

微水刀鐳射科技

無損傷劃片解決方案

Delphine Perrottet, Phil Durrant, and Bernold Richerzhagen, Synova

許多新興器件由薄(200 微米以下)或超薄(最終厚度從 50 到 100 微米之間)晶圓，以及砷化鎵(GaAs)和氮化鎵(GaN)等複合半導體材料製成。對於設備製造商而言，劃片成為難度頗高的工序。由於脆弱的晶圓對機械外力極為敏感，磨削方式已到達其極限。鐳射科技有其優勢，諸如：靈活性高、速度快。如果鐳射的缺陷一較嚴重的熱損傷和污染可以克服的話，那麼它將會為晶片製造商帶來利潤。應運而生的一項解決方案叫做「微水刀鐳射」，被研發用來加工脆弱和敏感的材料，絲毫無損傷。此項技術已證實其在半導體領域用於各類晶圓材料劃片的潛在能力。

微水刀鐳射

1993 年，瑞士洛桑科技大學應用光學研究院的科學家們成功地創造了一種水導鐳射。雷射光束被聚焦到一個噴嘴裏，並穿過一個加壓的水腔。將雷射光束導入低壓微水柱中。從噴嘴處流出的比發絲還細的水柱通過水/空氣之界面的全反射，引導雷射光束，原理類似傳統玻璃光纖。微水柱可被看作是可變換長度的流動光纖(圖一)。

除了引導鐳射，微水柱冷卻工件上被切割和燒熱的部分並與此同時去除熔融材料。一種附加的儀器也被開發用來進一步降低顆粒污染程度。在切割過程中，連續不斷的水層覆蓋在晶圓上，防止顆粒附著在材料表面。在切割後，除去含有熔融顆粒的水層可確保晶圓潔淨；傳統鐳射切割方式必須塗保護層才能避免污染。

低壓微水柱還確保在劃片時不會對工件造成機械損傷。微水刀鐳射有效地處理砷化鎵(GaAs)等脆弱和難以切削的材料，即使厚度小到 50 微米，也能輕鬆應付。此外，切割道寬度與微水柱直徑穩定地保持相等

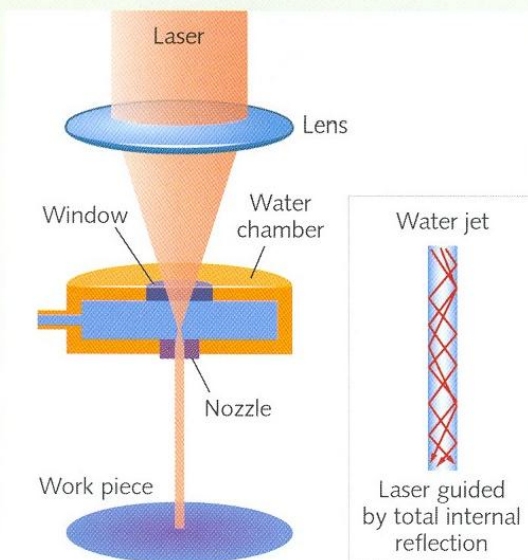
(寬度從 75 到 22 微米不等，由噴嘴直徑決定)。微水刀鐳射的另一優勢則是：由於其速度取決於材料厚度。因此，晶圓越薄切得越快。鑒於無刀具磨損，水的消耗也相當小，微水刀鐳射的使用成本比機械方式更低。而且只要噴嘴對位精準，可持續使用數百小時，不必更換。微水刀鐳射能切出各種形狀；而機械磨削只能作直線切割，形狀的局限性很大。

鐳射劃片

微水刀鐳射的輕柔制程使之極為適合超薄晶圓劃片。即使其加工速度很快也能確保高品質的切割。由於切割道可達 22 微米，所以晶片製造商可以縮小切割道寬度以提升良品率。運用這種加工方式，無微裂口和裂隙產生，機械强度高。多方向切割(多邊形和圓形晶粒)也能完成；還能鑽孔、打標，一機多用。

切割速度受晶圓厚度影響；材料越厚，需要的雷射脈衝能量越大。表一顯示其切割的的典型速度，取決於晶圓厚度。沒有厚度限制，原因在於切割某一厚度晶圓的最大速度取決於鐳射的脈衝重複率、平均功

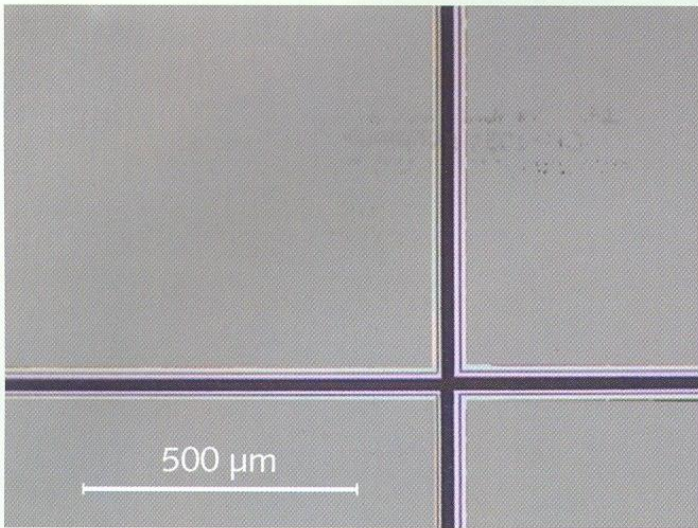
率和峰值功率。目前實際切割過的最小厚度是 50 微米，再薄也可切，且越薄越快；這是晶片製造商而不是劃片工序本身所限制的。



圖一：微水刀鐳射基本原理。

表一：矽材料典型切割速度

Wafer thickness	Typical cutting speed
50µm	200 to 300 mm/s
100µm	100 to 120 mm/s
200µm	50 to 60 mm/s
625µm	15 mm/s



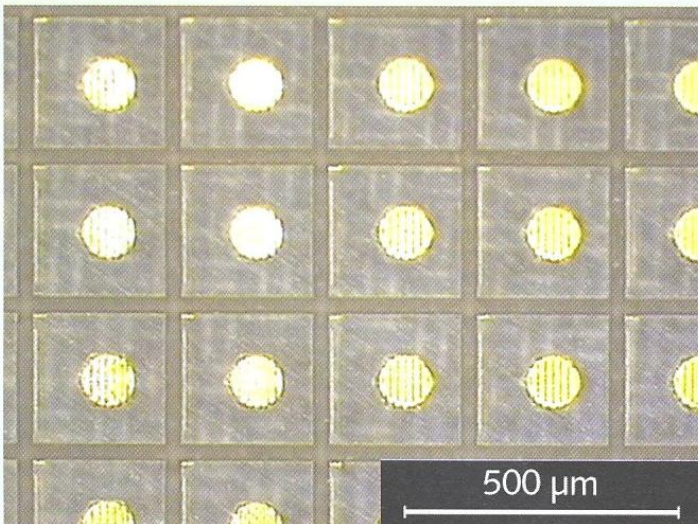
圖二：100 微米厚砷化鎵(GaAs)切割、切穿、無裂隙(切割道寬度：25 微米)。

各類劃片技術比較的另一重要參數是切割邊緣的破壞強度大小，尤其針對超薄晶圓而言。機械變形會導致晶粒破裂。不少研究表明微水刀鐳射對晶圓邊緣造成的損傷遠小於傳統刀片劃片。傳統鐳射因其產生的熱效應，故造成的熱損傷比刀片造成的機械損傷更嚴重(即更微小的外力就足以造成晶粒破裂)。

一種不會被鐳射切穿、卻能讓水流穿過的特殊膠帶已成功研發，用於貼片。目前，已廣泛在生產中使用。

圖二顯示運用這項技術切割砷化鎵(GaAs)的品質。低機械應力和污染度不會造成晶圓裂隙。不同於刀片，微水刀鐳射可以作任何方向的切割。切割這片 100 微米厚的砷化鎵(GaAs)晶圓，須將紅外光纖鐳射(波長 1070 納米，平均功率 35 瓦)導入到微水柱(直徑 23 微米)中。選擇這些參數即可在高速(40 毫米/秒)的狀態下取得高品質切割效果。

對於砷化鎵(GaAs)，安全因素同樣很重要，因為這



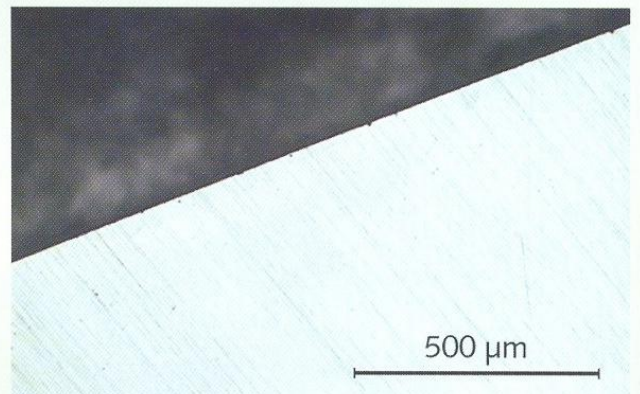
圖三：碳化矽晶圓劃線。(85 微米深度)

種材料含有 51.8% 重量比的砷。微水刀鐳射切割試驗證明在切割過程中，空氣中並未發現砷氣；同傳統鐳射相比，這是極大的進步。所有的砷都集中在廢水裏，廢水經過過濾可迴圈使用。因此，微水刀鐳射切割砷化鎵(GaAs)不需要任何附加的安全系統；而刀片劃片則需要。

微水刀鐳射同樣適用於碳化矽(SiC)晶圓劃片，速度飛快、切割品質佳、使用成本低。但由於碳化矽(SiC)極為堅硬，如果用機械方式，刀片磨損情況是切割矽的刀片的 100 到 500 倍。

圖三是在碳化矽(SiC)上劃深度為 85 微米的線，加工速度為 26.7 毫米/秒。處理此片碳化矽(SiC)晶圓，須將脈衝紫外鐳射(波長 355 奈米，平均功率 7.5 瓦)與直徑為 27 微米的水柱結合起來，實際切割道寬度則為 28 微米。

除了劃片，微水刀鐳射在半導體領域的另一個應用是邊緣磨削，即沿著晶圓邊緣切割或磨削以去除晶圓在背面研磨時累積在邊緣的微裂口，這樣可降低超薄晶圓的破片率。圖四顯示的是超薄矽晶圓的邊緣，該晶圓通過連接膠帶被粘在較厚的支撐矽片上。頂部 100 微米厚的晶圓的外圓切割，選用綠光(波長 532 奈米，平均功率 25 瓦)配合直徑 47 微米的水柱，總的速度可達 65 毫米/秒。



圖四：超薄矽片外圓切割。

結論

微水刀鐳射在晶圓劃片方面應用的結果證實此工序在超薄晶圓和脆弱材料加工方面為傳統切割科技之理想替代者。由於微水柱在鐳射燒熔過程中冷卻切割邊緣，因此熱影響區小到忽略不計。熔融材料及時去除，決不黏著在晶圓表面。切割速度也極快。目前，切割道寬度能達到 22 微米；實驗室裏測試中的新噴嘴能產生直徑為 17 微米的超細水柱。SST-AP/Taiwan