

# 高密度軟性印刷電路板用之 感光型聚亞醯胺保護膜

## Photosensitive Polyimide Coverlay for High Density Flexible Printing Circuit Board

鄭志龍 J.L. Jeng ; 蔡政禹 J.Y. Tsai  
工研院材料所副研究員 MRL / ITRI

呂常興 C.S. LU  
工研院材料所研究員 MRL / ITRI

### 摘要

由於軟板具有可撓曲、低電壓、低消耗功率、重量輕、厚度薄、空間限制小、容易設計等多項PCB硬板所無法取代的優點，用途日趨廣泛，因此近年來軟板產值佔整體印刷電路板產業產值的比重節節上升，未來軟板材料將注高尺寸安定性與高密度、高頻基板材料方向前進，亦將帶動其相關零組件材料之成長。感光型聚亞醯胺保護膜因具有簡化製程、高尺寸安定性及高可靠度等優異特性，能與軟板下層基材無接著劑型軟性基板材料相匹配，是未來軟板產業發展至高密度所不可或缺的原材料之一。

### Abstract

Due to the Flexible Printing Circuit Board, FPC has the advantages of flexibility, the low voltage, the low-power consumption, the light weight, thin thickness, and the space to limit slightly, easy to design which the rigid PCB to be unable to substitute. The application is day by day widespread, therefore the recent years FPC industry output value accounted for the overall PCB industry output value the proportion to rise steadily, the future development of the FPC materials will advance on the high dimensional stability and the high density, high frequency materials, also will lead growth its correlation material. Because the photosensitive polyimide (PSPI) coverlay have the advantageous of simplifying the process, the high dimensional stability and high reliability ,and so on the

outstanding special performance which were match to the adhesiveless foil copper clad laminate (FCCL) material. The PSPI coverlay will be one of the indispensable raw materials when the FPC industry develop to high density flexible PCB.

### 關鍵詞/Key Words

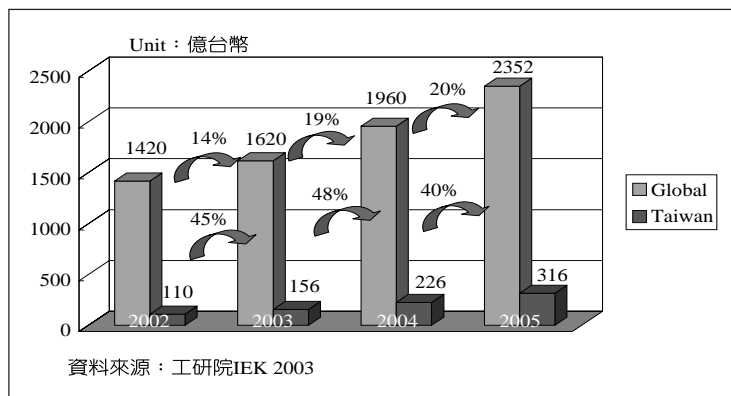
軟性印刷電路板(Flexible Printing Circuit Board; FPC)、高密度基板(High Density Interconnection Board; HDI)、感光型聚亞醯胺保護膜(Photoimagable Polyimide Coverlay)

## 前言

由於軟板具有可撓曲、低電壓、低消耗功率、重量輕、厚度薄、空間限制小、容易設計等多項 PCB 硬板所無法取代的優點，用途日趨廣泛，因此近年來軟板產業產值佔整體印刷電路板產業產值的比重節節上升，根據工研院 IEK 的統計及預估（見圖一），2002 年國內的軟板產業產值為 110 億元，佔整體印刷電路板產值的 7.5%；2003 年產值為 156 億元，佔整體產值的 10%；2004 年在平面顯示器及手機產品需求持續帶動下，軟板產值增加至 226 億元，約佔整體印刷電路板產值的 13% 以上。另

外，根據工研院 IEK 的統計資料指出，2004 年全球軟板市場產值達 1960 億台幣，較 2003 年的 1620 億台幣成長 19%；在國內產值方面，2004 年我國軟板產業海內外總產值預計將達 226 億元，較 2003 年的 156 億元大幅成長 48%。由於台灣已成為全球 NB、手機及 TFT LCD 等產業的生產與組裝重鎮，進而使軟板產業的成長幅度優於全球。

搭配 LCD TV 及相關顯示器驅動 IC 構裝之需求，未來軟板材料將往高尺寸安定性與高密度、高頻基板材料方向前進，亦將帶動其相關零組件材料之成長，在輕薄短小、高密度、高可靠度及能承載主被動元件的趨勢下，所需的軟性基板材料也從有膠式軟性銅箔基板材料發展到無接著劑型銅箔基板材料，線路解析能力如圖二所示，由 250 $\mu$ m 推到 50 $\mu$ m 以下。為了搭配無接著劑型銅箔基板材料，傳統有膠式保護膜將無法滿足未來高密度、高尺寸安定、高可靠性與環保之需



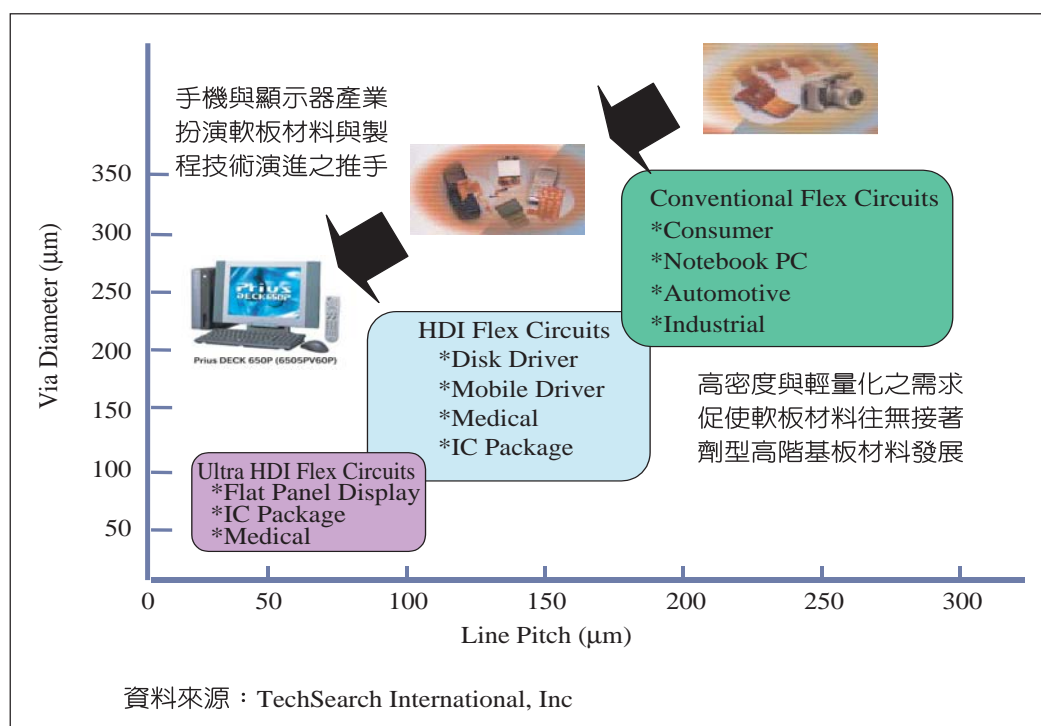
▲圖一 軟板市場規模

求。為了解決此一問題，軟板材料業者已著手研發高密度軟性印刷電路板用之感光型保護膜，在強調高密度、高可靠性及整合功能的需求下，高密度軟性印刷電路板必須要有更好的耐熱、電性、化性、尺寸安定性及輕薄化等特性，所需之軟板材料也須跟著有所因應及變革。感光型聚亞醯胺保護膜因具有簡化製程、高尺寸安定性及高可靠度等優異特性，能與軟板下層無接著劑型軟性基板材料相匹配，是未來軟板產業發展至高密度所不可或缺的原材料之一。

### 軟板保護膜的功用與種類

軟板保護膜的功用為保護軟板上脆弱的銅線路，相當於硬板上綠漆(Solder Mask)的功能，早期軟板的功能是類似

連接兩個電路板功能的電纜線作用，至今由於產品微小化趨勢，使軟板有了更多的功能。另一方面由於可攜式電子產品走向微小型，以及更輕更小的產品趨勢下，也跟著帶動高密度軟板技術的高需求量。例如可以在基板表面放上一些 FC (Filp Chip)元件，或是 IC 構裝載板的用途（如 Chip on Film; COF 構裝），在要求高密度、細線化之前提下，所用的軟性基板材料的保護膜材料特性必須要具備更好的耐熱性、尺寸安定性、電性及耐化性佳等性質，傳統軟性印刷電路板所使用的保護膜材料為含有一層接著劑(Epoxy)之 PI 或是壓克力系保護膜（見圖三），此種材料應用於無接著劑之銅箔積層板，將會造成材料結構不對稱，也失去了使用無膠式軟性銅箔基板



▲圖二 軟板材料發展技術趨勢

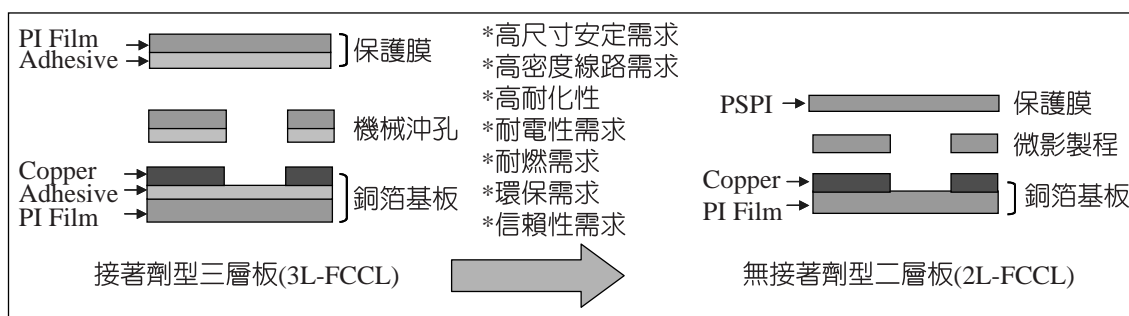
材料的意義，因膠層造成其熱性質及尺寸安定性變差等不良後果，致使材料無法應用於高階的產品上。目前，大部分的廠商採用折衷的方式，傳統有膠式保護膜因撓曲性佳，因此常被用於要求產品需要撓曲較高的地方，也就是所謂的動態區，但由於非感光型主要是以 Punch 為技術，所以只能適用於解析度要求不高的地方。而所謂的感光型防焊綠漆主要的應用是從硬板的綠漆演變而來，材料的本質特性都為感光型壓克力系或環氧系材料，雖能達到高解析度的要求，但在撓曲性及可靠度上對軟板業者來說仍嫌不足，因此常被用於靜態區。若能將動態區與靜態區的保護膜材料以一感光型聚亞醯胺保護膜整合，可以縮短製程，且對於基板整體的可靠性也有助益。

軟板用之保護膜材料各種製程比較如圖四所示，國內目前投入軟板用保護膜材料之開發，主要大多數為有膠系保護膜（見圖四(a)）如台虹科技、律勝科技等；圖四(b)中壓克力系保護膜因純壓克力熱性質較差，因此目前亦較少使用；圖四(c)為所謂全 PI 系軟性印刷電路板，其是指在製作軟板保護膜時，

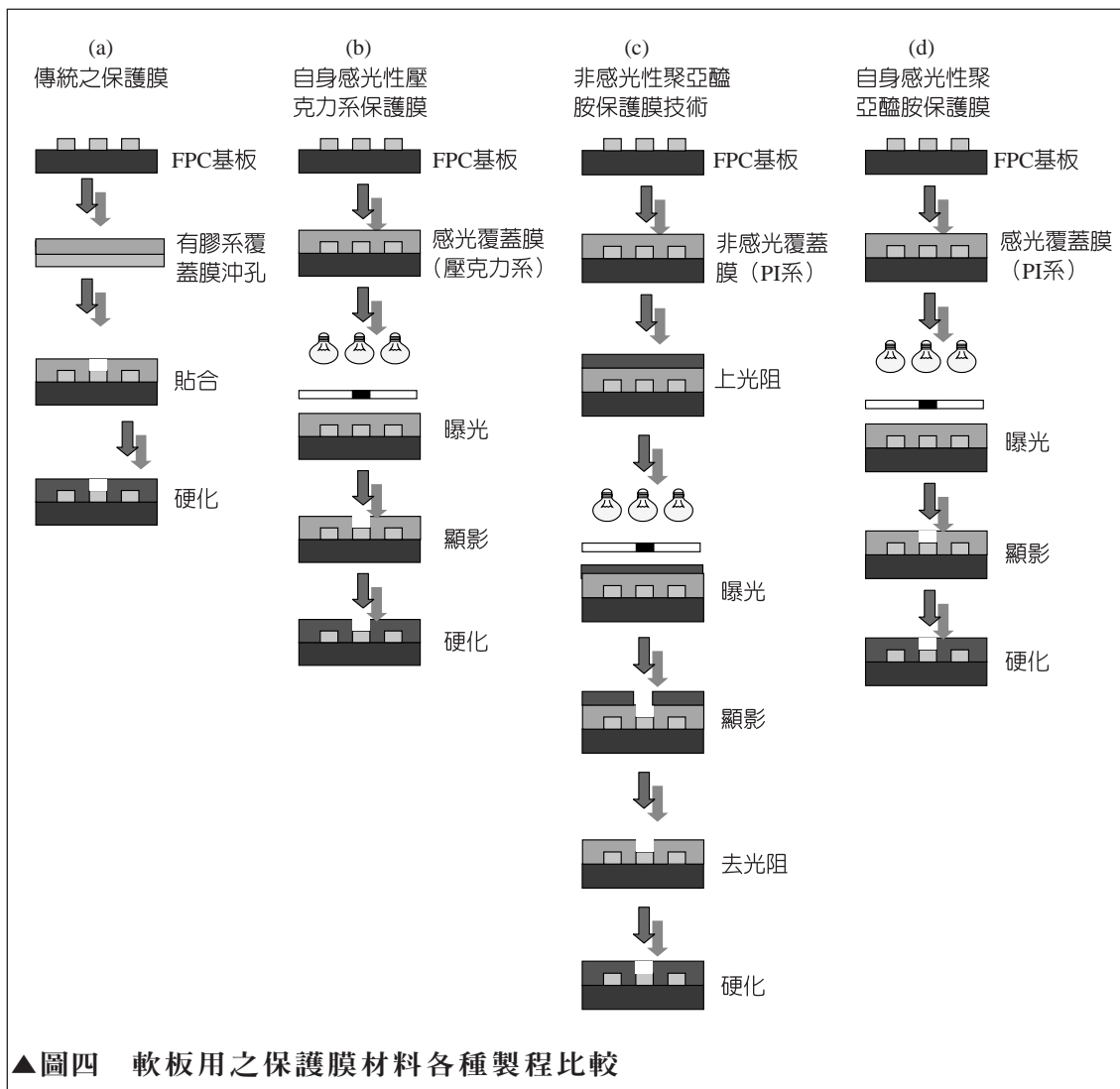
採用 PI（聚亞醯胺）前驅體(Polyamic Acid)搭配酸性顯影乾膜光阻來製作開孔，因為聚亞醯胺前驅體不耐鹼，因此須用特殊酸性顯影乾膜光阻先吃出所要之圖案，再利用溶劑與鹼液所配成的蝕刻液進行 PI Etching，最後再將光阻去除，在 300°C 下進行 PI 硬化，使得整體軟性印刷電路板結構為全 PI 系材料，目前有新日鐵公司與 Sony Chemical 在生產，但因其製程煩瑣複雜且需高溫硬化，因此鮮少人使用；圖四(d)自身為感光性聚亞醯胺保護膜，其優點如前段所述，目前大部份生產感光性防焊綠漆的廠商均投入「自身感光性聚亞醯胺保護膜」的研發，目前僅三井化學公司已商品化。

### 各家感光型聚亞醯胺保護膜之專利分析

針對感光性聚亞醯胺保護膜相關材料進行檢索，使用之專利資料庫為歐洲專利局網站，關鍵字為 Photosensitive、Polyimide 及 Coverlay，其主要相關之公司為 Nippon Metron、PI R&D、KanegaFuchi Chemical、Mitsui Chemical



▲圖三 接着劑型與無接着劑型互蓋膜材料特性比較



，其各家專利製程參數條件及解析能力整理如表一。

### 一、Nippon Metron

Nippon Metron (NOK, 旗勝) 為目前世界上最大的軟板廠，雖說其沒有生產軟板用的雙層板，但其在軟板的原物料研發亦投入相當大的能量，根據該公

司感光型聚亞醯胺保護膜專利中所揭示，其利用含氟的單體先合成已亞醯胺化(Fully-imidized)之聚亞醯胺分子，再加入光酸產生劑(Photoacid Generator; PAG)及交聯劑(Crosslinking Agent)，其感光機制為利用光酸產生劑照光放出酸，促使交聯劑產生交聯而不溶於顯影液，其優點為感度高且可低溫硬化，但更大的問題為含氟的單體與光酸產生劑均為非常昂

表一 擁有感光型聚亞醯胺保護膜專利公司之製程參數及解析能力

Name	Nippon Mektron	PI R&D	Kanegafuchi Chemical Ind	Mitsui Chemical
Property	Liquid	Liquid	Film	Film
Composition	Fully-imidized	Fully -imidized	Fully -imidized	Polyamic Acid
Type	Negative	Positive	Negative	Negative
Application	FPC	FPC	FPC	FPC
Sofo Baking	90°C, 10min	90°C, 10min	70°C, 30min	80°C, 20min
Exposure Energy	300mj/cm <sup>2</sup>	1000mj/cm <sup>2</sup>	300mj/cm <sup>2</sup>	300mj/cm <sup>2</sup>
Developed	3wt% Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	MEA/NMP/H <sub>2</sub> O	3wt% Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	3wt% Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Thickness	50μm	20μm	25μm	25μm
Post-cured	200°C	200°C	160°C	250°C
Resolution (L/S)	100μm	30μm	100μm	100μm

貴的原物料，不符合經濟效益，因此尚未見到其商品化。

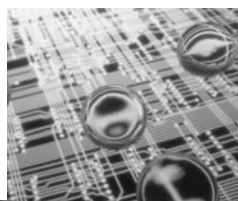
## 二、PI R&D

PI R&D 公司專利的特色為已亞醯胺化之聚亞醯胺，其強調 Block-polymer 的分子設計可使高分子鏈的排列更為均勻，進而特性更好，其感光機制為利用偶氮的感光劑(Diazo Compound)，其照光會產生一 COOH 酸基，而 COOH 酸基會與 Monoethanamine(MEA)形成鹽類，促使聚亞醯胺被 MEA 斷鏈成小分子，而溶於 MEA/NMP/H<sub>2</sub>O 所組成的顯影液，因 Block-polymer 的分子設計，故其機械特性較一般感光型聚亞醯胺佳，但其感度不佳且顯影液為溶劑型，與目前鹼性溶液顯影機制不同，雖有商品推出但目前並不普遍。

## 三、Kanegafuchi Chemical

Kanegafuchi Chemical 在感光型聚亞醯胺保護膜的專利最多且著墨最深，其為負型的乾膜光阻，主要組成為先合成已亞醯胺化之聚亞醯胺，然後用醇水溶液將高分子膠(Varnish)析出，再以低沸點溶劑將已析出之聚亞醯胺固體溶解，將感光分子接在聚亞醯胺分子側基上，再加入多官能基之壓克力分子及光起始劑，即為其感光型聚亞醯胺組成。Kanegafuchi Chemical 專利的特色為其感光型聚亞醯胺保護膜可用壓合方式將其貼合於銅線路上，且可用碳酸鈉水性溶液顯影，但因其壓克力分子的添加比例甚高，因此耐燃性不佳，且需額外添加耐燃劑方能通過 UL94-V0 的耐燃標準。

## 四、Mitsui Chemical



Mitsui Chemical 為目前有推出感光型聚亞醯胺保護膜商品的廠商，其專利的特色在於 Diamine 單體為 Mitsui Chemical 公司獨家所開發出來的單體，具有壟斷性，其組成為聚亞醯胺前驅體、多官能基之壓克力分子及光起始劑，其感光型聚亞醯胺保護膜的使用方式與 KanegaFuchi Chemical 均為乾膜熱壓貼合，但聚亞醯胺前驅體需要較高的硬化溫度，可能會有銅線路氧化等問題，另外仍需額外添加耐燃劑方能通過 UL94-V0 的耐燃標準。

## 未來感光型聚亞醯胺保護膜的發展趨勢

### 一、低溫硬化

傳統的感光型聚亞醯胺一般都是由其前驅體—聚醯胺酸或聚醯胺酯所組成，其在微影製程後需要高溫 350°C 硬化形成聚亞醯胺，對銅線路而言，高於 200°C 即會有氧化的問題產生，且對本身聚亞醯胺會有膜厚收縮(Shrinkage)過大的問題，因此未來勢必會朝向低溫硬化的製程。

### 二、高耐熱性

無鉛化技術在綠色環保的要求下，從 1990 年代開始，便引起整個電子產業對環保的重視，尤其在材料製程上如汞、鎘、鉛、砷等重金屬的含量都訂定最高之容許量。在美國、歐洲和日本等先後立法對鉛在工業上的應用加以限制，

並進行無鉛焊料的研究與開發工作，無鉛化製程的導入，一般會使熔點（焊接溫度）有所提高，對組裝元件來說其耐熱性是否能達到要求或產生影響是個大問題。若從軟板產業來看，國內目前用於軟性印刷電路板之保護膜皆為壓克力系或環氧系，面對未來環保無鉛化製程的趨勢下，以純錫的熔點而言約為 500°C，一般鉛錫合金熔點則降至 200°C 左右，如果更換成銀錫或是其他錫合金，依據目前產品所能夠達到的錫錫性，熔點則至少增加 30°C，由此可見，製程更動引起的溫度上昇，對材料的影響顯而易見，除了電子元件的耐熱性需提高外，傳統保護膜材料耐熱性也將面臨嚴重之考驗，感光型聚亞醯胺的耐熱性本來就不錯，未來為因應無鉛製程，其耐錫溫度需要在 300°C 以上。

### 三、無鹵材料

溴化物具有良好的耐燃性，且價格低廉，因此常被拿來當作耐燃劑使用，2006 年歐盟將禁止含有鹵素的產品進口，此舉對國內的 PCB 產業衝擊非常大，因為一般的環氧樹脂或壓克力大都需要添加耐燃劑，而有些廠商的感光型聚亞醯胺保護膜如 Mitsui Chemical、KanegaFuchi Chemical 等都有添加耐燃劑，雖然以含磷材料當耐燃劑使用，但未來最終目標仍是無鹵無磷材料。

### 四、良好的機械特性

感光型聚亞醯胺保護膜耐曲折的機械特性包含強度(Tensile Strength)、拉伸率(Elongation)及耐曲折性(Flexibility)，其中以耐曲折性最重要，因為軟板在許多的應用中均需要彎折，尤其是手機的應用上，需要多次反覆彎折，因此耐曲折性在未來是很重要的特性。

---

### 五、平坦性

---

感光型聚亞醯胺保護膜貼合或塗布於銅線路時，在硬化後需保持平坦，如此才能做線路與元件的連結，而一般平坦性是與熱膨脹係數(CTE)及楊氏模數(Young's Modulus)有關，感光型聚亞醯胺保護膜的CTE都較大，一般的高密度基板其銅箔的厚度都非常薄，大約 $9\mu\text{m}$ 以下，因此要保持整體軟板都很平坦並不容易，這也是目前感光型聚亞醯胺保護膜所遇到較大的問題。

### 結語

隨著消費性電子產品強調輕量薄型下，最近幾年軟板產業成長速度驚人；在強調高密度高可靠性及整合功能的需求下，高密度軟性印刷電路板必須要有

更好的耐熱、電性、化性、尺寸安定性及輕薄化等特性，所需之軟板材料也須跟著有所因應及變革。感光型聚亞醯胺保護膜因具有簡化製程、高尺寸安定性及高可靠度等優異特性，能與軟板下層基材無接著劑型軟性基板材料相匹配，是未來軟板產業發展至高密度所不可或缺的原材料之一。最近幾年在許多國際PCB大展如JPCA等均有看到感光型聚亞醯胺保護膜的相關資訊，目前已有許多日本廠商在研究開發，軟板產業在台灣從上游的原材料如雙層板、三層板、保護膜等到下游的通訊顯示器產業的產業供應鏈可謂相當完整，因此發展高密度軟性印刷電路板用之感光型聚亞醯胺保護膜等關鍵性材料，對產業競爭力及軟板材料技術的提升是非常重要的。

### 參考文獻

1. 金進興，“軟性印刷電路板發展趨勢”工業材料，2000年163期 P119-129。
2. 金進興，“高密度軟性基板材料與應用”工業材料，2000年163期 P119-129。
3. 謝添壽，“軟性印刷電路板用可撓式感光型防銹綠漆”電子與材料雜誌14期 P64-70。
4. 金進興，“由2005JPCA SHOW看先進軟性印刷電路板材料之發展”工業材料，2005年226期 P110-119。