

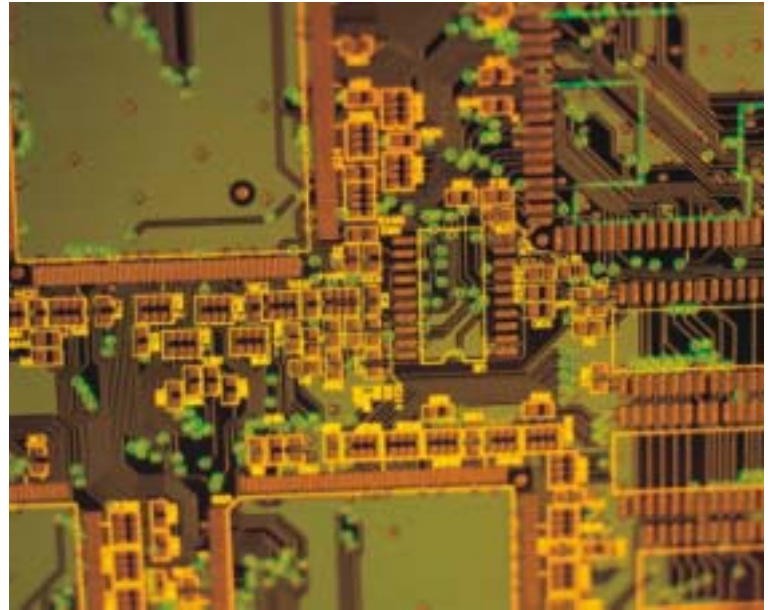
## 積體電路及彩色影像產業發展與用水需求

經濟部工業局 - 施延熙、林宏端、顏振華

工研院節水團 - 盧文俊、林志鴻

### 前言

行政院為國家長遠發展之考量，於九十一年中提出「二八國家發展重點計畫」之政府施政願景藍圖，規劃一項為期六年，包括經濟、人文與生活三個面向之「國家總體建設規劃」。其中在「科技新經濟」方面在未來數年內，將發展核心優勢產業，針對半導體與影像顯示產業等科技產業產值，分別均達到新台幣一兆元之策略目標；經濟部乃積極規劃「兩兆雙星」計畫推動產業發展。



建立一個完善之投資環境是政府不遺餘力之目標，因此水、電及土地等基礎建設之供應便是產業發展之基本需求。有鑑於此，經濟部工業局為避免用水問題成為半導體與影像顯示器「兩兆」產業發展之制約因素，因此積極規劃探討兩兆產業之用水現況與未來用水之需求，以有效掌握產業用水之成長，提供國家水資源整體規劃參考。

### 產業範疇

半導體產品可大致劃分為三大類：分離式元件 (Discret)、積體電路 (IC) 與光電元件 (Optical) 等，其中積體電路佔了半導體近九成的



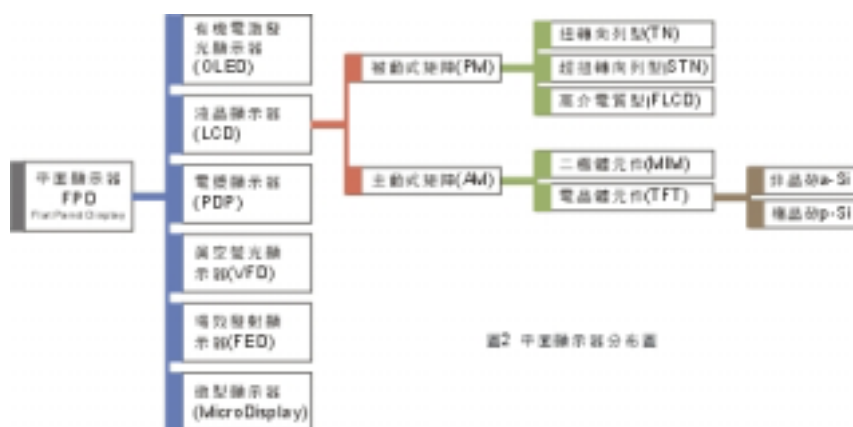
圖1 半導體產品體系

比重，可謂半導體的重心所在。半導體對全球電子產業具有非常大的影響力，而在半導體世界中，積體電路更扮演著舉足輕重的角色，事實上，就目前國內的發展狀況，積體電路幾乎就等於是半導體的代名詞，無論就廠商的知名度或是產值的規模，都遙遙領先其他的光電元件或分離式元件。

根據工業局擬定之新興產業發展政策與方向中，在彩色影像產業方面，初期以平面顯示器為發展主軸，一般來說，平面顯示器勢泛指非映像管（CRT）式的其他顯示器，其中又以液晶顯示器（LCD）最引人矚目。若從整個產業架構來看，在上游部分，包括驅動 IC、玻璃基板、彩色濾光片(Color Filter)、背光模組(Back-Light Unit)及偏光片、配向膜、有機激發光材料等上游關鍵零組件與化學材料；中游即包括面板 (Panel)及模組(Module)等顯示元件及其相關應用為主；下游即包括相關應用產品之組裝及製造。

### 產業用水特性分析

透過上、中、下游關聯產業之工廠用水問卷調查，完成積體電路產業總共回收 53 份問卷，彩色影像產業則回收 29 份問卷，並依照晶圓大小尺寸分成 6 吋、8 吋及 12 吋規格，TFT-LCD 則分成 3 代、3.5 代及 4 代進行產業用水特性分析，以瞭解各產業各種用途別及水量別之結構。



### 1. 用水用途結構分析

工業用水一般指在生產過程中用來製造、加工、冷卻、空調、洗滌、鍋爐及其他用水之總稱。若依工業用水之用途及功能特性，在工業生產過程中之大略可分為間接冷卻用水、產品與半成品或原料清洗用水、空間與生產機械清洗用水、傳輸用水、原料用水、製程用水、鍋爐用水、直接冷卻用水、空調或溫濕度控制用水、生活用水、景觀用水、消防用水、維修用水、營建用水等項，各產業類別水源供給來源比例詳細統計資料如表 1 所示。

### 2. 回收率統計分析

廣義的工業用水回收率，應該是指在確定單元內一定時間中，於生產過程中所使用的重複利用的總回收水量與總用水量之比值，（其中包括冷卻回用水、鍋爐蒸汽冷凝回用水、製程回用水與逐級利用回用水等），其計算公式為(見公式 1)

$$\text{回收率1(重複利用率)} = \frac{\text{總循環水量} + \text{總回用水量}}{\text{工廠總用水量}} \times 100\%$$

一般而言，工廠各類用途中，以間接冷卻水用量最高，由於科技進步提升了濃縮倍率，使得冷卻水塔原始取水量降低，但整個冷卻水循環量相當高，在此情況下，雖提升了整廠用水回收率，但如此高回收率對工廠用水來說，並無值得慶祝的地方，反而缺乏了節約用水的推動力。因此建議將冷卻水循環量扣除再來計算各項指標，將更為實際一些，其計算公式為(見公式 2)

$$\text{回收率2(不含冷卻水塔循環量)} = \frac{\text{總循環水量} + \text{總回用水量} - \text{總冷卻水循環量}}{\text{工廠總用水量} - \text{總冷卻水循環量}} \times 100\%$$

回收率是評價工廠用水效率的重要指標，當工廠製程、產量、員工人數決定後，其總用水量變化不大，要減少工廠原始取水量，唯有增加其回收率。因為回收率是反應工廠用水綜合性指標，有時上無法全面地反應不同用水特性之工廠用水水準與節水潛力，例如：有些工廠製程用水所佔之比例較大，而有些工廠是以生活用水為主，而目前生活用水的回收率較低，這兩種用水特性不同之工廠，同樣的回收率可能反映的合理用水情形與節水潛力是不同的。

一般而言，間接冷卻用水較製程用水容易回收，其回收率就可能較高，而有些製程用水因為回收技術、經濟效益等因素於目前不可能回收，其回收率就可能較低(見表 2)。

### 3.單位產品用水量分析

單位產品用水量是評價工業用水效率較科學與合理的方法，有了這一指標能使工業用水管理部門較科學與合理評價用水效率，同樣產品的可比較性也較強。

積體電路產業將以晶圓製造業為主要分析對象，並分為 6 吋、8 吋及 12 吋；在彩色影像產業將以薄膜液晶顯示器(TFT LCD)為主要分析對象，並分為 3 代、3.5 代及 4 代等不同尺寸之工廠，並探討與推估 12 吋晶圓廠與 4.5 代以上之用水量。

目前國內 6 吋及 8 吋之晶圓廠數目及技術都已經達到穩定及量產的階段，每片晶圓產品所需自來水用量都有經驗值可供參考，本研究分析所得數據透過與工廠實地訪問討論後，建議 6 吋及 8 吋晶圓廠單位產品用水量採用 1.46 及 2.53 m<sup>3</sup>/片。

至於國內之 12 吋晶圓廠均在試產中，其生產規模均未邁入經濟生產規模，因此單位產品用水量偏高，尚不足以代表 12 吋晶圓之單位產品自來水用量，因此本研究參考與目前 8 吋產品與生產之差異，並於實際拜訪相關 12 吋晶圓廠了解相關用水需求後，以 4.07-7.12m<sup>3</sup>/片之自來水用量進行推估未來用水(見表 3)。

薄膜液晶顯示器業未來以 5 代廠為主要規劃設廠標的，由於 5 代廠均尚在規劃與建廠中，因此本研究根據現況資料中較具生產規模之 3.5 代廠之面板廠與濾光片廠為推估基準，根據其與 5 代廠之產品差異(如面板尺寸)進行推估單位自來水用量，同時參考實際相關建廠廠商及國外相關資料(如韓國 Samsung 三星、LG-Philips 樂金 5 代廠)見表 4。

表2 回收率現況分析

| 業別名稱        | 回收率1% | 回收率2% |
|-------------|-------|-------|
| 5吋晶圓半導體材料業  | 49.15 | 39.93 |
| 8吋晶圓半導體材料業  | 49.99 | 35.89 |
| 設計業         | 51.51 | 35.86 |
| 光罩業         | 44.72 | 19.11 |
| 6吋晶圓製造業     | 97.96 | 54.86 |
| 8吋晶圓製造業     | 96.68 | 70.77 |
| 12吋晶圓製造業    | 97.35 | 70.58 |
| 封裝業         | 66.09 | 34.17 |
| 測試業         | 91.00 | 0.00  |
| 光電元件業       | 54.19 | 36.73 |
| 3代TFT       | 91.02 | 46.82 |
| 3.5TFT      | 92.62 | 65.05 |
| 4代TFT       | 97.70 | 59.59 |
| STN         | 66.57 | 5.65  |
| COLORFILTER | 88.94 | 53.30 |
| OLED        | 86.47 | 54.41 |
| PDP         | 98.46 | 12.91 |
| LCM         | 47.14 | 18.86 |

表3 晶圓製造業單位產品自來水用量一覽表

| 尺寸  | 平均值(m <sup>3</sup> /片) | 最大(m <sup>3</sup> /片) | 最小(m <sup>3</sup> /片) |
|-----|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 6吋  | 1.460                  | 3.333                 | 0.744                 |
| 8吋  | 3.297                  | 17.49                 | 0.798                 |
| 12吋 | 15.433                 | 6.684                 | 25.914                |

表4 薄膜液晶顯示器業單位產品自來水用量一覽表

面板部分：每片  
基板約需 3.19-  
5.83 m<sup>3</sup>/片。

|     | 尺寸   | 平均值(m <sup>3</sup> /片) | 最大(m <sup>3</sup> /片) | 最小(m <sup>3</sup> /片) |
|-----|------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 面板  | 3代   | 2.029                  | 2.458                 | 1.487                 |
|     | 3.5代 | 1.966                  | 2.766                 | 1.081                 |
|     | 4代   | 2.058                  | 3.846                 | 1.450                 |
| 濾光片 | 3.5代 | 1.436                  | 1.773                 | 0.895                 |

濾光片部分：每  
片基板約需 2.63-4.26 m<sup>3</sup>/片。

### 需水量分析與預測

為了掌握未來積體電路與彩色影像產業之實際用水需求，依據產業未來發展趨勢及單位產品用水量資料，進行未來五年產業需水量推估，作為工業主管機關及水資源管理機關在規劃相關產業發展及水資源開發與調配時之參考。

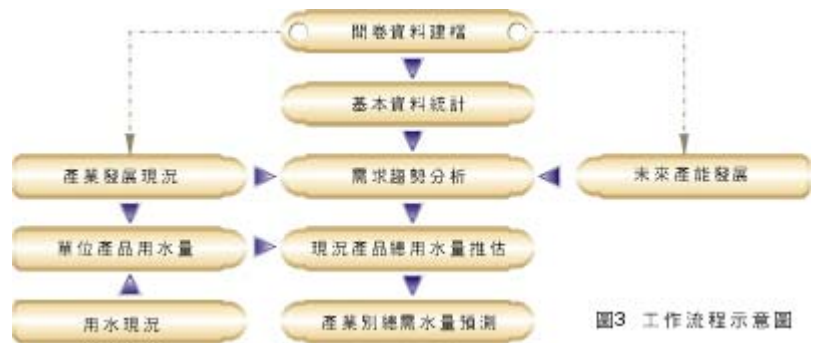


圖3 工作流程示意圖

### 1. 產業發展趨勢分析

由於半導體景氣復甦延緩，衝擊 12 吋晶圓廠投資腳步放慢，在未達市場經濟規模下，生產技術成熟度所花費時間比預期拉長，預計至少待 2005 年以後才可望逐漸發展成技術主流。

台積電原預計今年在竹科與南科各投資興建一座 12 吋晶圓廠，不過，受到景氣復甦不如預期，兩座廠投資計畫僅竹科完成「蓋殼」，南科還按兵不動，竹科土木工程承包廠商已撤走，顯示後續內部工程及裝機時程暫緩。聯電在南科、新加坡 12 吋廠投資腳步也比預期晚；旺宏、華邦投資興建 12 吋廠也改口無明確時間表。

在 12 吋晶圓廠方面目前已開始試產或量產為台積電 FAB12、聯電 12A、力晶 FAB2 及茂德 FAB2 等 4 廠，此外已宣佈或將規劃生產之廠商如表 5。

在薄膜液晶顯示器方面，未來興建之產能均以五代廠（即生產 1000mmX1000mm 以上之液晶面板及濾光片）為主，如表 6 及表 7。

### 1.需水量推估預測

在 IC 產業用水方面（主要針對晶圓製造廠），在半導體景氣能持續復甦同時配合 12 吋晶圓廠商建廠

表6 國內五代廠面板廠之生產規劃一覽表

| 廠商 | 規劃      | 尺寸        | 產能  | 裝機                | Phase   |
|----|---------|-----------|-----|-------------------|---------|
| 彩晶 | 2002/3Q | 1150x1300 | 30K | 2003/6            | I / II  |
| 華映 | 2002/1Q | 1100x1250 | 40K | 2003/6            | I / II  |
| 友達 | 2002/1Q | 1100x1250 | 40K | 2003/2            | I / II  |
| 廣輝 | 2002/1Q | 1100x1250 | 30K | 2002/10<br>2002/6 | I<br>II |
| 奇美 | 2002/3Q | 1100x1250 | 40K | 2003/8<br>2003/12 | I<br>II |
| 統寶 | 2000/4Q | 1100x1250 | 30K | 2004/6            | I / II  |
| 鴻海 |         | 1100x1250 | 30K | 2003/12           | I       |

資料來源：經濟部影像顯示產業推動辦公室(2002/08)。

表7 國內五代線彩色濾光片與面板廠之搭配關係

| 面板廠 | CF 廠商    | 合作方式  |
|-----|----------|-------|
| 友達  | 友達       | 內製化   |
| 彩晶  | 和森+DNP   |       |
| 華映  | 和森       | 虛擬內製化 |
| 廣輝  | 日本Toppan |       |
| 奇美  | 奇美與DNP合資 | 內製化   |

資料來源：工研院投資中心（2002/08）。

（產能）規劃預期下，IC 產業用水需求量將由 91 年第三季 60,987CMD 逐年增加，民國 94 年用水需求約為 142,937CMD，最終將達到 152,082CMD，整體產業用水之未來五年推估如下圖 4 所示。

在 CI 產業用水方面（主要針對薄膜液晶顯示器 TFT LCD），配合廠商產能規劃，並假設 5 代廠之彩色濾光片均在國內生產，CI 產業用水需求量將由 91 年第三季 49,000CMD 逐年增加，民國 92 年因 4.5 及 5 代廠陸續量產，用水量大幅提昇至 110,000CMD 以上，最終將達到 160,000CMD 以上，因此整體產業用水之未來五年推估如下圖 5。

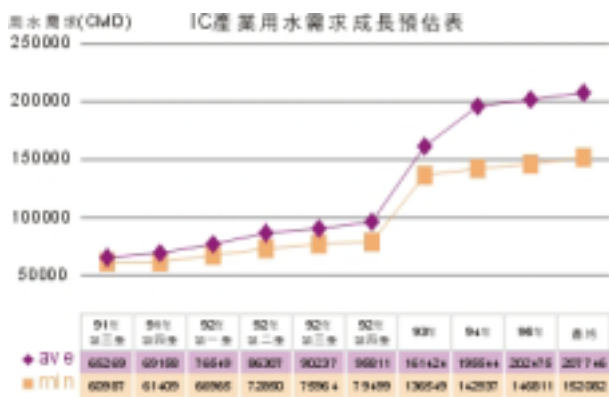


圖4 IC產業用水需求推估圖

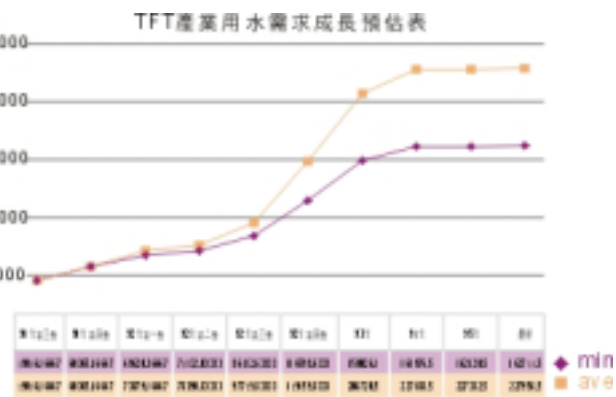


圖5 薄膜液晶顯示器產業用水推估圖

## 結語

積體電路與影像顯示產業在未來數年內係「科技新經濟」之發展核心優勢產業，其創造之產值分別均達到新台幣一兆元之目標。

而此二產業具高度產業群聚效應，未來新設工廠多集中在桃園（華亞、渴望園區）、新竹（竹科、新竹）、苗栗（竹科四期）、台南（南科、南科技）等地區，而這兩個產業未來用水需求將高達 30 萬 CMD 以上，為避免造成用水排擠或受到水電等基礎建設無法充分滿足而影響產業發展，工業主管機關與水資源主管機關必須儘早規劃並謀求解決

之道。

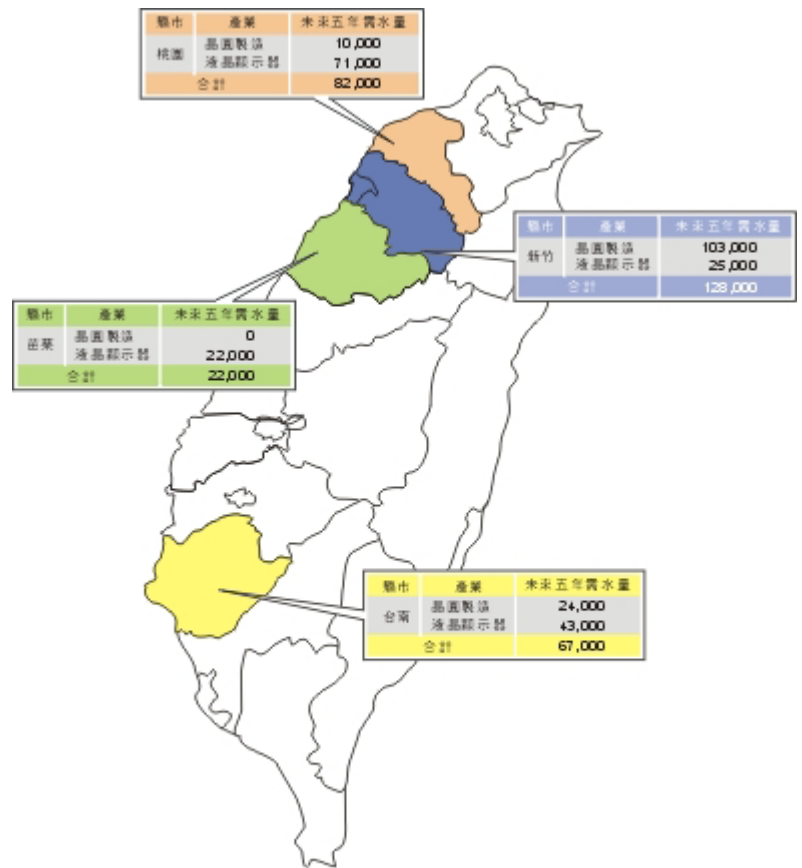


圖6 IC晶圓與TFT-LCD產業主要分布圖