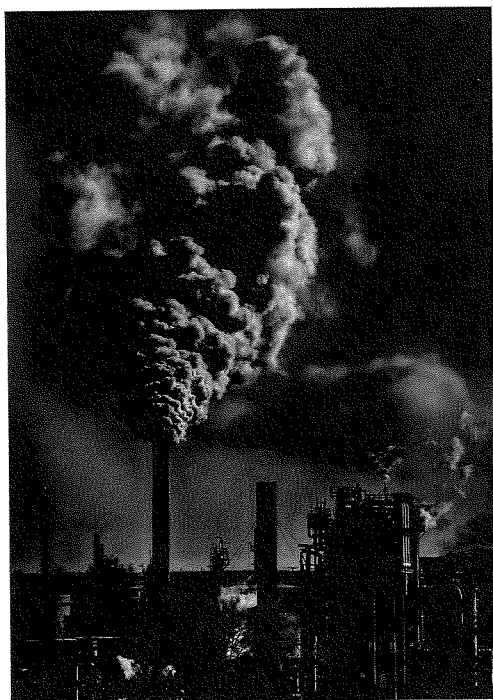


洞悉環境空氣腐蝕程度 電子產品使用可靠性有解

● 李易展

近年來由於人工智慧(AI)、大數據、5G、物聯網(IoT)與邊緣運算等資訊設備的廣泛應用，隨著這些題材發酵，讓資訊設備的硬體可靠度越來越受到業界所重視。而在全球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資訊設備電子設備的使用壽命。



空氣污染將對電子設備使用壽命造成威脅

一般來說，空氣污染通常有許多來源，其污染物含有豐富的氧化物、氯化物與硫化物能導致許多工業元件上其各種合金材料的嚴重腐蝕。

而含硫的氣體，如硫化氫(H_2S)與二氧化硫(SO_2)是一般最主要造成電子設備腐蝕的腐蝕性氣體。然而，在日趨嚴重的環境污染與2003年歐盟頒布管制有害物質禁用指令(Restriction of Hazardous Substances Directive, RoHS)後，對於高階電子設備相關材料的選擇更是非常關鍵。

即使在惡劣環境下，也要確保電子設備的可靠性需求是足夠的。因此，了解電子產品所處現場/終端環境的空氣腐蝕程度就顯得非常重要。

如何掌控空氣腐蝕程度？有實驗室如宜特提供了解決方案，藉監控空氣品質(Air Quality Monitoring, AQM)量測現場/終端的空氣腐蝕程度(圖1)，並將其結果反饋至加速腐蝕試驗，如混合流動性氣體(Mixed Flowing-Gas, MFG)與硫磺蒸氣(Flower of Sulfur, FoS)試驗，藉此有效驗證產品保固期間是否將腐蝕失效。

本文將介紹何謂ANSI/ISA 71.04及其測試方法為何，以及產品驗證實驗室時常

表1 ANSI/ISA71.04-2013標準中，四種不同空氣腐蝕程度的現場/終端環境

嚴重性等級	反應性程度	銅腐蝕	銀腐蝕
G1	輕度的	<300埃/30天	<200埃/30天
G2	中度的	<1,000埃/30天	<1,000埃/30天
G3	惡劣的	<2,000埃/30天	<2,000埃/30天
GX	嚴峻的	>2,000埃/30天	>2,000埃/30天

替客戶執行的兩項加速腐蝕試驗—混合流動性氣體與硫磺蒸氣試驗。

國際標準界訂空氣腐蝕程度

ANSI/ISA 71.04是空氣腐蝕等級的標準。由美國國家標準協會(American National Standards Institute, ANSI)認證的國際自動化協會(International Society of Automation, ISA)71.04-2013標準，將現場/終端環境的空氣腐蝕嚴重性分類為四個等級，其包含G1/G2/G3與GX。

測試方式為藉由使用一預處理的純銅和純銀的金屬試片，曝露在現場/終端的環

境一個月的時間後，從其金屬試片所測得的空氣傳播污染物的腐蝕厚度/速率，來區分不同的嚴重性程度(表1)。

一般而言，當現場/終端環境的空氣腐蝕程度大於或等於G2等級時，其腐蝕影響的程度是可以被測量的，且腐蝕可能會是決定電子設備可靠度的一項關鍵因子。而腐蝕的失效模式可區分為兩類，包括銅與銀的腐蝕(圖2)。

高階旗艦型加速腐蝕試驗： 混合流動性氣體

MFG測試是一種實驗室的環境應力測試，其目的是在於模擬受污染的工業環

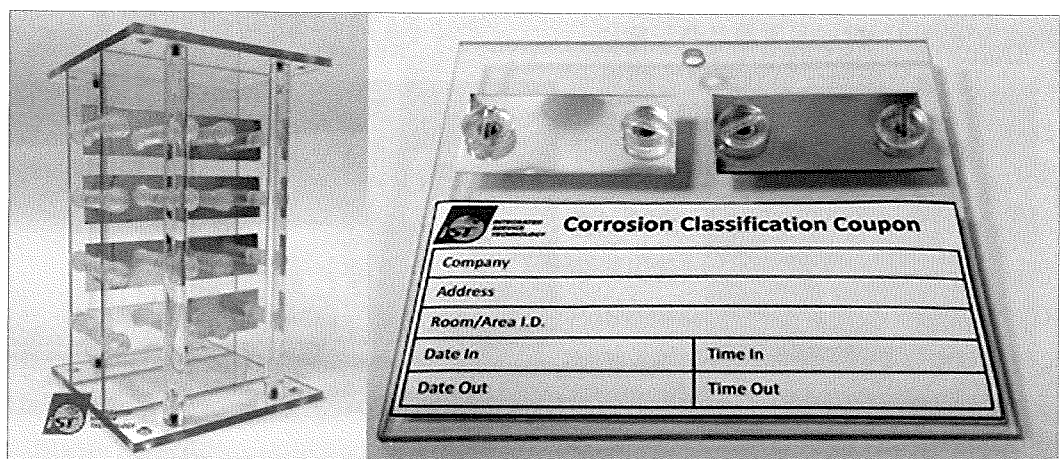


圖1 現場/終端環境空氣腐蝕程度監控

資料來源：2011 Gaseous and Particulate Contamination Guidelines For Data Center

境。一般來說，有許多可控制的參數，包括溫度、相對濕度、腐蝕性氣體種類(如硫化氫、氯氣、二氧化氮、二氧化硫、氮氣與臭氧等)、氣體濃度和氣體流速等。

此外，試驗箱體內的腐蝕性氣體不斷被新鮮的腐蝕性氣體所替換。由於可控制的

試驗參數眾多，複雜的試驗設備架設和持續不斷的腐蝕性氣體流動。因此，MFG具備有很高的可用性來模擬現場/終端環境的腐蝕。然而，MFG試驗的缺點是測試成本高，並且不能被業內的所有供應商廣泛採用。

表2 混合流動氣體與硫磺蒸氣腐蝕試驗方法之比較

腐蝕試驗方法	混合流動氣體試驗	硫磺蒸氣試驗
腐蝕性氣體種類	硫化氫/二氧化硫/二氧化氮/ 氯氣/氮氣/臭氧	硫S8
試驗中參數的監控	腐蝕性氣體/相對溼度/溫度/ 腐蝕性氣體置換率	溫度/相對溼度
可控制的試驗參數	所有的試驗參數皆能被獨立 控制與調整	溫度/相對溼度與硫蒸氣 的濃度能被控制
腐蝕產物的類別	硫化物/硫酸鹽/氧化物/氯化物/ 氮化物/氮化物/硝酸鹽/氫鹽	硫化物/氧化物
設備與維護的成本	高	低
試驗設備的架設	複雜	簡單
腐蝕性氣體的流動	層流且均勻	非層流
試驗箱體的尺寸	大	適中
腐蝕反應性程度	銀腐蝕較低；銅腐蝕較高	銀與銅腐蝕皆高

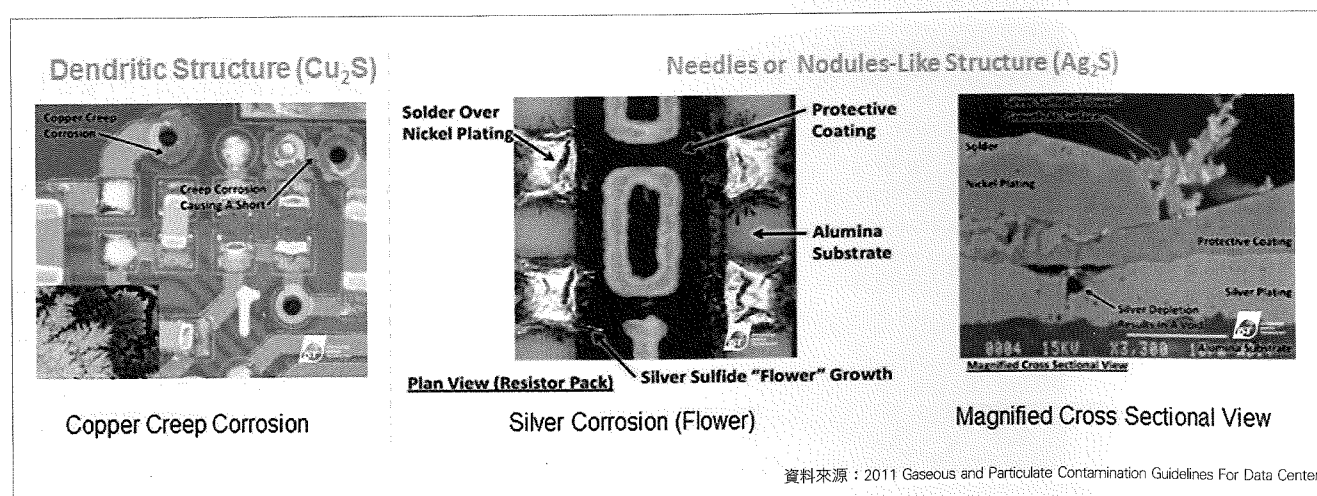


圖2 在資料中心的訊息設備故障中，兩種常見的腐蝕失效模式

由於氣體反應性限制(硫化氫)，且必須存在氯氣或臭氧來驅動爬行機理，MFG測試適合複製銅的腐蝕和爬行/蠕變腐蝕(Creep Corrosion)失效發生。

各個組織相應的測試標準是從1980年代開始制訂的，包括巴特爾實驗室(Battelle Labs)、美國材料和試驗協會(American Society for Testing and Material, ASTM)、電子工業聯盟(Electronic Industries Association, EIA)、國際電工委員會(International Electrotechnical Commission, IEC)、日本產業規格/日本工業標準(Japanese Industrial Standards, JIS)、中國國家標準/國標(GuoBiao, GB)、Telcordia(以前為Bell Communications Research, Bellcore)、阿爾卡特朗訊(Alcatel Lucent)、IBM、國際電子生產商聯盟(International Electronics Manufacturing Initiative, iNEMI)、西門子(Siemens)、諾基亞(Nokia)、百度(Baidu)、華為(Huawei)、汽車電子協會(Automotive Electronics Council, AEC)等。

初階入門型加速腐蝕試驗： 硫磺蒸氣

FoS是濕硫磺蒸氣測試。在ASTM B809-95標準中公開將樣品曝露在硫磺蒸氣中的典型測試方法。該方法旨在檢測金屬塗層中的孔隙率。由於其可控制的參數(只有溫度和相對濕度)較少，因此試驗設備架設簡單，且僅使用一種腐蝕性氣體(硫蒸氣，S₈)。

與MFG測試相比，FoS測試成本相對便宜，且測試持續時間短。然而，FoS測試

就無法像MFG一樣，完整模擬現場/終端環境的腐蝕。此外，只有單一腐蝕性氣體並不能觸發金屬腐蝕的爬行/蠕變機理。即使在較高的相對濕度下作為測試條件，也只能觀察到腐蝕產物有輕微遷移並局限在金屬區域。因此，沒有爬行/蠕變腐蝕發生的特徵。

此外，在ASTMB809標準的傳統FoS測試中採用50°C作為測試溫度，由於腐蝕反應性低，這不是一個有效地加速測試，通常建議採用更高的測試溫度。然而，高溫會引起測試樣品中揮發性有機化合物(Volatile Organic Compounds, VOCs)的作用，這會造成低腐蝕性反應，並失去對試驗條件的控制。因此，FoS測試流程的相關細節與標準化就顯得特別的重要。

各個組織相應的測試標準是從1995年開始制訂的，包括美國材料和試驗協會、電子工業聯盟、IBM、德爾福科技(Delphi Technologies PLC)、豐田汽車，以及國際電子生產商聯盟等。

截長補短 兩種試驗方式必當共存

而電子產品最常見的腐蝕失效模式為銅的腐蝕與銀的腐蝕，原因在於銅和銀的金屬材料被廣泛應用於電子產品中。不過由於銅與銀的腐蝕失效機理與對腐蝕性氣體的反應性皆不同，一般而言，MFG試驗適用於銅的腐蝕與爬行/蠕變腐蝕，而FoS試驗適用於銀的腐蝕。因此，若要針對電子產品進行完整的腐蝕驗證，MFG與FoS兩種腐蝕的試驗方法是彼此互補的必要存在(表2)。

(本文作者為宜特科技國際工程發展處技術副理)