

CMP技術裝置的 最新技術動向

300mm/100nm/銅世代的CMP

文/T s u j i m u r a M a n a b u

前 言

今天，要說整個世界的半導體是以台灣為中心在量產運轉並非言過其實。要向居於這樣重要地方之台灣半導體界朋友及早報告CMP的技術動向，我認為是CMP製造廠商的義務，因此義不容辭接受邀稿投入本篇的撰寫。首先要對給我這個機會的電子月刊和交通大學的葉清發教授致感謝之意。

話說99年發表了International Road Map，全世界都腳步一致地競相開發。從Road Map所透露有關Wet Process的訊息，可看出(1)超平坦化、(2)超埋入性、(3)超洗淨、(4)新材料、(5)大直徑化的趨勢。為了滿足這些性能的要求，只拘泥於以往的Dry Process並不能解決問題。雖然以往有微細化＝清潔化＝超真空化的概念，但CMP出現之後猶如晴天霹靂，Wet Process開始抬頭了。CMP已不再是半導體製程的異類產物了。

為什麼呢？在討論CMP技術之前，在此先對Wet Process的全貌做個總覽，然後再進入CMP。為什麼Wet Process會為人所厭惡呢？Wet Process不管是在製程上，或是裝置

上，都給人一種髒兮兮的印象。其實真的是這樣嗎？

首先來看一下製造的過程。的確CMP的研磨懸浮液看起來是髒髒的。但結果怎樣呢？卻是相當的乾淨。屬於100℃以下低溫過程的Wet Process，縱使表面上看起來像是髒兮兮的，只要確實洗淨的話，事實上可做到相當清潔，該點已被CMP所證實了。類此，在製程上只要具有優勢，那怕是Wet Process，也有受到歡迎的理由。CMP為Wet Process在半導體業界爭得了一席之地的光榮。

然而，重要的裝置又如何呢？這是裝置廠商的責任了。整合氣流設計、洗淨等各種的對策算也解決了些問題。今後就要Wet Process的時代(?)了，有了CMP，不管怎樣，該是和過去忍受勉強湊合、使用的時代永遠告別了吧！

CMP新世代要求的重要特徵依舊是，在機械方面，意識到300mm世代完全引進「Dry in，Dry out」概念，製程方面，意識到100nm世代經由STI、Dual Damascene、銅配線和低介電常數材料的導入等製程的多種類。僅把CMP特別看待的時代已經結束了，與其他

的Dry Process一樣，同時在製程、機械性能上也賦以同等的要求。以下就把CMP的技術做一總結來看。請台灣的元件製造廠商不吝賜教。

CMP裝置的進化簡歷及最新技術

1. 進化簡歷

圖 1 表示Wet裝置的進化。縱軸為技術節點(nm)，橫軸為Wet對Dry Process的比較意象圖。到500nm世代為止，說到Wet的話只是指洗淨而已。從350nm到250nm的世代，CMP剛出現就因為它平坦化的特性而風靡一時。以後CMP氣勢就未止，如同另一種Wet Process廣受採用。圖 2 表示到300mm/100nm/Cu世代為止的CMP變遷的意象圖。

適合使用CMP的地方(參照圖 3)有層間絕緣膜(ILD)、Tungsten Plug(W)、Shallow Trench Isolation(STI)，銅配線也開始實用了。當然，有機系低介電常數材料等的課題仍然堆積如山。

CMP的系統意象在250nm世代大體上可視為已固定了。對300mm世代的觀念也大體已經決定。譬如圖 4 為本公司 CMP系統概念。圖 5 是CMP 系統的Dry in Dry out裝置。

2. 最新技術

雖然早期是從單頭單台面的基本機種開始做CMP裝置，但眼一看現在的機種，已變成圖 6 所示的那樣，為为了提高處理性能而做成多頭化，提高處理性能和應付多種製程改成多台面化。接著是與洗淨設備整合，可說最後各式各樣都到齊了。另外在研磨部分的趨勢上，除了以往的基本形以外，有晶圓越過了中心

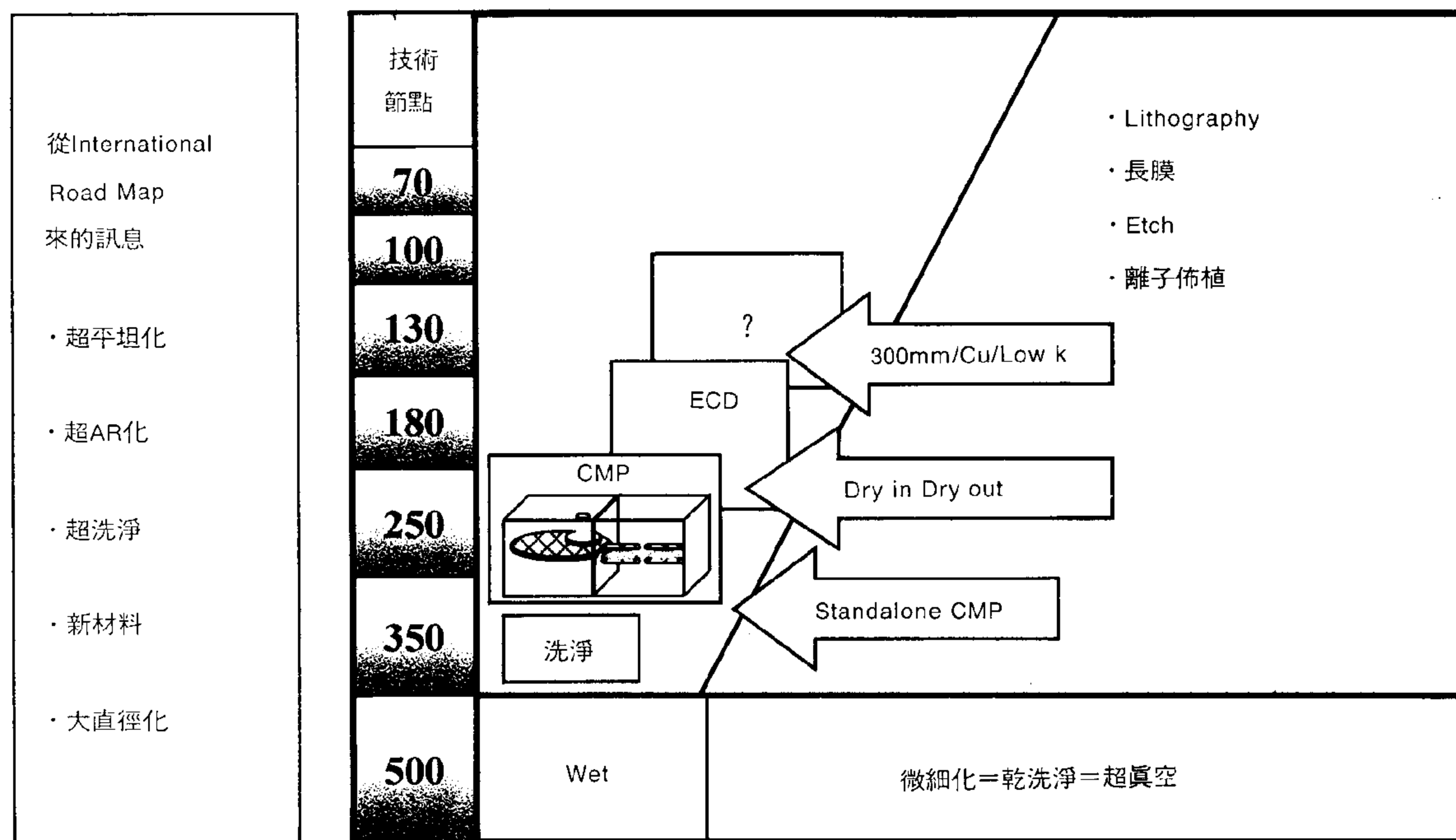


圖 1 Wet裝置的變遷與未來

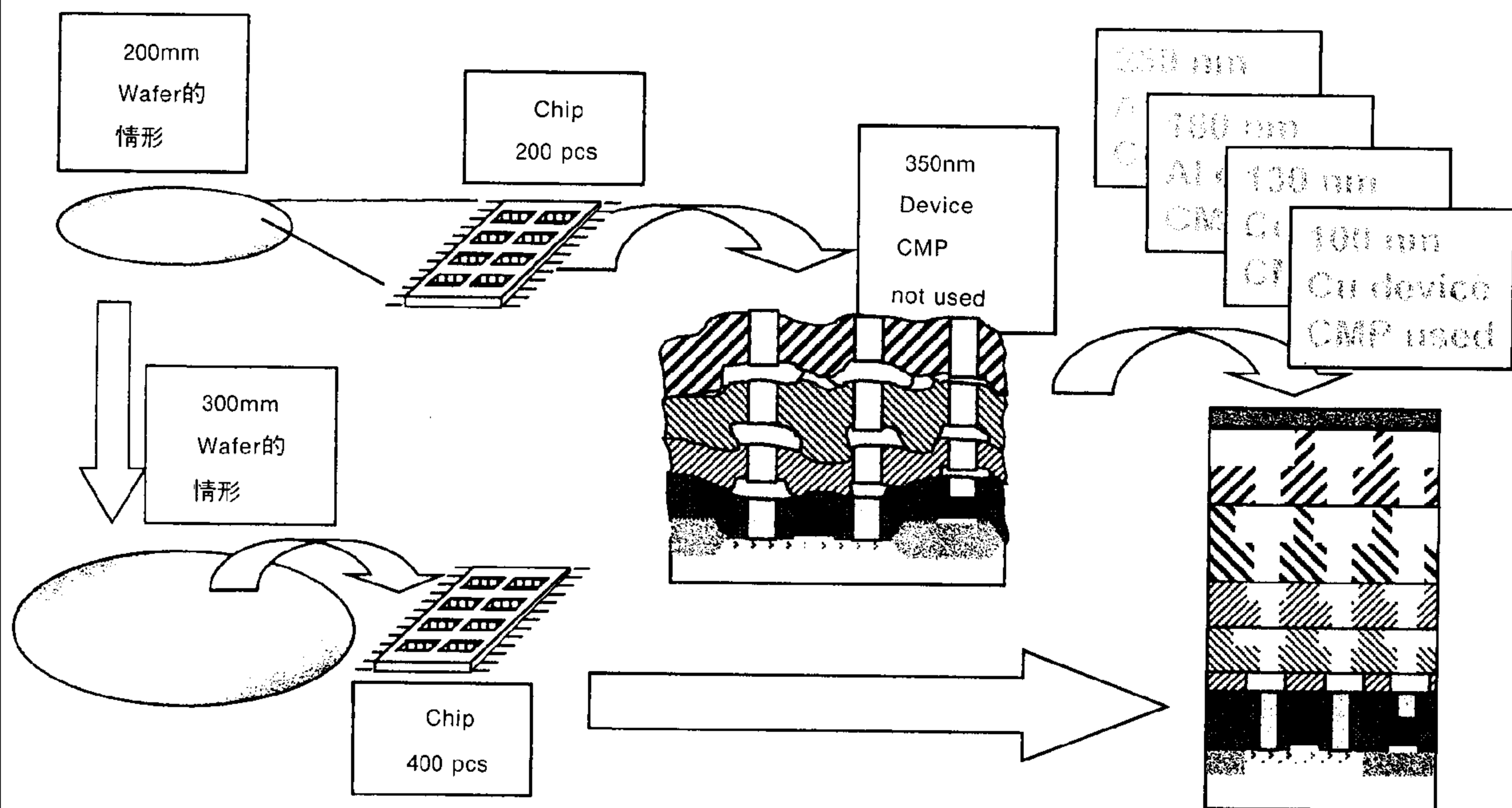


圖 2 CMP裝置的變遷與未來

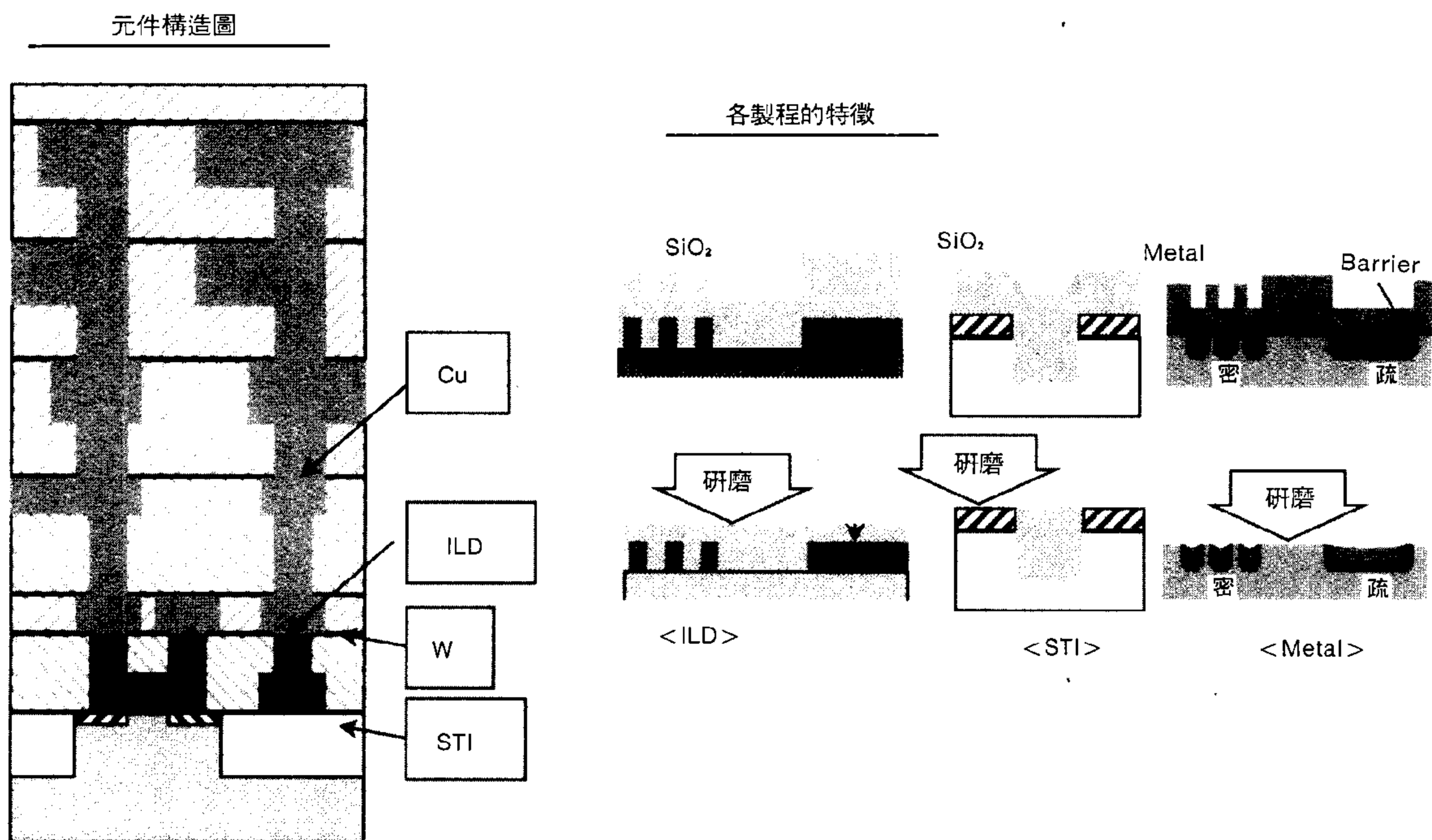


圖 3 採用CMP的製程

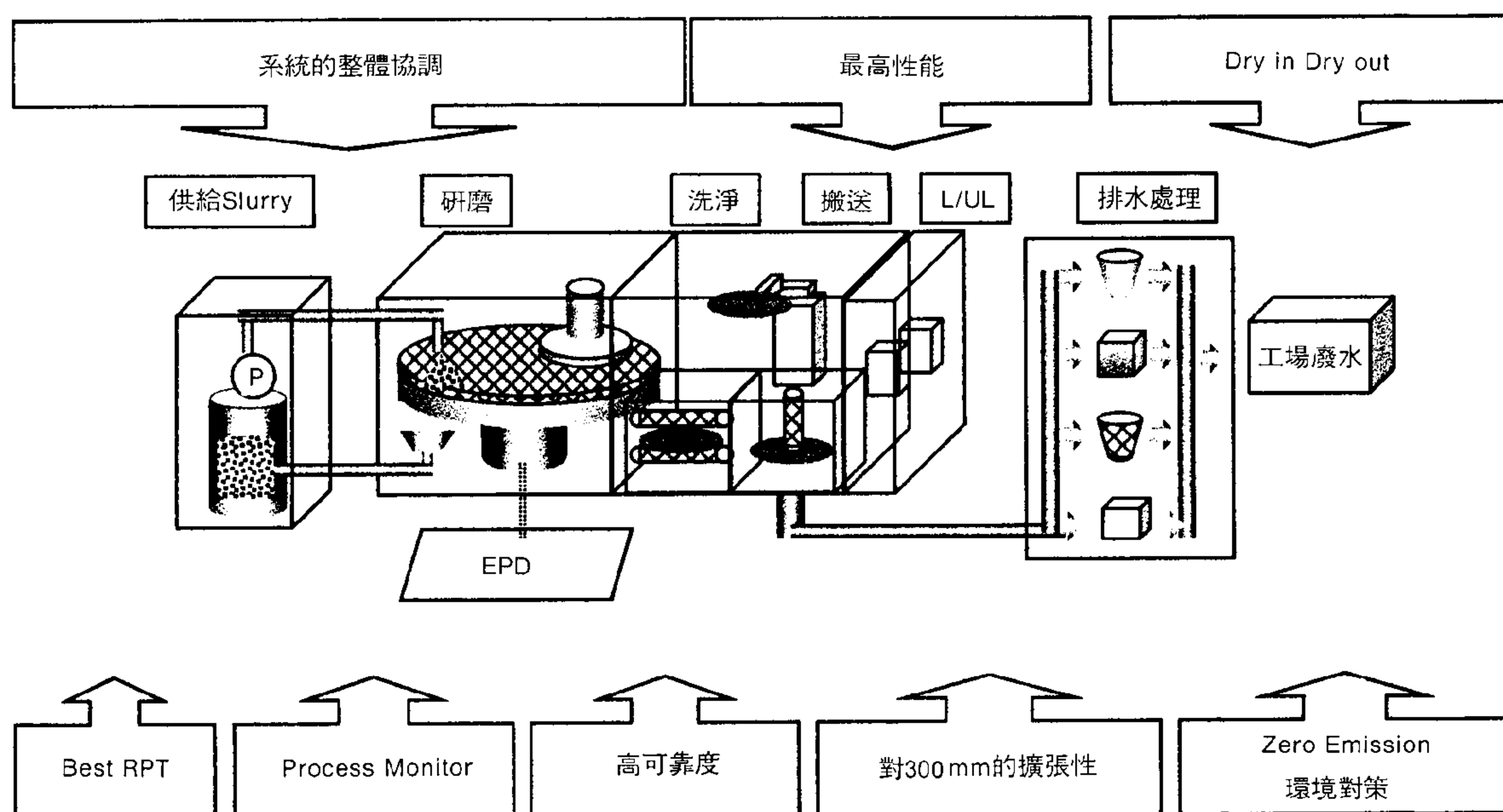


圖 4 CMP系統概念

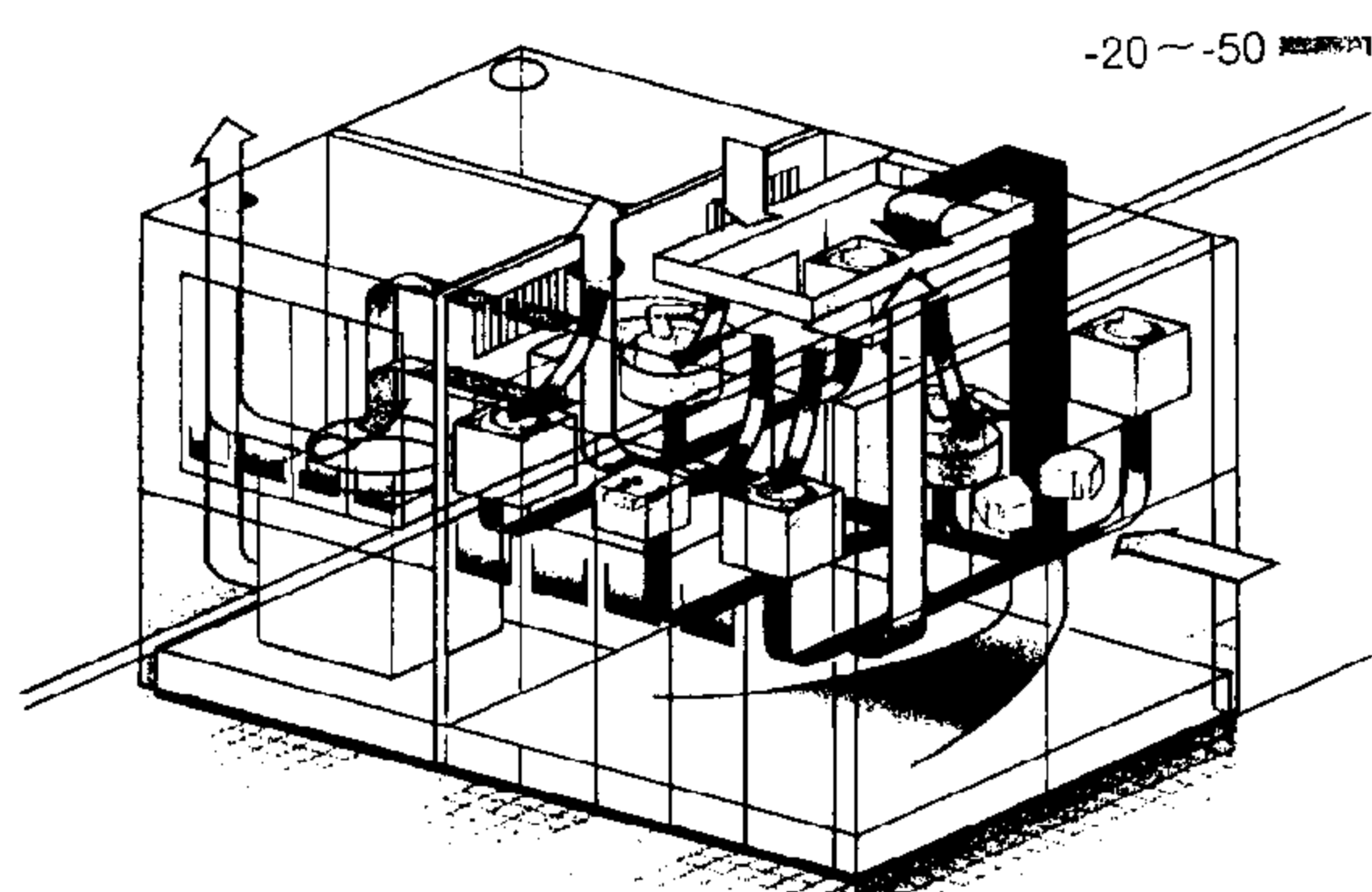


圖 5 Dry in Dry out CMP裝置例

而配置的小直徑台面型(短小精悍化)。除晶圓的直線運動研磨外，也有新的機種陸續出現。雖然後面還要提到監視器，但把它組裝進去也是必要的。Pad 是以固定磨粒型改良，研磨懸浮液也因銅配線用、和STI用加以區分，出現了各種改良的產品。

大直徑化：參照圖 7

300mm用的CMP裝置在250nm世代，大體上已經齊全了。應付300mm的晶圓，主要的重點如下。

1. 最佳化的設計規則及製程

CMP還在朝著各個世代演進，屬於尚未成熟的產品。300mm用的裝置，在什麼世代被採用於什麼製程，是量產用裝置的設計重點。關於製程，參考200mm所完成的結果，找出300mm和200mm的相似性乃是重點所在。

2. 因應迷你環境

CMP製程被多種用途化後，如果要重複的做好各種製程的話，潔淨室的設置乃是必然的要求。「Dry in Dry out」的觀念在200mm世代已完成，已經在各使用者的潔淨室裏開工運作了。另外經由與SMIF系統的相結合，在300mm世代所意識到的迷你環境也已經

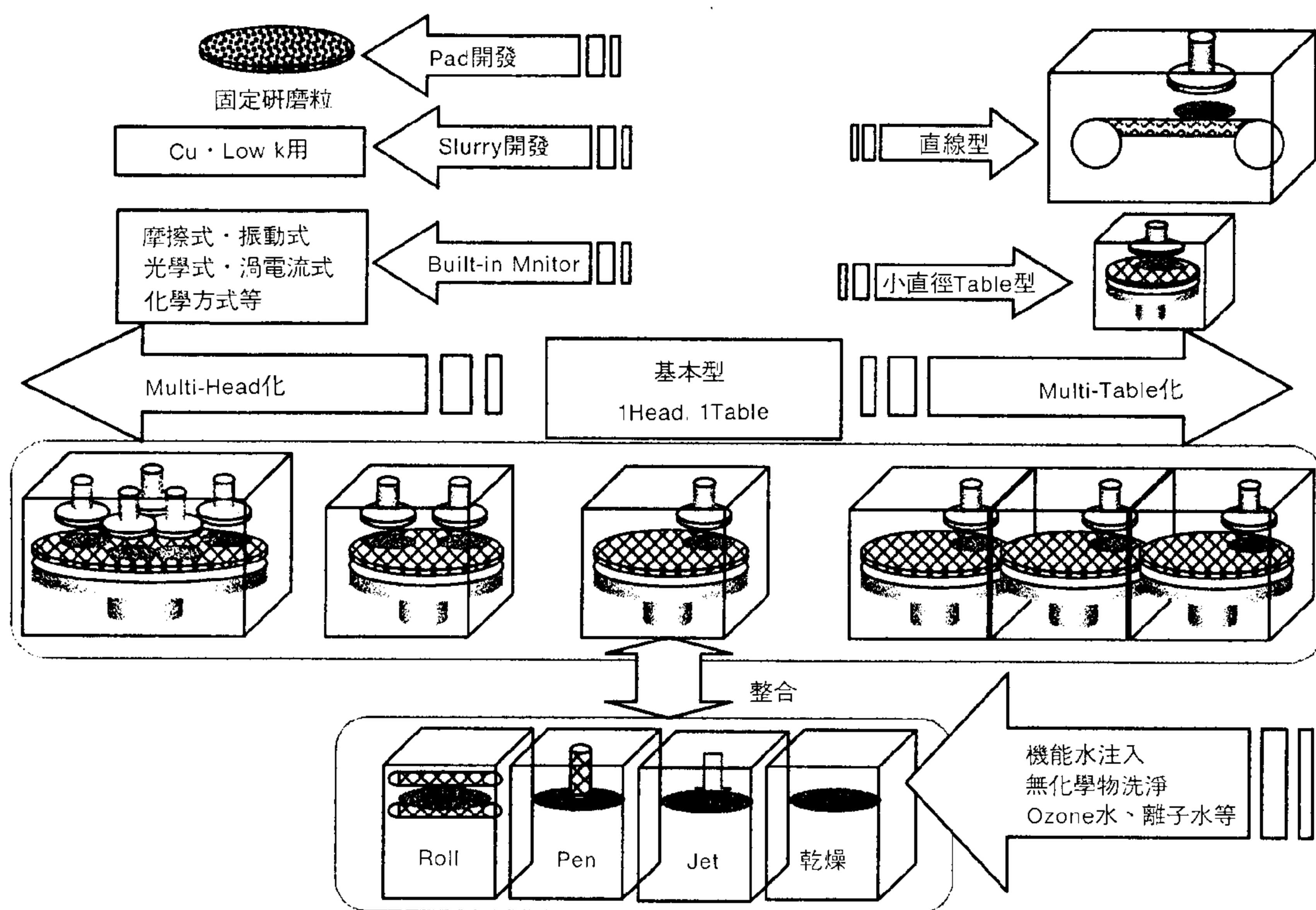


圖 6 以高性能高生產力為目標的裝置種類

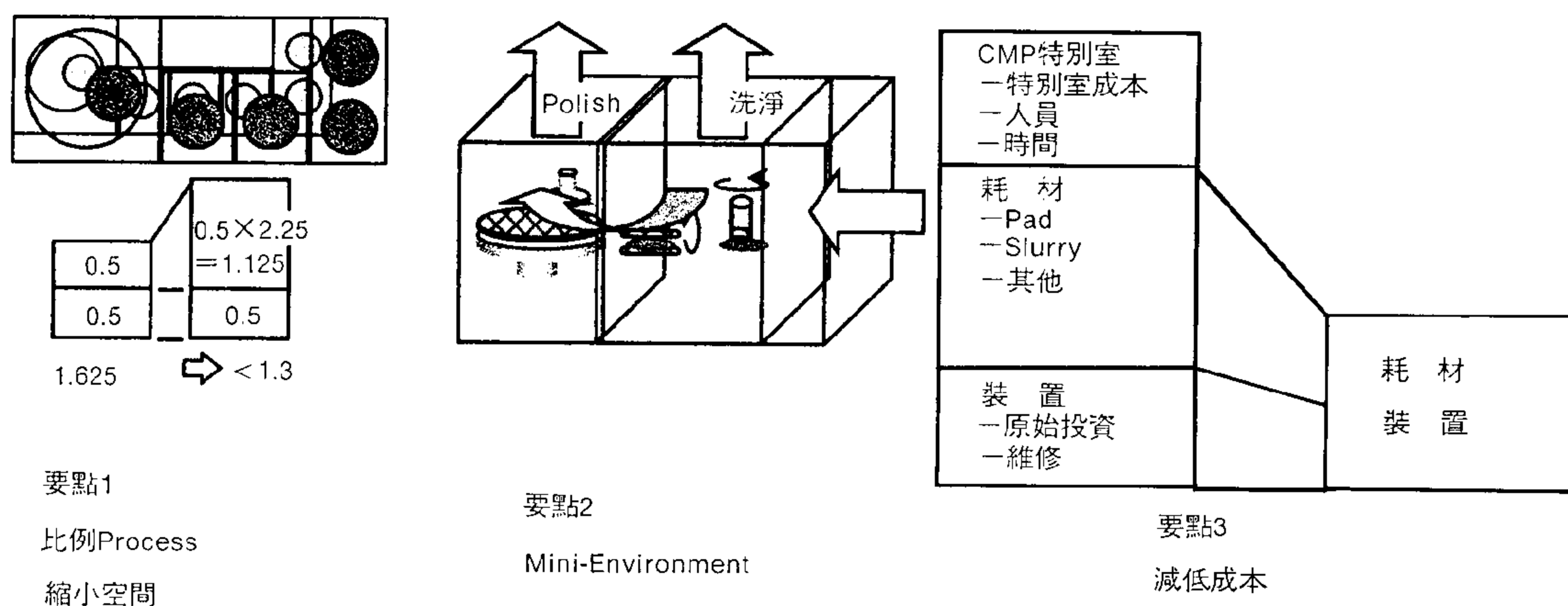


圖 7 300mm CMP設計的要點

在200mm世代中完成了。

3. 成本、尺寸、最小的設計

對提高生產量目標，品圓大直徑化乃是必然的要求，而且要求越來越嚴苛。這種要求

是否將因使用者的目標而滿足呢？

研磨技術

1. 氧化膜：層間絕緣膜、STI

要說層間絕緣膜技術已經成熟並不為過。課題是段差特性的維持、和包含研磨停止時的膜厚管理。去年起，特別是STI用的CMP有顯著的進步。爾後，固定磨石粒等將會是有潛力的技術而受到注目。至於研磨懸浮液則是會於STI用、和氧化膜用之間選出比較有利的，其摩擦性能也得到了改善。

2. Tungsten (W) Plug

可以說W(鎢)用的CMP技術大體上已經完成了。現在以提高生產力為主。

3. 配線CMP

銅配線製程也都大體底定了。以W方面的經驗為基礎，研磨懸浮液也好、研磨Pad也好，各種各樣的都上場了。但是，配線CMP要比上述的層間絕緣膜CMP在段差特性方面更為嚴苛，必須比W Plug CMP更注意凹陷／氧化物侵蝕／腐蝕的發生。目前情況是在研磨懸浮液、Pad無法充分做到的地方就輔以裝置，期望能開發出更好的研磨懸浮液和Pad。從去年起，由於有各種生產者加入，市場變得活潑起來。

洗淨技術

圖 8 表示CMP後洗淨技術的變遷及其未

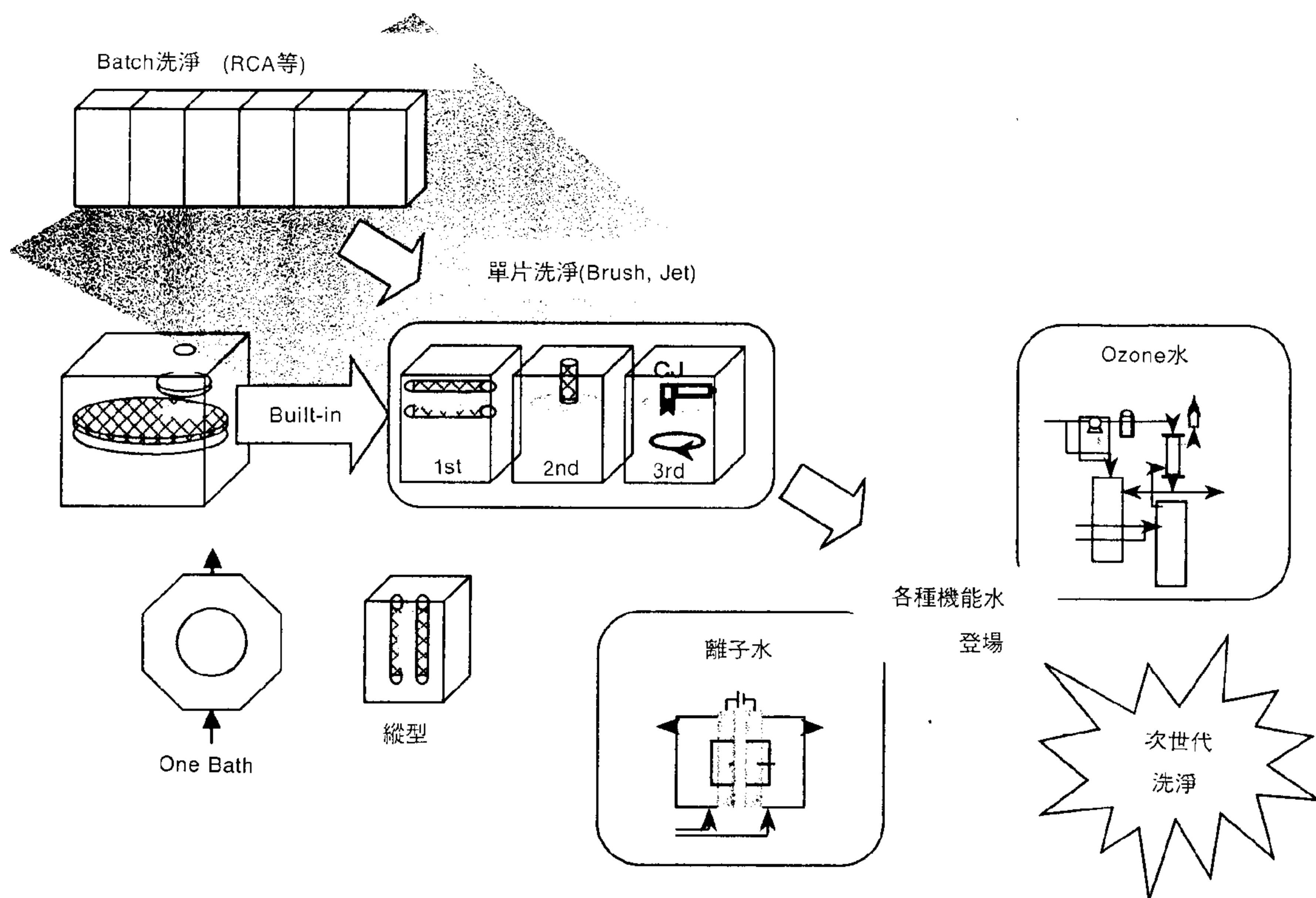


圖 8 CMP後洗淨技術的變遷與未來

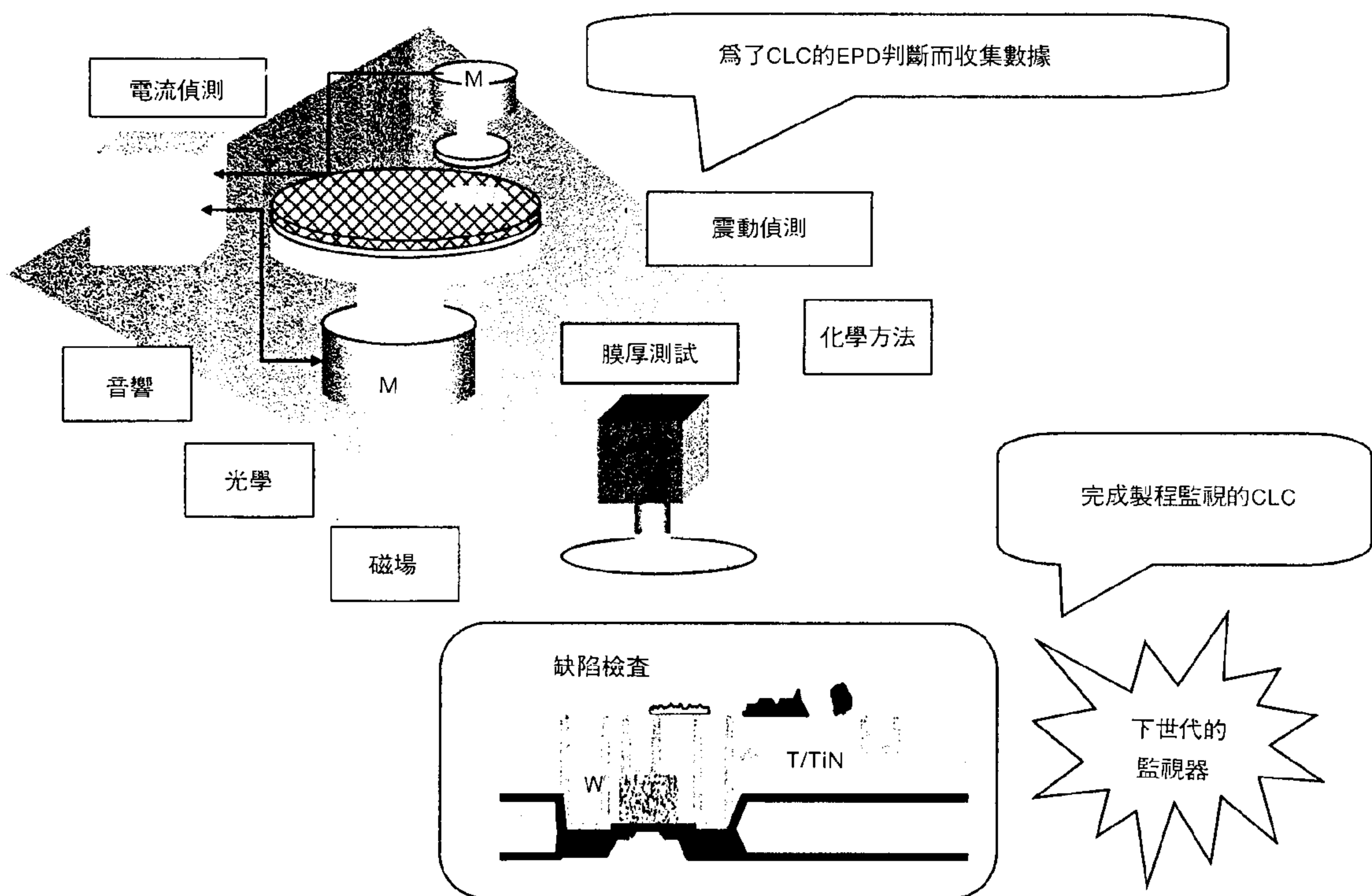


圖 9 CMP製程監視方法的變遷與未來

來。洗淨一向是以批量型為主流，單片清洗型的比較少。在CMP完後，為了去除磨石粒和達到生產連線化的目的，單片清洗型就成了主流。型式上除了刷子式、噴射式、應用超音波等傳統的單片清洗式洗淨方法之外，還加上了注入阿摩尼亞和稀氟酸等藥液，單槽型、縱型等方法也紛紛登場。現在利用臭氧水和離子水等功能水，所謂「無化學物」洗淨法也上場了。

製程監視

圖 9 表示CMP製程監視法的變遷與將來發展。以偵測馬達電流來掌握被研磨材料改變時磨擦力會改變的方法，在Recess製程中，出現了其他以音響變化、震動變化、光學常數變化、磁場變化、化學變化來偵測的各種方法

。在Blind製程，首先出現了生產線上測膜厚的方法，而現在也已經實用化了。不管是什麼製程監視都一樣，本來就是以測試、判斷，來回授自動控制為目的。在CMP的情況是測試後，數據被用來作判斷和回授，而立即應用到自動控制時，對於CMP的製程再現性並不是很好。因此除去一部分的製程，即使對正在加工的物件進行測試，並判斷、回授自動控制，也無法得到好的結果？原因是數據收集的期間太長了。現在不僅對完成品做監視，也增加其他要素來實施測試、判斷、回授自動控制方向。

研磨懸浮液供給和廢液處理技術：參照圖10

有關研磨懸浮液的回收及再使用，除了

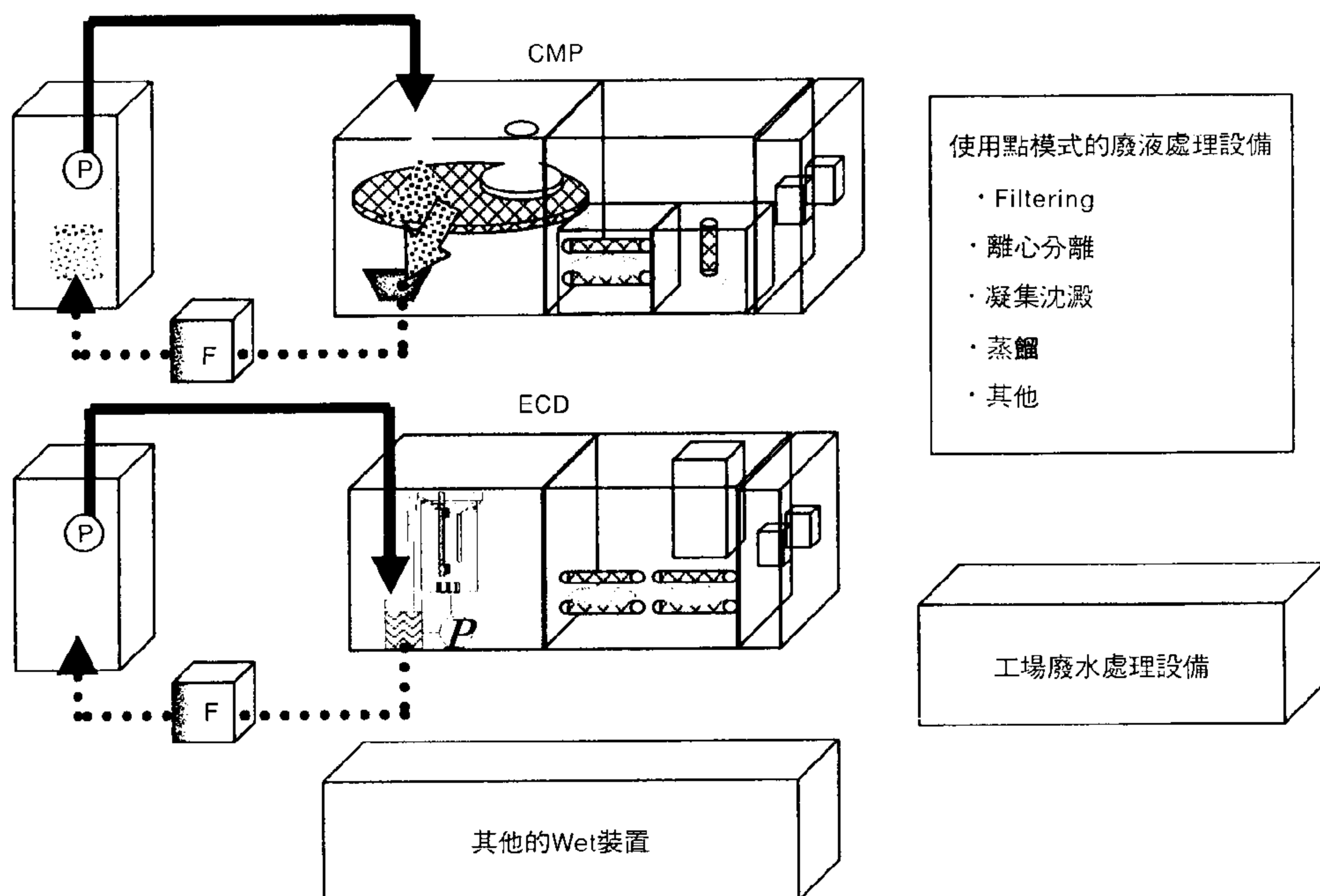


圖10 Slurry、藥液供給、和廢水處理及回收系統

少數的例子之外，並不普及。現在CMP的製程本身還持續改進中，不久的將來，製程成熟的話，各製程中的研磨懸浮液條件之決定，對成本和環境不斷要求下，就會是重要技術了。

隨著CMP的普及，研磨懸浮液的量與種類增加，以往工場設備中不管用的廢液處理技術將漸漸被廢棄，特別是銅配線製程還要求個別的處理。但，這些處理技術已經有許多被實用化了，如何使之配合CMP製程乃是設計要項。「如何放流到廠外去？」的處理和不讓廢液流出去，或者流出去了也要限制在最小量的「Zero Emission觀念」，也必是爾後保護環境的課題。應考慮開發包含純水再利用技術的綜合廢水處理技術。

結語

Wet Process以其無與倫比的優異性能贏

過Dry Process。只要用過一次以後就無法回頭了。今後，濕式製程也和乾式製程一樣享有一席之地，共同的邁進「不再妥協縱容」的時代。不僅是對本來的製程部分而已，必須要使洗淨、藥液供給、廢水處理等全系統都進步。技術開發人員的工作才剛剛開始呢！隨著微細化的進展，年年要求越來越嚴苛，單靠裝置製造廠的努力，要開發是絕不可能的。「需要是發明之母」、「嚴苛的要求是發明之父」。期望朝世界顛峰前進，台灣的諸位使用者今後就如嚴父那樣，不吝惠予關照和指導。❷

作者簡介

Tsujimura Manabu 先生現任職於(株)荏原製作所。經歷為：精密、電子事業本部、副本部長、技術統括室長。