

軟性印刷電路板材料的品質控制與方法

陳錦屏
台虹科技公司
品保 副理

摘要

本文就軟性電路基板材料的品質控制及材料檢驗測試規範作一通盤的敘述，由應用特性的需求所演譯出的軟板材料測試規範，是控制軟板材料生產品質的最重要依據，其中包括軟性銅箔基板與保護膠片的各項測試方法與規範。文末並針對軟板的各項測試方法與信賴性測試項目與要件逐一說明，讓讀者可一窺軟板及軟板材料評估之方法及規範。

關鍵詞

軟性電路板(Flexible Printed Circuit)、軟性銅箔基板(Flex Copper Clad Laminated)、保護膠片(Coverlay)

前言

近年來電子產品趨向輕、薄、短、小及撓曲性的設計型態，加上日本折疊式彩色手機快速竄昇，帶動軟板市場快速成長，各種攜帶式電子產品幾乎都以液晶顯示器作為顯示面板，特別是在攝錄放影機、大哥大、筆記型電腦、VCD、DVD或PDA等產品上，所以連接液晶顯示器與IC系統的軟板已是重要的組成元件，對軟性

電路板品質及信賴性測試的要求益形重要。高性能的軟板材料特性需要具備下列的特性：(1)具高度撓曲性及耐折性；(2)利於產品設計、組裝施工，能提高產品可靠度及再現性；(3)尺寸安定性及抗化學藥品性佳；(4)極佳的電氣特性，耐高、低溫及低吸濕與高耐燃；(5)高Tg材料特性；(6)具高密度配線，消除接點；可移動或折疊使用。本文將針對軟性電路板的材料規格檢測方法，及應用於消費性電子產

品的FPC的特性需求及信賴性實驗做一介紹。

測試規範

測試規範包括有：(1)與軟性電路板有關的IPC規格（如表一）；(2)與軟性電路板有關的JIS規格（如表二）；(3)與軟性電路板有關的JPCA規格（如

表三）；(4)與軟性電路板有關的軍用規格（如表四）；(5)與軟性電路板有關的UL規格（如表五）。

另外，由於軟性電路板當初是由美國軍用逐漸發展出來的，因此MIL的規格也變成業界的主要使用範圍。MIL中直接與軟性電路板有關的規格共四項，分別是P-13949（材料）、STD-

表一 與軟性電路板有關的IPC規格

IPC-FC-231C	Flexible Bare Dielectrics for Use in Flexible Printed Wiring
IPC-FC-232C	Specification for Adhesive Coated Dielectric Films for Use as Sheets for Flexible Printed Wiring
IPC-FC-234	Pressure Sensitive Adhesive Assembly Guidelines for Single-Sided And Double-sided Printed Circuits
IPC-FC-241C	Flexible Metal-Clad Dielectrics for use in Fabrication of Flexible Printed Wiring
IPC-RF-245	Performance Specification for Rigid-flex Printed Boards
IPC-D-249	Design Standard for Flexible Single and Double-sided Printed Board
IPC-FC-250A	Specification for Single and Double-sided Flexible Printed Wiring
IPC-FA-251	Guidelines for Assembly of Single and Double-sided Flex Circuit

表二 與軟性電路板有關的JIS規格

JIS-C5016	軟性電路板試驗方法
JIS-C5017	單面及雙面軟性電路板
JIS-C6471	軟性電路板銅箔基板試驗方法
JIS-C6472	軟性電路板銅箔基板試驗方法-PET、PI

表三 與軟性電路板有關的JPCA規格

JPCA-BM01	軟性印刷電路板銅箔基板 (PET、PI)
JPCA-FC01	單面軟性電路板
JPCA-FC02	雙面軟性電路板
JPCA-FC03	軟性電路板外觀檢查標準

表四 與軟性電路板有關的軍用規格

MIL-STD-2118	Flexible and Rigid-Flex Printed-Wiring for Electronic Equipment
MIL-C-28809	Design Requirement for Plastic Sheet, Laminated, Metal Clad Circuit Card Assemblies, Rigid, Flexible and Rigid-Flex
MIL-P-50884C	Printed Wiring, Flexible and Rigid Flex

2118 (設計)、P-50884 (軟性電路板及Rigid-Flex)、C-28809 (實裝)。MIL除了規格之外，還具有技術指導原則的特性，特別是設計和實裝的規格對於技術方面的說明特別清楚。

關於各規範，說明如次。IPC 是針對 MIL所補充制定的規格，特別是在材料方面，IPC-FC-232A是針對保護膠片(CL)所制定的規格；IPC-FC-241A是針對軟性銅箔基板所制定的規格，有關材料品質的抽樣計劃及檢測方式皆有詳細的說明。IPC特別加入了最新的無接著劑型CCL的相關規格，在線路基板方面，IPC規格 FC-250是針對單、雙面軟性電路板，而FC-245則是針對多層板。此外，各IPC的規格中又分Class I、II、III三個等級，其中III是目前要製造中、高階軟性電路板所要求的規格水準。

日本最初是從日本印刷電路板工業會所制定的JPCA規格中，另行訂定軟性電路板的規格，其中包括JIS有關軟性電路板、材料及試驗方法的規格。JIS是以日本生產經驗針對民生用途所訂定的規格，較具實用性。這個

規格特別針對軟性電路板耐撓曲特性及耐折性訂定有更詳細的規範 (JIS-6471)。

美國的UL並沒有純為軟性電路板所制定的規格，但是在UL-796 Electrical Printed Wiring Boards 中有些部份與軟性電路板有關。而UL對於軟性電路有嚴格的認證標準，其認證的範圍從材料、完成的軟性電板到實裝的成品，甚至製程都有完整的認證方式。UL認證制度的特色是各個特性是由申請者自己決定，例如基本的組成結構、連續使用溫度、最小線寬及其他相關申請者認為必須制定的規格，由UL依據申請者的規格來進行認證(圖一)。軟性電路板的特性很容易因為製程條件改變而改變，如果直接以材料特性來訂定軟性電路機械特性會



零組件認可
(Recognized Component Mark)



列名 (產品認證)
(UL Listing Mark)

▲圖一 UL認證標記

表五 與軟性電路板有關的UL規格

UL-94	Standard for Test for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Applications
UL-746 A	Polymeric Materials-Short Term Property Evaluations
UL-746 B	Polymeric Materials-Long Term Property Evaluations
UL-746 E	Polymeric Materials-Industrial Laminate, Filament Wound Tubing, Vulcanized Fiber, and Material used in Printed Wiring Boards
UL-796	Electrical Printed Wiring Boards

須具備優良的電氣特性、機械特性、抗化學特性，及撓曲特性。由 IPC-FC-241A 軟性銅箔基板的特性規格（如表九）所示，應具有良好的耐燃性、低尺寸變化、電氣特性佳，可應用於自動化生產及更適合細線路設計產品靜態

1. UL耐燃名詞解釋（如表六）

2. UL等級區分 (如圖二)

3. UL判定基準（如表七）

4. 線路板的製作工程有下列原則

(1)使用的銅箔積層板要是UL746認定的材料

(2)銅箔積層板、多層板要具備PCB的最高使用溫度（電氣、機械特性皆要符合），有以下90°C、105°C、130°C、150°C情形，一般為105°C。PCB的最高使用溫度申請不可以超過Base材料的溫度指數。銅箔厚度方面，小於3oz時，只需做最小厚度(Cu)的測試。若是在1oz以下，做1oz的鍍金測試片；大於3oz時則做最大厚度(Cu)測試。關於多層板測試片，其內層的銅箔用最厚的厚度，外層用最薄的厚度。

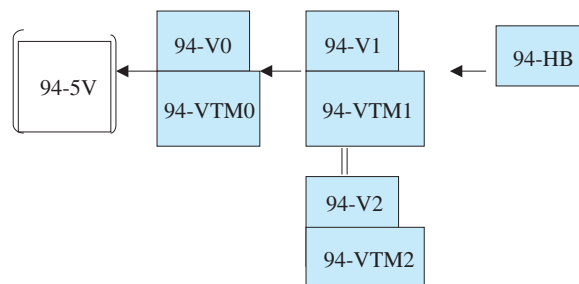
(3)PCB的最小、最大厚度都要做測試。

(4)PCB的申請耐燃性等級不可超過Base材料。

5. UL746A的代表測試項目，如表八所示。

軟性電路基板材料 特性規格

軟性電路材料的特性



▲圖二 UL等級區分

表六 UL耐燃名詞解釋

・ 94 HB	Horizontal Burning Test (水平燃燒試驗)
・ 94V	20mm Vertical Burning(垂直燃燒試驗)
・ 94VTM	Thin Material Vertical Burning Test (薄材料垂直燃燒試驗)
・ 其他	94-5V、94HBF...

表七 UL判定基準

94HB			
A. 厚度3.0~13mm，燃燒速度不超過40 mm/min			
B. 厚度 3.0mm以下，燃燒速度不超過75mm/min			
C. 在100mm 標線前停止燃燒			
94V/94VTM			
基準條件	V-0/ VTM-0	V-1/ VTM-1	V-2/ VTM-2
個別試片燃燒時間(t1+t2)	≤10s	≤30s	≤30s
五片燃燒總時間(t1+t2)	≤50s	≤250s	≤250s
第二次火焰燃燒時間加無焰燃燒時間(t2+t3)	≤30s	≤60s	≤60s
試片燃燒至夾具	No	No	No
棉花被滴落物點燃	No	No	Yes

或動態使用。

IPC-FC-232A對保護膠片(CL)規格特性的品質規範，須具優異的流膠特性、可撓性及耐離子遷移性，並需通過UL-94V0認證，如表十所示。

基板材料試驗方法

一、剝離強度測試

剝離強度測試，參考IPC-TM-650 No. 2.4.9。

(1)目的

量測軟性印刷電路基板中銅之替導體與底材間之剝離強度。

(2)範圍

本試驗方法適用於軟性印刷電路基板中銅箔與底材之剝離強度測試，其中之電路基板包括銅箔基板與覆蓋

膜及雙面銅箔基板。

(3)蝕刻法製作樣品

銅箔基板測試時採用蝕刻法來製作樣品，試片尺寸如圖三所示，試片寬度為0.125"，長度為5"，每組測試試片最少要有3片，在本項測試中共有四項不同狀態的測試條件，每項均需一組3片以上之試片。

剝離強度之計算依下式所示：

剝離強度(Peel Strength) = 平均剝離力 / 銅導體寬度

二、尺寸安定性測試

尺寸安定性測試，參考IPC TM-650 No. 2.2.4。

(1)測試樣品：測試樣品試片尺寸為28cm×25cm，並在其上以沖孔機打出四個孔，其尺寸如圖四所示。

表八 UL746A的代表測試項目

機械特性	Tensile Properties、Tensile Impact Test、Flexural Properties、Bond Strength of Plated Polymeric Materials、Bond Strength Properties of Adhesives
電氣特性	絕緣破壞電壓、體積抵抗率、表面抵抗、CTI ^(註1) 、耐Arc性(D-495)、HVTR
荷重下的變形特性	熱變形溫度、Ball Pressure Test
耐著火特性	HWI ^(註2) 、HAI ^(註3) 、HVTR ^(註4) 、Glow-wire Ignitability Test
尺寸變化	高分子加工品的尺寸變化
化學特性	高分子材料的耐藥品性
識別特性	比重、密度、FTIR、灰分、熱分解GC、TGA、DSC

註：(1) CTI－相對耐侵蝕指數；(2) HWI－Hot Wire發火性；(3) HAI－高電流電弧發火性；(4) HVTR－高電壓電弧侵蝕速度

表九 IPC-FC-241A (軟性銅箔基板特性規格)

測試項目	單位	Pre-Treatment		軟性銅箔基板	Test method
剝離強度	kgf/cm	A		>0.7	IPC-TM-650 2.4.9
		C-240/85/85 (註1)		>0.5	
		E-240/150 (註2)		>0.5	
鍍錫耐熱性	---	A		288°C/30sec	IPC-TM-650 2.4.9
耐折性 (0.5kg, 0.8R)	Times	without Coverlay	MD	>200	IPC-TM-650 2.4.3
尺寸安定性(%)	%	Method B	MD	<0.1	IPC-TM-650 2.2.4
	%		TD	<0.1	
	%	E-0.5/150 Method C	MD	<0.15	
	%		TD	<0.15	
抗化學性	---	(2NHCl, 2N NaOH IPA, TCE)		No Observed Abnormality	IPC-TM-650 2.2.4
表面阻抗	Ω	C-96/23/65		$>1 \times 10^{11}$	IPC-TM-650 2.5.17
		C-96/40/95		$>1 \times 10^{11}$	IPC-TM-650 2.6.3.2
體積阻抗	Ω -cm	C-96/23/65		$>1 \times 10^{12}$	IPC-TM-650 2.5.17
		C-96/40/95		$>1 \times 10^{12}$	IPC-TM-650 2.6.3.2
線間絕緣阻抗	Ω	C-96/23/65		$>1 \times 10^{12}$	IPC-TM-650 2.5.17
		C-96/40/95		$>1 \times 10^{12}$	IPC-TM-650 2.6.3.2
介電常數 1MHz		C-96/23/65		<4.0	IPC-TM-650 2.5.5.3
離散因子 1MHz		C-96/23/65		<0.04	IPC-TM-650 2.5.5.3
耐燃等級	---	UL 94		V0	E193078
最大操作溫度	°C	UL746E		105	E193078

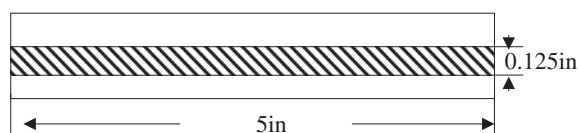
註：(1) C-240/85/85 Condition-時間(hr)/溫度°C/濕度%
(2) E-240/150 Environmental-時間(hr)/溫度°C

(2)儀器設備：二次元座標儀、沖孔機。

(3)保護膜尺寸安定性測量程序

a.保護膜裁取如圖四大小尺寸後，以沖孔機在四週打出四個孔，分別標以A.B.C.D.符號。

b.以二次元座標儀量測A.B.C.D.四



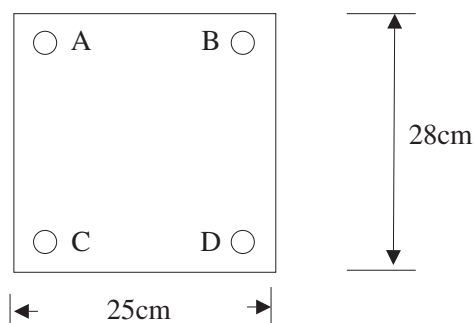
▲圖三 蝕刻法測試試片線路圖形

孔之相關距離並記錄之。

c.將試片的離形紙撕離並靜置10

表十 IPC-FC-232A (保護膠片特性規格)

測試項目	單位	Pre-Treatment		保護膠片	Test Method
剝離強度	kgf/cm	A		>1.4	IPC-TM-650
		C-240/85/85		>0.5	2.4.9
鍍錫耐熱性	---	A		288°C/30sec	IPC-TM-650 2.4.9
溢膠量	mm			<0.15	IPC-TM-650 2.3.17.1
尺寸安定性(%)	%	Method A	MD	<0.2	IPC-TM-650
			TD	<0.2	2.2.4
抗化學性	---	(2NHCl, 2N NaOH IPA, TCE)		No Observed Abnormality	IPC-TM-650 2.2.4
表面阻抗	Ω	C-96/23/65		>1 × 10 ¹⁰	IPC-TM-650 2.5.17
		C-96/40/95		>1 × 10 ¹⁰	IPC-TM-650 2.6.3.2
體積阻抗	Ω -cm	C-96/23/65		>1 × 10 ¹²	IPC-TM-650 2.5.17
		C-96/40/95		>1 × 10 ¹²	IPC-TM-650 2.6.3.2
線間絕緣阻抗	Ω	C-96/23/65		>1 × 10 ¹⁰	IPC-TM-650 2.5.17
		C-96/40/95		>1 × 10 ¹⁰	IPC-TM-650 2.6.3.2
介電常數 1MHz		C-96/23/65		<4.0	IPC-TM-650 2.5.5.3
離散因子 1MHz		C-96/23/65		<0.04	IPC-TM-650 2.5.5.3
耐燃等級	---	UL 94		V0	E193078
最大操作溫度	°C	UL746E		105	E193078



▲圖四 尺寸安定性測試樣品

分鐘以上。

d.以二次元座標儀量測A.B.C.D.四孔之相關距離並記錄之，並以計算公式計算 MD、TD之尺寸安定性數據。

分別依下列公式計算MD及TD二方向之尺寸安定性

$$MD = \frac{[(A-B)_F - (A-B)_I] + [(C-D)_F - (C-D)_I]}{2} \times 100$$

$$TD = \frac{[(A-C)_F - (A-C)_I] + [(B-D)_F - (B-D)_I]}{2} \times 100$$

MD：Machine Direction尺寸的變化百分率

TD：Transverse Direction尺寸的變化百分率

I：起初（第一次）之距離讀數

F：蝕刻後（第二次）之距離讀數

A-B：A孔到B孔之距離

A-C：A孔到C孔之距離

C-D：C孔到D孔之距離

B-C：B孔到C孔之距離

三、體積、表面電阻測試

體積、表面電阻測試，參考 IPC-TM-650 No.2.5.17

(1) 測試樣品

a.將壓合好之10cm×10cm銅箔之Coverlay，以蝕刻方法將銅箔完全蝕刻掉。

b.蝕刻好之試片以清水完全沖洗乾淨、擦拭，再以100°C烘箱烘烤10min。

c.須將試片先置於23°C±2°C及65%±2%R.H.之乾燥箱中96hr±2hr後再量測。

(2) 儀器設備：高阻計

四、溢膠量

溢膠量參考 IPC-TM-650 No.2.3.17.1

(1) 測試樣品

a.將銅箔基板裁成 25mm×20mm一片。

b.將保護膠片裁成25mm×20mm一片。

(2) 儀器設備

顯微鏡：利用接目鏡10倍數和接物鏡10倍數來測試。

壓合機：壓合溫度與壓力可控制在160±3°C及40kg/cm²。

沖孔機：鑽孔大小可控制在如圖五所示尺寸。

(3) 測試步驟

a.將打好之覆蓋膜預貼合在銅箔基板上。

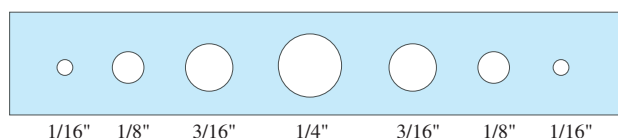
b.將預貼合好之試樣放進壓合機壓合。

c.利用顯微鏡量測保護膠片之接著劑溢膠情況，算出測試孔之最大溢膠刻度與最小溢膠刻度之平均即為測試值（如圖六）。

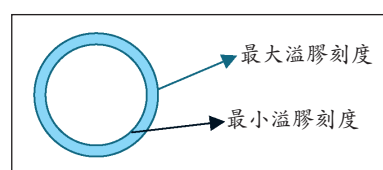
平均值 = (最大溢膠刻度 + 最小溢膠刻度) / 2

五、MIT（基材撓曲性）測試方法

基材撓曲性測試，參考JIS-C-



▲圖五 溢膠量測試孔尺寸



◀圖六 保護膠片溢膠量測試圖

6471

(1)測試樣品：測試試片的尺寸及其線路圖形如圖七所示，試片以曝光、顯影、蝕刻方式製作。

(2)測試試片在MD及TD方向需各製作 5片。

(3)測試條件：R=0.8mm，Load=0.5kg

(4) 測試試片及測試機台，如圖七、圖八所示。

基板熱特性與測試設備介紹

由於軟板材料的開發，有機合成的配方佔一重要關鍵因素，所以針對高分子合成配方的熱性質及機械特性的分析及控制，下列的熱分析儀是不可或缺的重要分析設備。

1. DSC（熱掃描卡量計）：測能量及溫度，如交連熱、結晶熱、反應熱、結晶度、比熱 C_p 、玻璃轉移溫度 T_g 、融點 T_m 、結晶溫度 T_c 等相轉變點。

2. TGA（熱重量分析儀）：測重量變化及裂解溫度，如材料裂解溫度、熱穩定性、各成份比例、溶劑含

量(%)、水份量(%)等。

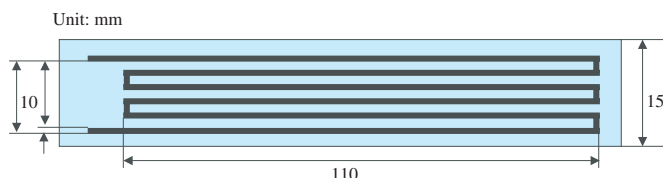
3. TMA（熱機械分析儀）：測材料膨脹收縮狀況、收縮係數、爆板時間、軟化點溫度、熱穩定性、玻璃轉移溫度 T_g 。

4. DMA（動態機械分析儀）：測模數黏度強度變化，如隨溫度、頻率、力量改變測得模數(Modulus)及黏度(Viscosity)等黏彈性質、玻璃轉移溫度(T_g)、阻尼項 $\tan \sigma$ 等。

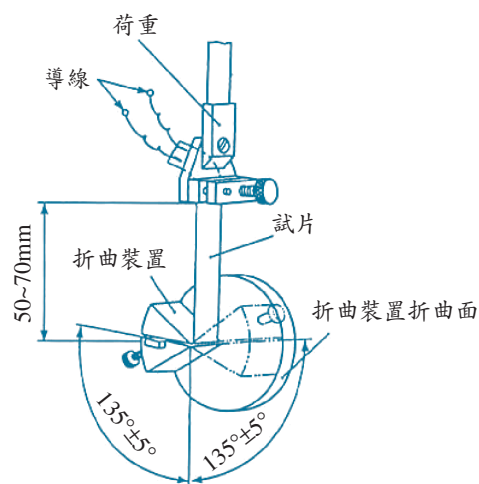
軟板檢測（信賴性實驗）

軟板製造流程：材料裁切→CNC鑽孔→鍍通孔→貼乾膜→露光→顯影→蝕刻→剝膜→壓合保護膠片→表面處理→測試衝型→檢驗包裝。

為符合軟板的品質要求，一般軟板製廠用的檢測設備及功能說明如表十一所示；各類FPC成品信賴性實驗則如表十二所示。



▲圖七 MIT測試基材尺寸



▲圖八 MIT測試機台

表十一 軟板檢測設備功能說明

儀器設備名稱	用途	應用製程
X射線光譜儀	量測電鍍層厚度	鍍金、鍍錫鉛、化金、化錫
剝離試驗機	量測剝離強度	材料進料檢測（CCL、CL）
霍氏紅外會光譜儀	異物分析（有機物質）	製程殘膠分析
二次元座標儀	規格量測	底片、漲縮量測、蝕刻
恆溫恆濕機	測試材料耐候性	成品檢測
鹽水噴霧試驗機	測試材料耐候性	成品檢測
紫外線光譜儀	藥液分析	防銹/光澤劑分析
原子吸收光譜儀	鍍液分析	電鍍工程
研磨機	切片分析	成品檢測
MIT試驗機	耐折性試驗	成品檢測
IPC屈曲試驗機	耐屈曲試驗	成品功能性檢測
錫鉛爐	耐熱性測試	成品檢測

表十二 軟板成品信賴性測試項目整理

品目	Game-boy	COF&COF	多層板	CSP-IC載板
測試項目	電氣特性、外觀變色與否、剝離強度	電氣特性、外觀變色與否、剝離強度	電氣特性、外觀變色與否、剝離強度	電氣特性、外觀變色與否、剝離強度
高溫放置	90°C/500hr	85°C/1000hr	85°C/1000hr	125°C/1000hr
低溫放置	-20°C/500hr	-55°C/500hr	-55°C/500hr	-40°C/500hr
耐濕性	65°C/95%/500hr	85°C/85%/1000hr	60°C/90%/1000hr	85°C/85%/1000hr
冷熱衝擊	-30°C/90°C (30min)	-45°C/25°C/100°C (30/1/30 min)	-45°C/25°C/85°C (60/10/60 min)	-55°C/125°C (30/30 min)
	10 Cycles	1000 Cycles	10 Cycles	1000 Cycles
離子遷移測試	85°C/85%/1000hr /10VDC	85°C/85%/1000hr /10VDC	85°C/85%/1000hr /10VDC	85°C/85%/1000hr /10VDC

品目	標準方式	中信賴性方式	高信賴性方式	Panel Keyboard
測試項目	電氣特性、外觀變色與否、剝離強度	電氣特性、外觀變色與否、剝離強度	電氣特性、外觀變色與否、剝離強度	電氣特性、外觀變色與否、剝離強度
高溫放置	70°C/250hr	85°C/500hr	100°C/1000hr	85°C/240hr
低溫放置	-40°C/250hr	-40°C/500hr	-40°C/500hr	-30°C/240hr
耐濕性	65°C/95%/96hr	60°C/90%/500hr	60°C/90%/1000hr	60°C/90%/240hr
冷熱衝擊	-40/25/85°C (30/1/30 min)	-40/25/85°C (30/1/30 min)	40/25/85°C (60/10/60 min)	-40/85°C (60/60 min)
	25 cycles	50 cycles	100 cycles	10 cycles
離子遷移測試	85°C/85%/120hr /10VDC	85°C/85%/240hr /10VDC	85°C/85%/1000hr /10VDC	85°C/85%/200hr /10VDC