

相同的介面，便不論記憶體的工藝性質差異。總而言之不管介面如何，FRAM記憶體的內部設計及操作，在某種意義上來說更相似於DRAM，具有類似於DRAM的讀寫操作性能。

#### 系統擷取應用

當前FRAM記憶體產品的應用可分為二大類型，第一是資料擷取，在這種應用中，FRAM在系統內部收集並儲存資料，最終的系統可能是一個資料擷取產品，也可能是一個基於內部資料擷取功能為核心的其他系統類型。FRAM記憶體的特點有時允許系統收集到在以前曾經丟失的資料。

#### 改進性能降低成本

第二是用戶透過應用FRAM改進系統性能和降低生產成本，較短的寫入時間能讓用戶快速地在系統中或在裝配線上編程晶片。在系統中，FRAM可以簡化系統及軟體設計，使得新產品更快地進入市場；在裝配線上，由於EEPROM長的初始編程時間會增加成本，因此FRAM的優勢便更加明顯。

#### FRAM在資料擷取系統應用優勢

在資料獲取系統應用中，透過FRAM快速的寫入能力，系統性能會得到提升，系統可以選擇收集更多的資料類型、或以更高頻率收集資料。此時一些記憶體的優點會轉變為直接而明顯的系統優點，例如快速的寫入週期能讓系統在更短的時間內收集到更多的資料，不過系統的一些優點也不會那麼明顯。

以下簡要說明在資料獲取應用中FRAM系統的優點：

#### 供電故障

任何非揮發性記憶體能儲存配置資料。然而，配置資料改變和供電故障同時發生是可能的，此時FRAM更高的寫入壽命，將可不受限制地記錄變化的資料，任何時候系統狀態的變化，FRAM均能寫下

系統新的狀態，這樣就可以讓系統還能於喪失電源時、在有限的短時間內將資料寫入記憶體。

#### 高雜訊環境應用

在雜訊環境中寫入EEPROM時，操作會變得很複雜。當嚴重雜訊或電源波動出現時，EEPROM較長的寫入操作時間，會在寫入過程中產生抗干擾能力低的時間間隙，導致寫入操作遭到破壞。FRAM的快速寫入操作能在100ns內完成，相對於雜訊和電源波動，這個寫入時間特別地短，因此並不會干擾到。

#### RF/ID

在非接觸式記憶體應用領域，FRAM可提供不錯的解決方案。一旦RF/ID記憶體透過射頻（RF）電場供應電源，FRAM記憶體可作為合適多功能晶片RF/ID（無線智慧卡）的搭配產品。

#### 診斷與維修

在複雜系統中，營運的歷史資料和發生故障期間的系統狀態資料，都是重要的內容。當這些資訊被記錄下來後，尋找修理故障和維護的作業流程會加速進行。由於FRAM具備次數多的寫入能力，能夠滿足繁瑣的系統記錄需求，從工作站到工業處理控制等不同的系統，都能從FRAM中獲得益處。

#### 結論

FRAM是一項能滿足下一代儲存需求的技術。在接下來幾年，幾個新的供應商將會進入市場，儲存密度也將不斷持續提升。FRAM更廣泛的應用領域正在擴展當中。越來越多的例子顯現出，FRAM將成為儲存主流之一，逐漸替換現有的記憶體，並且增加和改進資料的讀取與寫入技術。FRAM正提供了其他記憶體解決方案無法滿足的優勢。

# 微水刀雷射晶圓切割技術探微

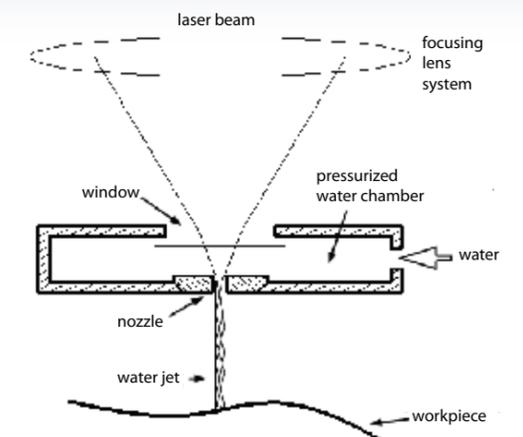
## 以不同距離、進刀速度和傾斜角度切割金屬薄板之研究

Jyria Porter、Yrjo Louhisalmi、Jussi Karjalainen

此項研究討論使用微水刀雷射、以不同距離、進刀速度和傾斜角度，切割金屬薄板。微水刀雷射制程中，雷射光束被聚焦到水射流中，藉由水流將光束能量傳遞到工件上。因此無需任何聚焦控制。然而，其大部分應用為平面切割，故此優勢並未得以體現。就討論中的雷射參數、水射流壓力及直徑而言，50毫米的數值被認為是切割普通以及傾斜表面之切割距離的相對可靠上限。除了水射流吸收部分雷射光束能量外，發現水射流易受干擾之影響。水射流引起的試樣振動也阻礙了切割的延續性。

在傳統雷射切割中，切割頭距離工件的距離必須保持正確的遠近以確保雷射光束的聚焦以及切割氣體的有效傳送。為此，需要一個聚焦控制系統和數個運動軸來跟隨工件運動。微水刀雷射以一種截然不同的方式完成切割工作。雷射光束穿過加壓水腔聚焦，並被導入水射流中，如(圖一)所示。水射流通過內部全反射將雷射光束引導至工件上，從而使切割在一定的距離之外進行，無需Z軸運動。這樣的話，沿Z軸方向較高高度的三維元件，在處理時無需使用五軸雷射光束控制頭或聚焦控制系統[1]。

髮絲粗細的水射流，與傳統切割頭不同，擁有觸及狹窄凹縫的優勢。此外，即使遇到沿Z軸方向突然的突起時，也沒有與工件相撞的危險。然而，該發明大部分應用在平面切割，水射流僅用於冷卻和廢料排除。除了切割矽晶圓以外，目前在金屬切割方面的應用為PCB板錫膏印刷鋼網，鐵氧體磁芯開氣隙，和用來擴張堵塞血管的醫療支架。製造商已在很多會議論文和出版文字中作過這些說明。此項獨立工作研究以各種不同距離、進刀速度和傾斜角度



圖一 微水刀雷射之工作原理

切割金屬薄片；為處理已成形金屬物件，如機械零件等必須知道的變數[2, 3]。

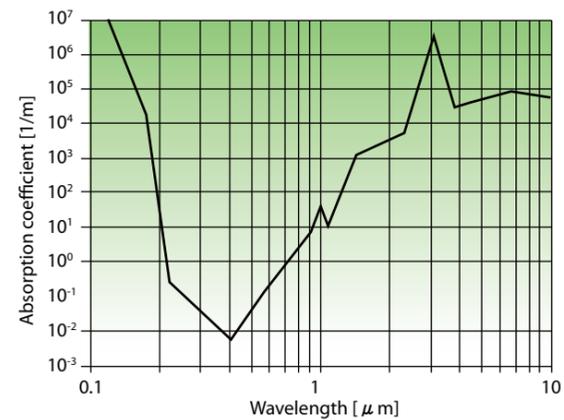
#### 原理

微水刀雷射使用脈衝性質良好的Nd:YAG雷射。製造商認為當雷射接觸工件時，雷射脈衝形成等離子，立即將高壓水射流從工件上分離開。每個脈衝過後，水射流冷卻表面，並用相對切割氣體而言更

小卻更集中的力量排出切割廢料。

切割距離受到穩定的水射流長度以及水和雷射光束之間相互作用的制約。水射流長度主要取決於噴嘴直徑和水壓。製造商認為：直徑100微米的噴嘴，在水壓為25MPa時，可產生200毫米長的水射流，而直徑50微米的噴嘴在50MPa時則產生100毫米水射流[1]。

當考慮最初雷射功率中有多少傳輸到工件上時，水射流對光的吸收是一個重要因素。(圖二)大致上說明了純水作為雷射波長功能的吸收係數[4, 5, 6]



圖二 水比波長之吸收係數

Nd:YAG雷射的吸收係數如下：

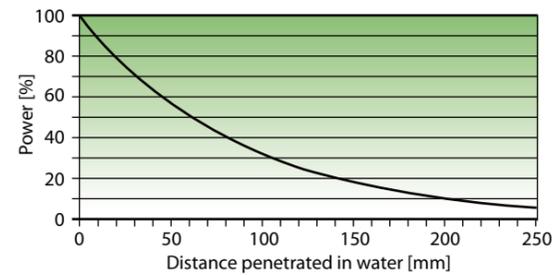
- 11.4 m<sup>-1</sup> @ 1064 nm
- 0.05 m<sup>-1</sup> @ 532 nm
- 0.02 m<sup>-1</sup> @ 355 nm

運用Beer-Lambert's 公式，可以計算最初的雷射能量中有多少實際到達工件上：

$$(公式) P = P_0 e^{-\alpha d} \quad (1)$$

- P 剩餘功率
- P<sub>0</sub> 最初雷射功率
- e Euler 常數, 2.718
- α 吸收係數
- d 進入水的距離

1064奈米波長的剩餘功率，作為進入水的距離的功能，在(圖三)中顯示。波長532奈米和355奈米幾乎不被吸收，因此圖中沒有顯示。然而，由於雷射產生的高強度光，非線性效應也會引起實際損失[7]。



圖三 水吸收後剩餘的雷射功率

### 實驗步驟

目的是研究金屬薄板不同切割距離和傾斜角度的加工效果，主要集中在切割是否可行上。使用的設備是整合了微水刀雷射元件的150瓦1064奈米的脈衝 Nd:YAG雷射和分離的xyz臺面。構架的開放式構建提供了一個很好的觀察切割過程的視角，如(圖四)。



圖四 在ITW-Chemnitz的微水刀雷射

切割0.1和0.2毫米厚的含鋁99%的細條Cu37Zn黃銅和18Cr9Ni不銹鋼，離噴嘴之距離為30、50、70、90和110毫米，進刀速度是25、100和200毫米/分鐘，傾斜角度為0°。在進刀速度和300赫茲雷射脈衝頻率的使用下，每2個脈衝之間的距離分別為1.39微米、5.56微米和11.11微米。當水射流直徑為100微

米時，雷射脈衝重疊多次。為了研究傾斜角度的效果，鋁和不銹鋼細條也以30°和60°的傾斜角度固定住，以100毫米/分鐘的速度以及上面的切割距離切割。傾斜角度以正常工件台面為基準。(圖五)表明細條狀樣品在使用的支撐框架中的架構。框架的總高度為150毫米左右。切割方向是從邊緣開始穿過細條，即沿著等高線。要切割樣品，微水刀雷射噴嘴只在框架上方的xy平面移動。由於空間局限，用傳統雷射進行切割任務將極其困難。而且使傳統雷射在彈性彎曲的工件上聚焦更是困難重重。



圖五 實驗架構

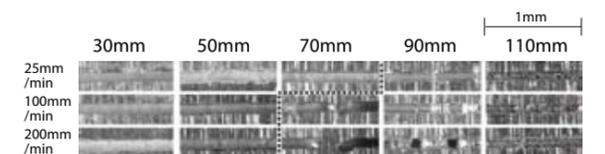
使用的雷射參數見(表一)。給定的功率和能量值只在雷射光源處有效，因為水射流吸收了部分的雷射。將平均功率除以脈衝頻率可以計算出脈衝能量；將脈衝能量除以脈衝長度可算出平均脈衝功

表一 使用的雷射參數		
波長	λ	1064 奈米
平均功率	P <sub>0</sub>	105 瓦
脈衝頻率	f	300 赫茲
脈衝能量	E <sub>p</sub>	0.35 J
脈衝長度	t	0.1 msec
平均脈衝功率	P <sub>p</sub>	3500 瓦
噴嘴直徑	D	120 微米
水射流直徑	d	100 微米
水壓	P <sub>w</sub>	20 毫帕
水射流噴射速度	v	200 米/秒

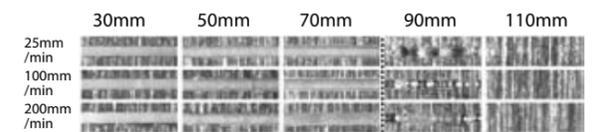
率。由於Vena contracta效應，實際的水射流直徑比噴嘴小。根據製造商的說法，可以使用0.83的乘數。運用Bernoulli針對動態壓力的公式，通過水壓來計算水射流的噴射速度[2]

### 結果與討論

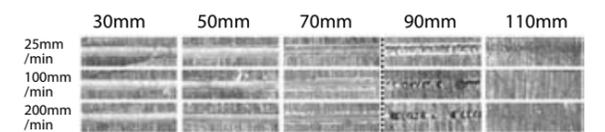
切割道上表面的照片如(圖六)到(圖十六)所示。



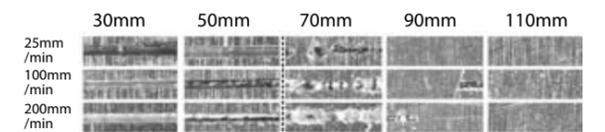
圖六 以不同距離和速度，在傾斜度為0°時，切割0.1毫米鋁



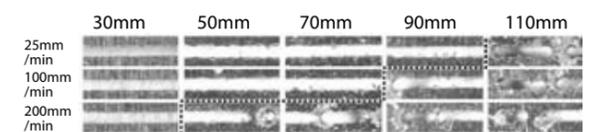
圖七 以不同距離和速度，在傾斜度為0°時，切割0.2毫米鋁



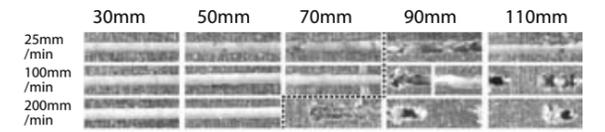
圖八 以不同距離和速度，在傾斜度為0°時，切割0.1毫米黃銅



圖九 以不同距離和速度，在傾斜度為0°時，切割0.2毫米黃銅



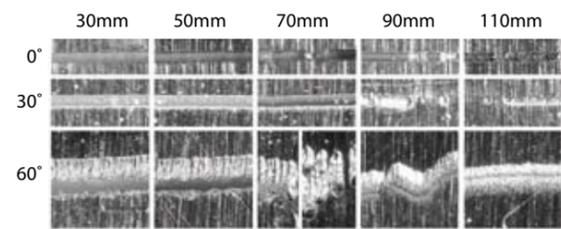
圖十 以不同距離和速度，在傾斜度為0°時，切割0.1毫米不銹鋼



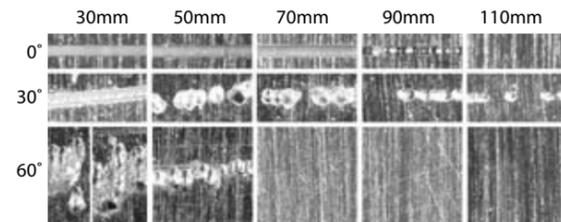
圖十一 以不同距離和速度，在傾斜度為0°時，切割0.2毫米不銹鋼



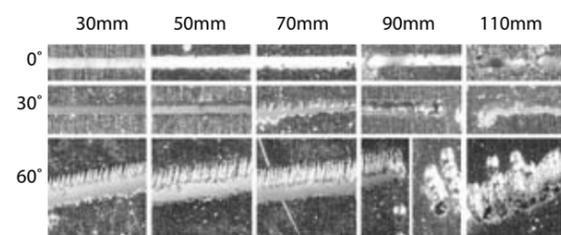
圖十二 快速進刀時，忘記關掉雷射



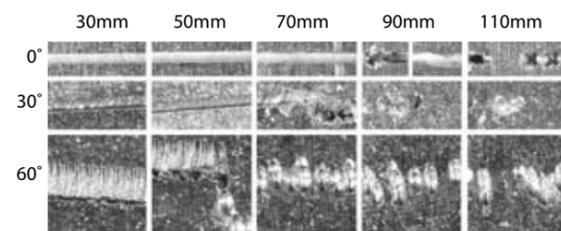
圖十三 以不同距離和傾斜角度，在100毫米/分鐘的切割速度下，切割0.1毫米鋁



圖十四 以不同距離和傾斜角度，在100毫米/分鐘的切割速度下，切割0.2毫米鋁



圖十五 以不同距離和傾斜角度，在100毫米/分鐘的切割速度下，切割0.1毫米不銹鋼



圖十六 以不同距離和傾斜角度，在100毫米/分鐘的切割速度下，切割0.2毫米不銹鋼

將切割距離作為縱列，進刀速度或傾斜角度作為橫行排列。傾斜角度是從正常的工作表面算起的。這些圖像的取景位置能非常好地表現整個切割道。在(圖六)到(圖十一)中，沒有斷線的切割道位於虛線的左邊。毫無疑問，結果只對討論中的雷射參數、水射流直徑和壓力直接有效。然而，結果從某種程度上表示了切割其他金屬的可能性，因為鋁和黃銅對雷射吸收率低且熱傳導性高，故而不容易處理。

總的來說，50毫米似乎是相當可靠的切割距離。除了雷射被水射流吸收外，增長距離會造成水射流的偶爾干擾，這明顯地表現在切割道的不連續性上。這不是所預期的，根據製造商的說法[1]，假定水射流保持穩定的距離長達200毫米。干擾極有可能是由水中的氣泡造成。作為解決方法，非常推薦製造商所提供的除氣機。距離更長問題也更大，這個事實顯示了氣泡雖然沒有大到能暫時干擾水流穿過噴嘴，但會引發水流中的小干擾，慢慢小干擾變大麻煩，導致以後水射流的中斷。即使雷射脈衝也能干擾到水射流[8]。等離子激發的振波向水射流上端傳播可能是另一個干擾源，因為水流速度（200米/秒）比聲音在水裏的速度（1500米/秒）慢得多。

雖然較快的進刀速度展現短小的干擾，表現為切割道的不連續性，在所測試的進刀範圍內，進刀相比切割距離，其產生的影響似乎小得多。眾所周知，所有使用的切割速度使得雷射脈衝多次重疊，這點在實驗步驟部分已做過介紹。(圖十二)顯示了在快速進刀時，忘記關掉雷射的情況下，當進刀突然變快（快到2000毫米/分鐘）時所發生的一切。所討論的材料是0.1毫米不銹鋼，切割距離是30毫米。進刀太快，以至於能在切割道上辨認出每個單獨的脈衝。儘管進刀速度快，每個單獨的脈衝還是能夠穿過材料。然而，不充分的脈衝重疊可能會在材料被

穿透之前，造成熔渣噴濺，並在材料的上端固化。為此，需要脈衝重疊，使水射流順利地穿越材料，排出熔渣。在這個例子中，熔渣固化，堆積的高度離切割道邊緣有70微米左右。同樣的現象可以在(圖十)和(圖十一)的不銹鋼上看到，此時材料必定在切割道不連續之後才被穿越。鋁和黃銅的反應不盡相同，這可能是由於氧化層防止熔渣將自身焊接起來。另一個成因可能是鋼較高的固化溫度，造成熔渣在水射流有時間排除它（液態）之前就固化了。深入研究的課題可能是雷射參數和切割速度對熔渣重新固化的影響。

當切割距離遠到連雷射都無法在工件表面劃線時，就像(圖七)、(圖八)和(圖九)所示的110毫米，減小進刀也不會帶來什麼差別。這說明即使有更多的脈衝重疊時，工件溫度也不會在一個個脈衝之後逐漸升高。所以，水射流必須在雷射脈衝之間有效冷卻工件。水射流在雷射脈衝之間冷卻工件的同時，以下發現說明一些熱量在0.1毫秒雷射脈衝之間或緊隨其後就傳導開了。切入不銹鋼的切割道在遇水時，積聚一層鐵銹，這證明了熱影響區的存在。其他的發現是：當切割距離更遠，遠到剩餘的雷射強度只夠在0.1毫米的樣品表面上劃線時，0.2毫米的樣品常常是完好無損。可以用較厚樣品具有較高的熱傳導性，通過傳導保持表面溫度較低，來解釋這點。以前未出版的研究文獻也發現，切割0.1毫米厚、下側塗有塑膠的銅時，塑膠熔化，熔渣距切割道0.1毫米。可以看見，切割廢料在樣品下邊像飛舞的火花，所以切割廢料也需要一定時間來冷卻。這在製造商撰寫的一些出版的文章插圖中亦能看到[9]。就微水刀雷射而言，雷射參數對熱影響區大小的影響是一個有趣的研究課題。描述水射流、雷射與材料的互相作用的理論性研究則是另一個課題了。

傾斜角度產生的2個最重要的因素是其對雷射強度的影響和穿越薄板的距離。當水射流射到傾斜的表面時，水流和表面的接觸區域從一個圈伸長到一個橢圓。雷射能量降低為其和傾斜角余弦之乘積。這只在切割過程的一開始、工件表面尚且完好無損時是正確的。穿過薄板的距離也取決於傾斜角度的餘弦值。以傾斜60°的表面舉例，穿過薄板的距離加倍了。雷射在水射流裏的內部反射致使雷射非兩極化，所以對雷射能量的吸收影響不大。造成不確定性的因素是相干擾和表面粗糙度，因為它們對吸收有不可預見的影響。穿越氧化物層等表面薄層的光路長度隨著傾斜角度而改變。

另一方面，表面粗糙度可能會通過使表面脊狀物之間多次反射在某個角度更有效，進而影響吸收。如果測試在新近磨過的表面上進行，就可以在盡可能少的干擾因素下，研究傾斜角度的影響。然而，這些試驗卻代表了現實世界的結果。切割參數和結果之間的關係就不那麼直接。當增加傾斜角度，使0.2毫米樣品變得更難切時，傾斜角度對0.1毫米樣品的影響卻似乎較少。傾斜角度對於穿過薄板的距離之影響，相對於較厚的樣品來說，顯然更大。增加傾斜角度也會使重新附著的熔渣堆積在切割道上端的尖銳邊緣。這在(圖十三)到(圖十六)中清晰可見：當傾斜60°時，熔渣固化，堆積高度離切割道邊緣有35微米。

如果沒有樣品振動的話，許多傾斜樣品的切割道肯定會更完美，這些振動使雷射脈衝在一大片區域上擴散開。儘管水射流產生的0.2牛頓的外力相對較小，但像所測試的樣品一樣，靈活的結構應該有更多的支撐。儘管外力小，水射流有非常高的壓力，可能會給較脆弱的材料帶來問題，這點也是值得注意的。

## 結論

由於水吸收了雷射光束能量，1064奈米波長的Nd:YAG雷射並不十分適合於較長水射流的使用。就所討論的雷射參數、水射流直徑和壓力而言，發現50毫米的數值是切割距離的相當可靠的上限。也可以用較短的水射流切割傾斜的表面，水射流將足夠的雷射強度傳遞到工件上。有角度的樣品之偶爾的振動使雷射脈衝擴散在一片大的區域上，阻礙了切割道的連續性。儘管水射流帶來的外力很小，軟性的結構需要支撐來減少振動。由於水射流易受長水射流之干擾的影響，即使小干擾也會致使水射流在下游處斷裂。最後，發現了熔渣的二次附著和熱影響區的痕跡，儘管有水射流的冷卻。表明需要重疊脈衝，使水射流順利地穿過材料以排出熔渣，避免二次附著。增加傾斜角度也會造成一些熔渣的二次附著。

本文由Synova提供

## 參考資料：

- [1]Synova S.A. (2002-2003) The Water Jet Guided Laser. <http://www.synova.ch/pdf/microjet.pdf>
- [2]Richerzhagen B, Housh R, Wagner F, Manley J (2004) Water Jet Guided Laser Cutting: a Powerful Hybrid Technology for Fine Cutting and Grooving. ALAC 2004. Ann Arbor, Michigan, USA, 21.09.2004. <http://www.synova.ch/pdf/ALAC04.pdf>
- [3]Nilsson T, Boillat C, Mabillard G, Housh R, Wagner F, Richerzhagen B (2004) A Technological Leap In Stencil Cutting. On Board Technology 06/2004. <http://www.OnBoard-Technology.com>
- [4]Chaplin, Martin (-2005) Water structure and behavior, Molecular Vibration and Absorption. <http://www.lsbu.ac.uk/water/vibrat.html>

- [5]Sogandares F, Fry E (1997) Absorption spectrum (340-640nm) of pure water. I. Photothermal measurements. Applied Optics 36:8699-8709.
- [6]Nikogosyan D (1997) Properties of Optical and Laser-related Materials. John Wiley & Sons Ltd. Chichester, England.
- [7]Spiegel A, Vago N, Wagner F (2004) High efficiency Raman scattering in micrometer-sized water jets. Optical engineering 43:450-454.
- [8]Couty P, Spiegel A, Vago N, Ugurtas B, Hoffmann P (2004) Laser-induced break-up of water jet waveguide. Experiments in Fluids 36:919-927.
- [9]Richerzhagen B (2002) Industrial applications of the water jet guided laser. The Industrial Laser User 28/2002.



# 2008 Feb. JSTC 會議成果報告

陳淑芬經理/TSIA

2008年2月之JSTC會議於2月20-22日假美國加州紅木市Hotel Sofitel舉行，主辦單位為美國半導體產業協會(SIA)，與會者包括來自台灣、日本、韓國、中國、美國及歐盟的半導體廠商代表。台灣半導體協會(TSIA)由伍道沅執行長及力晶半導體王其國資深副總(TSIA JSTC Chair)率團，成員包括瑞昱半導體黃依璋副總(IP)、台積電劉彥顯律師(IP)、力晶半導體牟科俊顧問(ESH)、華邦電子鄭金河協理(Market)、本會法律顧問Christopher Corr、秘書處高碧穗經理、及筆者。

## 此次JSTC會議之相關重點摘要如下：

### 1.智慧財產權(IP)議題：

瑞昱黃依璋副總及台積電劉彥顯律師代表TSIA出任WSC IP TF主席，任期至2008年5月。此次專案小組(TF)會議於2月20日召開，由2位代表共同主持，黃依璋副總並代表TF於2月21日的JSTC會議中報告會議結論。相關內容如下：

■仿冒問題：如何扼止半導體產品之仿冒仍是會員最關注的焦點之一，繼美國半導體協會(SIA)之後，歐洲半導體協會(ESIA)亦成立了反仿冒專案小組。WSC IP專案小組持續鼓勵WSC各協會之會員向美國及本國海關進行商標登記、並向本國海關及執法機關強調半導體產品仿冒問題的嚴重，同時要求各國應將晶片產品列入海關間之反仿冒合作協議。

■由於Patent Speculator (paten troll)難以定義，會員同意朝專利品質(patent quality)及平等訴訟管道(a level litigation playing field)方向討論。本會針對此議題，於會中提出多項建議，經過WSC會員熱烈的討論，專案小組同意就”專利品質”、”強化專利主管機關之運作”、及與WIPO合作，改善專利搜尋引擎及文件翻譯等議題進一步討論。為此，會員將了解各自國內

專利局之運作情形，並徵詢會員對quality patent之期望等，於下次專案小組會議中報告。

■降低仿冒救濟門檻：美國半導體協會持續對中國之仿冒救濟最低門檻之限制表達關切，中國半導體協會(CSIA)表示會向其政府轉達業界之關心，但因此乃政府之法規問題，因此CSIA無法承諾會有何結果。

■軟體發明之專利保護(Patent Protection for Software Inventions)：美國半導體協會表示，目前英國、中國、印度、越南、及韓國均不接受軟體發明之權利主張。CSIA承諾將與中國軟體協會進一步討論後，於下次會議中報告。

■與環保相關之專利：美國半導體協會建議WSC會員或可公開或分享與環保相關之專利，以呼應最近由IBM等公司發起之Eco-Patent Commons。各協會同意在徵求各自會員意見後，於下次會議中討論。

■Maskwork單一國註冊：美國半導體協會籲請大家支持最近的法規提案，規定Maskwork只需在一個國家註冊即可在任何國家行使權利，專案小組要求美國半導體協會進一步提供資料，於下次會議中討論。

### 2.環安衛(ESH)議題：