蝕恐導致設備電氣開路故障的風險，例如：表面貼裝電阻與鐵氧體磁珠。圖1顯示了2014年NASA網站上的全球二氧化硫監測情況。因此，下一代電子設備不僅需要高性能，還需足以有效抵抗惡劣環境的能力。

本文將介紹表面貼裝電阻的硫化腐蝕失效機理如何透過ANSI/EIA-977標準，驗證被動元件的硫化腐蝕情形、測試方法為何，以及如何避免被動元件發生硫化腐蝕失效。

表面貼裝電阻的硫化腐蝕失效機理

對於表面貼裝電阻和鐵氧體磁珠，通常使用銀作為內層電極的主要材料。但銀容易被硫腐蝕，逐漸轉化為硫化銀。圖2顯示了曝露於含硫化腐蝕性氣體的終端環境中，導致表面貼裝電阻的腐蝕失效。從晶片電阻與排阻處，觀察到硫化銀生長在電極末端與保護塗層之間的介面處。

當銀反應形成硫化銀時，由於硫化銀不導電，導致電阻值增加，因此表面貼裝電阻的電極兩端之間，沒有電流流過引起電

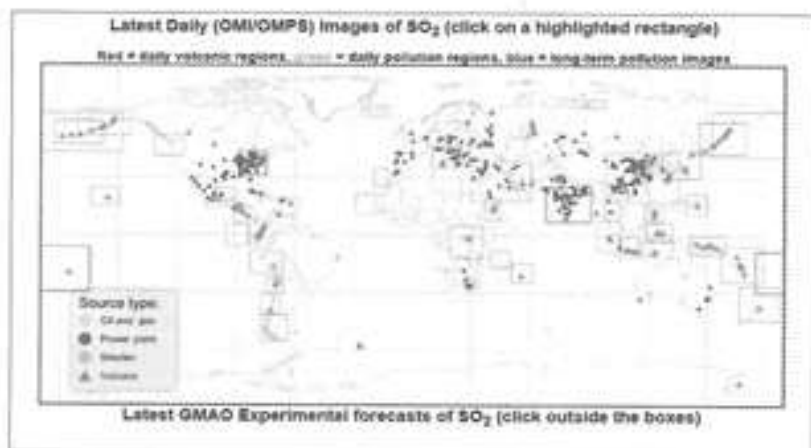


圖1 2014年美國國家航空暨太空總署大氣化學和動力學實驗室的全球二氧化硫監測數據

性的開路失效。圖3⁽¹⁾顯示針對典型硫化腐蝕失效的元件進行超高解析度3D X-Ray顯微鏡分析。從中可以觀察到，硫化腐蝕的典型失效模式是由於內層的銀電極腐蝕，導致表面貼裝電阻的電性開路失效。

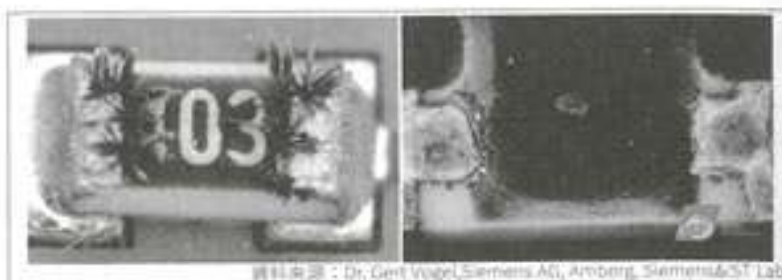
圖4⁽²⁾則是說明了表面貼裝電阻的硫化腐蝕失效機理。在焊接過程中，焊膏沿著電阻元件電極的金屬末端觸點流動。由於表面張力的影響，導致電阻元件保護塗層下焊料的流失。因此，由於在表面貼裝製程後，形成硫化腐蝕的路徑，導致焊料不能完全防止硫化氣體之入侵。

電子被動元件硫化腐蝕的鑑定

為解決此一窘境，電子元件產業協會(Electronic Components Industry Association, ECIA)於2017年2月發布了一項標準：ANSI/EIA-977試驗標準(圖5⁽³⁾)，定義了電子被動元件對環境硫化物敏感性影響的試驗選項。這類的敏感性導致銀在液態或氣態硫化物存在的環境下發生腐蝕，可能導致元件的失效。

ANSI/EIA-977標準試驗方法是從ASTM B-809修改而來的。而ASTM B809標準試驗方法是傳統的濕硫磺蒸氣試驗。考慮到硫化銀(Ag_2S)的形成與相對濕度無關，因此，在ANSI/EIA-977試驗中沒有主動控制容器濕度。而硫蒸氣的濃度由試驗容器中的溫度控制(元素硫蒸氣在封閉系統中與硫粉末達到平衡)。

由於較高的試驗溫度，在ANSI/EIA-977試驗中獲得了較高的硫蒸氣分壓。這意味著ANSI/EIA-977試驗具有更激進的反應性，並且還可以有效驗證被動元件上發生的硫化腐蝕失效。表1顯示了ASTM B809與



資料來源：Dr. Gert Vogel, Siemens AG, Amberg, Siemens&S1 Lab

圖2 表面貼裝電阻發生的硫化腐蝕現象

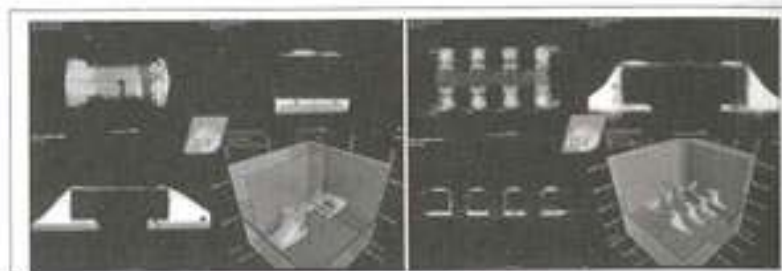


圖3 針對典型硫化腐蝕失效的元件進行超高解析度3DX-Ray顯微鏡分析

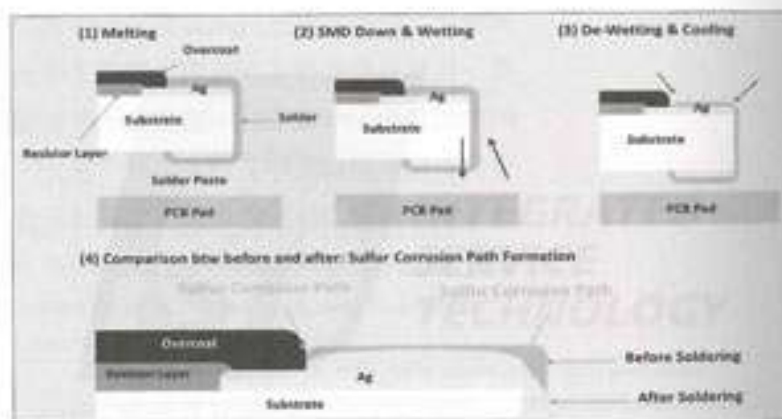




圖4 表面貼裝電阻的硫化腐蝕失效機理

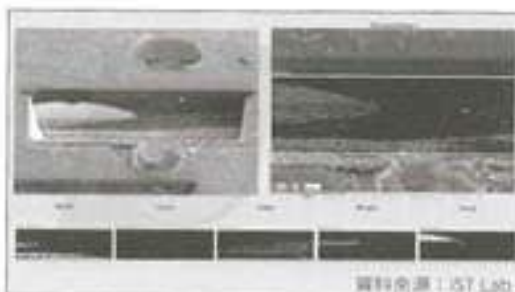


圖5 ANSI/EIA-977 Test Method - Electronic Passive Components Exposure to Atmospheric Sulfur

表1 ASTM B809 與 ANSI/EIA-977 硫磺蒸氣試驗的比較

Standards	ASTM B-809 FoS	EIA-977 FoS	
		Condi- tion A	Condi- tion B
Tempera- ture	50°C	60°C	105°C
Humidity	82%	—	
Corrosive Gas	S ₂	S ₂	
Major Mode	Cu ₂ S...	Ag ₂ S...	
Corrosion Mode	Pore/Pitting Corrosion (Limited Metal Area)	Sulfur Corrosion	
Feature			
Test Dura- tion	24 hours, 3day, even more	480 hours	750 hours
Criterion	OM	OM + R-Value	R-Val- ue
Industry	Porosity of Metal Coating	Passive, Switch	

資料來源：IST Lab



資料來源：IST Lab

圖6 使用雙束電漿離子束(Plasma Focused Ion Beam,PFIB)對抗硫化電阻進行橫切面與元素分析

ANSI/EIA-977硫磺蒸氣試驗的比較。

零組件階級解決方案：抗硫化電阻

為了提高抗硫化腐蝕的穩健性，許多供應商提供採用金與銀鈮基材的內電極設計(貴金屬)之抗硫電阻(Anti-Sulfur Resistor, ASR)以及其他解決方案，包括保護覆蓋

層、奈米銀線的電極和反向型結構的設計。圖6顯示使用雙束電漿離子束(Plasma Focused Ion Beam, PFIB)對抗硫化電阻進行橫切面與元素分析。而此抗硫化電阻，具備了銀鈮基材的內電極與奈米銀線的電極設計。

因此，ANSI/EIA-977是目前唯一針對電子被動元件進行抗硫試驗的國際標準，也是抗硫化腐蝕能力判別的基本必要條件。

電子產品驗證測試實驗室如宜特科技提供各種抗硫化測試的服務，並且結合 ANSI/ISA 71.04-2013標準在試驗過程中評估此加速試驗在G2或G3環境腐蝕等級的模擬年限；亦可結合實際終端環境的腐蝕程度並採以客製化的實驗設計協助評估產品抗硫化腐蝕的壽命驗證服務。☺

(本文作者為宜特科技國際工程發展處技術副理)

參考資料

- [1] Dem Lee...Et al., "Evaluation of the Anti-Sulfur Corrosion Capacity for Chip Resistor and Conformal Coating by Way of Flower-of-Sulfur (FoS) Methodology", International Microsystems, Packaging Assembly and Circuits Technology Conference 2018, Section 28, 2018.
- [2] Dem Lee...Et al., "An Effective Accelerated Method for Anti-Sulfur Corrosion Capacity Validation for Anti-Sulfur Type Electronic Passive Components", p236-242, Harsh Environment Applications (HE), SMTA International Conference 2020.
- [3] Electronic Components Industry Association, ANSI/EIA-977: Test Method—Electronic Passive Components Exposure to Atmospheric Sulfur.