



經濟部標準檢驗局 102 年度執行報告

影像顯示產業標準與檢測規範推展計畫(3/4)

(第三年度)

全程計畫：自 100 年 4 月至 103 年 12 月止

本年度計畫：自 102 年 2 月至 102 年 12 月止

委託單位：經濟部標準檢驗局

執行單位：工業技術研究院

中華民國 102 年 12 月

【期末報告摘要資料】

科資中心編號				
計畫中文名稱	影像顯示產業標準與檢測規範推展計畫(3/4)			
主管機關	經濟部標準檢驗局	計畫編號	102-1403-05-05-03	
執行機構	財團法人工業技術研究院	審議編號		
年度	102	全程期間	10004-10312	
本期經費	9,950 仟元			
執行單位出資 0 %				
經濟部標準檢驗局委託 100 %				
執行進度		預定進度	實際進度	落後比率 (比較)
	當年	100 %	100 %	0 %
	全程	75 %	75 %	0 %
經費支用		預定支用經費	實際支用經費	支用比率
	當年	9,950 仟元	9,950 仟元	100 %
	全程	58,711 仟元	46,450 仟元	79.1 %
中文關鍵詞	平面顯示器、液晶顯示器、電子紙、人因實驗、3D 顯示器、軟性顯示器、電子紙能耗檢測			
英文關鍵詞	Flat Panel Display、Liquid Crystal Display、e-Paper Display、3D Display、Flexible Display、Engery Consurement Test of e-Paper			
研究人員	中文姓名	英文姓名		
	林增耀	Tzeng-Yow Lin		
	溫博浚	Bor-Jiunn Wen		
	陳士芳	Shih-Fang Chen		
	彭保仁	Bao-Jen Pong		
研究成果中文摘要	<p>一、電子紙顯示器關鍵參數量測標準研究分項：完成軟性顯示器可撓衰減特性參數量測技術研究，及可撓導電基板之曲面下片電阻量測技術研究：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 完成撓曲與光學參數和電性參數電阻衰減分析 2. 完成扭曲測試模組設計與製作 3. 完成扭曲與光學參數和電性參數電阻衰減分析 4. 完成探針式可撓導電基板之曲面下片電阻量測與分析 5. 完成二維非接觸式可撓導電基板之片電阻量測與分析 <p>二、3D 顯示新技術人因關鍵參數量測標準研究分項：完成戴眼鏡式 3D 顯示器光學特性量測標準推動：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 完成戴眼鏡式 3D 顯示器光學特性量測標準推動 			

<p>英文摘要</p>	<p>A、Electronic paper display key-parameters measurement standard research sub-project: Complete the measurement research of attenuation characteristics for flexible displays and complete the measurement research of sheet resistances of flexible conductive substrates in curve conditions.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Complete the analysis of optical and electrical attenuation characteristics of flexible displays by bending test. 2. Complete design and manufacture of the torsion test mechanism. 3. Complete the analysis of optical and electrical attenuation characteristics of flexible displays by torsion test. 4. Complete the measurement and analysis of sheet resistances for flexible conductive substrate by probe measurement method. 5. Complete the measurement and analysis of sheet resistances for flexible conductive substrate by two-dimensional and non-contact measurement method. <p>B、3D display ergonomic key-parameters measurement standard research sub-project: Complete the standard draft approval for test method of FPD-based stereoscopic display with passive glasses.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Accomplish the standard draft approval for SEMI D4765 “TEST METHOD OF FPD-BASED STEREOSCOPIC DISPLAY WITH PASSIVE GLASSES”.
<p>報告頁數</p>	<p>95 頁</p>
<p>使用語言</p>	<p>中文</p>
<p>全文處理方式</p>	<p>可對外提供參考</p>

報 告 內 容

目 錄

壹、	102 年度重要活動	8
貳、	前 言	10
參、	計畫變更說明	13
肆、	執行績效檢討	14
一、	計畫達成情形	14
二、	資源運用情形	25
伍、	成果說明與檢討	30
一、	電子紙顯示器關鍵參數量測標準研究分項	30
二、	3D 顯示新技術人因關鍵參數量測標準研究分項	68
三、	標準規範推展	72
四、	成果與推廣	74
陸、	結論與建議	78
一、	電子紙顯示器關鍵參數量測標準研究分項	78
二、	3D 顯示新技術人因關鍵參數量測標準研究分項	80
柒、	附件	82
一、	新台幣 5 百萬元以上(含)之儀器設備清單	82
二、	國外出差人員一覽表	83
三、	專利成果統計一覽表	84
四、	論文一覽表	85
五、	研究報告一覽表	86
六、	研討會/成果發表會/說明會一覽表	87
七、	中英文對照表	88
八、	研究成果統計表	90
九、	參考文獻索引	91
十、	委員意見彙整	93

圖 目 錄

圖- 1：可撓特性檢測系統之系統圖	31
圖- 2：扭曲測試模組設計圖.....	32
圖- 3：(a)扭曲測試模組; (b)扭曲測試模組人機操作介面	32
圖- 4：PET/ITO 軟性試片做反覆 11,000 次撓曲之電性與穿透率量測架構	34
圖- 5：PET/ITO 軟性試片做反覆 11,000 次扭曲之電性與穿透率量測架構	34
圖- 6：PET/ITO 軟性基板反覆 11,000 次撓曲之電性量測結果.....	35
圖- 7：PET/ITO 軟性基板反覆 11,000 次撓曲之穿透率量測結果.....	35
圖- 8：PET/ITO 軟性基板反覆 11,000 次扭曲之電性量測結果.....	36
圖- 9：PET/ITO 軟性基板反覆 11,000 次扭曲之穿透率量測結果.....	36
圖-10：軟性膽固醇液晶顯示器之反覆 11,000 次撓曲前後的光學量測架構	37
圖- 11：軟性膽固醇液晶顯示器之反覆 11,000 次扭曲前後的光學量測架構	38
圖- 12：軟性膽固醇液晶顯示器之反覆 11,000 次撓曲前後的光學特性結果	38
圖- 13：軟性膽固醇液晶顯示器之反覆 11,000 次撓曲前後(a)色域結果; (b)色域面積變化	39
圖- 14：軟性膽固醇液晶顯示器之反覆 11,000 次扭曲前後的光學特性結果	39
圖- 15：軟性膽固醇液晶顯示器之反覆 11,000 次扭曲前後(a)色域結果; (b)色域面積變化	40
圖- 16：可撓導電基板之曲面下四點探針片電阻量測架構示意圖與實體	50
圖- 17：共線式四點探針電壓電流雙重配置圖.....	51
圖- 18：以四點探針式片電阻量測架構進行曲面下片電阻量測	54
圖- 19：二維非接觸式兆赫時域頻譜可撓導電基板之片電阻量測架構示意圖	55
圖- 20：二維非接觸式兆赫時域頻譜可撓導電基板之片電阻量測架構實體	55
圖- 21：待測 PET/ITO 樣品表面示意圖	57
圖- 22：THz 輻射穿透樣品後的時域波形(右上)及其傅立葉轉換頻譜	58
圖- 23：樣品導出的電導率及電阻率 1	59
圖- 24：樣品導出的電導率及電阻率 2	59
圖- 25：THz 波穿透 PET 與各種不同 PET/ITO 結構之 FFT 頻譜圖.....	60
圖- 26：各種不同 PET/ITO 結構之片電阻頻譜圖.....	61
圖- 27：撓曲半徑為(a) 27 mm、(b) 22 mm、與(c) 19 mm 的樣品實體(右)，以及	

實際將樣品置於 THz 量測架構中(左)的照片.....	62
圖- 28:THz 波穿透 PET 基板以及在不同撓曲半徑下之 PET/ITO 軟性基板的 FFT 頻譜圖	63
圖- 29：各種不同撓曲半徑下之 PET/ITO 軟性基板的片電阻頻譜圖	63
圖- 30：比較 THz 頻譜分析法與四點探針式片電阻量測之線性相關性.....	64
圖- 31：3D 顯示器均勻度量測示意圖 1	68
圖- 32：3D 顯示器均勻度量測示意圖 2	69
圖- 33：3D 顯示器水平可視角量測示意圖	69
圖- 34：3D 顯示器垂直可視角量測示意圖	69

表 目 錄

表- 1：軟性顯示器可撓特性檢測平台系統規格.....	33
表- 2：四種不同組成結構之軟性導電基板產品規格與相關資訊.....	52
表- 3：THz 量測架構針對各種不同 PET/ITO 結構的片電阻量測結果	61

壹、102 年度重要活動

日期	活動內容簡述
102.02.07	簽約完成，本計畫開始執行。
102.02.27	參加 SEMI 電子紙量測標準工作小組 2 月份會議。
102.02.27	參加 SEMI 軟性顯示器標準工作小組 2 月份會議。
102.03.19	參加 SEMI 3D G2G 標準工作小組 3 月份會議。
102.03.19	參加 SEMI 軟性顯示器標準工作小組 3 月份會議。
102.03.21	參加 SEMI 電子紙量測標準工作小組 3 月份會議。
102.03.25	參加 SEMI-Taiwan FPD Technical Committee
102.04.06	參加 SEMI 電子紙量測標準工作小組 4 月份會議。
102.04.16	參加並主持 SEMI 3D Metrology 標準工作小組 4 月份會議。
102.04.16	參加 SEMI 軟性顯示器標準工作小組 4 月份會議。
102.05.28	參加 SEMI 電子紙量測標準工作小組 5 月份會議。
102.05.28	參加 SEMI 軟性顯示器標準工作小組 5 月份會議。
102.06.25	參加 SEMI 電子紙量測標準工作小組 6 月份會議。
102.06.28	參加 SEMI FPD TC 會議。
102.06.29 ~102.07.05	至日本京都參加 CLEO-PR & OECC/PS 2013 國際研討會且完成論文發表。
102.07.24	參加 SEMI 電子紙量測標準工作小組 7 月份會議。
102.08.13	參加 SEMI 軟性顯示器標準工作小組 8 月份會議。

日期	活動內容簡述
102.08.26	參加 SEMI 電子紙量測標準工作小組 8 月份會議。
102.08.28 ~08.30	參展快速影像式軟性顯示器可撓特性光學檢測系統於 Touch Taiwan 2013 展。
102.09.10 ~09.14	參加韓國 ICFPE 2013 國際研討會，同時發表研究論文並收集軟性顯示器關鍵參數研究之最新趨勢與成果。
102.09.17	參加 SEMI 電子紙量測標準工作小組 9 月份會議。
102.09.17	參加並主持 SEMI 3D Metrology 標準工作小組 9 月份會議。
102.09.17	參加 SEMI 軟性顯示器標準工作小組 9 月份會議。
102.09.27	代表 3D Metrology TF 至 SEMI FPD TC 會議報告。
102.10.09	參加 SEMI 電子紙量測標準工作小組 10 月份會議。
102.10.15	舉辦「軟性顯示產業標準論壇」。
102.10.15	參加 SEMI 軟性顯示器標準工作小組 10 月份會議。
102.10.17	至國立交通大學參加 Taiwan AOI 2013 研討會並完成論文發表。
102.10.22 ~10.26	參加 SEMI Japan FPD Standards Meeting 會議與 FPD International in Yokohama 2013 研討會。
102.11.19	參加標準檢驗局 102 年度科專計畫聯合成果展，並展出軟性顯示器可撓特性檢測系統。
102.12.05	陳士芳博士至國立中正大學光機電所演講軟性顯示器之能耗與電性量測技術，藉此促進與學術界量測技術之相互交流。

貳、前言

影像顯示產業是我國政府多年來全力扶植的策略性產業，投入的資金、人力相當可觀，也建立了相對完整的產業鏈，當年兆元產值的規劃也讓國人對產業的未來多所期待。惟市場供需及競爭情勢急遽變化，尤其面對韓國的強勢競爭，以及大陸本土產業的崛起，台灣面板產業產值及全球市占率自 2008 年起逐年緩步下降。也因產業前景蒙上陰影，產業發展所需資金、人才等生產要素來源也日益不易，更讓產業經營雪上加霜。

尤其來勢洶洶的大陸本土面板產業，在大陸政府政策及充沛的資金支持下，網羅及挖角台灣面板廠商具管理及技術的人才，大幅擴增產能，不僅讓全球市場供過於求的形勢更為惡化，也讓面板價格長期居於低盤，更壓縮了台灣廠商未來在大陸市場的發展空間。面對此一嚴峻的情勢，產業未來應該如何因應，著實需要政府及產業共同費心思量。

觀察過去台灣產業發展的模式，策略主軸多在於「重快速跟隨，輕技術深耕；重產能投資，輕出海口布局」，這在當時較為單純的市場需求及產業競爭環境中有其利基，但面對未來複雜多變的市場趨勢，例如顯示器將逐漸由資通訊產品少樣多量市場走向家電、建築、車用等日常生活的多元應用；在功能面，除影像輸出顯示外，更需要具有便利的人機介面及無線連結和跨裝置分享等功能；產品規格也將由單純的平面顯示，走向具立體化、可撓性、可透明、可觸控、可防水等差異化技術。因應此一趨勢的變化，產業需要新的思維與作法。

儘管我國 FPD 產業的經營愈趨嚴苛，台灣唯有發展下一世代新興顯示器產品，並創造主導性的新標準，方有機會抵擋大陸及韓國的威脅，重振影像顯示產業的版圖。然國內近年來對於顯示器量測、測試及標準訂定所投入的資源與美、日、韓等面板大國仍有很大的落差，且國內個別廠商對於自有技術也多不願主動釋出討論，造成標準或規

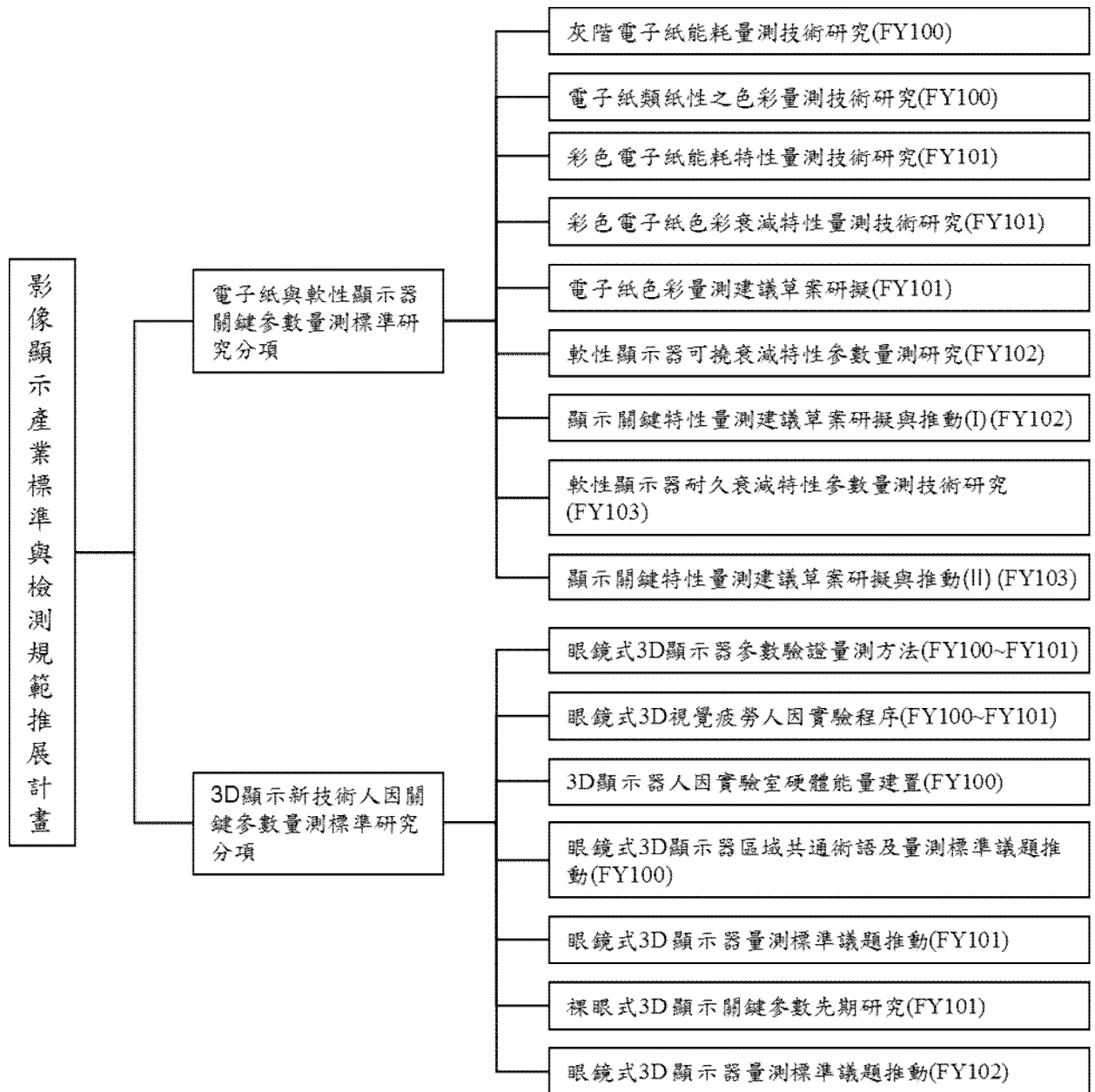
範推動困難，因此，仍急需政府投入資源，建立訂定新興顯示器標準或規範所需的技術能力。

目前國際上參與影像顯示器標準化主要機構有十數個，如美國的 VESA、IEEE、NIST，日本的 JEITA，歐盟 adria，國際性組織則有 ISO/IEC、SEMI、SID、ICDM 等。大致上，美國挾其廣大消費人口與政經勢力，在標準化活動上仍具舉足輕重地位；東北亞日本、韓國與台灣擁有研發製造能力優勢，而中國大陸龐大的潛在市場更不容忽視。在亞洲，日本對於顯示器標準可說最為積極，目前 SEMI 已有的顯示器標準大都產自日本，韓國在 SEMI 架構下也有一個 Materials & Components 的 Working Group 在運作，然而在我國，已經是一個顯示器生產大國，但對於標準的重視與日、韓或歐、美都還有差距。如何將台灣研究製造優勢及對華人世界的影響力，轉化成國際標準制訂的影響力，實在刻不容緩。

本計畫針對 3D 顯示、電子紙、軟性顯示等新興顯示器技術發展迫切議題，規劃制定相關標準技術的發展，及展開國際/區域的標準推展合作的活動。計畫目標為(1)研發 3D 顯示、電子紙、軟性顯示等產業所需之核心計量技術。(2)建置產業技術標準化核心業務能力。(3)推動重點產業技術標準為國際/區域標準化組織採納。(4)長期經營與國際/區域標準組織策略合作關係。計畫內容包含：

(一)、電子紙顯示器關鍵參數量測標準研究：電子紙顯示器能耗量測技術研究、彩色電子紙色度參數量測技術研究、軟性顯示器機械撓曲特性參數量測技術研究、電子紙與顯示關鍵特性量測建議草案研擬與推動。

(二)、3D 顯示新技術人因關鍵參數量測標準研究：進行眼鏡式/裸眼式立體顯示器關鍵參數驗證、視覺與人因研究、人因實驗方法建置與驗證及標準草案研擬等。本計畫研發架構如下：



參、計畫變更說明

1. 因本年度電子紙顯示器分項的專利獲證共有 9 件，其所需之智財權認列費用，超出計畫書原編列之資本門預算，擬由該分項經常門勻支，乃報局辦理計畫變更，已獲標準檢驗局核定同意變更(文號 102.09.03 經標四字第 10200565050 號函)。

肆、執行績效檢討

一、計畫達成情形

(一)進度與計畫符合情形

進度 工作項目	月份	FY102												
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
——預期進度 實際進度														
一. 電子紙與軟性顯示器關鍵參數量測標準研究分項														
A. 軟性顯示器可撓衰減特性參數量測技術研究 • 撓曲與光學參數和電性參數電阻衰減分析 • 扭曲測試模組設計與製作 • 扭曲與光學參數和電性參數電阻衰減分析														
							(A2)							
			(A1)					(A3)						
													(A4)	
B. 可撓導電基板之曲面下片電阻量測技術研究 • 探針式可撓導電基板之曲面下片電阻量測與分析 • 二維非接觸式可撓導電基板之片電阻量測與分析														
							(B1)							
													(B2)	
二. 顯示新技術人因關鍵參數量測標準研究分項														
C. 戴眼鏡式立體顯示器像差量測系統 • 戴眼鏡式3D顯示器光學特性量測標準推動														
							(C1)						(C2)	
進度百分比 % (依經費之比重計算)														
	15%			45%				75%					100%	

(二)目標達成情形

目標項目	工作說明	實際執行內容	差異檢討
一、電子紙顯示器關鍵參數量測標準研究分項			
(一)軟性顯示器可撓衰減特性參數量測技術研究			
<ul style="list-style-type: none"> 撓曲與光學參數和電性參數電阻衰減分析 	<ul style="list-style-type: none"> 完成撓曲與光學參數(亮度(0~5,000 cd/m²)、色域面積(NTSC)、軟性上板穿透率(0~100%))和電性參數(電阻(1mΩ ~ 120 MΩ))衰減分析 	<ul style="list-style-type: none"> 完成撓曲電性量測夾具薄型化與訊號線路修改機構設計。 完成撓曲電性薄型化訊號線路測試模組夾具設計(撓曲角度(-75°~75°))。 完成撓曲測試與光學(亮度、色彩與穿透率)和電性參數之即時自動化量測程式整合。 完成 11,000 次反覆撓曲測試下之膽固醇液晶顯示器的光學量測與分析。由實驗結果得知，在反覆撓曲下，白畫面亮度會微微下降，而黑畫面會微微上升，因此將導致對比度是下降的。 完成軟性膽固醇液晶顯示器之反覆 11,000 次撓曲前後之光學與色彩量測與分析(光學量測架構：75°雙 A 光源入射)。 完成軟性基板(125 μm PET/ 50 nm ITO)之反覆撓曲 11,000 次撓曲前後之光學穿透率(400 nm ~ 750 nm)與電性特性量測與分析。 	<ul style="list-style-type: none"> 無差異
<ul style="list-style-type: none"> 扭曲測試模組設計與製作 	<ul style="list-style-type: none"> 完成扭曲測試模組設計(扭曲角度(-75°~75°)) 	<ul style="list-style-type: none"> 完成軟性顯示器扭曲測試論文文獻與專利蒐集與分析。 完成扭曲測試模組包含電訊號夾具設計(扭曲角度(-75°~75°))。 	<ul style="list-style-type: none"> 無差異

目標項目	工作說明	實際執行內容	差異檢討
	<ul style="list-style-type: none"> 完成扭曲測試模組製作與測試(扭曲角度(-75° ~ 75°)) 	<ul style="list-style-type: none"> 完成扭曲測試電性模組設計與製作，為了安裝於撓曲機台上，設計固定轉盤。 完成扭曲測試模組與電性量測夾具製作，並初步完成安裝在撓曲機台上與扭曲和電性量測測試，此功能將與撓曲功能並存，可依需求來更換量測模組。 扭曲測試模組規格： <ul style="list-style-type: none"> 扭曲速度範圍：≤150 (°/s) 扭曲角度範圍：-75° ~ 75° 完成扭曲測試模組(扭曲速度範圍：≤150 (deg/s); 扭曲角度範圍：-75° ~ 75°; 電性量測(電壓：100 nV ~ 1,000 V; 電流：10 nA ~ 3 A; 電阻：1 mΩ ~ 120 MΩ))硬體建置，並完成自動化軟體人機介面。 	<ul style="list-style-type: none"> 無差異
<ul style="list-style-type: none"> 扭曲與光學參數和電性參數電阻衰減分析 	<ul style="list-style-type: none"> 完成扭曲與光學參數 (亮度 (0~5,000 cd/m²)、色域面積 (NTSC)、軟性上板穿透率(0~100 %))和電性參數(電阻(1 mΩ ~ 120 MΩ))衰減分析 	<ul style="list-style-type: none"> 完成針對軟性膽固醇液晶顯示器之反覆 11,000 次扭曲測試做前後之光學與色彩量測與分析。測試條件為：扭曲角度：5°→-5°→0°；扭曲速度：5 °/s；光學量測架構：75°雙 A 光源入射。 完成針對軟性基板(125 μm PET/ 50 nm ITO)之反覆 11,000 次扭曲測試做前後之光學穿透率(400 nm ~ 750 nm)與電性量測與分析。測試條件為：扭曲角度：5°→-5°→0°；扭曲速度：5 °/s。 	<ul style="list-style-type: none"> 無差異

目標項目	工作說明	實際執行內容	差異檢討
(二) 可撓導電基板之曲面下片電阻量測技術研究			
<ul style="list-style-type: none"> 探針式可撓導電基板之曲面下片電阻量測與分析 	<ul style="list-style-type: none"> 完成探針式可撓導電基板之曲面下片電阻量測與分析(片電阻量測範圍：5 ~ 200 Ω/□) 	<ul style="list-style-type: none"> 完成軟性基板撓曲下片電阻量測的資料蒐集與實驗規劃。 以四點探針式片電阻量測架構進行 PET/ITO 軟性基板的片電阻量測。 蒐集不同組成結構之軟性基板的產品資訊。 完成 PET/ITO 軟性基板片電阻量測數據的彙整，並投稿至 CLEO-PR 2013 國際研討會。 完成不同組成結構之軟性導電基板產品的採購。共有四種組成結構，分別為： <ul style="list-style-type: none"> (1)Clear Hard-coat/PET/Clear Hard-coat/ITO (2)AG Hard-coat/PET/AG Hard-coat/ITO (3)Clear Hard-coat/PET/AG Hard-coat/ITO (4)AG Hard-coat/PET/AN Hard-coat/ITO 完成以四點探針式片電阻量測架構，針對不同組成結構之軟性導電基板產品的片電阻量測實驗。 完成 PET/ITO 軟性基板 10,000 次及 20,000 次的撓曲實驗。 完成以四點探針式片電阻量測架構進行可撓導電基板之曲面下片電阻量測，撓曲半徑約為 3.5 cm，採用的 	<ul style="list-style-type: none"> 無差異

目標項目	工作說明	實際執行內容	差異檢討
		<p>樣品為經過 10,000 次及 20,000 次撓曲之後的 PET/ITO 軟性基板。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 完成探針式可撓導電基板之曲面下片電阻量測與分析。 • 探針式可撓導電基板之曲面下片電阻量測技術除了有助於廠商進行可撓導電基板之曲面下片電阻量測之外，亦可讓廠商快速瞭解可撓導電基板是否因多次撓曲後，而導致產品出現老化的現象。 	
<ul style="list-style-type: none"> • 二維非接觸式可撓導電基板之片電阻量測與分析 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成二維非接觸式可撓導電基板之片電阻量測與分析(片電阻量測範圍：5 ~ 200 Ω/\square) 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成二維非接觸式可撓導電基板之片電阻量測架構(THz 時域頻譜分析量測)的設置及其相關實驗規劃。 • 完成以非接觸式 THz 量測架構進行 PET/ITO 軟性基板之曲面下片電阻量測，撓曲半徑約為 3 cm。 • 完成以非接觸式 THz 量測架構，進行 PET/ITO 軟性基板在未撓曲以及經過不同撓曲次數後的片電阻量測(撓曲次數分別為 10,000 次及 20,000 次)，及量測資料分析。 • 完成二維非接觸式 THz 可撓導電基板之片電阻量測架構的改良： <ul style="list-style-type: none"> (1)將 THz 量測架構內的高反射率鍍膜鏡(高色散)替換成低色散但反射率稍低的銀鏡，如此可使 THz 頻寬變寬，可擷取到較良好的量測波形。 (2)將波形擷取範圍限縮到只有一個主要的波形週期，可使其他如水分 	<ul style="list-style-type: none"> • 無差異

目標項目	工作說明	實際執行內容	差異檢討
		<p>吸收等因素所造成的波形干擾減少。</p> <p>(3)將擷取波形次數增加到 10 次，如此在數據平均後可降低雜訊成份。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 完成二維非接觸式 THz 片電阻量測的誤差評估分析。 • 完成以非接觸式 THz 量測架構，進行不同組成結構之軟性導電基板產品的片電阻量測。 • 完成以非接觸式 THz 量測架構，進行 PET/ITO 軟性基板在不同撓曲半徑下之片電阻量測，撓曲半徑分別為 19、22、以及 27 mm。 • 完成「以兆赫時域頻譜分析法進行軟性顯示器專用導電基板之片電阻量測」研究報告。 • 完成二維非接觸式可撓導電基板之片電阻量測與分析。 • 二維非接觸式 THz 片電阻量測技術，非常適用於生產線上檢測軟性顯示器的導電特性，此技術亦提供軟性顯示器製造商對於可撓導電基板之曲面下片電阻量測技術的解決方案。 	
二、3D 顯示新技術人因關鍵參數量測標準研究分項			
<ul style="list-style-type: none"> • 戴眼鏡式 3D 顯示器光學特性量測標準推動 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成持續參與 SEMI 3D TF 之戴眼鏡式 3D 顯示器光學特性量測標準草案的討論 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成持續參與 SEMI 3D Metrology 標準工作小組 Leaders 討論。 • 完成被動式眼鏡 3D 顯示器 4765A 草案，參加 SEMI cycle 2 進行全球投票。 • 4765A，SEMI 全球投票意見回覆討 	<ul style="list-style-type: none"> • 無差異

目標項目	工作說明	實際執行內容	差異檢討
		<p>論，會員傾向修改草案並參加 cycle 4 或 cycle 5 的投票。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 4765B 版(被動眼鏡式 3D 顯示器)草案內容透過電子郵件往來完成修訂，於 6 月底完成線上審查的工作，並參加 cycle 5 的投票。 	
	<ul style="list-style-type: none"> • 完成戴眼鏡式 3D 顯示器光學特性量測標準草案研擬 	<ul style="list-style-type: none"> • 參加 SEMI FPD TC 會議，代表 SEMI 3D Metrology 標準工作小組，說明 4765B(被動眼鏡式 3D 顯示器)、4764D(主動眼鏡式 3D 顯示器) 兩份草案修訂情形，經 TC 會議審查通過，同意參加 cycle 5 的投票。 • 4765B 及 4764D 兩份草案，於 8/30 底結束投票。 • 9/17 擔任 3D Metrology TF 主席，討論 4764D 及 4765B 標準草案之投票意見回覆。 • 4764D 及 4765B 標準草案之投票意見回覆文件，獲得 SEMI FPD TC 審查通過，將經由 SEMI Taiwan 送交 A&R 委員會審查，11/5 經 SEMI Taiwan 向 SEMI 總部詢問，預定 12 月中旬可得到回應。 	<ul style="list-style-type: none"> • 無差異
<p>其他工作說明：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 參加 2/27 SEMI 電子紙量測標準工作小組會議，會議中針對彩色電子紙之視角與均勻性量測參數作討論，並由量測中心作「印刷業規範和色卡分析」的簡報分享。 • 參加 2/27 SEMI 軟性顯示器標準工作小組會議，會議中針對軟性顯示器之量測參數的名詞定義作綜合討論。 • 參加 3/19 SEMI 3D G2G 標準工作小組會議，該工作小組決議停止運作，決議將報 			

目標項目	工作說明	實際執行內容	差異檢討
		<p>請 SEMI FPD TC 會議進行表決。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 參加 3/19 SEMI 軟性顯示器標準工作小組會議，會議中持續針對軟性顯示器之量測參數的名詞定義作綜合討論。 • 參加 3/21 SEMI 電子紙量測標準工作小組會議，會議中由量測中心針對「E Ink 8” Color EPD 量測結果」作簡報分享，並進行樣品量測表格制定之相關議題討論。 • 投稿至 CLEO-PR 2013 國際研討會的論文已被接受，並於 6/30~7/4 至日本京都進行論文發表，論文題目：Non-Contact Resistance Measurement of a Flexible Display Substrate by Terahertz Time Domain Spectroscopy。 • 參加 4/16 SEMI 電子紙量測標準工作小組會議，會議中量測中心針對 E Ink 8" Color EPD 的色彩特性量測結果，以及電子紙可視性與平面顯示器之明室對比分析作簡報分享。 • 參加並主持 4/16 SEMI 3D Metrology 標準工作小組會議，討論 4765A 國際投票意見的回覆，計回覆 2 人 15 項意見。 • SEMI 3D Metrology 標準工作小組 Email 往返多次，因日方的反對意見有相當多的屬於技術上的意見且相當中肯，會員們傾向修改 4765A 草案內容，預計參加 cycle 4 或 cycle 5 的投票。 • 參加 5/28 SEMI 電子紙量測標準工作小組會議，會議中由元太科技針對 E Ink 8" Color EPD 的色彩特性量測結果作簡報分享，並進行量測結果的細部討論。 • 參加 6/25 SEMI 電子紙量測標準工作小組會議，會議中由量測中心針對 E Ink 8" Color EPD 的色彩特性量測結果作簡報分享，並進行量測結果討論。 • 參加 6/28 SEMI FPD TC 會議，並在會議中提出 4765B(被動眼鏡式 3D 顯示器)與 4764D(主動眼鏡式 3D 顯示器)草案，將參加 cycle 5 的 SEMI 全球投票。 • 6/29~7/5 至日本京都參加 CLEO-PR & OECC/PS 2013 國際研討會且完成論文發表，並完成出國訓練報告。 • 參加 7/24 SEMI 電子紙量測標準工作小組會議，會議中針對電子紙標準草案(#5533)『Test Methods for Color Properties of Electronic Paper Displays』作初版內容討論。 • 配合標檢局 102 年度世界標準日系列活動，於 10/8 舉辦產業標準論壇，主題為「發展軟性顯示標準，再造新興顯示產業高峰」，並著手進行產學業界專家的邀請以及相關準備工作。 	

目標項目	工作說明	實際執行內容	差異檢討
<ul style="list-style-type: none"> • SEMI 3D 標準提案 4765B 及 4764D 兩份標準草案，開始進行 cycle 5 全球投票。 • 參加 8/26 SEMI 電子紙量測標準工作小組會議，會議中針對電子紙標準草案(#5533) 『Test Methods for Color Properties of Electronic Paper Displays』作定稿草案內容討論。 • 8/26 完成 Taiwan AOI 2013 研討會論文的投稿，論文題目為：以兆赫時域頻譜分析法進行軟性顯示器專用之導電基板的片電阻量測技術研究。10/17 於國立交通大學作論文發表。 • 8/28~8/30 參展快速影像式軟性顯示器可撓特性光學檢測系統於 Touch Taiwan 2013 展。 • 9/10~9/14 參加韓國 ICFPE 2013 國際研討會，同時發表研究論文並收集軟性顯示器關鍵參數研究之最新趨勢與成果。 • 參加 9/17 SEMI 電子紙量測標準工作小組會議，會議中持續針對電子紙標準草案 (#5533) 『Test Methods for Color Properties of Electronic Paper Displays』作定稿草案內容討論。 • 9/17 擔任 3D Metrology TF 主席，討論 4764D 及 4765B 標準草案之投票意見回覆。 • 9/27 代表 3D Metrology TF 至 SEMI FPD TC 會議報告。 • 參加 10/9 SEMI 電子紙量測標準工作小組會議，會議中針對電子紙標準草案(#5533) 『Test Methods for Color Properties of Electronic Paper Displays』作最終定稿草案內容討論。目前該草案正進行 Cycle 7 Technical Ballot (投票期間：2013/10/23~11/22)，因投票率未達 60%，投票時間將自動延長至 12/21。 • 於 10/15 舉辦之「軟性顯示產業標準論壇」，邀請旭東機械魏泰山副總經理、致茂電子王鴻基副處長、以及宏瀨科技詹方興處長、交通大學鄭晃忠教授、中正大學王欽戌教授等產學界的專家們參與該論壇。 • 10/17 至國立交通大學參加 Taiwan AOI 2013 研討會並完成論文發表，論文題目為：以兆赫時域頻譜分析法進行軟性顯示器專用之導電基板的片電阻量測技術研究。 • 4764D 及 4765B 標準草案之投票意見回覆文件，獲得 SEMI FPD TC 審查通過，將經由 SEMI Taiwan 送交 A&R 委員會審查，11/5 經 SEMI Taiwan 向 SEMI 總部詢問，預定 12 月初可得到回應。 • 10/22~10/26 參加 SEMI Japan FPD Standards Meeting 會議與 FPD International in 			

目標項目	工作說明	實際執行內容	差異檢討
<p>Yokohama 2013 研討會，以收集和交流軟性顯示器關鍵參數研究之最新趨勢與成果。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 11/19 參加標準檢驗局 102 年度科專計畫聯合成果展，並展出軟性顯示器可撓特性檢測系統。 • 12/5 陳士芳博士至國立中正大學光機電所演講軟性顯示器之能耗與電性量測技術，藉此促進與學術界量測技術之相互交流。參加 2/27 SEMI 電子紙量測標準工作小組會議，會議中針對彩色電子紙之視角與均勻性量測參數作討論，並由量測中心作「印刷業規範和色卡分析」的簡報分享。 			

(三)配合計畫與措施

合作項目 名稱	合作單位	合作計畫內容	經費	執行情形	突破點或創新成果
		無			

二、資源運用情形

(一)人力運用情形

1.人力配置

單位：人年

主持人	分項計畫（主持人）	預計人年	實際人年
計畫主持人：林增耀 協同計畫主持人：溫博浚	(1) 電子紙顯示器關鍵參數量測標準研究分項	3.09	3.23
	(2) 3D 顯示新技術人因關鍵參數量測標準研究分項	0.33	0.34
	合 計	3.42	3.57

註：本表採用工研院職級計算，資料內容為截至 102.12.10 之人力運用數。

單位：人年

分類		職稱					學歷					合計
年度	狀況	研究員級以上	副研究員級	助理研究員級	研究助理員級	研究助理員級以下	博士	碩士	學士	專科	其他	
	102	預計	2.17	1.25				1.42	1.42	0.54	0.04	
實際		2.50	1.07				1.76	1.43	0.34	0.04		3.57

註：本表採用工研院職級計算，資料內容為截至 102.12.10 之人力運用數。

(二)經費運用情形

1.歲出預算執行情形

會計科目	預算金額	佔預算%	動支金額	佔動支%	差異說明
(一)經常支出					無差異
1.直接費用	8,682	87.26%	8,682	87.26%	
(1)直接薪資	4,505	45.28%	4,505	45.28%	
(2)管理費	1,126	11.32%	1,126	11.32%	
(3)其他直接費用	3,051	30.66%	3,051	30.66%	
2.公費	57	0.57%	57	0.57%	
經常支出小計	8,739	87.83%	8,739	87.83%	
(二)資本支出					
1.土地					
2.房屋建築及設備					
3.機械設備					
4.交通運輸設備					
5.資訊設備					
6.雜項設備					
7.其他權利	1,211	12.17%	1,211	12.17%	
資本支出小計	1,211	12.17%	1,211	12.17%	
合計	9,950	100.0%	9,950	100.0%	

註：1.預算按計畫變更後經費填列。

2.資料內容為截至 102.12.10 之動支數。

2.歲入繳庫情形

單位：新台幣元

科 目	本年度預算數	本年度實際數	差異說明
財產收入			本年度技術移轉與技術服務收入繳庫金額有：波色科技 35 千元、綠點新高_捷普 75.6 千元、台灣光興 72.1 千元、佳暉科技 490 千元、商之器 84 千元，合計繳庫金額為 756.7 千元。
不動產租金			
動產租金			
廢舊物資售價			
技術移轉	300,000	756,700	
權利金			
技術授權	300,000	756,700	
製程使用			
其他－專戶利息收入			
罰金罰鍰收入		129	
罰金罰鍰		129	
其他收入			
供應收入－資料書刊費			
服務收入			
教育學術服務			
技術服務			
審查費			
業界合作廠商配合款			
收回以前年度歲出			
其他轉項			
合計	300,000	756,829	

註：本表資料內容為截至 102.12.30 之繳庫數。

(三)設備購置與利用情形

無

(四)人力培訓情形

1.國外出差或客座研究

- 劉子安計畫成員於2013/6/30~7/4 參加日本 CLEO-PR & OECC/PS 2013 並發表論文，藉此瞭解 Laser 光電應用於軟電顯示器之最新量測技術發展，並與國際學者專家針對軟電顯示器量測議題作意見交流，同時尋求可能的合作機會。
- 劉玟君計畫成員於2013/9/10~9/14 參加韓國 ICFPE 2013 國際研討會，同時發表研究論文並收集軟性顯示器關鍵參數研究之最新趨勢與成果。
- 協同計畫主持人溫博浚於2013/10/22~10/26 參加 SEMI Japan FPD Standards Meeting 會議與 FPD International in Yokohama 2013 研討會，以收集和交流軟性顯示器關鍵參數研究之最新趨勢與成果。期望能協助國內影像顯示產業在面臨大陸、韓國等強大國際市場擠壓的低迷情況下，尋求可能成為下一代新興產品的發展趨勢，及試圖找尋在產業標準領域之未來推動方向，以做為顯示器標準發展未來規劃的參考。

2.教育推廣—國內研究生培訓

- 計畫成員陳士芳博士運用於本計畫發展之專才，至國立中正大學光機電所演講軟性顯示器之能耗與電性量測技術，藉此促進與學術界量測技術之相互交流。
- 交通大學機械所張哲維同學參與軟顯撓曲衰減量測與分析研究，學習光輻射基本原理、標準規範和軟性顯示器之撓曲測試下，光學參數和電性參數量測與分析。
- 交通大學電控所陳胤源同學參與顯示器量測與分析研究，學習光輻射基本原理、標準規範和光度/色度量測系統自動化開發。
- 中央大學光電所陳昱達同學參與 3D 深度量測研究，學習光輻射基本原理、標準規範和光度/色度等量測儀器操作。

- 中央大學光電所謝永祥同學參與 3D 反應時間量測研究，學習光度/色度量測基本原理和反應時間量測儀器操作與分析。

伍、成果說明與檢討

一、電子紙顯示器關鍵參數量測標準研究分項

(一)軟性顯示器可撓衰減特性參數量測技術研究

1. 非量化執行成果說明

• 執行主要成果與績效：

完成撓曲與光學參數(亮度(0~5,000 cd/m²)、色域面積(NTSC)、軟性上板穿透率(0~100 %))和電性參數(電阻(1mΩ ~ 120 MΩ))量測與衰減分析和完成扭曲測試模組設計與製作(扭曲角度(-75° ~ +75°)，並完成扭曲與光學參數(亮度(0~5,000 cd/m²)、色域面積(NTSC)、軟性上板穿透率(0~100 %))和電性參數(電阻(1 mΩ ~ 120 MΩ))量測與衰減分析。

A.研發成果：軟性顯示器可撓特性檢測平台建立

藉由FY97與FY99設計與製作軟性顯示器可撓特性檢測系統，本系統將具備下述功能，第一，軟性元件撓曲僅受撓曲平台作用，避免其它外在因素干擾其撓曲變化，如重力，故以垂直於地面的方式夾持軟性元件，此外，也可將CCD架設於平台上，偵測軟性元件邊緣以求得撓曲半徑，且不影響兩旁其它儀器檢測軟性元件的表面，故可做更多的軟性元件參數分析。第二，撓曲時，軟性元件幾何性永遠對稱同一軸，故採取兩桿同步循著圓型軌道逼近及遠離，如此可以方便兩旁檢測儀器偵測，也可以模擬人類雙手彎曲軟性顯示器。圖1為本計畫所建立之撓曲平台，此機構使用皮帶輪同向運動與齒輪反向運動的特性達成兩個軟電夾持桿的同步反向之循著圓型軌道逼近及遠離，並使用撓曲平台上方之CCD，偵測軟性元件邊緣，求得撓曲半徑的回饋訊號，以達到待測軟性元件之撓曲半徑的控制。比起其他文獻或專利中提及之撓曲平台，更能勝任軟性電子之撓曲測試。在撓曲測試的同時，本軟性顯示器可撓特性檢測系統在夾持具上有設計四點探針電性

量測模組[Wen and Liu, 2011]與檢測系統的前後加裝穿透率量測光學模組，以便可以一邊撓曲一邊量測其光學穿透率與電性衰減特性。

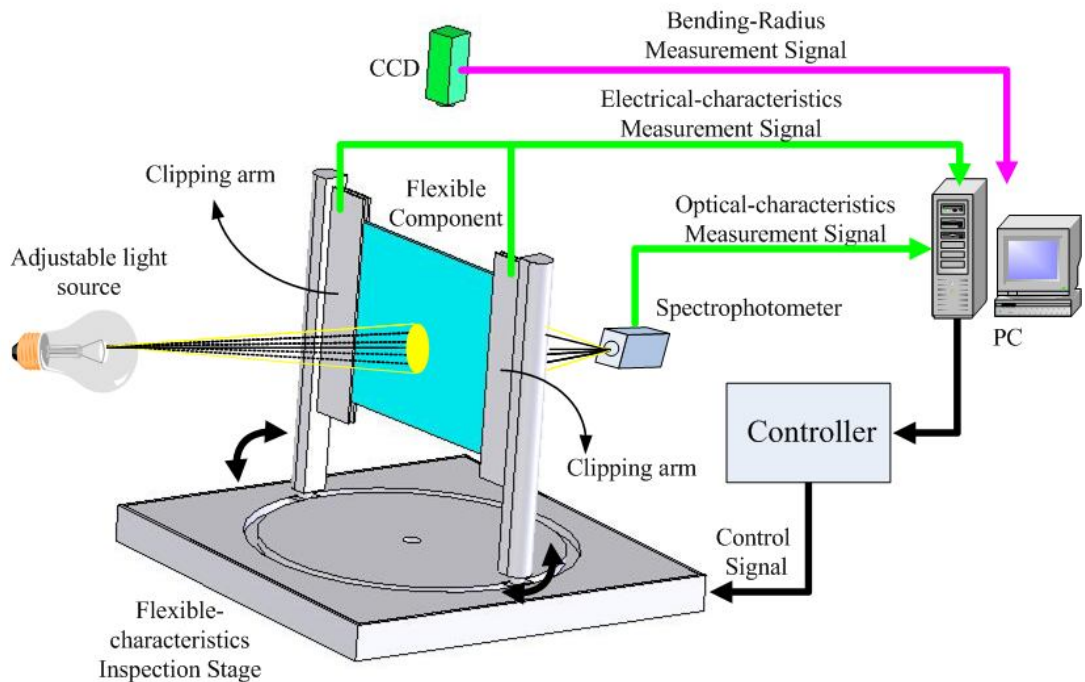


圖- 1：可撓特性檢測系統之系統圖

此外，為了探討可撓軟性顯示器在經由反覆扭曲後其光學穿透率與電性衰減特性，本計畫將利用以撓曲機台之具有同步反向的圓形位移機制下，將撓曲機構換裝成扭曲機構。由於扭曲時之上下端夾具是具有同步且反向的轉動，使得本撓曲機台可以有扭曲測試功能，並且系統扭曲極限為扭曲角度(-75° ~ +75°)。再者，其扭曲夾具也加裝四點探針電性量測模組[2]，可以在做扭曲測試時，同時也即時量測其電性之變化。其扭曲測試設計架構與系統完成圖，如圖2與圖3所示。其詳細規格如下：

- 扭曲速度範圍： ≤ 150 (°/s)
- 扭曲角度範圍： $-75^\circ \sim 75^\circ$
- 電性量測(電壓： $100 \text{ nV} \sim 1000 \text{ V}$; 電流： $10 \text{ nA} \sim 3 \text{ A}$; 電阻： $1 \text{ m}\Omega \sim 120 \text{ M}\Omega$)
- 可程式化規劃扭曲測試動作與光電特性量測流程

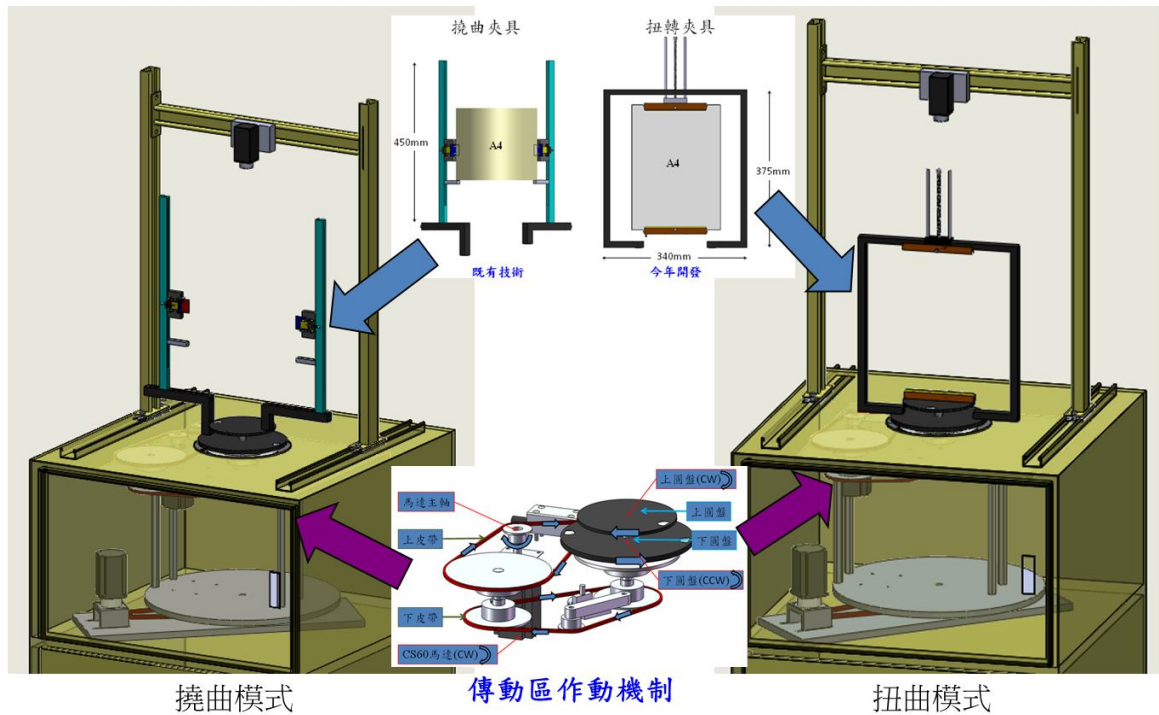


圖-2：扭曲測試模組設計圖

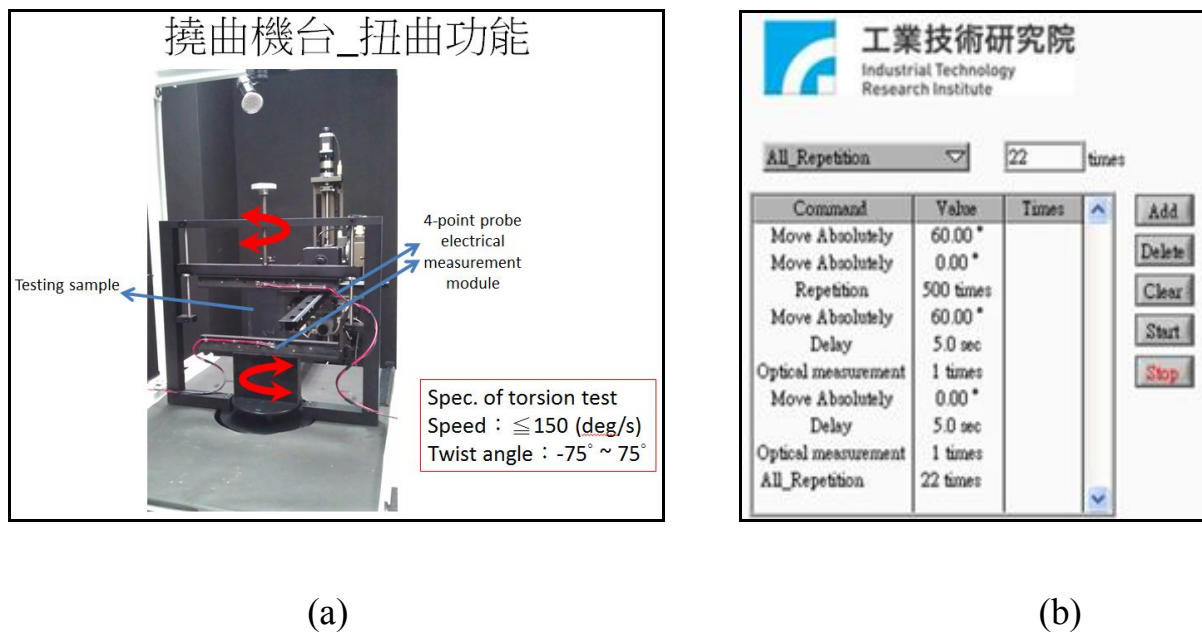


圖-3：(a) 扭曲測試模組; (b) 扭曲測試模組人機操作介面

因此本軟性顯示器可撓特性檢測平台是包含撓曲測試與扭曲測試，並且也包含光學與電性量測架構，針對軟性顯示器可撓光電衰減特性參數量測是非常完整的，其詳細系統規格如表1：

表-1：軟性顯示器可撓特性檢測平台系統規格

Model No.		ITRI-CMS-FCIS12		量測能力	光學量測模組 (選配)		反射率
尺寸 (L × W × H) (cm³)		55 × 55 × 100					穿透率
量測極限 (W × H × T) (cm³)		7.5 ~ 40 X 40 X 0.8					色度
移動角速度 (°/s)		≤ 150			力學量測 模組 (選配)	撓曲力距 (kgf-cm)	0.01 ~ 5
彎曲角度 (°)		-75 ~ +75				撓曲應力 (MPa)	≤ 680
撓曲半徑 (cm)		1 ~ 100			電性量測 模組 (選配)	電壓	100 nV ~ 1000 V
環境光源 模組 (選配)	光源種類	A, D50 and D65				電流	10 nA ~ 3 A
	入射角度 (°)	20 ~ 75				電阻	1 mΩ ~ 120 MΩ
扭曲角度 (°) (選配)		-75 ~ +75				可以即時量測	

B.研發成果：軟性顯示器撓曲與扭曲測試之光學參數和電性參數量測與衰減分析

a) 軟性基板之可撓與扭曲測試前後的光學穿透率與電性衰減特性量測與分析

1) 量測手法

首先為了量測軟性基板之可撓測試前後的光學穿透率與電性衰減特性，本研究採用兩片一樣大小(95 mm X 128 mm)與材質的軟性PET/ITO 基板((OCTM 100) from CP Films Inc.)，來做反覆 11,000 次撓曲與扭曲前後之光學穿透率與電性衰減量測與分析。由文獻[Wen and Liu, 2013]可知在撓曲測試上，相對於基板上之沉積材料有分為壓縮撓曲與張力撓曲兩種，而在此文獻中之實驗結果可知張力撓曲的軟性基板的電性衰減性較大於壓縮撓曲。因此，在本研究上之撓曲的條件上使用張力撓曲，也就是有 ITO 材料面朝外之撓曲，而每次撓曲都控制在 2 cm 之撓曲半徑下，其實驗架設如圖 4。而在扭曲測試條件上是採

用每次扭曲週期測試條件為扭曲角度從 5° 到 -5° 再回到 0° ，此為一個循環，並且控制扭曲速度在 $5^\circ/s$ ，其實驗架設如圖 5。其中因為夾具上有設計四點探針量測機制，所以在一邊做撓曲或扭曲操作下，不僅可以量測穿透率，PET/ITO 軟性試片也可以即時測得其電阻值的變化。其中，光學穿透率量測都是在完成撓曲或扭曲操作一個循環下之平的狀態來量測的，並且光源是採用 A 光源。

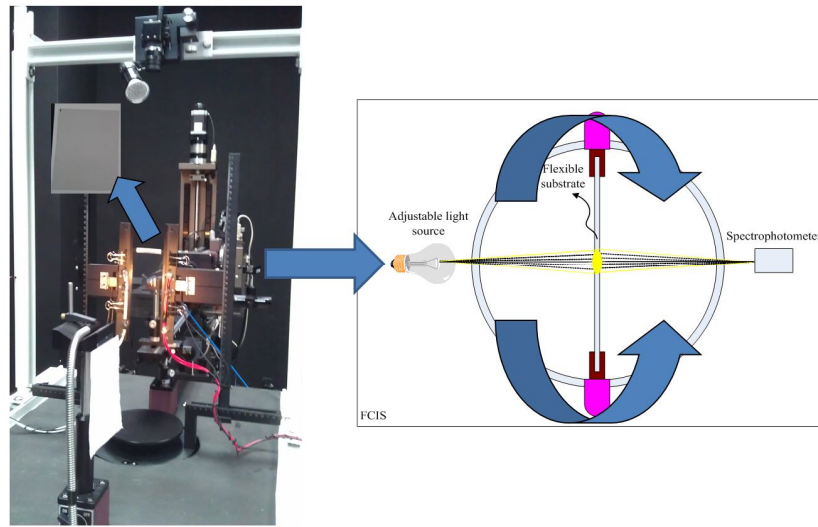


圖-4：PET/ITO 軟性試片做反覆 11,000 次撓曲之電性與穿透率量測架構

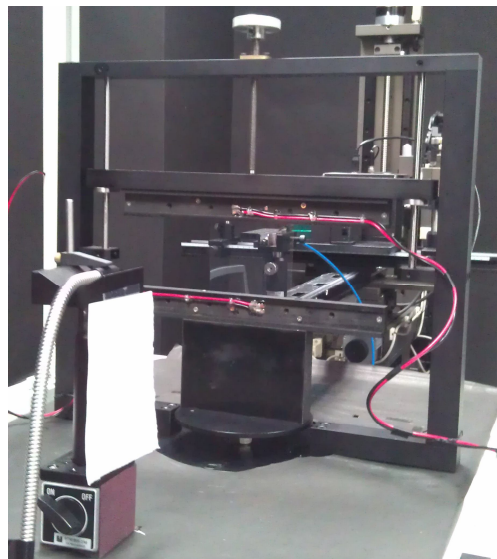


圖-5：PET/ITO 軟性試片做反覆 11,000 次扭曲之電性與穿透率量測架構

2) 量測結果與分析

利用軟性顯示器可撓特性檢測平台系統與根據第二節的量測手法，針對 PET/ITO 軟性基板做反覆 11,000 次撓曲之電性與穿透率量測分析，其量測結果如圖 6 及圖 7。

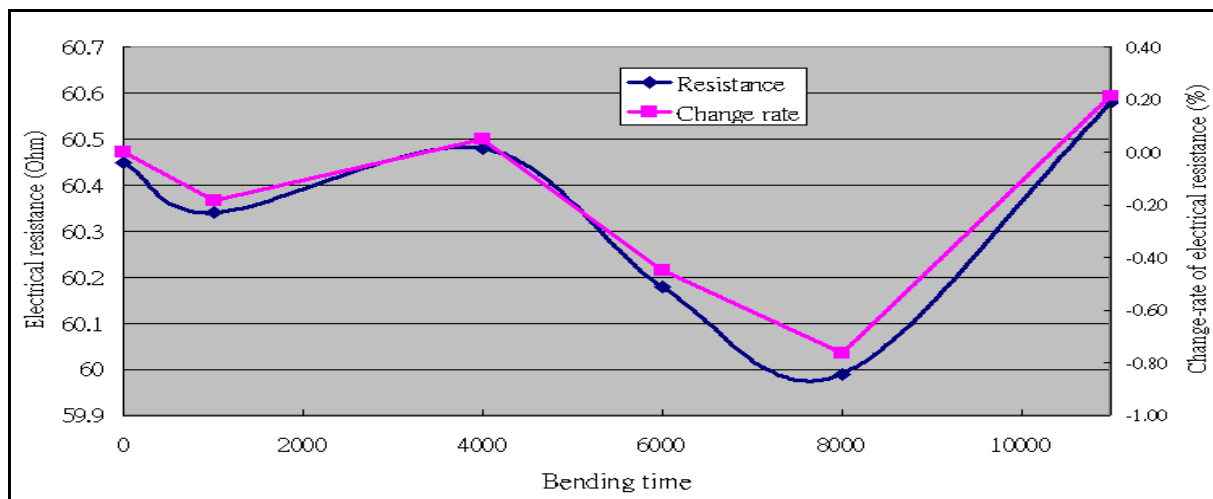


圖- 6：PET/ITO 軟性基板反覆 11,000 次撓曲之電性量測結果

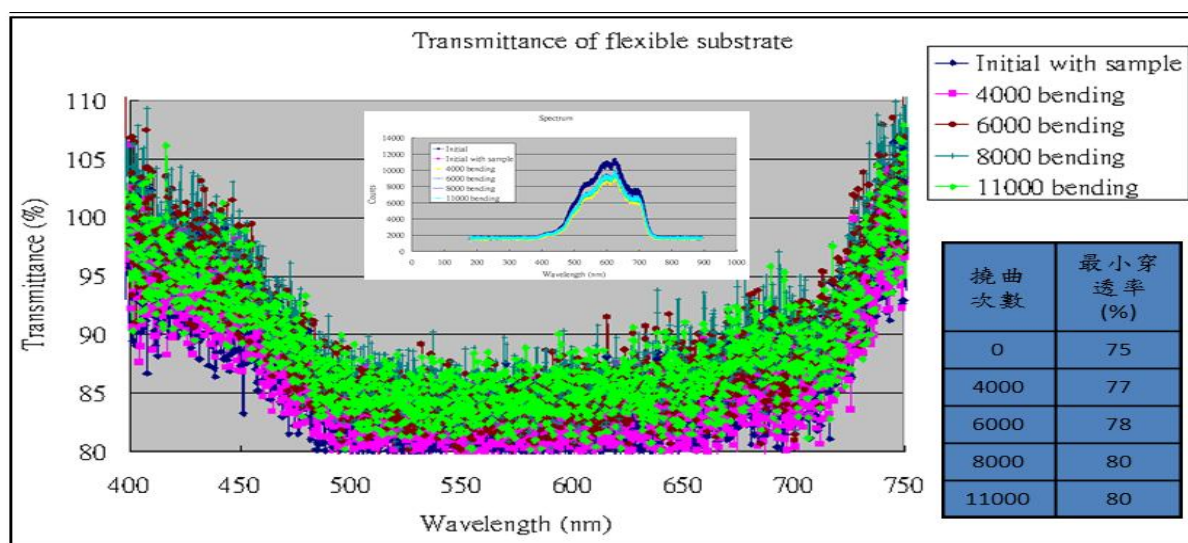


圖- 7：PET/ITO 軟性基板反覆 11,000 次撓曲之穿透率量測結果

其中在撓曲上，為使用張力撓曲，也就是 ITO 面朝外之撓曲，而每次撓曲都控制在 2 cm 之撓曲半徑下。並從實驗結果可知在 11,000 次撓曲前後，其電阻變化約在 1% 左右，所以其撓曲後之電性衰減變化並不明顯，而在 400 nm 到 750 nm 波段之穿透率卻是越來越高。這穿透率越來

越高代表這試片表面上之ITO成分有些裂縫或剝落，這現象似乎電性方面的量測是不明顯，但是穿透率卻是明顯的隨著撓曲次數增加而上升，最終其最小穿透率在11,000次撓曲後比原本的約上升5%。

除此之外，本研究也針對PET/ITO軟性基板做反覆11,000次扭曲之電性與穿透率量測分析，其量測結果如圖8及圖9。

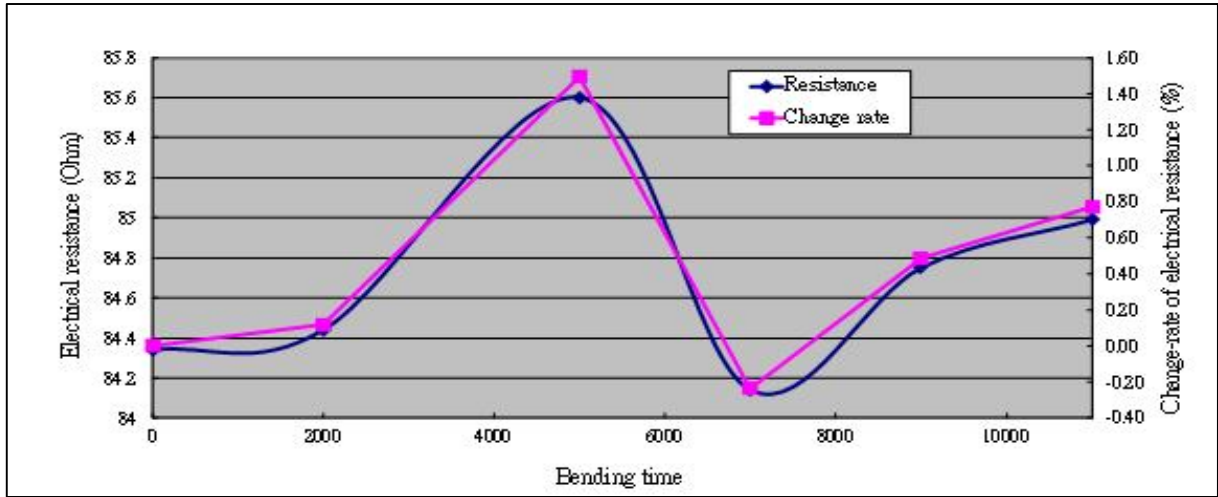


圖- 8：PET/ITO軟性基板反覆11,000次扭曲之電性量測結果

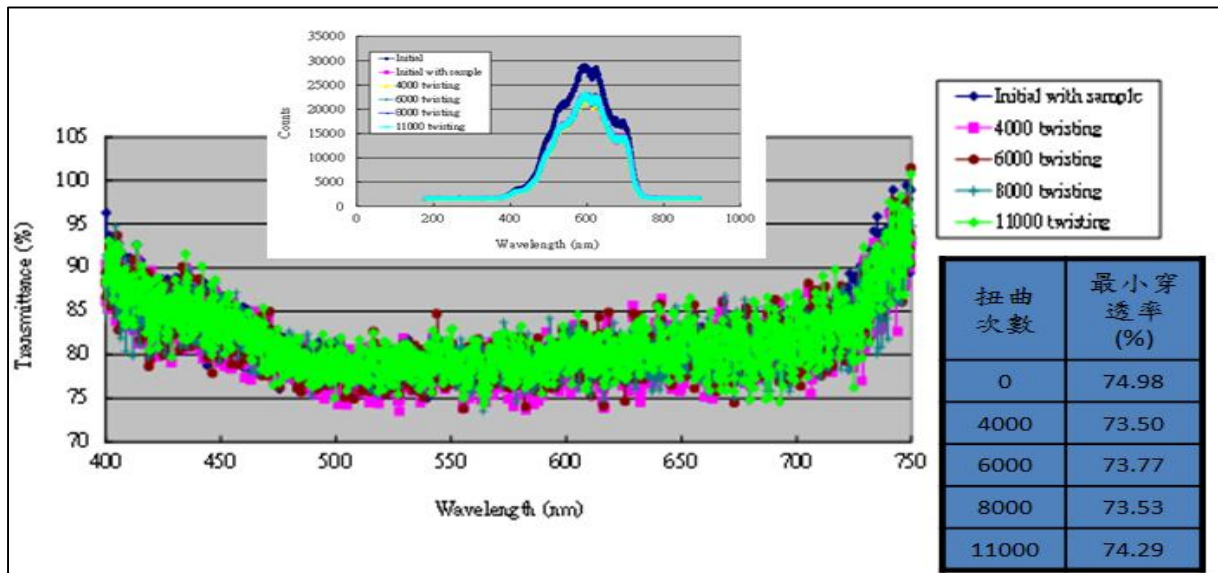


圖- 9：PET/ITO 軟性基板反覆 11,000 次扭曲之穿透率量測結果

其中在扭曲操作上，是採用每次扭曲週期測試條件為扭曲角度從 5° 到 -5° 再回到 0° ，此為一個循環，並且控制扭曲速度在 $5^\circ/s$ 。從實驗

結果可知在 11,000 次扭曲後，其電阻變化上並不明顯，但是變化率是有比撓曲的變化稍微高一些，約為將近 2%。而穿透率的變化卻是不明顯，約為 1% 左右的漂移變動。這現象我們推測是扭曲測試比較會造成軟性基板的塑性變化，所以電性變化比起撓曲還大。但是因為只造成變形，所以並無表面 ITO 有裂縫與剝落狀態，因此穿透率幾乎沒有變化。這些結果也是為製程回饋資料上，很重要的結果。

b) 軟性顯示器之可撓與扭曲測試前後的光學參數衰減特性量測與分析

1) 量測手法

首先為了量測撓曲測試前後之光學與色彩特性，本研究採用軟性膽固醇液晶顯示器來做反覆 11,000 次撓曲前後之光學與色彩量測與分析。其中因為此軟性膽固醇液晶顯示器為反射式顯示器，所以在光學量測上，本研究採用 A 光源之雙 75° 入射光學量測幾何架構。並在撓曲的條件上使用張力撓曲，也就是顯示面朝外之撓曲，而每次撓曲都控制在 2 cm 之撓曲半徑下，其實驗架設如圖 10。

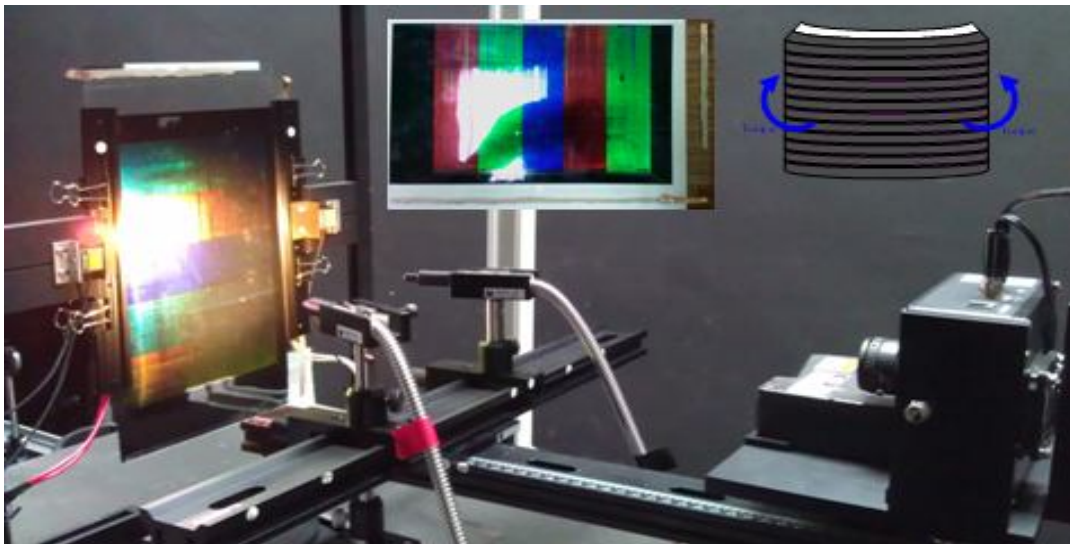


圖- 10：軟性膽固醇液晶顯示器之反覆 11,000 次撓曲前後的光學量測架構(A 光源; 雙光 75° 入射; 張力撓曲; 2 cm 撓曲半徑)

此外，在扭曲測試條件上是採用每次扭曲週期測試條件為扭曲角度從 5° 到 -5° 再回到 0° ，此為一個循環，並且控制扭曲速度在 $5^\circ/\text{s}$ ，其實驗架設如圖 11。

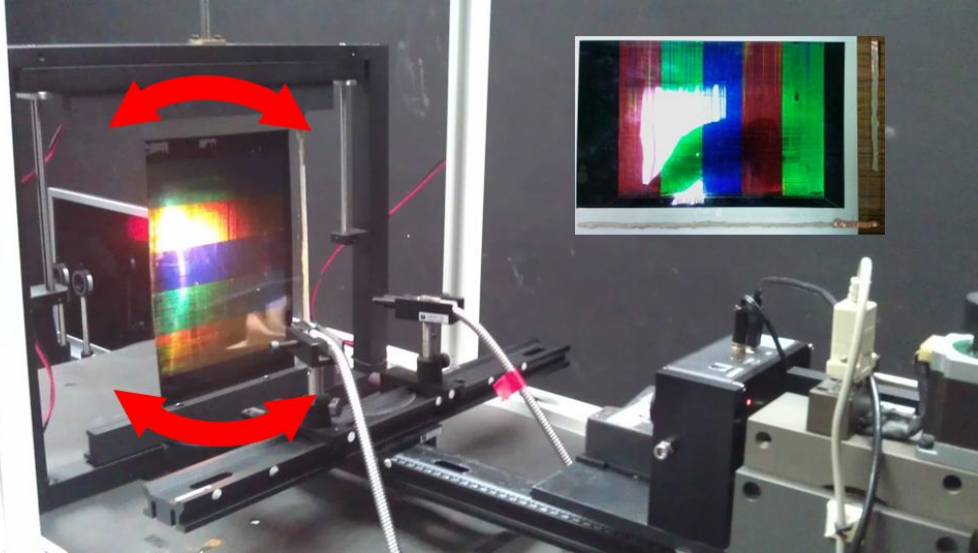


圖- 11：軟性膽固醇液晶顯示器之反覆 11,000 次扭曲前後的光學量測架構(A 光源; 雙光 75° 入射; 扭曲： $5^\circ \rightarrow -5^\circ \rightarrow 0^\circ$; 扭曲速度： $5^\circ/\text{s}$)

2) 量測結果與分析

軟性膽固醇液晶顯示器之反覆 11,000 次撓曲(張力撓曲; 2 cm 撓曲半徑)前後之光學與色彩量測結果如圖 12 與圖 13。

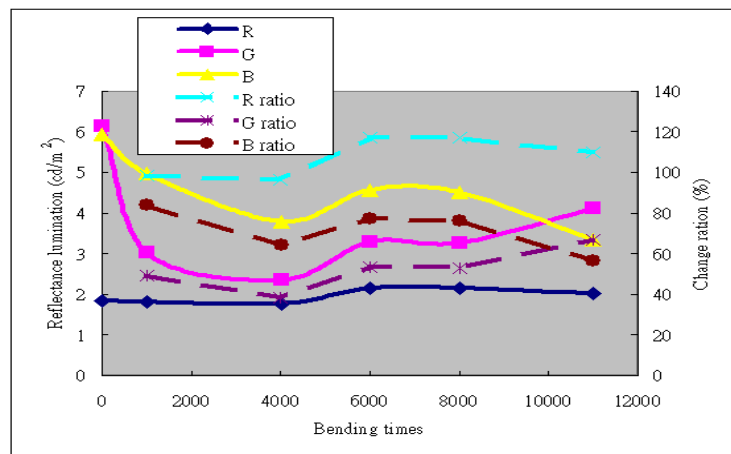
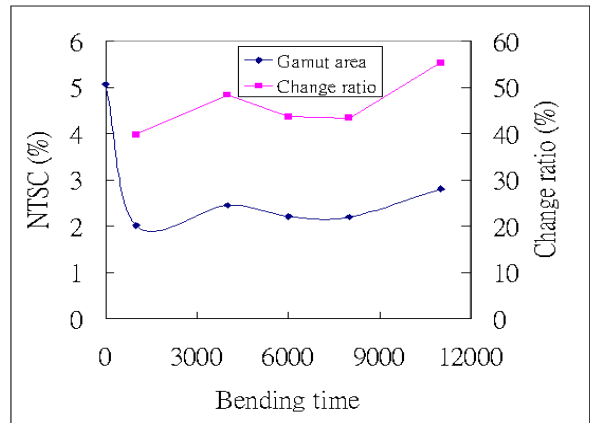
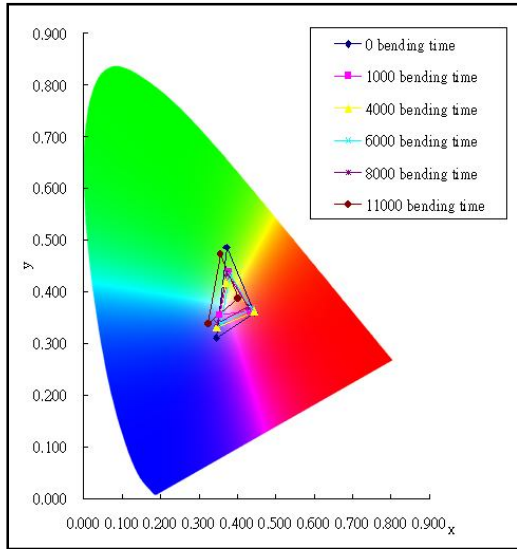


圖- 12：軟性膽固醇液晶顯示器之反覆 11,000 次撓曲前後的光學特性結果



(a)

(b)

圖- 13：軟性膽固醇液晶顯示器之反覆 11,000 次撓曲前後(a)色域結果; (b)色域面積變化

由實驗結果可知在反覆撓曲後，其 G 與 B 色塊都有反射亮度的下降，並且下降約為原來未撓曲前之將近 40%。而在色域的探討上，雖然 R 色塊在 11,000 次撓曲後之反射亮度變化不大。但是整體的色域面積卻是比未撓曲前下降約 50%。這結果也可以回饋給其製程上仍須改善的資訊，尤其是 G 與 B 色塊。

此外，軟性膽固醇液晶顯示器之反覆 11,000 次扭曲(扭曲： $5^{\circ} \rightarrow -5^{\circ} \rightarrow 0^{\circ}$; 扭曲速度： $5^{\circ}/s$)前後之光學與色彩量測結果如圖 14 與圖 15。

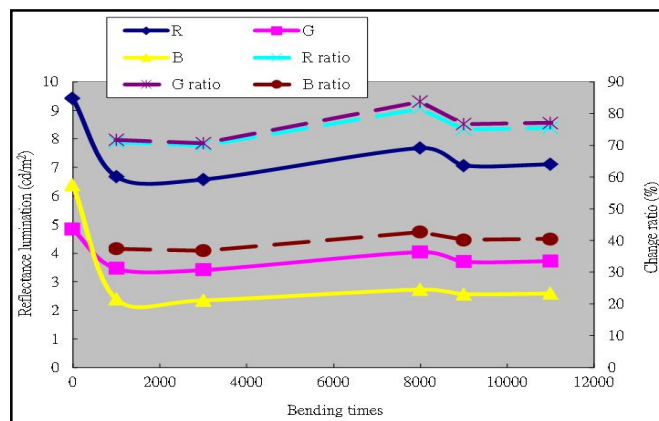
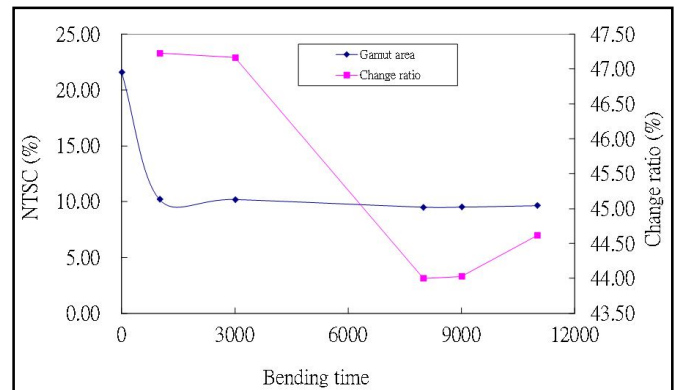
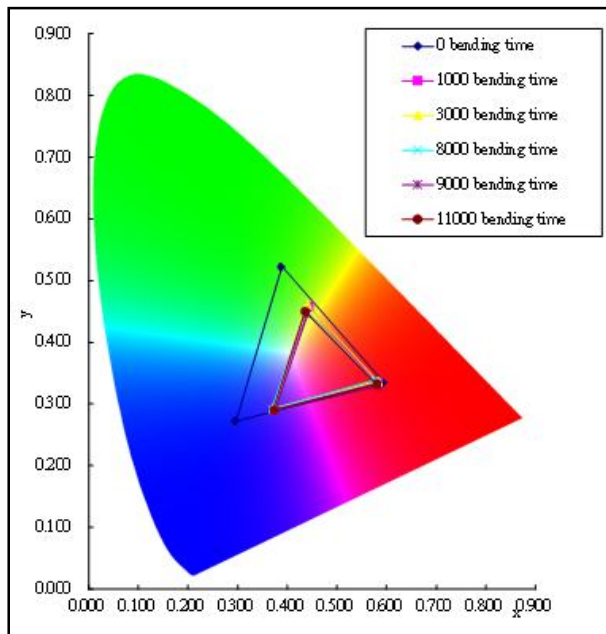


圖- 14：軟性膽固醇液晶顯示器之反覆 11,000 次扭曲前後的光學特性結果



(b)

(a)

圖- 15：軟性膽固醇液晶顯示器之反覆 11,000 次扭曲前後(a)色域結果;(b)色域面積變化

由實驗結果可知在反覆扭曲後，其 R、G 與 B 色塊都有反射亮度的下降，R 與 G 下降約為原來未扭曲前之將近 30%，B 色塊下降最多，約將近 60%。而在色域的探討上，G 與 B 色塊在 11,000 次扭曲後之色彩變化很大，而 R 色塊色彩變化就變化不大。因此，整體的色域面積卻是比未撓曲前下降約 55%。這結果也可以回饋給其製程上仍須改善的資訊，尤其是 G 與 B 色塊。

c) 結論

由實驗結果中可知撓曲相對於扭曲測試，針對於軟性基板的基板上之材料比較有裂縫性破壞，因此撓曲測試後之基板光學穿透率比較高。反觀對於軟性膽固醇液晶顯示器在扭曲測試下顯示色彩變化相較撓曲測試為大，我們推測扭曲測試所造成的測試件的形變對於膽固醇液晶的相變化影響很大，但是針對基板而言只有形變，對於基板之光電特性是不會有很大的變化。當然本研究的測試參數屬於單一個案，未來本技術都可以針對其他測試條件來針對不同材料與軟性顯示器來量測與分析其光電可撓衰減特性。

因此，藉由本計畫所建立起的軟性顯示器可撓特性檢測平台系統，來針對軟性基板與軟性顯示器可撓衰減特性參數作量測與分析，將可以提供軟性電子或軟性顯示器的設計與製造廠商有更好的產品設計分析依據，甚至對於其製程改善有很大的幫助。

在軟性顯示器方面未來更可以藉由 SMEI 國際標準制定平台，提出適當之產業所需的軟性顯示器可撓特性參數量測標準草案，一方面加值本計畫所開發之技術推廣，另一方面也以強化台灣在軟性顯示器產業之國際競爭優勢。

- 後續工作構想及重點：

本研究完成建立軟性顯示器撓曲特性測試平台，可針對導電可撓式軟性基板或是軟性顯示器經由反覆撓曲或扭曲測試後，其光學穿透率與電性衰減作量測與分析。除了撓曲以外，扭曲也可以視為二維的撓曲。因此，本研究也完成開發出軟性扭曲測試平台，以針對扭曲來做一個明確扭曲量化定義，並在反覆扭曲後去探討其光學穿透率與電性衰減特性。當然本研究的測試參數屬於單一個案，後續本技術都可以針對其他測試條件來針對不同材料與軟性顯示器來量測與分析光電可撓衰減特性。除此之外，軟性顯示器的機械特性將是影響軟性顯示器其可撓柔性特性，因此後續可針對軟性顯示器在可撓測試或是撞擊與摔落下的機械應力破壞與形變量測與分析來研究。

另外軟性顯示器在曲面下之顯示應用也蠻多的(如 Samsung 與 LG 將於今年上市曲面顯示手機)，而且曲面量測會有光學量測幾何與對焦問題是異於平面顯示器之光學量測方法，所以後續也可以針對曲面顯示器的光學特性量測與分析來研究。統整這些軟性顯示器量測特性資訊將可以提供軟性電子或軟性顯示器的設計與製造廠商有更好的產品設計分析依據，甚至對於其製程改善有很大的幫助

- 衍生收益：

針對工研院院內的衍生技術，本技術也協助工研院顯示器中心所開發之 OLED TEG 的反覆撓曲後之光學與色彩特性檢測，以供能開發出具有更好之軟性顯示器的反覆撓曲特性。另外，也協助提供反覆撓曲技術給國立清華大學工科所王本誠老師團隊，以便開發出更好之可撓顯示器的透明 polymer 基板與軟性電極之製作。除此之外，也提供 AUO 之撓曲機台技術服務的軟性顯示器撓曲檢測平台夾具維修與撓曲半徑校正服務。

軟性顯示器撓曲檢測平台技術於 3 月份推廣授權於佳暉科技公司，授權製作撓曲機台一台，授權金約 31.5 萬(含稅)。此外，五鈴光學亦詢問撓曲測試平台相關事宜，希望未來能正式代理或技術合作，來共同推廣軟性電子產業之廠商使用。雖然目前還沒有正式的委託，但是軟性顯示器撓曲檢測平台技術目前是獨步全球，也領先業界約 2 年左右。

在撓曲測試上，日本住友化學公司也透過台灣的分公司住華科技公司，來詢問軟性基板撓曲測試與撓曲機台詢價，雖然尚未正式委託，但是這也代表一些軟性材料商對於我們的撓曲機台技術是有重視，並且從面板廠商擴及至材料廠商。也因為這幾年之不景氣，使得軟性電子產業的發展停滯不前。須等待整個世界景氣有較回春與軟性顯示器有較大的突破，本量測技術也就能有較多的技術衍生的機會，已顯現本技術之價值。

此外，本研究也協助捷普設計有限公司、台灣光興電子股份有限公司、商之器科技股份有限公司與艾笛森光電股份有限公司來提供產品之光學特性量測技術服務，共 55.75 萬元收入，以展現出本計畫之光學量測技術衍生服務效益。

2. 量化成果說明

(1) 論文 3 篇

a. 國際研討會 1 篇，投稿於 2013 ICFPE 國際研討會

題目：以自動化撓曲測試系統量測軟性膽固醇液晶顯示器品質
(Display-Quality Measurement of Flexible Ch-LCD by
Using an Automatic Bending Test Measurement System)

內容：

本研究在提供一自動化量測系統以量測軟性顯示器在一特定撓曲半徑下撓曲過後的品質。本研究所使用的樣品為膽固醇液晶。經過撓曲過後的性質對於研發軟性電紙產品具有重要參考依據，機台對於研發更舒適和便利產品有其重要性。

b. 國外期刊 1 篇，投稿於 Control Engineering Practice

題目：最佳化快速反應滑動模式控制之軟性基板量測
(Optimal Fast-response Sliding-mode Control for Flexible-substrate Measurement)

內容：

本研究是利用最佳化快速反應滑動模式控制方法來控制軟性基板之撓曲半徑，其中最大驅動電壓是被利用於線性二次估測器之滑動模式控制，快速反應調節器是利用一個最佳化閾值與到達法則參數所設計的。透過這個方法，本研究成功完成反覆控制 11,000 次撓曲半徑之不同線寬的 PET/ITO 的軟性基板，並即時量測其線電阻特性。

c. 國內期刊 1 篇，投稿於量測資訊期刊

題目：以色卡評估彩色電子紙的色彩特性

內容：

本研究係引用色卡做為量測標準，分析電子紙的顯色能力與色域面積。電子紙的反射率量測，主要採用 d/8 幾何架構，

以改變入射照度了解照度對色域面積影響，並以紅、綠、藍、黃、青以及紅紫色等六色作為電子紙顯色評估，以及灰階顏色做為電子紙白度的評估。研究顯示，入射光的照度會影響電子紙的色彩，灰階色卡可做為呈現電子紙的白度的感觀結果，而以六色色卡評估電子紙之色域面積，可以了解目前電子紙色彩上的顯色能力。

(2) 研究報告 3 篇

a. 題目：顯示器測試評估報告

內容：

本報告主要敘述平面顯示器量測系統評估，待測項目依照分析結果訂定目前系統可提供之測試服務項目為亮度、相關色溫、色度、光譜特性、色域、均勻性、可視角、階調特性和光串擾。

b. 題目：2013 ICFPE 國際軟性印刷電子技術研討會之出國訓練報告

內容：

本報告主要是針對到韓國濟州參加國際軟性印刷電子技術研討會心得作說明。在研討會上，發表二篇研究論文："以液晶調控光源量測軟性顯示器上二維應力殘留"以及"以自動撓曲測試機台量測膽固醇軟性液晶顯示品質"，並收集軟性顯示器技術發展資訊和相關的量測技術。

c. 題目：軟性基板可撓測試衰減特性參數量測技術報告

內容：

近年來，顯示器已從傳統的陰極射線管（CRT）進入平面顯示器（FPD）的世代，利用主動矩陣式（Active Matrix）薄膜電晶體（Thin Film Transistor；TFT）之液晶顯示器（Liquid

Crystal) 便應運而生。然而硬梆梆的顯示器已經無法滿足人們舒適方便生活的需求；反觀軟性顯示器有著輕、薄、可撓曲、耐衝擊具安全性，且不受場合、空間限制的特性，儼然成為下一世代最佳之平面顯示器，因此軟性顯示器之光學、電性與機械特性量測成為一個重要的課題。本研究提出一可任意將軟性元件撓曲或扭曲之軟性顯示器可撓特性檢測平台系統，並利用此系統來檢測與分析軟性 PET/ITO 基板的撓曲或是扭曲測試之光學、電性與機械的衰減特性。根據這些軟性電子之可撓特性檢測分析，可以讓軟性電子的設計與製造商設計出實用的軟性電子產品，以致人類能獲得更舒適的生活型態。

(3) 獲證專利 9 件

a. 專利名稱：影像處理控制系統

內容：

本發明係一種影像處理控制系統，除了可以根據人因對照表調整影像之輸出模式外，更可以根據外在環境光源的系統的光源輸出特徵調整輸出影像之各個影像特徵的權重，使得顯示單元能在不同環境光條件下，讓使用者能得到最舒適之觀賞條件及提供給使用者最佳影像品質。在另一實施例中，本發明之影像處理系統更可以透過輸出之影像特徵，回授控制外在環境的光源系統，透過雙重控制調整的方式，使得輸出的影像可以達到符合情境以及輸出品質的效果。

b. 專利名稱：反射式膜厚度量測方法

內容：

一種反射式膜厚度量測方法及光譜影像處理方法，膜厚度量測方法先讀取以寬頻光源經過量測系統而量測薄膜的光譜影像、將此光譜影像轉換為寬頻反射率波長函數後再轉換為寬頻頻域函數，再將此寬頻頻域函數除以單波長頻域函數，以取得一理

想頻域函數後，再將之反轉換為理想反射率波長函數，之後再將理想反射率波長函數與反射率波長厚度通式進行曲線擬合，即得到薄膜之厚度；光譜影像空間軸方向處理方法則以反迴旋積方式將光學像差消除，以得到高空間解析度之光譜影像。

c. 專利名稱：可檢測撓曲力量與電性的夾具

內容：

一種可檢測撓曲力量與電性之夾具，包含：一基座；一夾持頭，係固定於該基座，該夾持頭由一夾持片以及與該夾持片結合之一固定片所組成；以及一力量感測單元，係固定於該基座且接觸該夾持頭；其中，該夾持頭之上係設有兩個電極，且當該夾持頭夾持住基板後，該等電極會與基板相接觸。

d. 專利名稱：標準階調特性光源提供裝置及方法

內容：

一種標準階調特性光源提供裝置及方法，此裝置包括光源單元、光導單元、感測單元及控制單元。其中，光源單元係提供一光源。光導單元係用以調製及均勻化光源。感測單元係用以偵測所述光源的階調特性。控制單元分別耦接至光源單元及感測單元，而可根據感測單元所偵測到的階調特性，控制光源單元調整其所提供之光源的階調特性使其符合標準階調特性。據此，可提供標準階調特性之光源，使得業界在實際運用時有標準的追溯方式。

e. 專利名稱：動態模糊標準產生器及其產生方法

內容：

一種動態模糊標準產生器及其產生方法，此產生器包括動態模糊標準片以及傳動單元。動態模糊標準片的表面印有至少一測試圖樣。傳動單元移動該動態模糊標準片，以提供動態模

糊標準給待校正的動態模糊量測設備進行動態模糊量測。

f. 專利名稱：液晶預傾角量測系統與方法

內容：

本發明提供一種液晶預傾角的量測系統與方法，其係投射線性偏振光束至一待測樣品上，並藉由偏振光接收模組分離通過待測樣品後的穿透光形成具有垂直及水平偏振態（State of Polarization）之光束，然後再計算歸一化穿透光譜強度。藉由量測不同入射角的偏振光束所具有的歸一化穿透光譜強度，再透過數學運算以液晶物理模型擬合進而求解液晶預傾角。

g. 專利名稱：光學特性量測裝置

內容：

一種光學特性量測裝置，其包含一積分球以及複數擺臂，該積分球具有一取樣孔，該取樣孔係朝向一待測物；該複數擺臂係用以設置量測儀器及光源，該各個擺臂之其中一端均樞設於一轉軸，使該複數擺臂可以該轉軸為中心轉動而相互靠合或分離，且該轉軸之軸心延長線與該積分球之取樣孔中心點位置一致。

h. 專利名稱：可調式標準低亮度裝置

內容：

本發明提供一種可調式標準低亮度裝置，其係透過低照度光偵測器偵測照度，再利用標準白板將該照度轉換為亮度，並由一亮度輸出調整單元控制其亮度輸出。

i. 專利名稱：二維亮度色度計的校正裝置

內容：

一種二維亮度色度計校正裝置，包括一光源單元、一光導

單元、一感測單元、一控制單元以及一校正單元。光源單元產生一標準穩定光源。光導單元接收且調制該標準光源以輸出一均勻化光源。感測單元偵測該光源單元的光源資訊，其包括一光源特性與一溫度特性。控制單元由感測單元獲取光源資訊，再回饋控制光源單元的標準光源。校正單元用以校正一待校儀器的色彩與亮度特性。

(4) 舉辦 1 場技術論壇

10/15 於經濟部標準檢驗局第 2 會議室舉辦「軟性顯示產業標準論壇」，由標檢局陳介山局長親自主持，論壇主題為「發展軟性顯示標準，再造新興顯示產業高峰」。

論壇邀請旭東機械工業股份有限公司魏泰山副總經理、致茂電子股份有限公司王鴻基副處長、宏瀨科技股份有限公司詹方興處長、國立交通大學電子所鄭晃忠教授、國立中正大學光機電整合所王欽戊教授、及工業技術研究院量測技術發展中心林增耀副主任等六位貴賓，分別對「軟電設備標準」、「軟性顯示產業標準之訊號標準與自動化」、「AOI 應用於軟性顯示器之標準與技術分析」、「軟性顯示之主動矩陣元件技術」、「軟性 OLED 製程技術、市場與未來」、「主導軟性顯示標準躍昇市場領先地位」等六個議題進行討論。

隨著智慧型手機普及率不斷提高，以及應用程式帶動智慧型手機應用功能多樣化等影響下，廠商不僅面臨產品價格的競爭，更必須從功能與型態尋求產品的差異化以期在市場上脫穎而出。因此，逐漸邁入以應用為導向的「後智慧型手機時代」之際，智慧型手機也開始因應不同生活與應用需求出現不一樣的產品樣貌，例如 OLED 與軟性顯示相關技術等新興顯示器。目前，OLED 與軟性顯示技術正朝可撓曲化、大型化與連續捲

軸式(Roll to Roll)製程等方向發展，具輕、薄、可撓收納等優質特性，能開拓 LCD 未達的應用領域。預估 2020 年 OLED 與軟性顯示器等新興顯示產業可創造接近 3 百億美金的產值。因此，市場上都預估 OLED 與軟性顯示等新興顯示器已經成為繼觸控面板之後最耀眼的一顆明星。

新興顯示技術不斷突破及創新，使軟性顯示的時代可望提早來臨，讓我們所生活的世界邁向省能、安全、與永續環境方向前進。未來更可能有各式各樣的軟性顯示技術應用使人類生活更進步舒適。台灣新興顯示產業蓬勃發展，研發技術進步，對於這些推陳出新的應用與產品，無論是已上市或是仍在實驗室開發階段，許多困難與挑戰仍羈絆著軟性顯示等新興產品的開發速度與效能程度，甚至影響消費者對於產品的接受度。

因此，站在人類新興顯示革新發展歷程以及台灣重點產業競爭力的角度，經濟部標準檢驗局均應該擔任協助產業快速發展進步的推動力。後續應持續投入資源發展新興顯示器相關產業標準及技術，建立產業所需之產業標準追溯體系，以確保我國各項技術之研發與規格為國際所認同與信賴，為我國產業及經濟發展奠基。



(二) 可撓導電基板之曲面下片電阻量測技術研究

1. 非量化執行成果說明

• 執行主要成果與績效：

完成探針式可撓導電基板之曲面下片電阻量測技術建立(片電阻量測範圍： $5 \sim 200 \Omega/\square$)與二維非接觸式可撓導電基板之片電阻量測技術建立(片電阻量測範圍： $5 \sim 200 \Omega/\square$)。

A. 研發成果：探針式可撓導電基板之曲面下片電阻量測技術建立

a) 探針式可撓導電基板之曲面下片電阻量測架構

共線式四點探針式(Four-Point Probe)可撓導電基板之曲面下片電阻量測架構示意圖以及實體照片如圖 16 所示。為了提升片電阻量測的準確度與重複性，我們採用四點探針之雙重配置量測技術，以降低單一配置量測技術的幾何結構誤差，此共線式四點探針電壓電流雙重配置圖如圖 17 所示。在雙重配置量測技術中，需要量測一對電阻 R_a 及 R_b ，電阻 R_a 的量測如圖 17 所示，通電流 I 於外側兩探針而量取內部兩探針間之電壓值 V_a 以得到 R_a ，電阻 R_b 的量測則為通電流 I 於第 1 及第 3 根探針而量取第 2 及第 4 根探針間的電壓值 V_b 以得到 R_b ， R_a 及 R_b 量測完成後便可計算求得片電阻。

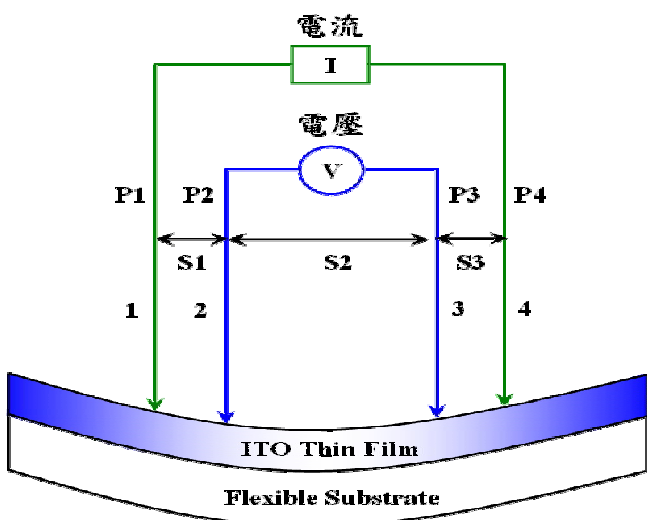


圖-16：可撓導電基板之曲面下四點探針片電阻量測架構示意圖與實體

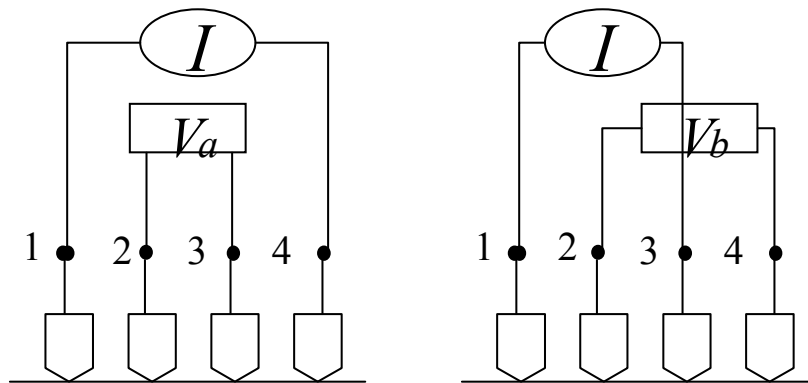


圖- 17：共線式四點探針電壓電流雙重配置圖

b) 可撓導電基板在經過不同撓曲次數後的片電阻量測與分析

我們以四點探針式片電阻量測架構，針對 PET/ITO 軟性基板未經撓曲以及在經過不同撓曲次數後(撓曲次數分別為 10,000 次及 20,000 次)進行其片電阻量測。本實驗所採用的量測樣品結構為：PET (125 μm)/ITO (50 nm)，其相關量測數據彙整如下：

(單位： Ω/\square)

撓曲次數	量測位置	上	下	左	右	中	平均值
0	量測結果	77.19	76.90	77.05	80.61	80.20	78.10 ± 1.8
10,000	量測結果	78.48	78.40	78.21	78.17	77.89	78.23 ± 0.2
20,000	量測結果	77.30	77.80	78.11	77.48	77.46	77.63 ± 0.3

從量測結果分析，PET/ITO 軟性基板儘管經過 20,000 次的撓曲後，其表面的 ITO 結構改變非常有限。因此，片電阻值的變化趨勢並不明顯，與未經撓曲實驗之樣品片電阻值比較，差異性並不大，這也代表該產品具有極佳的可靠性。同時，我們認為此片電阻量測技術有助於廠商快速瞭解軟性基板是否因多次撓曲後，而導致產品出現老化現象。

c) 不同組成結構之軟性導電基板產品的片電阻量測與分析

本實驗所採用之軟性導電基板產品共有四種組成結構，分別為：

(1) Clear Hard-coat/PET/Clear Hard-coat/ITO

(產品編號：0150-V02；產品簡稱：Clear/Clear)

(2) AG Hard-coat/PET/AG Hard-coat/ITO

(產品編號：0250-P01；產品簡稱：Double AG)

(3) Clear Hard-coat/PET/AG Hard-coat/ITO




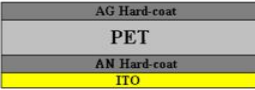
(產品編號：0250-P04；產品簡稱：Clear/AG)

(4) AG Hard-coat/PET/AN Hard-coat/ITO

(產品編號：0450-P02；產品簡稱：AG+AN)

各產品的主要規格與相關資訊如表 2 所示：

表- 2：四種不同組成結構之軟性導電基板產品規格與相關資訊

Product function	Product structure	Sheet resistance (Ohm/sq)	Uniformity (%)
Clear / Clear		150±65	≤ 10
Double AG		180~340	≤ 15
Clear / AG		180~340	≤ 15
AG+AN		450±80	≤ 10

以四點探針式片電阻量測架構針對不同組成結構之軟性導電基板產品的片電阻量測，其相關量測結果如下：

Product function	Clear / Clear	Double AG	Clear / AG	AG+AN
量測位置 (上)	219.06	338.93	352.25	530.66
量測位置 (下)	219.08	348.96	355.34	528.11
量測位置 (左)	217.52	343.82	354.83	533.67
量測位置 (右)	218.69	342.81	354.90	537.76
量測位置 (中)	217.74	341.84	354.60	533.59
平均值	218.42	343.27	354.38	532.76
原廠阻值規格 (Max.)	215	340	340	530

以上的量測結果皆相當接近各產品的片電阻值規格。由此可知，四點探針式片電阻量測架構可準確地量測不同組成結構之軟性導電基板產品的片電阻值。

d) 可撓導電基板之曲面下片電阻量測與分析

本計畫成功地以四點探針式片電阻量測架構進行可撓導電基板之曲面下片電阻量測，撓曲半徑約為 3.5 cm，採用的樣品為經過 10,000 次及 20,000 次撓曲之後的 PET/ITO 軟性基板，其量測結果如下：

- 經 10,000 次撓曲後的樣品在曲面下之片電阻量測值為：77.635 Ω/\square 。
- 經 20,000 次撓曲後的樣品在曲面下之片電阻量測值為：79.077 Ω/\square 。

從以上結果得知，曲面下之片電阻量測值皆與其在平面下之片電阻量測值相近。實際以四點探針式片電阻量測架構進行曲面下片電阻量測的照片如圖 18 所示。

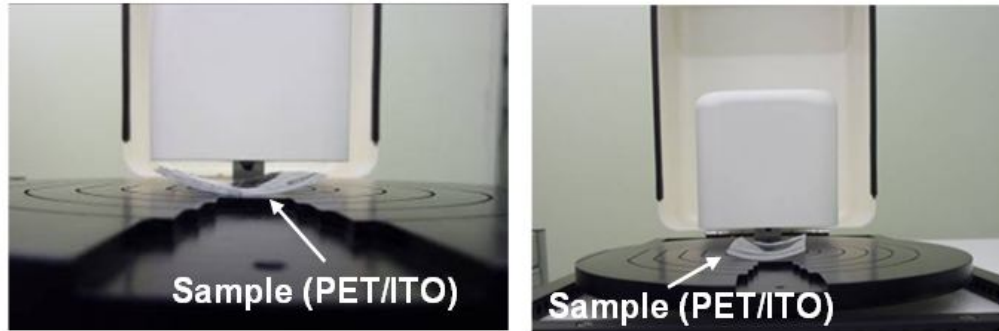


圖- 18：以四點探針式片電阻量測架構進行曲面下片電阻量測

綜整以上的量測結果，本研究認為我們所建立之四點探針式可撓導電基板之曲面下片電阻量測技術除了有助於廠商進行可撓導電基板之曲面下片電阻量測之外，亦可讓廠商快速瞭解可撓導電基板是否因多次撓曲後，而導致產品出現老化的現象。

B. 研發成果：二維非接觸式可撓導電基板之片電阻量測技術建立

a) 二維非接觸式可撓導電基板之片電阻量測架構

我們採用非接觸、非破壞式的兆赫(THz)時域頻譜分析法(TDS)進行可撓式導電基板之片電阻量測與分析研究。圖 19 與圖 20 所示分別為以光導天線偵測的穿透式 TDS 量測架構示意圖，以及二維非接觸式可撓導電基板之片電阻量測架構實體。其中，THz 輻射(間隙為 5 μm)是由雷射激發具有施加偏壓型之光導天線所產生的。激發和取樣的雷射源均為鎖模鈦藍寶石雷射(Mode-Locked Ti : Sapphire Laser)，雷射的規格如下：脈衝寬度約為 100 fs、中心波長及平均功率分別約為 840 nm 及 50 mW。

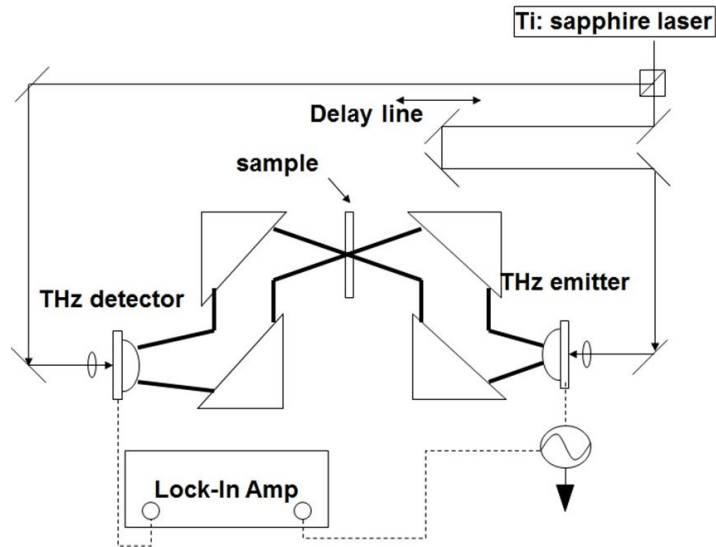


圖- 19：二維非接觸式兆赫時域頻譜可撓導電基板之片電阻量測架構示意圖

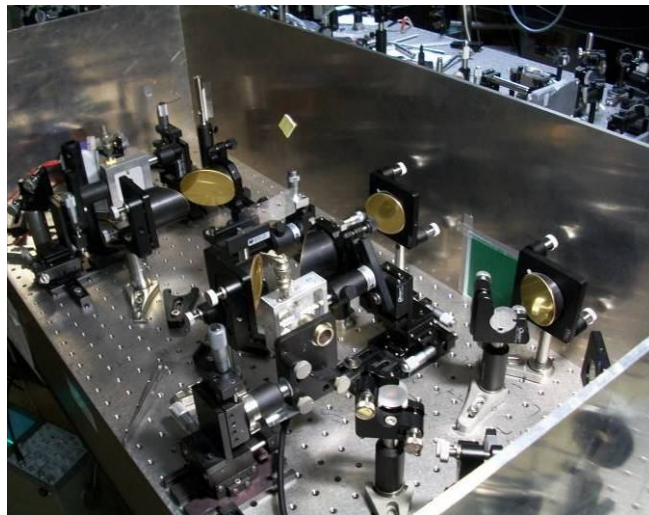


圖- 20：二維非接觸式兆赫時域頻譜可撓導電基板之片電阻量測架構實體

THz 脈衝是由製作在低溫沉積之砷化鎵(LT-GaAs)基板上的偶極天線激發而產生的，鍍金的離軸拋物面(Off-axis Parabolic Mirror)將 THz 輻射引導及聚焦到樣品上，另一對鍍金的離軸拋物面鏡也將 THz 輻射聚焦在類似的光電導天線偵測器上，這樣等效於有一 THz 頻率的電壓訊號施加在偵測器上，施加於偵測器上的電壓經由取樣(檢測)雷射的觸發，使得偵測器產生光電流，流過偵測器上的電流訊號與 THz 輻射的電場成正比，透過機械移動可形成激發雷射與檢測雷射間的光延

遲，透過鎖相放大器顯示出 THz 的輻射波形，如此所得到的 THz 輻射波形經過傅立葉轉換(FFT)後，再透過公式運算即可得出各種薄膜的光電參數。

另外，為了得到較高的系統訊噪比，我們也針對此非接觸式 THz 可撓導電基板之片電阻量測架構作改良，包含：

(1)將 THz 量測架構內的高反射率鍍膜鏡(高色散)替換成低色散但反射率稍低的銀鏡，如此可使 THz 頻寬變寬。因此，數據擷取範圍亦變寬，這代表有較寬的頻率範圍可作平均。由於高頻的訊號較佳，因此在 THz 聚焦處用個 Aperture 將訊號限縮到直徑 < 3 mm，如此可擷取到較漂亮的量測波形。

(2)將波形擷取範圍限縮到只有一個主要的波形週期，可使其他如水分吸收等因素所造成的波形干擾減少。

(3)將擷取波形次數增加到 10 次，如此在數據平均後可降低雜訊成份。

b) 待測樣品前置準備程序與 THz 量測架構之片電阻計算公式

所有待測的可撓導電基板樣品我們皆須將樣品的一半區域利用 (HCl : H₂O = 1 : 1) 的溶液進行化學藥劑蝕刻，藉此將 ITO 薄膜完全蝕刻並讓 PET 基板顯露出來，圖 21 所示即為 PET/ITO 樣品的表面示意圖。

接著，我們再以非接觸式 THz 量測架構針對 PET 基板部份進行量測，此量測結果將作為片電阻計算公式中樣品基板之參考波形使用，這也是讓 PET 基板顯露出來的目的。

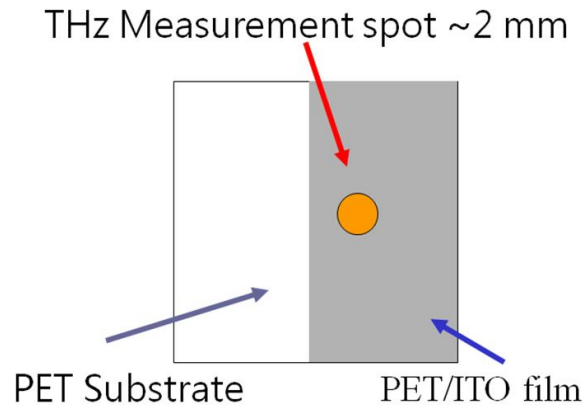


圖- 21：待測 PET/ITO 樣品表面示意圖

我們利用穿透率及電導率兩個參數的簡單公式，直接推導出直流電導率。其中，穿透率 $T(\omega)$ 的和電導率 $\sigma(\omega)$ 的運算公式如公式(1)與公式(2)所示：

$$T'(\omega) = \frac{E_{film+subst}}{E_{subst}} = \frac{1+n}{1+n+Z_0\sigma(\omega)d} \quad \text{公式(1)}$$

$$\sigma(\omega) = \frac{(1+n)(1-T'(\omega))}{T'(\omega)Z_0d} \quad \text{公式(2)}$$

其中 Z_0 為自由空間的阻抗 376.73Ω ， n 是基板的折射率，因為基板的折射率在 THz 頻段內可約略視為常數，因此在該頻帶內的穿透係數幾乎與頻率無關，此時公式(2)不需要再推導薄膜折射率，即可得到基板的直流電導率，而電阻率則是電導率的倒數。片電阻 ρ_s 一般表示為 ρ/t ，其中 ρ 和 t 分別是電阻率和薄膜的厚度。

c) 可撓導電基板在經過不同撓曲次數後的片電阻量測與分析

我們以軟性顯示器撓曲機台進行 PET/ITO 可撓導電基板的撓曲實驗，將可撓導電基板在完成撓曲 10,000 次以及 20,000 次後再以非接觸式 THz 架構進行片電阻量測，並分析其撓曲前後的片電阻值變化趨勢。

首先，以 THz 輻射分別穿透 PET 以及 PET/ITO 樣品之 THz 時域波形，如圖 22 的右上框所示。除了 PET/ITO 量測樣品之外，我們也分別將 PET/ITO 樣品連續撓曲 10,000 次及 20,000 次，量測其撓曲前及撓曲後的片電阻，三種 PET/ITO 樣品與 PET 基板參考樣品的量測結果經傅立葉轉換後的頻譜如圖 22 所示。從頻譜曲線顯示頻率高於 1.75 THz 的振幅急速下降，因此我們只分析 1.75 THz 以下的頻譜資料。

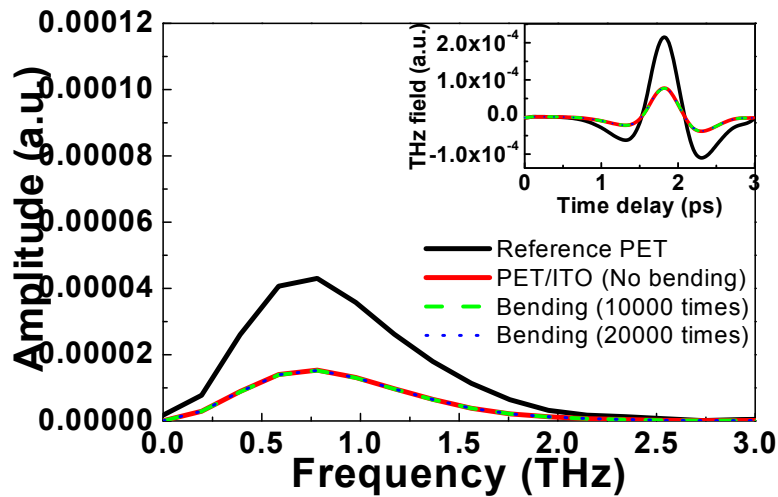


圖- 22：THz 輻射穿透樣品後的時域波形(右上)及其傅立葉轉換頻譜

由 THz 穿透率頻譜曲線所導出的電導率和電阻率的頻譜顯示如圖 23 所示。其中，電導率的縱向座標軸在左邊，電阻率的縱向座標在右邊，此三個樣品的電導率或電阻率均十分接近，因此在頻譜上幾乎重疊，電導率與電阻率在整個頻譜上的平均值均約為 $2540 (\Omega\text{-cm})^{-1}$ 與 $3.8 \times 10^{-4} (\Omega\text{-cm})$ 。

經公式運算之後，PET/ITO 樣品未撓曲以及撓曲 10000 次及 20000 次所推導出的片電阻值分別為 76.37、75.68、以及 75.89 Ω/\square ，如圖 24 所示。此量測結果與四點探針式片電阻量測結果相近，以四點探針式量測架構針對樣品未經撓曲以及撓曲 10000 次及 20000 次的片電阻值量測結果分別為 78.1 Ω 、78.23 Ω 、以及 77.63 Ω ，這也證實以 THz 時域頻譜分析量測法進行二維非接觸式可撓導電基板之片電阻量測是可準確量測的。

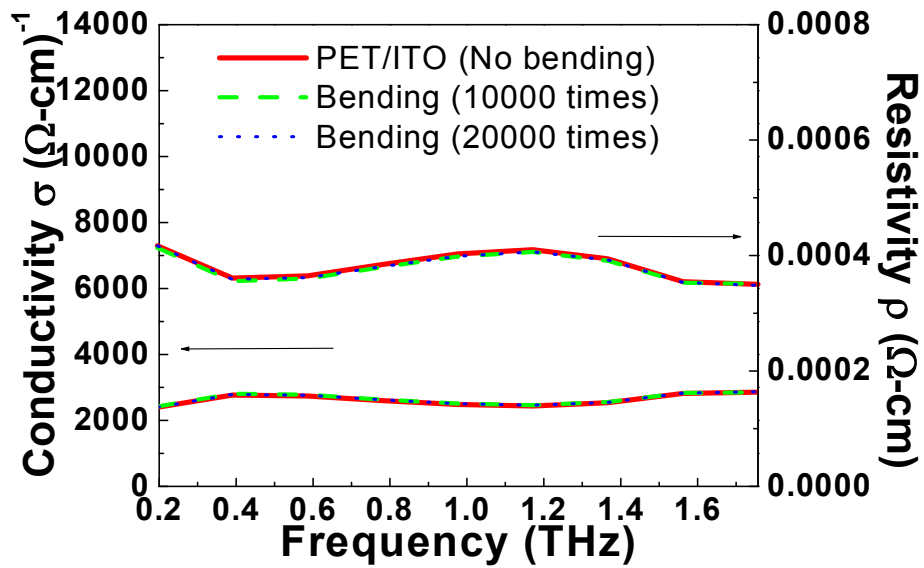


圖- 23：樣品導出的電導率及電阻率 1

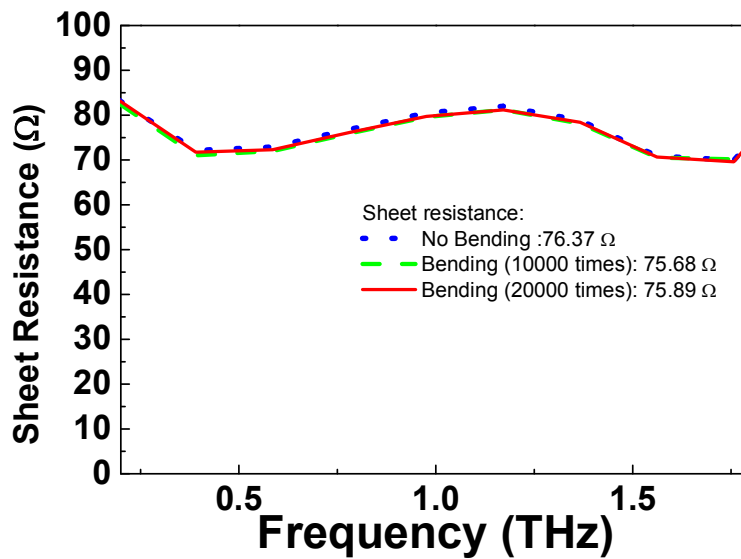


圖- 24：樣品導出的電導率及電阻率 2

d) 不同組成結構之軟性導電基板產品的片電阻量測與分析

本實驗所採用之軟性導電基板產品共有四種組成結構：分別為：

(1) Clear Hard-coat/PET/Clear Hard-coat/ITO

(產品編號：0150-V02；產品簡稱：Clear/Clear)

(2) AG Hard-coat/PET/AG Hard-coat/ITO

(產品編號：0250-P01；產品簡稱：Double AG)

(3) Clear Hard-coat/PET/AG Hard-coat/ITO

(產品編號：0250-P04；產品簡稱：Clear/AG)

(4) AG Hard-coat/PET/AN Hard-coat/ITO

(產品編號：0450-P02；產品簡稱：AG+AN)

我們在非接觸式 THz 量測架構之 THz 聚焦處置放一個光圈，開孔直徑約 2 mm，將待測樣品放在光圈後方作穿透式量測。各樣品以 THz 波穿透所量測到之 FFT 頻譜如圖 25 所示，從圖中可以明顯看出差異，由於各個產樣品的片電阻不同，因此以 THz 波穿透各種不同 PET/ITO 結構之振幅(Amplitude)大小亦有明顯的不同。

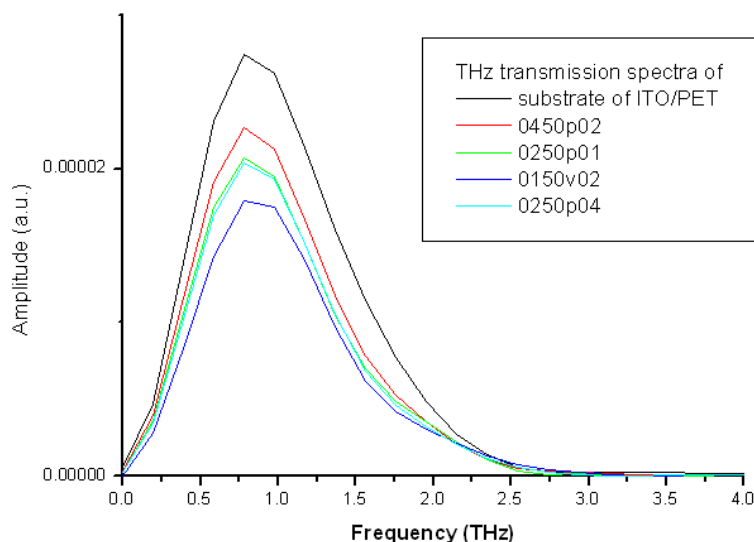


圖- 25：THz 波穿透 PET 與各種不同 PET/ITO 結構之 FFT 頻譜圖

圖 26 是經過計算後得到的片電阻頻譜圖，針對此頻段所得到之片電阻平均值則綜整於表 3，並與四點探針式片電阻量測結果作比較。從表 3 可以發現，部份非接觸式 THz 片電阻量測結果與四點探針式片電阻量測結果有些微的偏移，但可歸咎於量測訊號的頻譜一為 DC，另一個為 THz，由於頻率的不同而導致推導出的片阻值有所偏差，但仍在

合理的誤差範圍內。另一種可能則為樣品本身的薄膜均勻性不一致所導致。因此，我們認為非接觸式 THz 量測架構仍可準確地量測不同組成結構之軟性基板產品的片電阻值。

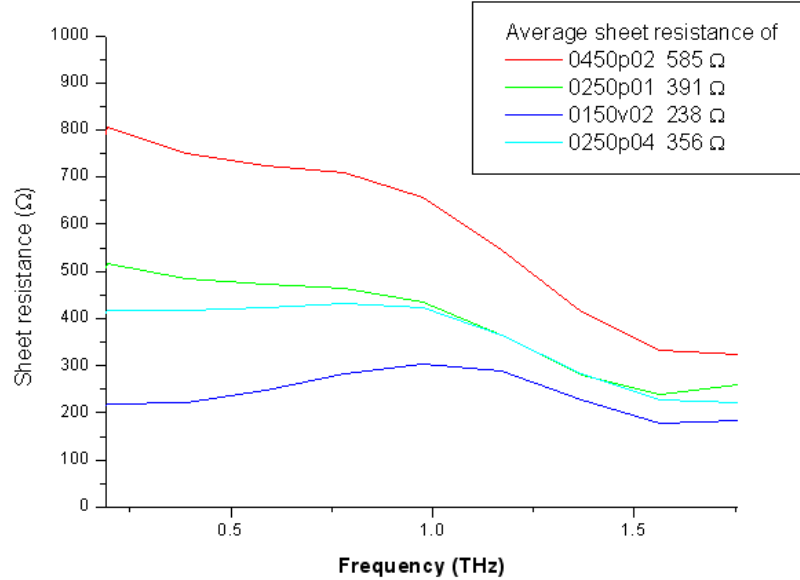


圖- 26：各種不同 PET/ITO 結構之片電阻頻譜圖

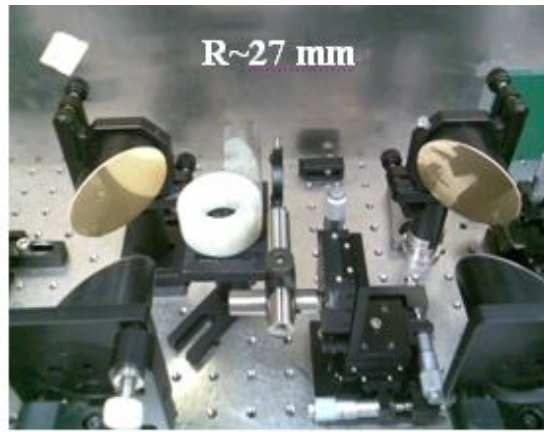
表- 3：THz 量測架構針對各種不同 PET/ITO 結構的片電阻量測結果

Model	0150-V02	0250-P01	0250-P04	0450-P02
THz 架構量測平均值(Ω)	238	391	356	585
四點探針式量測平均值(Ω)	218.42	343.27	354.38	532.76

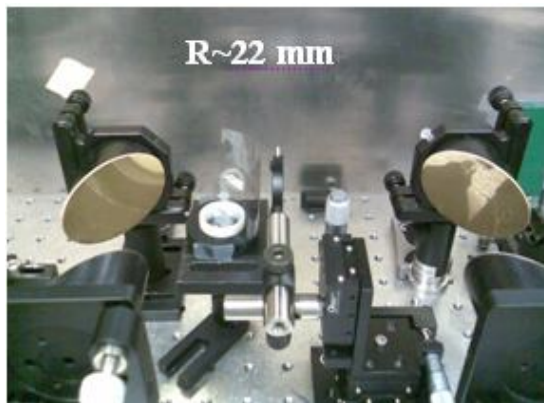
e) PET/ITO 軟性基板在不同撓曲半徑下之片電阻量測與分析

我們以穿透式、非接觸式 THz 量測架構針對 PET/ITO 軟性基板在不同撓曲半徑下之片電阻進行量測。我們採用半透明之 3M 膠帶將樣品貼在不同曲率半徑之圓形體上，使樣品之撓曲半徑分別固定為 27、22、以及 19 mm。以 THz 量測架構針對 PET/ITO 軟性基板在不同撓曲半徑下之片電阻量測實體如圖 27 所示。

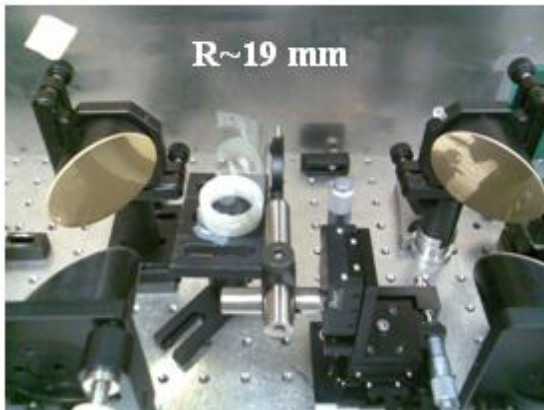
針對 PET 基板以及 PET/ITO 軟性基板在不同撓曲半徑下之樣品以 THz 波穿透所量測到的 FFT 頻譜如圖 28 所示。從圖中可以看出，各種不同撓曲半徑下之 PET/ITO 軟性基板的量測結果非常相似。



(a)



(b)



(c)



圖- 27：撓曲半徑為(a) 27 mm、(b) 22 mm、與(c) 19 mm 的樣品實體(右)，以及實際將樣品置於 THz 量測架構中(左)的照片

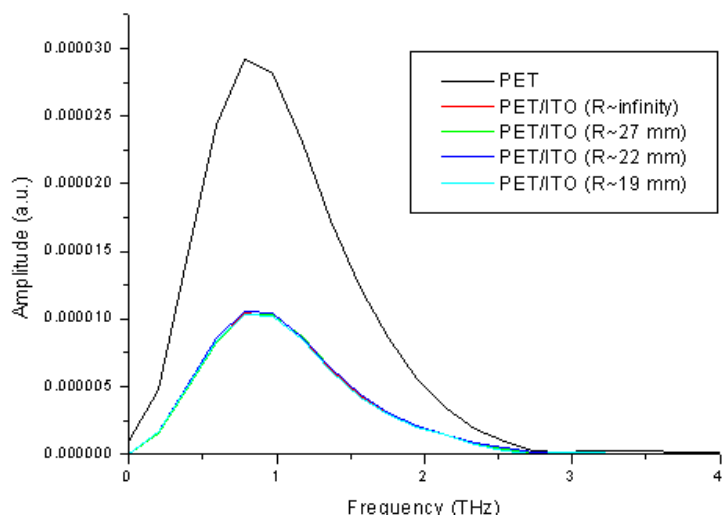


圖- 28：THz 波穿透 PET 基板以及在不同撓曲半徑下之 PET/ITO 軟性基板的 FFT 頻譜圖

圖 29 則為各種不同撓曲半徑下之 PET/ITO 軟性基板的片電阻頻譜圖。不同撓曲半徑下之片電阻量測值與平面下之片電阻量測值相近，皆約為 81~84 Ω/\square 。由此可知，PET/ITO 軟性基板在不同撓曲半徑下之片電阻值量測變異性並不大。

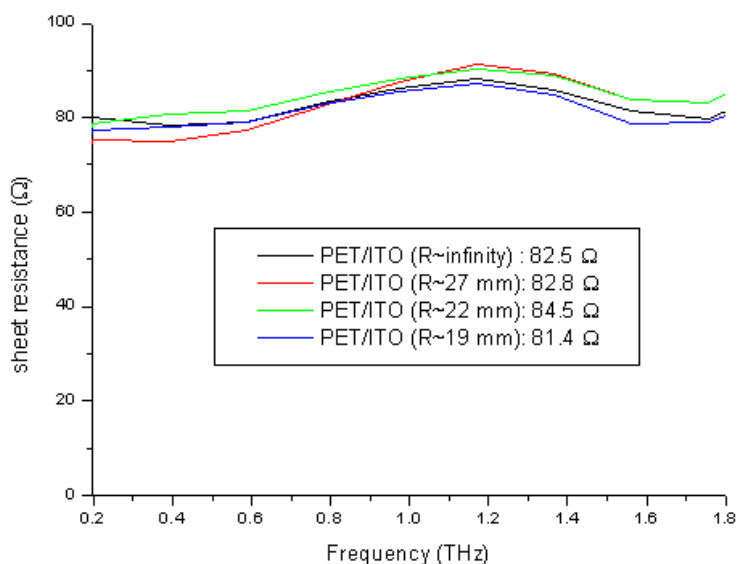


圖- 29：各種不同撓曲半徑下之 PET/ITO 軟性基板的片電阻頻譜圖

f) 非接觸式 THz 片電阻量測架構之量測不確定度評估

為了針對非接觸式 THz 片電阻量測架構作進一步的量測不確定度評估，我們利用 THz 頻譜分析法針對四組鍍在矽晶圓上且具不同厚度

的金屬鉻(Cr)薄膜片電阻作量測，其片電阻規格約為 35 Ω 至 650 Ω ，同時也採用四點探針式片電阻量測架構進行量測比對，藉此瞭解 THz 時域頻譜分析法和四點探針式片電阻量測的線性相關性，其量測結果如圖 30 所示。兩個量測架構的片電阻量測結果皆有不錯的線性關聯，在樣晶片電阻約 100 Ω 時，其不確定度僅約為 2%，此量測不確定度亦適用於可撓導電基板之片電阻(約 100 Ω)的檢測。

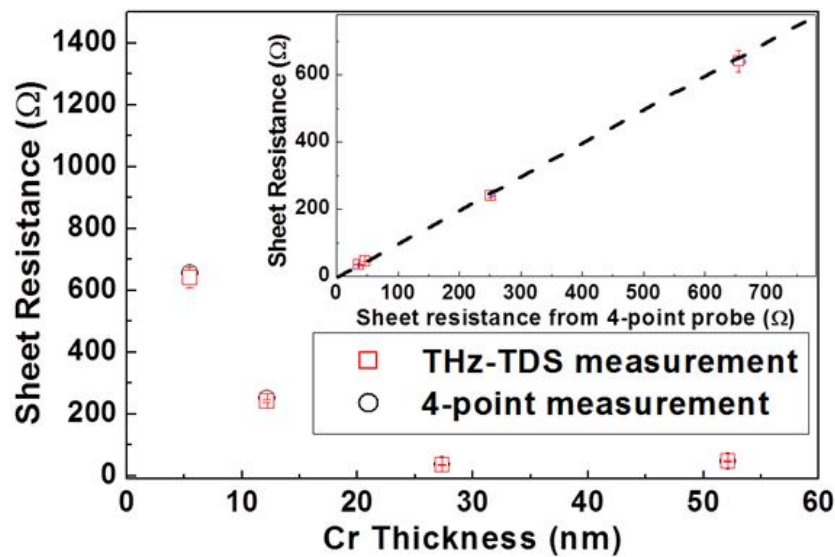


圖- 30：比較 THz 頻譜分析法與四點探針式片電阻量測之線性相關性

綜整以上的量測結果，本研究認為我們所建立之二維非接觸式 THz 片電阻量測技術，非常適用於生產線上檢測軟性顯示器的導電特性，此技術亦提供軟性顯示器製造商對於可撓導電基板之曲面下片電阻量測技術的解決方案。

此外，我們預期除了 ITO 導電材料之外，其它導電薄膜材料也能運用此 THz 頻譜分析法作片電阻量測，未來更可將此技術進一步推廣至軟性顯示器產品製造商，針對各種軟性顯示基材在曲面下之片電阻進行檢測，藉此達到協助國內相關產業提升產品品質的目的。

- 後續工作構想及重點：

本年度完成以四點探針式以及二維非接觸式 THz 量測架構針對軟性顯示器專用可撓導電基板之曲面下片電阻量測技術的建立與研究。未來將進一步整合二維非接觸式 THz 片電阻量測架構於軟性顯示器撓曲機台上，搭配本年度所建立之可撓導電基板的曲面下片電阻量測技術以及相關研究成果，藉此拓展並應用於各式軟性顯示器產品之可撓耐久性片電阻量測技術開發與研究，以提供軟性顯示器製造商與儀器商對於軟性顯示器在長期撓曲或扭曲下之片電阻量測與評估的解決方案，並期望能進一步透過相關標準組織活動，推動成為區域甚或國際標準。

- 衍生收益：

本計畫成功地建立以四點探針式以及二維非接觸式 THz 量測架構針對軟性顯示器專用可撓導電基板之曲面下片電阻量測技術，此等技術可有效提供軟性顯示器製造商與儀器商對於可撓導電基板之片電阻量測技術的解決方案。此外，針對可撓導電基板之片電阻量測標準研究課題所產出之研發成果亦可望能提供未來軟性電子紙與軟性顯示器製程於撓曲下之片電阻檢測上的參考依據，達到協助國內業者提升產業品質的目的。

2. 量化成果說明

(1) 論文 2 篇

a. 國際研討會 1 篇，投稿於 Conference on Lasers and Electro-Optics Pacific Rim 國際研討會

題目：以兆赫時域頻譜法非接觸式的量測可撓式面板之電性
(Non-Contact Resistance Measurement of a Flexible Display Substrate by Terahertz Time Domain Spectroscopy)

內容：

利用兆赫時域頻譜法來非接觸式的量測可撓式面板基板之片電阻，量測結果與直流之四點探針量測法吻合，證實了未來線上檢測的可行性。

b. 國內研討會 1 篇，投稿於 2013 AOI Forum & Show

題目：以兆赫時域頻譜分析法進行軟性顯示器專用之導電基板的片電阻量測技術研究

內容：

目前顯示技術已朝向可撓化與連續捲軸式製程等方向發展，使得軟性顯示器專用之可撓導電基板曲面下的相關電性量測方法成為廠商所急需與關切的關鍵技術。工研院量測中心建立非接觸式可撓導電基板之片電阻量測架構，採用非接觸、非破壞式的兆赫時域頻譜分析法(Terahertz Time Domain Spectroscopy, THz-TDS)進行片電阻量測，並佐以接觸式四點探針(Four-Point Probe)片電阻量測技術，以確認其片電阻量測的正確性與準確性。

(2) 研究報告 2 篇

a. 題目：以兆赫時域頻譜分析法進行軟性顯示器專用導電基板之片電阻量測

內容：

目前顯示技術已朝向可撓化與連續捲軸式製程等方向發展，使得軟性顯示器專用之可撓導電基板曲面下的相關電性量測方法成為廠商所急需與關切的關鍵技術。工研院量測中心建立非接觸式可撓導電基板之片電阻量測架構，採用非接觸、非破壞式的兆赫時域頻譜分析法(Terahertz Time Domain Spectroscopy, THz-TDS)進行片電阻量測，並佐以接觸式四點探針(Four-Point Probe)片電阻量測技術，以確認其片電阻量測的正確性與準確性。結果顯示在一般低阻值(例如~80 歐姆)之樣品

上，兩者偏差僅約 2%，表示 THz-TDS 之可靠性。

b. 題目：第十屆亞太雷射與光電研討會訓練報告

內容：

這次參加 CLEO-PR 發表一篇論文，主要報告我們以 THz 時域光譜分析技術應用於可撓性顯示器面板上，可非接觸式的量測可撓性基板的電性，除了吸引與會學者的目光，並獲得肯定外，亦有專家建議可投稿到顯示器相關的期刊上，推廣 THz 非接觸式量測的應用性，使其可以更實用於產業上。並參與多場關於光梳與 THz 應用方面的演講，收穫頗多，對未來研發有相當大的助益。

二、3D 顯示新技術人因關鍵參數量測標準研究分項

(一) 戴眼鏡式 3D 顯示器光學特性量測標準推動

1. 非量化執行成果說明

- 執行主要成果與績效：

完成被動眼鏡式 3D 顯示器光學特性量測草案一份，提交國際投票。

A. 研發成果：被動眼鏡式 3D 顯示器量測標準草案

本標準草案，主要的量測項目亮度、色度、均勻度及可視角。茲說明如下：

亮度及色度均是對準顯示器的中心點，分別打出白、紅、綠、藍及黑畫面，量測其亮度及對應的色度座標。均勻度的量測如圖 31 及圖 32 所示。圖 31 為將亮度量測元件(LMD)的光軸與顯示器平面垂直，透過被動式 3D 眼鏡量測顯示器的 9 個位置的亮度值。圖 32a 固定被動眼鏡，旋轉 LMD 量測量測顯示器的 9 個位置，圖 32b 同步旋轉被動眼鏡及 LMD，量測顯示器的 9 個位置。可視角的量測如圖 33 及圖 34 所示，圖 33 為水平視角的量測，旋轉顯示器，量測其各個角度的光串擾值(Crosstalk)。圖 34 為垂直視角的量測，旋轉顯示器，量測其各個角度的光串擾值(Crosstalk)。

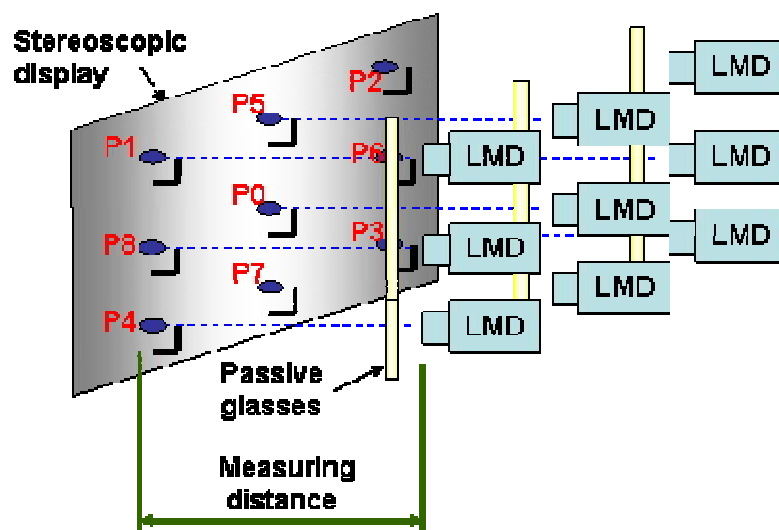


圖-31：3D 顯示器均勻度量測示意圖 1

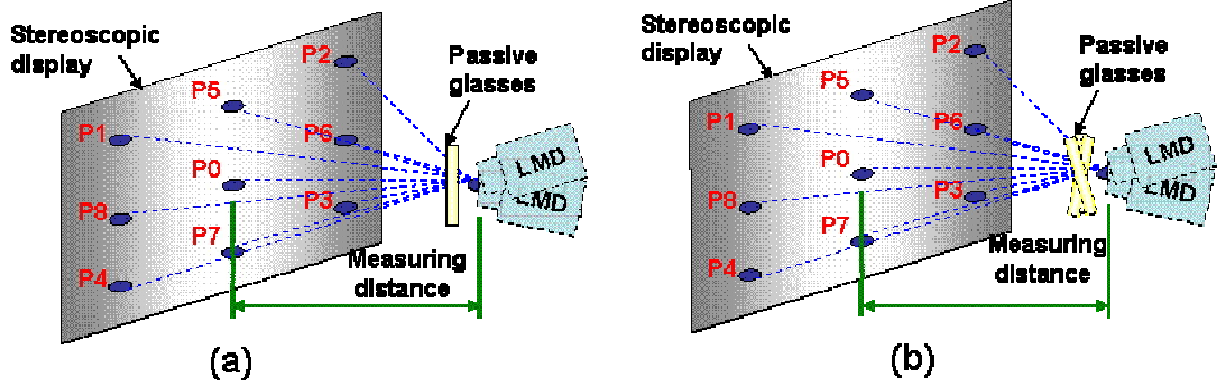


圖- 32：3D 顯示器均勻度量測示意圖 2

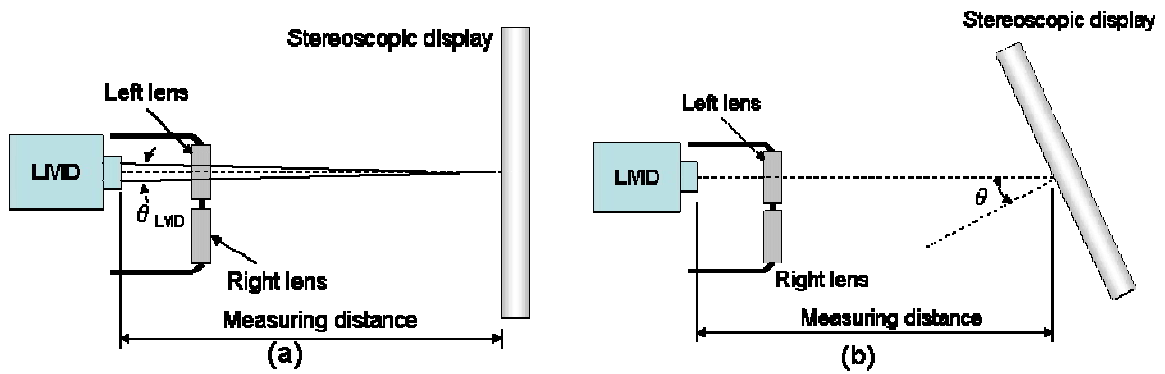


圖- 33：3D 顯示器水平可視角量測示意圖

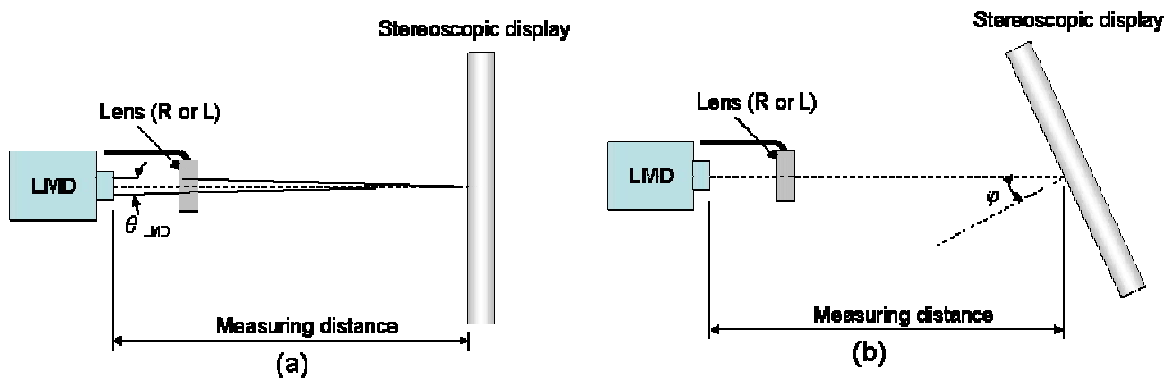


圖- 34：3D 顯示器垂直可視角量測示意圖

• 後續工作構想及重點：

數年前電影『阿凡達』掀起 3D 立體顯示的熱潮後，因人的視覺習性及人因安全考量情況下，3D 立體顯示器產業積極的開發新技術來克服 3D 影像之人因不舒適感。但是就在這幾年的努力，3D 技術仍然無法如預期般技術大躍進的蓬勃發展，並且顯示器產業進而轉向投資軟性顯示技術。工研院考量產業發展需求的殷切程度，及受限於政府科技資源配置，工研院電光所乃於 102 年度中期決定暫緩 3D 顯示技術的開發，而本計畫一向與電光所 3D 顯示計畫搭配發展相關的量測技術，因此本 3D 顯示量測技術自 FY103 也暫停發展。

雖然 3D 顯示技術目前不受重視，但是技術上仍有少量突破，本計畫與國內廠商合作發展的 3D 顯示量測技術，目前已推成量測標準草案，並已進入 SEMI 國際組織全球投票當中。未來當標準通過後，將可協助廠商落實標準並持續提升 3D 顯示器的量測能量，假以時日 3D 產業仍會有再起的一日，相關量測技術與標準都將對顯示器產業有一定的效益影響。

• 衍生收益：

透過以往建立的立體顯示器量測技術能量，協助國內商之器、艾迪森二家廠商驗證其小尺寸顯示器之光學特性，服務收入為 33 萬元。

2. 量化成果說明

(1) 標準草案 1 件

- a. 題目：SEMI D4765B 「被動式眼鏡 3D 顯示器國際標準」草案
(TEST METHOD OF FPD-BASED STEREOSCOPIC DISPLAY WITH PASSIVE GLASSES)

內容：

本計畫與顯示器產業相關廠商共同草擬動式 3D 立體顯示器的光學特性量測標準草案，其中包含亮度、色度、光串擾(Crosstalk)

等參數的研究，本計畫負責主要的光串擾人因驗證。

三、標準規範推展

(一)參與 SEMI 國際標準組織情形

- (1) SEMI Taiwan 的 e-Paper Displays 標準討論小組於 2009 年 9 月成立至今，非常成功地建立與產學研代表共同討論與交流電子紙量測標準技術的平台，目前已陸續召開 47 次的討論會議，會議的 co-Leader 之一是由量測中心軟電計畫的成員來擔任，負責會議的召開、推動、與主持。
- (2) 2013/9/27 經 SEMI TC 會議同意投票將草案「#5533: Test Methods for Color Properties of Electronic Paper Displays」進入 2013 cycle 7 全球投票。
- (3) 3D 顯示標準草案：#4764D-「Test Method of FPD-Based Stereoscopic Display with Active Glasses」經 2013/6/28 TC 同意進行 2013 年 cycle 5 投票，9 月初全球投票(2013/07/29~2013/08/30)完成，並於 9/27 完成 TC 會議的反對意見審核通過。
- (4) 3D 顯示標準草案：#4765B-「Test Method of FPD-Based Stereoscopic Display with Passive Glasses」經 2013/6/28 TC 同意進行 2013 年 cycle 5 投票，9 月初全球投票(2013/07/29~2013/08/30)完成，並於 9/27 完成 TC 會議的反對意見審核通過。
- (5) 2013 年 cycle 5 投票結果有 3 位反對意見，於 9/27 TC 會議上提出抗辯，獲 TC 同意將接續至總部進行後續流程，預計 12 月中旬總部會有回應。
- (6) 2013/9/17 於 TC 會議上報告 Flexible Display 耐摔、耐撞擊量測方法。2013/10/15 TF 成員廠商分享曲面光學相關資訊與耐摔、耐撞擊實驗設計回顧、落球量測方法及標準介紹。

(二)參與區域(包含兩岸)標準規範協商情形

2013/10/21~2013/10/22 參加「第十屆海峽兩岸信息產業和技術標準論壇」，完成戴眼鏡式立體顯示器件光學測量方法(II)兩岸共通標

準簽署，並繼續完成《電子紙顯示器光學測量方法》共通標準。後續將開展《立體顯示器件：裸眼式立體顯示器件光學測量方法》、《柔性顯示器術語與定義》、OLED 與透明顯示器共通標準的制定工作，並推進國際標準。此外，進一步探討開展觸控面板相關標準化工作的可行性。

四、成果與推廣

(一)推廣案例說明

1. 軟性顯示器可撓衰減特性參數量測技術研究

提供 AUO 之撓曲機台技術服務的軟性顯示器撓曲檢測平台夾具維修與撓曲半徑校正服務。而在軟性顯示器撓曲檢測平台技術也已於 3 月份推廣授權於佳暉科技公司，授權製作撓曲機台一台，授權金約 31.5 萬(含稅)。此外，五鈴光學亦詢問撓曲測試平台相關事宜，希望未來能正式代理或技術合作，來共同推廣軟性電子產業之廠商使用。雖然目前還沒有正式的委託，但是軟性顯示器撓曲檢測平台技術目前是獨步全球，也領先業界約 2 年左右。

2. 可撓導電基板之曲面下片電阻量測技術研究

本計畫多次藉由參加軟性顯示器相關的研討會、SEMI 標準制定會議、論文與成果發表會、以及自辦技術推廣等活動，宣傳本計畫之相關研究成果，並期望未來能因此增加與產學業界共同研發合作的機會，以達計畫成果推廣之目的。此外，為推廣本計畫研究技術，於 2013 年 4 月份由計畫主持人林增耀博士率領本研究團隊至中華映管拜訪梁建錚總技術長等人作意見交流，後續亦針對軟性顯示器之片電阻量測與光學檢測等議題與中華映管的研發人員作細部討論，並完成相關量測項目規劃，期望未來能正式展開相關的技術合作事宜。

(二)產出成果一覽表

成果項目		分項計畫		電子紙顯示器關鍵參數量測標準研究分項		3D顯示新技術人因關鍵參數量測標準研究分項		合計	
		目標	實際	目標	實際	目標	實際		
專利	申請							-	-
	獲得	2	9					2	9
論文	國內期刊	1	1					1	1
	國外期刊		1					0	1
	國內研討會	1	1					1	1
	國外研討會	2	2					2	2
研究報告	技術	2	3					2	3
	調查							-	-
	訓練	2	2					2	2
合作研究	學術合作研究							-	-
	業界合作研究							-	-
	國外合作研究							-	-
研討會	場次							-	-
	人數(人次)							-	-
技術論壇		1	1					1	1
參與或主導 FPD產業規範/標準草案制訂						1	1	1	1
技術移轉與技術服務		預計技術移轉與技術服務 繳庫金額300千元				實際技術移轉與技術服務繳 庫金額756.7千元			

(三)其它綜合成果

1. 技術移轉、技術服務及諮詢

- 撓曲測試技術移轉給設備製造商佳暉光電公司，以提供軟性顯示器製造商可以針對其產品做可撓特性測試，共含稅 31.5 萬元。
- 利用顯示器光學量測技術研發成果應用於小尺寸顯示器量測技術協助綠點新高公司捷普設計分公司，確認其黑白液晶顯示器光學特性，共含稅 10.8 萬元。
- 提供亮度色度計之光譜修正技術，針對台灣光興電子股份有限公司之產品做光學特性測試，共含稅 10.3 萬元。
- 協助確認商之器股份有限公司，確認其手持式醫療用顯示器光學特性，共含稅 12.6 萬元。
- 提供艾笛森光電股份有限公司的光學量測設備之一個標準追溯源，以保證其產品做光學特性測試之準確性，共含稅 22.05 萬元。
- 利用計畫開發「快速色域量測技術」成果，運用於奇美集團廣色域技術上，並推出榮獲台灣精品獎肯定之新視代顯示器產品。

2. 國際活動

- 赴日本京都參加 CLEO-PR & OECC/PS 2013 國際研討會並發表軟性顯示器專用可撓導電基板之片電阻量測論文。
- 赴韓國參加 ICFPE 2013 國際研討會，同時發表研究論文並收集軟性顯示器關鍵參數研究之最新趨勢與成果。
- 赴日本參加 SEMI Japan FPD Standards Meeting 會議與 FPD International in Yokohama 2013 研討會，以收集和交流軟性顯示器關鍵參數研究之最新趨勢與成果。期望能協助國內影像顯示產業在面臨大陸、韓國等強大國際市場擠壓的低迷情況下，尋求可能成為下一代新興產品的發展趨勢，及試圖找尋在產業標準領域之未來推動方向，以做為顯示器標準發展未來規劃的參考。

3. 受邀演講

- 計畫成員陳士芳博士運用於本計畫發展之專才，至國立中正大學光

機電所演講軟性顯示器之能耗與電性量測技術，藉此促進與學術界量測技術之相互交流。

陸、結論與建議

一、電子紙顯示器關鍵參數量測標準研究分項

(一)軟性顯示器可撓衰減特性參數量測技術研究

軟性顯示器更是目前最夯的新興顯示科技，其具備可撓曲、方便攜帶、低耗電、以及可讀性佳等優點。隨著各種相關技術的快速發展，目前已有多種的相關雛型產品，諸如：膽固醇液晶式、電泳式、主動式有機發光二極體(AMOLED)顯示器...等等。這種種產品要推向市場的過程中，勢必要先接受機械撓曲特性、光學特性、以及光電性質的量測驗證。因此，本研究完成建立軟性顯示器撓曲特性測試平台，可針對導電可撓式軟性基板或是軟性顯示器經由反覆撓曲或扭曲測試後，其光學穿透率與電性衰減作量測與分析。除了撓曲以外，扭曲也可以視為二維的撓曲。

因此，本研究也完成開發出軟性扭曲測試平台，以針對扭曲來做一個明確扭曲量化定義，並在反覆扭曲後去探討其光學穿透率與電性衰減特性。當然本研究的測試參數屬於單一個案，後續本技術都可以針對其他測試條件來針對不同材料與軟性顯示器來量測與分析光電可撓衰減特性。除此之外，軟性顯示器的機械特性將是影響軟性顯示器其可撓柔性特性，因此後續可針對軟性顯示器在可撓測試或是撞擊與摔落下的機械應力破壞與形變量測與分析來研究。

另外軟性顯示器在曲面下之顯示應用也蠻多的(如 Samsung 與 LG 將於今年上市曲面顯示手機)，而且曲面量測會有光學量測幾何與對焦問題是異於平面顯示器之光學量測方法，所以後續也可以針對曲面顯示器的光學特性量測與分析來研究。

統整這些軟性顯示器量測特性資訊將可以提供軟性電子或軟性顯示器的設計與製造廠商有更好的產品設計分析依據，甚至對於其製程改善有很大的幫助。在軟性顯示器方面未來更可以藉由 SMEI 國際標準制定平台，提出適當之產業所需的軟性顯示器可撓特性參數量測

標準草案，一方面加值本計畫所開發之技術推廣，另一方面也以強化台灣在軟性顯示器產業之國際競爭優勢。

(二)可撓導電基板之曲面下片電阻量測技術研究

在顯示技術朝向可撓化與連續捲軸式製程等方向發展的同時，軟性顯示器專用之可撓導電基板曲面下的相關電性量測方法更為廠商所急需與關切的關鍵技術。有鑑於此，本計畫成功地建立軟性顯示器專用可撓導電基板之曲面下片電阻量測相關技術(片電阻檢測範圍：5~200 Ω/\square)，針對不同組成結構之可撓導電基板，以及可撓導電基板在經過不同撓曲次數後，進行其撓曲下之片電阻量測技術研究，包含建立四點探針式以及二維非接觸式、非破壞式的兆赫(THz)可撓導電基板之曲面下片電阻量測架構，以及可撓導電基板之曲面下片電阻量測方法及量測程序等項目。

此量測技術除了有助於廠商進行可撓導電基板之曲面下片電阻量測之外，亦可讓廠商快速瞭解可撓導電基板是否因多次撓曲後，而導致產品出現老化的現象。期盼本計畫的研發成果能增進對軟性電子紙與軟性顯示器製程於撓曲下之片電阻檢測相關技術的瞭解，達到協助國內業者提升產品品質的目的。

此外，由於軟性顯示器專用可撓導電基板之二維非接觸式片電阻量測技術，有別於傳統硬式玻璃基板的量測技術。因此，未來將規劃整合二維非接觸式 THz 片電阻量測架構於軟性顯示器撓曲機台上，搭配本年度所建立之可撓導電基板的曲面下片電阻量測技術以及相關研究成果，藉此拓展並應用於各式軟性顯示器產品之可撓耐久性片電阻量測技術開發與研究，以提供軟性顯示器製造商與儀器商對於軟性顯示器在長期撓曲或扭曲下之片電阻量測與評估的解決方案。

同時，我們也期望能進一步透過相關標準組織活動與產學研代表共同討論與交流軟性顯示器之電性相關的量測標準技術，累積相關量測標準制定的經驗以及國內光電/顯示/軟電等領域之產學研專家之人

脈，並協助廠商與研究單位解決其在軟電顯示技術上所遇到的量測問題，以助於國內軟電產業的推動與發展。

二、3D 顯示新技術人因關鍵參數量測標準研究分項

(一)戴眼鏡式 3D 顯示器光學特性量測標準推動

經這幾年的努力，3D 顯示技術仍然無法如預期般技術大躍進的蓬勃發展，並且顯示器產業進而轉向投資軟性顯示技術。工研院考量產業發展需求的殷切程度，及受限於政府科技資源配置，本 3D 顯示量測技術自 FY103 也暫停發展。雖然 3D 顯示技術目前不受重視，但是技術上仍有少量突破，本計畫與國內廠商合作發展的 3D 顯示量測技術，目前已完成主動眼鏡式及被動眼鏡式 3D 顯示器光學特性量測草案二份，提交 SEMI 國際投票，未來標準若通過後，將協助國內廠商落實此標準並提升其 3D 顯示器量測的技術能量，假以時日 3D 產業仍會有再起的一日，相關量測技術與標準都將對顯示器產業有一定的效益影響。

附 件

柒、附件

- 一、新台幣 5 百萬元以上(含)之儀器設備清單
無

二、 國外出差人員一覽表

短期訓練

出差性質	主要內容	出差機構/國家	期間	參加人員姓名	在本計畫擔任之工作	對本計畫之助益	出國項次
參加會議 發表論文	參加 ICFPE 2013， 及發表研究論文並 聽取軟性顯示器關 鍵參數研究之最新 趨勢與成果。	韓國	1020910 ~ 1020914	劉玟君	軟性顯示 器可撓衰 減參數量 測工程師	參加研討會並發表 論文。聽取軟性顯示 器關鍵參數研究之 最新趨勢與成果，作 為未來計畫規劃之 參考依據，	1
參加會議 發表論文	參加 CLEO-PR & OECC/PS 2013 並 發表論文	日本	1020629 ~ 1020705	劉子安	軟性顯示 器可撓導 電基板測 試研究員	參加研討會並發表 論文，與國際學者專 家意見交流，討論軟 性顯示器標準發展 合作議題，同時蒐集 掌握國際相關研發 技術動態與發展趨 勢，作為未來計畫規 劃之參考依據。	2
參加會議	參加影像產業標準 會議，交流研討標準 共識議題	日本	1021022 ~ 1021026	溫博浚	協同計畫 主持人	參加 SEMI Japan 標 準會議，瞭解亞洲及 國際 FPD 產業標準 發展最新資訊，作為 後續 FPD 產業標準 發展規劃之參考。	3

長期訓練

出差性質	主要內容	出差機構/國家	期間	參加人員姓名	在本計畫擔任之工作	對本計畫之助益	出國項次
	無						

三、專利成果統計一覽表

專利申請

項次	類別	專利名稱	官方申請日	申請國家	申請案號/專利號碼	申請人
		無				

專利獲證

項次	類別	專利名稱	獲證日期	申請國家	專利起迄期	專利號碼
1	發明	影像處理控制系統	20130429	中華民國	20130421~ 20271226	I394453
2	發明	反射式膜厚度量測方法	20130308	中華民國	20130221~ 20280424	I386617
3	發明	可檢測撓曲力量與電性的夾具	20130131	中國大陸	20121010~ 20281119	ZL2008101810 63.6
4	發明	標準階調特性光源提供裝置及方法	20130318	中華民國	20130301~ 20281224	I387734
5	發明	動態模糊標準產生器及其產生方法	20130301	中華民國	20130221~ 20281218	I387342
6	發明	液晶預傾角量測系統與方法	20130131	中國大陸	20121010~ 20291108	ZL2009102210 56.9
7	發明	光學特性量測裝置	20130917	中華民國	20130911~ 20291020	I408352
8	發明	可調式標準低亮度裝置	20130917	中華民國	20130911~ 20291209	I408345
9	發明	二維亮度色度計的校正裝置	20130930	中華民國	20130911~ 20291214	I408698

四、論文一覽表

研討會論文

項次	技資編號	論文名稱	發表日期	會議名稱	作者	國家
1	075A20181	以兆赫時域頻譜法非接觸式的量測可撓式面板之電性	20130703	Conference on Lasers and Electro-Optics Pacific Rim	劉子安,程郁娟,陳士芳,彭錦龍,	日本
2	075A20231	以兆赫時域頻譜分析法進行軟性顯示器專用之導電基板的片電阻量測技術研究	20131017	AOI Forum & Show	劉子安,程郁娟,陳士芳,彭錦龍,	中華民國
3	075A20247	以自動化撓曲測試系統量測軟性膽固醇液晶顯示器品質	20130913	International Conference on Flexible and Printed Electronics (ICFPE)	劉玟君,溫博浚,	韓國

期刊論文

項次	技資編號	論文名稱	申請日期	期刊名稱	作者	國家
1	075A20075	以色卡評估彩色電子紙的色彩特性	20130502	量測資訊雙月刊	溫博浚,劉玟君,	中華民國
2	075A20114	最佳化快速反應滑動模式控制之軟性基板量測	20130501	Control Engineering Practice	溫博浚,呂宗熙,	美國

五、研究報告一覽表

技術報告

項次	技資編號	報告名稱	產出日期	語言	密等	作者
1	07-3-A2-0088-01	顯示器測試評估報告	20130705	中文	非機密	劉玟君
2	07-3-A2-0219-01	以兆赫時域頻譜分析法進行軟性顯示器專用導電基板之片電阻量測	20131101	中文	非機密	劉子安、程郁娟、陳士芳
3	07-3-A2-0240-01	軟性基板可撓測試衰減特性參數量測技術報告	20131117	中文	非機密	溫博浚

出國訓練報告

項次	技資編號	報告名稱	產出日期	語言	密等	作者
1	07-3-A2-0121-01	第十屆亞太雷射與光電研討會出國報告	20130726	中文	非機密	劉子安
2	07-3-A2-0194-01	2013 ICFPE 國際軟性印刷電子技術研討會之出國訓練報告	20131016	中文	非機密	劉玟君

六、研討會/成果發表會/說明會一覽表

研討會

項次	研討會名稱	日期	舉辦地點	主/協辦	參與廠家數	參加人數	備註
	無						

技術論壇

項次	研討會名稱	日期	舉辦地點	主/協辦	參與廠家數	參加人數	備註
1	軟性顯示產業標準論壇	20131015	台北	主辦	5	14	

七、中英文對照表

英文縮寫	英文	中文
AIC	International Color Association	國際色彩協會
AMOLED	Active Matrix Organic Light Emitting Diode	主動式有機發光二極體
AMVA	Advanced MVA	進階多象限垂直配向技術
AOIEA	Automatic Optical Inspection Equipment Association	自動光學檢測設備聯盟
α -Si	Amorphous Silicon	非晶矽
CCD	Charge-coupled Device	電耦合元件
CCFL	Cold Cathode Fluorescent Lamp	冷陰極燈管
CF	Color Filter	彩色濾光膜
CIE	International Commission on Illumination	國際照明委員會
CIPO	Color Imaging Industry Promotion Office	經濟部工業局影像顯示產業推動辦公室
CMS	Center for Measurement Standards	工研院量測技術發展中心
CQC	China Quality Certification Center	中國質量認證中心
CRM	Certified Reference Material	驗證參考物質
CRT	Cathode Ray Tube	陰極射線管
EOG	Electrooculography	眼動電位訊號圖
EPD	e-Paper Displays	電子紙顯示器
EPD	Electrophoretic Display	電泳顯示器
FPD	Flat Panel Display	平面顯示器
GLRT	Gray Level Response Time	灰階反應時間
RGB	Red/Green/Blue Photoresist	紅綠藍彩色光阻
HDTV	High Density Television	高畫質電視
HRV	Heart Rate Variability	心率變異度
ICDM	International Committee for Display Metrology	國際顯示器量測委員會
IEC	International Electrotechnical Commission	國際電工委員會或國際電工協會
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	國際電機電子工程師學會
iQ	Image Quality	影像品質
iQA	Imaging Quality Assessment	影像品質評價
ISC	International Standards Committee	全球標準委員會
ISO	International Organization for Standardization	國際標準化組織
ITO	Indium Tin Oxide	氧化銦錫透明導電膜
ITU	International Telecommunication Union	國際電信聯盟
JEITA	Japan Electronics and Information Technology Industries Association	日本電子資訊技術協會
LCD	Liquid Crystal Display	液晶顯示器
LED	Light Emitting Diode	發光二極體
NARSC	North American Regional Science Council	北美地區標準委員會

英文縮寫	英文	中文
LMD	Light Measuring Device	光學量測元件
NASA	National Aeronautics and Space Administration	美國國家航空暨太空總署
NIST	National Institute of Standards and Technology	美國國家標準技術研究院
NML	National Measurement Laboratory	國家度量衡標準實驗室
NTSC	National Television System Committee	美國國家電視制定委員會制 定的彩色電視廣播標準
OLED	Organic Light Emitting Diode	有機發光二極體
OTFT	Organic Thin Film Transistor	薄膜有機電晶體
PDP	Plasma Display Panel	電漿顯示器
PI	Polyimide	聚亞醯胺膜
PS	Polystyrene	聚苯乙烯
QR-LPD	Quick-Response Liquid Powder Display	電子粉流體式電子紙技術
RFID	Radio Frequency Identification	無線射頻識別
RGB	Red/Green/Blue Photoresist	紅綠藍彩色光阻
SEMI	Semiconductor Equipment and Materials International	國際半導體設備與材料協會
SID	The Society For Information Display	國際資訊顯示學會
SiNx	Silicon Nitride	氮化矽
SSO	Spatial Standard Observer	標準空間觀察演算法
TAF	Taiwan Accreditation Foundation	財團法人全國認證基金會
TC	Technical Committee	技術委員會
TCO	The Swedish Confederation of Professional Employees	瑞典專業工程師聯盟
TDMDA	Taiwan Flat Panel Display Materials and Devices Association	台灣平面顯示器材料與元件 產業協會
TDSC	Taiwan FPD Industry Standard Committee	台灣平面顯示器產業標準委 員會
TDTVA	Taiwan Digital Television Industry Alliance	數位電視產業聯盟
TEEIA	Taiwan Electric Equipment Industry Association	台灣電子設備協會
TFT	Thin Film Transistor	薄膜電晶體
TOSEA	Taiwan Optoelectronics SEMI Equipment Association	台灣光電與半導體設備產業 協會
TRI	Topology Research Institute	拓璞產業研究所
TSCI	Taiwan Standard Color Image	台灣標準影像
TTA	Telecommunications Technology Association	南韓情報通信技術協會
TTLA	Taiwan TFT LCD Association	台灣薄膜電晶體液晶顯示器 產業協會
VESA	Video Electronics Standards Association	視頻電子標準協會
VQEG	Video Quality Expert Group	視訊品質專家群組

八、研究成果統計表

項目 分項計畫名稱	專利權 (項數)		著作權 (項數)	論文 (篇數)		一般研究報告 (篇數)			技術創新 (項數)				技術 引進 (項數)	技術移轉		技術服務		研討會		
	獲證	申請		期刊	研討會	技 術	調 查	訓 練	產 品	製 程	應 用 軟 體	技 術		項 數	廠 家	項 數	廠 家	場 次	人 數	日 數
電子紙顯示器關鍵參數量測標準研究分項	9	-	-	2	3	3	-	2	-	-	-	-	-	2	4	2	4	-	-	-
3D顯示新技術人因關鍵參數量測標準研究分項	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
合 計	9	0	0	2	3	3	0	2	0	0	0	0	0	2	4	2	4	0	0	0

註：(1) 技術創新一欄中所謂產品係指模型機、零組件、新材料等。

(2) 專利權及著作權項數以當年度核准項目為主，若為申請中案件則於次年度中列報。

九、參考文獻索引

編號	資 料 出 處
1	S. M. Sze. (1981). Physics of semiconductor devices, 2nd, John Wiley & Sons.
2	D. S. Perloff, J. N. Gan, and F. E. Wahl. (1981). Dose accuracy and doping uniformity of ion implant equipment. Solid State Technol, vol. 24, No. 2, pp. 112-120.
3	S. M. Sze. (1988). VLSI Technology, 2nd, Mcgraw-Hill Book Co.
4	S. Labbe'-Lavigne, S. Barret, F. Garet, L. Duvillaret, and J.-L. Coutaz. (1998). Far-infrared dielectric constant of porous silicon layers measured by THz time-domain spectroscopy. J. Appl. Phys., vol. 83, pp. 6007-6010.
5	VESA FPDM 2.0. (2001). Flat Panel Display Measurements Standard.
6	K. S. Lee, T. M. Lu, and X.C. Zhang. (2003). The measurement of the dielectric and optical properties of nano thin films by THz differential time-domain spectroscopy. Microelectron. J., vol. 34, pp. 63-69.
7	Leterrier, Y. (2003). Mechanical Properties of Transparent Functional Thin Films for Flexible Display. Annual Technical Conference Proceedings.
8	Gonzalez, R. C. (2004). Digital Image Processing Using MATLAB. Upper Saddle River, N.J., Pearson Prentice Hall .
9	Grego, S., Lewis, J., Vick, E., and Temple, D. (2005). Development and Evaluation of Bend-Testing Techniques for Flexible-Display Applications. Journal of the SID, vol. 13, pp. 575-581.
10	Grego, S. (2007). A Method to Evaluate Mechanical Performance of Thin Transparent Films for Flexible Displays. Thin Solid Films, vol. 515, pp. 4745-4752.
11	I. Maeng, C. Kang, S. J. Oh, J.-H. Son, K. H. An, and Y. H. Lee. (2007). Terahertz electrical and optical characteristics of double-walled carbon nanotubes and their comparison with single-walled carbon nanotubes. Appl. Phys. Lett., vol. 90, pp. 051914.
12	M. Walther, D. G. Cooke, C. Sherstan, M. Hajar, M. R. Freeman, and F. A. Hegmann. (2007). Terahertz conductivity of thin gold films at the metal-insulator percolation transition. Phys. Rev. B, vol. 76.
13	N. Laman and D. Grischkowsky. (2008). Terahertz conductivity of thin metal films. Appl. Phys. Lett., vol. 93.
14	林昱廷、劉宜樺、徐琬茹、孔維瑩、王明揚、黃雪玲、馮樹勻 (2008). User Requirement Analysis for Flexible Electronic Paper Displays- A Case Study of Development for E-newspapers Product. Proceedings of the 15th Annual Conference of the Ergonomics Society of Taiwan. ISBN: 978-957-30149-5-9.
15	C. W. Chen, Y. C. Lin, C. H. Chang, P. Yu, J. M. Shieh, and C. L. Pan.

編號	資料出處
	(2010). Frequency-dependent complex conductivities and dielectric responses of indium tin oxide thin films from the visible to the far-infrared. IEEE J. Quantum Electron., vol. 46, pp. 1746-1754.
16	Bor-Jiunn Wen and T. S. Liu. (2011). Flexible-characteristics inspection system for flexible substrates by using image feedback control. Displays, vol. 32, pp. 296-307.
17	Bor-Jiunn Wen and T. S. Liu. (2013). Optimal Fast-Response Sliding-Mode Control for Flexible-Substrate Measurement. Control Engineering Practice, vol. 21, pp. 593-603.
18	SEMI D4765B (2013): TEST METHOD OF FPD-BASED STEREOSCOPIC DISPLAY WITH PASSIVE GLASSES.

十、委員意見彙整

審查意見彙整表

計畫名稱：影像顯示產業標準與檢測規範推展計畫（3/4）

102 年度 計畫審查 不定期實地稽核 期中報告 期末報告

建議事項	回覆說明
A委員：	
1. 由於軟性顯示器的材料與製程的進步日新月異，宜持續投入資源，建立產業所需之產業追溯體系。	• 感謝委員的支持與肯定。
B委員：	
1. p.8 以及 p.22-23, 期末書中提到，在 102/3/19 參加 SEMI 3D G2G 標準工作小組會議，該工作小組決議停止運作，決議將報請 SEMI FPD TC 會議進行表決。不知表決結果為何。	• 感謝委員的關心，由目前產業界的一致同意下，SEMI 3D G2G 標準工作小組在 TC 會議中暫時同意停止運作，待下次 TC 會議中將作正式表決，而相關的標準制定活動將於 TTLA 標準制定工作小組持續討論。
2. 本年度建立四點探針式以及二維非接觸式 THz 量測架構，可測量軟性顯示器可撓導電基板曲面下之片電阻值，成效優異，值得肯定。惟在期末報告書中未看到本成果未來的專利申請與技術移轉的可能性，建議說明。	• 感謝委員的肯定。關於本年度所建立之可撓導電基板在曲面下片電阻量測的相關技術，本計畫已規劃逐步整合於軟性顯示器撓曲機台，未來將積極作技術推廣並尋求與廠商合作開發的機會，進而達到技術移轉的目標，感謝委員的建議。
3. p.61, 圖 23 與 24 與相關的文字說明不符。	• 感謝委員的提醒，圖 23 與圖 24 排版時錯置，以致與相關文字說明不符，後續會作適當地修訂。
4. p.72, 計畫書中提到，未來擬暫緩人因裸眼 3D 顯示量測技術的開發，惟並未提到與 Google Glass 有關技術的未來發展是否也要一併暫停。建議工研院再衡酌國內外有關 Google Glass 技術產業發展趨勢與前景，並做完評估後再定案。	• 感謝委員的建議，但由於工研院考量顯示器產業發展的成熟度與需求的殷切程度，及受限於政府科技資源配置，在 FY102 以階段性暫停發展 3D 顯示量測技術，並轉向軟性顯示器量測技術開發，而逐漸退場。但是相關之前所建立的技術將仍然可以協助針對 Google Glass 做一些業界合作案，這些都將是本計畫未來的發展項目之一。

建 議 事 項	回 覆 說 明
5. 報告書中部份內容有重複性，如 102 年度重要活動內容(p.8-11)與 3D 顯示新技術人因關鍵參數量測標準研究分項(p.21-25)內容幾乎相同，建議改善。	• 感謝委員的建議，內容重複的部分將會做修訂。
6. 建議強化與學術／產業／國際的合作研究案(本年度合作案為 0)。	• 多謝委員的建議，本年度計畫因資源大幅調降，無法成立與學術／產業／國際的合作研究案，但與學術界/產業界的合作仍是相當密切，我們透過引用學校研究生參與計畫相關研究的方式與學校維持合作關係；透過 SEMI-Taiwan 的標準平台，與產業界重要廠商保持密切互動，及參與國際標準制定的活動。
7. 建議主管機關整合上中下游FPD廠商，透過產業規模的整合，以及相關專利與標準的掌握與佈局，朝向制定國際 FPD 產業規格的領導者而努力，以提升我國整體 FPD 產業的國際競爭力。這是十分艱難的任務，但我們已無回頭路，只得奮力向前。	• 感謝委員的建議。
C委員：	
1. 工研院考量產業發展需求的殷切程度，及受限於政府科技資源配置，似乎已在 FY102 暫停發展 3D 顯示量測技術。可在期末報告一開始就直接講明。	• 多謝委員的建議。
2. 陸、結論與建議中的「3D 顯示新技術人因關鍵參數量測標準研究分項」提到：經這幾年的努力，3D 顯示技術仍然無法如預期般技術大躍進的蓬勃發展，並且顯示器產業進而轉向投資軟性顯示技術。雖然 3D 顯示技術目前不受重視，但是技術上仍有少量突破，本計畫與國內廠商合作發展的 3D 顯示量測技術，目前已完成主動眼鏡式及被動眼鏡式 3D 顯示器光學特性量測草案二份，提交 SEMI 國際投票。然而附錄的「八、研究成果統計表」中並無呈現此成果。	• 感謝委員的建議。標準草案產出之成果已列入 P75 的成果產出表中，而附錄八之研究成果統計表的格式是國科會的制式表格，通用於全國科技研究類的成果統計表，而標準草案為少數計畫的成果，未被列入國科會的制式表格內。

建 議 事 項	回 覆 說 明
D委員：	
1.第27頁人力配置年度應改為102年度。	• 謝謝委員的指正。
2.技術移轉超標，值得鼓勵。	• 感謝委員的肯定與支持。
3.3D顯示器計畫暫停能顯示彈性調整策略，符合產業趨勢。	• 感謝委員的肯定與支持。
4.曲面顯示技術相關研究可以再加強。	• 感謝委員的支持。
E委員：	
1. Page 37：是否有SEM分析圖片或分析數據說明穿透率變化是直接關係到ITO剝落，否則只是推論。	• 感謝委員的建議。本研究並無 SEM 分析圖分析 PET/ITO 試片之穿透率變化資訊，但就文獻中，以撓曲測試為例，反覆撓曲後其最外層材料在 SEM 分析中是有剝落情況，因此本研究就引用其推論。
2. Page 47：獲証專利” e. 專利名稱：動態模糊標準產生器及其產生方法” 請說明此專利與本計畫之關係為何？	• 感謝委員的建議，專利從申請到獲證，一般需 2 至 5 年的時間，P47 之獲證專利是本計畫前期 (FY97)研發申請的專利，前期計畫有進行動態影像品質評價程序研究。
3. Page 51~69：“(二) 可撓導電基板之曲面下片電阻量測技術研究” 此部份分析完整論述相當清楚。	• 感謝委員的肯定。
4. Page 73：“本計畫負責主要的光串擾人因驗證。” 在後續標準推動的項目內無法看出本計畫負責項目的貢獻為何，或請提供人因驗證結果及意義。	• 感謝委員的建議，本年度由於計畫資源大幅調降，3D 顯示部分僅維持標準草案的推展工作，無資源可進行光串擾人因驗證相關的研究，敬請委員諒察。
5. Page 77：產出成果, 3D部份除推廣標準無任何相關文件產出，請確認原因。	• 感謝委員的建議，本年度由於計畫資源大幅調降，3D 顯示部分僅維持標準草案的推展工作，無資源可進行其他相關的研究，敬請委員諒察。