

公告本

申請日期	P1. 4. 26
案 號	P1108726
類 別	H01L 21/30

A4
C4

541607

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、發明名稱	中 文	微影術程序用雷射頻譜工程技術
	英 文	LASER SPECTRAL ENGINEERING FOR LITHOGRAPHIC PROCESS
二、發明人	姓 名	1. 阿爾曼·克羅言 Armen Kroyan 2. 伊凡·拉羅維克 Ivan Lalovic 3. 伊格爾 V. 佛曼柯夫 Igor V. Fomenkov 4. 帕拉許 P. 達斯 Palash P. Das 5. 理察 L. 珊德史壯 Richard L. Sandstrom 6. 約翰 M. 歐格特斯 John M. Algots 7. 克胡爾席德·阿曼德 Khurshid Ahmed
	國 籍	1、俄羅斯 Russia 2、3、4、5、6、美國 U.S.A. 7. 巴基斯坦 Pakistan
三、申請人	住、居所	1. 美國加州拉喬拉市·卡米尼托東懸崖3222號#50 3222 Caminito Eastbluff, #50, La Jolla, CA 92037, U.S.A. 2. 美國加州山景市·高校路800號公寓#241 800 High School Way, Apt#241, Mountain View, CA 94041, U.S.A. 3. 美國加州聖地牙哥市·加納爾路14390號 14390 Janal Way, San Diego, CA 92129, U.S.A. 4. 美國加州維斯塔·帕西歐迪安薩2029號 2029 Paseo De Anza, Vista, CA 92084, U.S.A. 5. 美國加州安席尼塔斯·伯里登徑410號 410 Bidoon Terrace, Encinitas, CA 92024, U.S.A. 6. 美國加州聖地牙哥市·漢德里屈道11795號 11795 Handrich Drive, San Diego, CA 92131, U.S.A. 7. 美國加州聖地牙哥市·吉尼西大道8148號#77 8148 Genesee Avenue, #77, San Diego, CA 92122, U.S.A.
	代 表 人 姓 名	羅伯 P. 艾金斯 ROBERT P. AKINS

裝

訂

線

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大類：
I P C 分類：

A6
B6

本案已向：

美 國 (地 區) 申請專利，申請日期： 案號： , ☒有 ☐無主張優先權

2001,05,11 09/854,097

2001,07,27 09/918,773

有關微生物已寄存於： , 寄存日期： , 寄存號碼：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

五、發明說明 (1)

本申請案請求對西元2001年7月27日所申請的美國專利申請案序號第09/918,773號，西元2001年5月11日所申請的美國專利申請案序號第09/854,094號，西元2000年6月30日所申請的美國專利申請案序號第09/608,543號，西元2000年2月9日所申請的美國專利申請案序號第09/501,160號，西元2000年6月19日所申請的美國專利申請案序號第09/579,812號之優先權，該第09/579,812號專利申請案是為西元1997年7月22日所申請的美國專利申請案序號第08/898,630號現為專利號第6,078,599號之部份繼續案。本發明是有關於雷射，特別是有關於用在該輸出光束之頻寬控制之技術。

本發明之背景

波長控制

雷射被使用在許多應用。例如，像是氟化氬(KrF)及氟化氬(ArF)激光雷射等雷射被使用在步進及掃瞄設備以選擇地曝光在一半導體晶圓製造程序上的光阻。在此等製造程序中，在步進器及掃瞄器中的光學是被設計用在一特定波長的雷射。該雷射波長可以行進一段時間，因此，一回饋網路典型地被使用來偵測該雷射之波長及在必要時更正該波長。

在一種使用來偵測及調整一雷射波常之回饋網路之型式，一標準具(etalon)接收來自該雷射之發射光之一部份。該標準具產生一具有同心頻帶的暗及亮位準之干涉圖案，該暗及亮位準是因為雷射光線的相抵及相加干涉所形

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (2)

成。由一標準具所產生一光頻帶之直徑被使用來決定該雷射之波長至一細緻位準，像是在 $0.01\sim 0.03\text{pm}$ 之內。一光頻帶之寬度被使用來決定該雷射輸出的頻譜寬度。該干涉圖案通常是指一邊緣圖案。一光柵分光計也被使用在習知技術中以量測波長至一相當粗略層度。該邊緣圖案及光柵信號可以被一感測光偵測陣列所光學地偵測。一習知量波計之詳細描述被揭露在美國專利第5,978,394號，其在此被一併參考。

不同的方法對於雷射之波長調整是被熟知的。典型地，該調整發生在一快速可取代模組裝置稱之一線窄化模組(Line narrowing module)或線窄化封裝(Line narrowing package: LNP)。使用在激光雷射之線窄化及調整之一種典型技術是提供一窗口在該放電腔室背後，而該雷射光束之一部份經此進入該LNP。在那裏，該光束之部份在一光束放大器中被擴充及直接進入一光柵，該光柵反射該雷射的較廣頻譜之一窄選擇部份回到進入該放電腔室，其在該放電腔室被放大。該雷射典型地藉由改變該光束照射該光柵之角度來被調整。此可藉由調整該光柵位置或提供以在該光束路徑上的軸動鏡之一鏡調整來被達成。該光柵位置或該鏡位置之調整可以藉由一機構來完成，其中我們將稱之為一雷射波長調整機構。

在一習知技術中，一典型回饋網路是被架構來維持該名義上波長在一所需要範圍之波長之內。典型地規格可以建立此範圍在數值像是 $\pm 0.05\text{pm}$ 的一目標波長，像是如對

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (3)

一KrF雷射之248,327.1 pm被施加在稱之為”脈衝視窗”之一連串脈衝之波長的平均值。一典型脈衝視窗將是30個脈衝。另一典型規格是對一連串脈衝(像是30個脈衝)之量測波長值的標準差。此數值是指示為波長 σ ，及其使用標準差的標準公式來計算。再者，有時後，規格是為 3σ ，其僅是為該被量測標準差的三倍。一典型的 3σ 規格可以是為0.150pm。

對於與一248nm及139nm波長的深紫外線光一起使用的熔融石英及鈣氟化物之可接受光學透鏡材質之限制是意為使用在KrF及ArF微影術之投影透鏡至多不可以更正波長變化。色差產生是因為任何光學材質之折射參數隨者波長而改變，及因此，一透鏡的影像行為也隨著波長而變化。

對於一未被校正的透鏡之色差之負面效應可以藉由使用具有非常窄範圍波長之一光源來減緩。光譜窄線激光雷射已經使用此目地於深紫外線微影術。在過去，雷射規格需要該FWHM頻寬要小於一指定值像是0.5pm但沒有設最小限制於頻寬上。規格也被指定在該95%全部頻寬上。一典型95% I 規格將小於1.2pm。然而，近來積體電路製造商已經注意到他們的積體電路的品質可以因為像是大約0.35pm FWHM之頻寬產生負面影響，該0.35pm FWHM是遠小於他們的光學系統被設計的頻寬。

一種微顯技術，稱之為FLEX(“聚焦寬容度加強曝光(focus latitude enhancement exposure)”之簡稱)已經顯示(經由模擬與實驗)藉由利用在相同場區以不同聚焦之多曝

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (4)

光通過而改善了聚焦的深度。此技術一般也稱為聚焦鑽探 (focus drilling)，因為該光阻膜之實體厚度在逐漸增加聚焦設定下被曝露在多通過中。在該光阻中的該影像是由該多曝光通過之組合物所組成。

許多困難由此FLEX方法中步進及掃描以及步進與重覆曝光實施所產生。多通過曝光導致額外的重疊(影像置放)錯誤及影像模糊。此具有更進一步的含意在程序寬容度，聚焦重覆性及晶圓遍佈，因為多曝光需要多影像通過。

所需要的是一較佳技術用來提供改良的品質積體電路微顯技術。

本發明之摘要

本發明提供一種電子放電雷射之頻寬控制的積體電路微顯術技術，其為本案申請人稱之為頻譜工程。在一較佳程序中，一電腦模式被使用在模型化微顯術參數來決定需要用來產生一所需的微影術結果之一所需雷射頻譜。一快速響應調整機構而後被使用來調整在一脈衝串的脈衝中的雷射脈衝之中心波長，以使該脈衝串之脈衝之一整合頻譜可以達到接近所需要的雷射頻譜。該雷射光束頻寬被控制來產生具有至少二頻譜尖峰之一有效光束頻譜，以在光阻膜上產生改善的圖案解析度。線窄化設備提供具有至少一壓電驅動器及一具有小於約2.0微秒之響應時間之快速頻寬偵測控制系統。在一較佳實施例中，一波長調整鏡與該雷射之重複率同相被振動在超過每秒500次振動之高頻振動率。在一範例中，該壓電驅動器被以一方波信號驅動，

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (5)

及在一第二範例中，其被以一正弦波驅動。在另一實施例中，該最大移位以該雷射脈衝被匹配在一對一基礎上，以產生對於一連續雷射脈衝具有二尖峰之一所需的平均脈衝。其他的實施例利用三個分離波長調整位置產生具有三分離尖峰之一頻譜。

圖式之簡要描述

第1A圖是顯示最佳聚焦隨著波長之變化之圖式。

第1B圖顯示典型的窄頻氣體放電雷射頻譜。

第2A-I圖證明本發明之一較佳實施例之結構。

第3圖顯示空氣影像密度隨著頻寬之變化。

第4A，4B，及4C圖顯示在臨界規格的改變隨著頻寬之變化。

第5圖是一窄頻雷射系統之圖式。

第5A及5B圖顯示一微調機構之結構。

第6圖是一量波器之圖式。

第6A-D圖顯示波長及頻寬如何被計算。

第6E-H圖顯示較佳標準具之結構及細節。

第7圖顯示使用在一較佳波長控制系統的電子及處理器。

第8A，8B1，8B2圖顯示具有PZT驅動器之一波長控制系統之結構。

第8C圖顯示PZT控制之實施。

第8D及E圖顯示控制演算法。

較佳實施例之詳細描述

五、發明說明 (6)

模擬

波長及頻寬改變之實現的模擬已經被申請人所執行。改變一非著色校正透鏡之曝光波長之主要效應是在該聚焦平面之位置的改變。在一相當廣範圍之波長，在聚焦上的這個改變與在該名義上的波長(即，該照明光譜之中間波長)之改變是為接近線性關係。一透鏡的波長響應可以藉由人為改變該雷射之中間波長及使用該步進器之影像感測來監視產生在聚焦上的移動而被實驗性的決定。第1A圖顯示此一測量的一範例。

給定聚焦隨著波長改變所作的改變，寬頻照明頻譜之使用意為在該頻譜的每一波長將在每一聚焦位置上產生一空氣凝像(aerial images)。此技術是基於多聚焦平面曝光。電腦程式PROLITH/ 2之最新版本(可以由辦公室設在美國德州奧斯丁之KLA Tencor公司取得)包括有次等型式的效果。在不同的商業可利用透鏡所量測到的實際的雷射頻譜被使用在此工作上來代表雷射頻譜。第1B圖說明KrF雷射頻譜之三個範例。

為了瞭解該雷射頻寬在微顯術程序中色差出現的衝擊，申請人開始一180nm隔離線之該空氣凝像之調查。第3圖顯示在一特定集合的條件下改變頻寬如何影響該空氣凝像(該影像規格通常被假設相當於該0.3影像密度值)。為了此等模擬，後續的輸入參數將被使用： $NA=0.6$ ， $\sigma=0.75$ ， $\lambda_0=248.3271nm$ 。在FWHM下具有0.5pm，1.2pm，2.1pm頻寬之雷射頻譜，及一單色光源被使用在此模擬研究中，及

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (7)

一 $0.225 \mu\text{m}/\text{pm}$ 之色偏聚焦響應被假設。如可以由第3圖中所觀察到，在該頻寬中的改變產生在該影像密度分佈上明顯的改變。

雷射頻寬在隔離線隨著不同尺寸所作的臨界維度 (critical dimensions) 變化上的影響可以使用空氣凝像臨界模型來估計。在本研究中，下列的微顯術輸入參數設定使用： $\sigma=0.75$ ， $\lambda_0=248.3271\text{nm}$ ，空氣凝像臨界值在30%， $\text{NA}=0.6, 0.7$ ，及 0.8 。該模擬被執行在隔離線範圍由 240nm 至 140nm 。該色差響應假設在 $0.225\mu\text{m}/\text{pm}$ 。如第4A，4B，4C圖所示，在該頻寬上的改變(增加或減少)可以產生在該積體電路之臨界維度中的實質上改變，特別是在較高數值的孔徑值。如第4A-4C圖所示，該最小頻寬(即， 0.35pm)產生在該臨界維度上的最小的改變而作為罩遮維度之功能。一讀者可以由此資料作結論，微顯術系統應可以被設計使用在該最小可能使用頻寬。該方法之問題是，在整個光源行程中維持該頻寬一致於 0.35pm ，對於現今的技術而言將是非常困難且昂貴的。因此，一般的應用是設計最佳效能的微顯術技術在稍為大於該最小頻寬的一頻寬上，像是約 0.5pm 。但是如果一微顯術系統被設計 0.5pm 的最佳效能時，在該雷射頻寬中的一”改善”降到 0.35pm 通常將導致惡化臨界維度及降低該積體電路之品質。

模擬所需波長的高頻振動調整鏡

在後面描述的該波長及頻寬監視裝置及波長調整裝置允許該雷射光束的頻寬控制。在第一實施例中，該調整鏡

訂

五、發明說明 (8)

是被高頻振動在一所需要的頻率及振幅來基本地放寬一相當窄的頻寬至具有所需要數值之有效頻寬。

該技術牽涉到以如第5圖及第6圖所示之量波器104來監視該頻寬。如果該頻寬小於該所需要的頻寬時，該波長控制計設備被使用高頻振動鏡14如第5圖所示在一頻率範圍使在一脈衝對脈衝基礎上產生在頻譜中的非常小的移動，使得在脈衝之視窗上的該平均整合頻譜模擬接近具有接近所需要頻寬之頻寬的的一固定頻譜。

例如，如果對於一掃瞄器之光學設備被設計用來0.4pm之頻寬，及因為氟濃度降低，個別脈衝的頻寬是0.3pm，則鏡14可以被高頻振動在大約它的正常位置以產生脈衝及減少該名義上波長的位移約0.05pm，以具有0.1pm的有效增加來維持該相同的名義上波長。對於上述討論的一種典型商業實施的激光雷射，在鏡14的的軸心位置上約2nm的改變需要在波長上產生0.05pm的位移。在鏡位置上的此改變可以很容易地以上述壓電驅動器來提供及顯示在第5A圖中的元件80。典型地，在該積體電路製造中，在該晶圓上的每一點以通常在範圍約30至150脈衝的多數個脈衝來被照射，使得該高頻振動率應該足以使每一死點接收到來自該高頻振動兩側之相同份量的脈衝。

因此，如果照射在一點上的脈衝數目是30，則高頻振動率應該至少約為1/4的該脈衝率。因此，如果該脈衝率是2000 Hz，則該高頻振動率最好應該是至少500Hz。對於上述之設備及軟體要達成此要求是沒有問題的。

訂

五、發明說明 (9)

頻譜工程

第2圖顯示使用在具有約0.35 μm 之FWHM頻寬的一線窄化KrF光源之一現代化0.6NA步進型微顯術中，聚焦隨著中心線改變之變化。第2A圖也包括有繪示以常態密度之雷射頻譜相對於該中心線波長之變化的一圖式。此系統的聚焦對中心線波長的斜率為-0.23 μm 。

申請人已經證明在微顯術影像中的實質上的改善可以使用由本申請人所開發的一頻譜技術來提供。申請人所指的此技術為RELAX，其是為雷射頻譜調整曝光解析度加強技術(Resolution Enhancement by Laser-Spectrum Adjusted Exposure)之字母縮寫。在此等技術中，在一單一照射期間，該晶圓以二或多個特定窄化中心線波長來照射。此技術產生改善上述高頻振動技術。該等結果與在本說明書之習知背景所討論的該FLEX技術類似，但因為本申請人的技術牽涉到只有該微顯影術的一次置放而構成優於FLEX之主要改善。

雙模式照射

由申請人所作的模擬之結果顯示一雙模式照射頻譜使用來改善在光阻膜上的解析度之觀念的證明。在此雙模式模擬工作中，申請人模擬被個隔開200nm之程序參數，半密集(1:2)及密集(1:1)接觸電洞圖案。一個二位元(在玻璃上的鉻黃色)標線圖案及傳統的照射(例如，一具有刻度通孔的步進系統，0.7的NA及一0.75 σ)在KrF曝光中心波長，($\lambda_0 = 248.285\text{nm}$)在本模擬中被作為模型。該光阻被模

五、發明說明 (10)

型為UV6，5200Å鋪覆厚度於AR2底部抗反射塗層，以量化該被獲得的解析度加強之影像圖案。使用在該模擬輸入之雙模式頻譜被顯示在第2B圖中。在此例中，該頻譜藉由總合一單一模式(名義上)頻譜(頻寬：FWHM=0.45pm，E95%=1,86pm)及其本身加以4pm波長補償所產生。如果 $S(\lambda)$ 代表該名義(0.45pm /1.86pm FWHM/E95%)頻譜之頻譜密度方程式，則該雙波峰值RELEX頻譜 $[S_{RELEX}(\lambda)]$ 之頻譜密度可以被表示為 $S_{RELEX}(\lambda) = S(\lambda) + S(\lambda+4pm)$ 。用來正確意產生此等頻譜特性之技術將在後文中被討論。使用在此模型中的該縱向聚焦平面對中心波長斜率為-0.255 $\mu m/pm$ ，其被顯示在第2A圖中。

該雙波峰值RELEX技術之此模擬之結果與具有0.45pm的FWHM頻寬及一1.86pm之95%整合頻寬之一單色光束及一傳統單波峰值頻譜之類似模擬在第2圖中被加以比較。對聚焦及攙雜之臨界維度響應對1：1密集接觸電洞表示三種照射頻譜分佈；(1)單色照射，(2)傳統雷射頻譜及(3)具有如第2B圖所示的4pm雙模式RELAX照射(亦即，二個具有中心線被分隔4.0pm之0.45pm FWHM頻譜頻帶)。

第2D圖表示具有一200nm之目標直徑之洞的抗特徵寬度(resist feature widths)作為該洞的深度函數之圖式。該等圖式針對不同的攙雜所畫示，在單色範例中範圍由17 J/cm²至26 J/cm²，及在該RELAX範例中範圍由25 J/cm²至32 J/cm²。此縱座標是特徵寬度及該橫座標被標以焦聚但實際上是該焦聚平面的中心線作為零而以微米表示該結

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (11)

構的深度。一”理想”圖形將是在至少1.0微米之深度上在200nm上為一直線，及其寬度隨著曝光攙雜具有明顯的變化。第1D圖繪示出該RELAX模擬相較傳統或單色範例產生一組圖形非常接近該”理想”圖形。

第2D圖是由被使用在第2C圖所畫示的相同資料所產生的另一組圖形。在此例中，申請人選擇對每一範例的圖形及繪出曝光寬容度(亦即，該攙雜的百分比可以改變而不會使該臨界維度改變超過一目標值的10%)作為具有200nm目標深度之一洞的深度的函數。再者，此三圖形顯示使用該RELAX技術所產生在效能上的改善。

對於該臨界維度可以該RELAX技術被控制在10%之內之深度的戲劇性改良是明顯的。在聚焦之深度上改良在該5%曝光位準上是四倍大於密集接觸之該單色或傳統結果。一些曝光寬容度損失可以藉由使用該雙模式頻譜來觀察。在曝光寬容度上的此損失在接近最佳聚焦(亦即，0.0深度的聚焦)時最明顯。與傳統的頻譜範例相較，在該RELAX例子中，與傳統的例子相較下，在目標攙雜(由25 mJ/cm²至約29 mJ/cm²)上的些微增加應該要注意。

當針對被測試的每一範例來與單色及傳統頻譜比較時，上述其他圖形結構之模擬結果是被測試以該雙波峰值RELAX技術產生較佳圖案結析度結果。因此，我們作結論，該聚焦鑽探之RELAX應用(使用具有4pm模式隔離之一雙模式頻譜)提供在整個處理視窗區域中的顯著的改善。一交換在聚焦改善之深度及曝光寬容度之損失之間被實現，

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (12)

然而該聚焦深度(depth of focus : DOF)相較於曝光寬容度的減少增加在一較高的比率。特別地，在接觸洞影像及許多其他線及空間的影像應用中，該DOF是一限制程序表現因子。隔離線及線-空間圖案也被期待出現對被修改照射頻譜之程序視窗改變。

使用雙中心線波長之範例

使用者已經證明用在如第2E及2F圖所示之此頻譜工程所需的波長控制的技術之可實施性。在第5A圖所示的壓電(PZT)驅動器80被程式來控制一KrF雷射之波長操作在120Hz，以藉由4.0pm的加或減步驟來調整。記錄在第6圖所示之量波器光二極體陣列180上的整合密度值被畫示在第2E圖中。此圖顯示尖峰值於像素450及618，其等相應於4.0pm的中心線軸。

類似的結果被顯示在第2F圖中，其中該PZT驅動器以正弦波驅動來以約120Hz之雷射脈衝率的一半的頻率改變該波長在約2pm的水準。

雷射頻譜的最佳化

在頻譜工程背後的基本觀念是使用微顯術模擬來決定該最佳頻譜圖形，其將提供一給定參數的最大改良。在特定的範例中，微顯術的模擬是提供給二個雙模式模擬頻譜或三個三模式模擬頻譜如第2G1，2G2，及2G3圖所示。在此等範例中，被最大化的該參數是對於150nm密集線之聚焦的深度。由第2H1圖中，我們看到該二個雙峰值頻譜(3pm及4pm分隔)對於反聚焦是最不敏感的及因此具有最大深

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (13)

度的焦聚。由該聚焦深度改變，其出現頻譜改變(由單色至三或二模式照射頻譜)提供DOF的明顯(最大至2x)改善。基於此，3pm或者4pm雙模式照射出現此等結構之影像的最佳化。

如果我們考慮將曝光寬容度(EL)與聚焦深度之間的交換作為該不同照射頻譜(如第2H2圖所示)之一函數，我們可以選擇使用該1.5pm補償50%加權的三模式照射，以避免在最佳聚焦上曝光寬容度降低在12%之下。該三模式頻譜將提供在聚焦深度中明顯的增加。除此之外，該三模式頻譜(具有1.5 pm的尖峰隔離)提供由該單色例子中的最少量的對照損失如第2H3圖所示。

由此150nm密集線例子中，很清楚地，RELAX的實施需要相當小心的交換設計，以在對其他參數以最低成本來最大化一次集合的利益。如果一單一參數限制該整個程序邊際(程序寬容度)之處時，該RELAX應用因此將是最成功的。光學接近更正(使用標線結構更正的OPC解析度強化技術)可以與該RELAX一起使用在完整的微顯術程序工程及具有最大利益。

由一連續的原理性選擇對該RELAX頻譜照射的調整可以使用微顯樹模擬及一重覆最佳化演算法被完成。該模擬預測也需要驗證及使用實驗性的方法來調整(像是DOE實驗之設計)。此二種方法已經在先前被詳細討論(段落IV-B 05/25/01揭露)。第2I圖顯示只對 $S(\lambda)$ 或對一使用RELAX之完整的微顯術程序最佳化(不同微顯數輸入)之模

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (14)

擬及實驗(DOE)之合成圖。

頻譜修改的其他技術

兩種方法已經被測試，證明及討論(在段落V 05/25/01揭露中)達到雷射光源之照射頻譜的調整。其他的觀念也已經被提出基於：1)多線窄化模組或雷射腔室的使用，2)在單一線窄化模組(line narrowing module: LNM)封裝之內的多分散光柵元件之使用，3)使用壓電作動之該LNM反射光柵表面及其他方法之使用。在該主題上的變化是使用波長。具有快速控制演算法之超快速量波器

控制脈衝能量，波長及頻寬

在習知裝置中，脈衝能量的回饋控制是在一脈衝至脈衝基礎上，亦即，每一脈衝的脈衝能量被足夠快速地量測，使得該結果資料可以被使用在該控制演算法以控制緊接在後的脈衝之能量。對於一個1,000Hz系統，此意即，下一脈衝之測量及控制必需取小於1/1000秒。對於一4,000Hz系統，速度必需要是四倍快。用來控制中心波長及測量波長及頻寬的技術被描述在美國專利第5,025,455號的系統，及調整光束波長的方法(Method of Regulating the Wavelength of a Light Beam)及在美國專利第5,978,394號專利，激光雷射之波長及系統(Wavelength and System for an Excimer Laser)。此等專利在此一併予以參考。

波長及頻寬已經對每一脈衝在以一脈衝對脈衝基礎下被加已測量，但典型地，該波長的回饋控制是採用約7百萬分之一秒，因為用來控制中心波長的習知技術已經使用數

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (15)

個百萬分之秒。更快速的控制是有必要的。

光束參數的快速測量及控制之較佳實施例

本發明之一較佳實施例是一種具可以操作在4,000Hz至6,000Hz範圍內的一ArF激光雷射系統，其具有非常快速測量雷射光速參數及非常快速控制脈衝能量及中心波長。對於此雷射的光速參數測量及控制被描述如後。

使用在本實施例之量波器與在美國專利第5,978,394號專利所描述者非常類似，及後面的描述中的一部份是由該專利中節錄出。

量測光束參數

第6圖顯示一較佳量波器單元104，一決對波長參數校準單元190，及一量波器處理器197之佈局圖。在此等單元中的光學設備測量脈衝能量，波長及頻寬。此等測量與回饋電路一起使用來維持脈衝能量及波長在上述限制之內。該設備藉由來自該雷射系統空制處理的指令來參靠一原子參考源作自我校準。如第6圖所示，該雷射輸出光束部份地交叉反射鏡170，該反射鏡170通過約95.5%的光束能量作為輸出光束33及反射約4.5%的脈衝能量，波長及頻寬測量。

脈衝能量

大約4%的反射光束被該鏡171反射至能量偵測器172，該能量偵測器172包括有可以測量發生在約每秒4,000脈衝之頻率之個別脈衝的能量之一非常快光二極體69。一典型ArF激光雷射之脈衝能量約為5mJ，及偵測器69之輸出

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (16)

被回饋至一電腦控制器，該電腦控制器使用一特別演算來調整該雷射充電電壓在基於被儲存的脈衝能量資料來精密地控制未來脈衝之脈衝能量，以限制個別脈衝之能量及一脈衝串的脈衝的整體能量的變化。

線性光二極體陣列

光二極體陣列(photo diode array:PDA)180是一積體電路晶片，包括有1024個分離光二極體積體電路及一相關取樣及保持讀取電路如第6A圖所示。該等光二極體是在25.6mm之總長中保持25微米的間距。

像這樣的光二極體陣列可以由許多來源取得。其中一個最好的供應商是Hamamatsu。在我們的實施例中，我們使用一型號S3903-1024Q，在可以在一先進先出基礎上以頻率高達 4×10^6 像素/秒來被讀取，其中完整的1024像素掃描可以在4,000Hz或更高的頻率下被讀取。該PDA被設計在 2×10^6 像素/秒下操作，但申請人已經發現其可以被超速來執行更快，亦即高至 4×10^6 像素/秒。對於脈衝率高於4,000Hz者，申請人可以使用該相同得PDA但只要一部份(像是60%)的像素在每一次的掃描中被正常地讀取。

粗略波長量測

通過鏡171之大約4%的光束被鏡173反射再經由細縫177至鏡174，至鏡175，回到鏡174及至階梯光柵176。該光束被具有458.4nm的聚焦長度的透鏡178對準。由該光柵176反射回傳經透鏡178的光再一次經由鏡174，175，及再由鏡174被反射，而後由鏡179被反射及聚焦在像素600至像

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (17)

素950之區域的1024像素線性光二極體陣列180之左側上，如第6B圖上方所示(像素0-599被保留作精密波長測量及頻寬)。在該光二極體上的該光束的空間位置是該輸出光束之相對名義上波長的一粗略測量。例如，如第6B圖所示，在約193.350pm之波長範圍將被聚焦在像素750及其鄰近像素上。

粗略波長計算

在量波器模組120中的大略波長光學產生在光二極體陣列左側上的一0.25mm×3mm之垂直影像。該十或十一被照射二極體將產生與接受到的光線之強度成正比的信號(如第6C圖所示)及該等信號被在量波器控制器197中的一處理器所讀取及數位化。使用此資訊及一插值演算法控制器197計算該影像的中心位置。

此位置(以像素來被測量)被轉換成一粗略波長值，其使用二校準係數及假設在位置及波長之間為一線性關係。該校準係數是參考後述之一原子波長參考源來被決定。例如，影像位置與波長之間的關係可以是下面的演算式：

$$\lambda = (2.3 \text{ pm/pixel})P + 191.625 \text{ pm}$$

其中p=粗略影像中心位置

另外，在必要時可以藉由第二階項目像是" $+()P^2$ "來使額外的精密度可以被加入。

精確波長量測

如第6圖所示，通過鏡173之大約95%的光束被由鏡182反射離經由透鏡183至位於標準具組件184之輸入處的一擴

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (18)

散器(最好是一繞射擴散器如在後面段落標題為”改良標準具”所解釋者)。該光束離開標準具184被以一458.4nm焦聚長度透鏡聚焦在該標準具組件中及在被反射離如第6圖所示之二鏡子之後產生干涉條紋於線性光二極體陣列的中間及右側上。

該分光計必需足以在即時測量波長及頻寬。因為該雷射重複率可以是4,000至6,000，其必需使用精確但不需要很多計算過程的演算法來達到具有經濟及小型處理電子之所需的效能。因此計算演算法最好應使用整數而不是浮點數學，及數學運算最好應是容易計算的(不要使用平方根，正弦值，對數等)。

使用在本較佳實施例之較佳演算法之詳細細節現將被描述。第6D圖如所示是具有5個峰值的一曲線，其代表被線性光二極體陣列80所量測的一典型的標準具條紋信號。該中間尖峰是被畫示在高度上低於其他者。當不同波長的光進入該標準具時，該中間波峰將上升及下降，有時後會變成零。此特徵使該中間波峰不適於作為該波長測量。其它的波峰將響應波長的改變而移向或遠離該中間波峰，因此，此等波峰之位置可以被使用來決定該波長，而它們的寬度測量該雷射的頻寬。分別被標示資料視窗的二區域被顯示在第6D圖中。該資料視窗被定位使得最接近該中間波峰的該條紋通常被用來作分析使用。然而，當該波長改變來移動該條紋至太靠近該中間波峰(其將產生失真及產生錯誤)時，該第一波峰是在該視窗之外，但該第二靠近波峰

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (19)

將是在該視窗之內，及該軟體使在該控制模組197中的該處理器去使用該第二波峰。相反地，當該波長平移至移動該現在波峰離開出該資料視窗遠離該中央波峰時，該軟體將跳至在該資料視窗之內的一內條紋。該資料視窗也將被畫在第6B圖中。

對於重複率高至4,000Hz至6,000Hz範圍之每一脈衝的非常快速計算頻寬而言，一較佳實施例使用在第15圖中所定義的硬體。該硬體包括有一微處理器400，其是為由辦公室設在美國亞利桑那州鳳凰城之摩托羅拉公司所供應之型號MPC 823；一可程式邏輯裝置402，其是為由辦公室設在美國加州聖荷西的Altera公司所供應之型號EP6016QC240；一執行及資料記憶銀行404；一特別快的隨機存取記憶體406用以暫時儲存光二極陣列資料於一表單型式中；一第三4X1024像素隨機存取記憶體記憶銀行408，其操作為一記憶體緩衝器；及一類比至數位轉換器410。

如在美國專利第5,025,446號及美國專利第5,978,394號專利中所解釋，習知技術需要分析在一光二極體180中的較大數量的PDA資料像素密度資料，其代表由標準具所產生的干涉條紋，以決定中心線波長及頻寬。此是為相當耗時的程序，即使是使用一電腦處理器，因為大約400像素密度值必需被分析來找尋或描述該等標準具條紋的每一筆計算的波長及頻寬。本發明之一較佳實施例藉由提供一處理器來發現該重要的條紋來大幅加速此程序，該處理器是與

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (20)

用來計算該波長資訊的該處理器並行操作。

該基本技術是使用可程式邏輯裝置402在當該像素資料被產生時，由該PDA像素資料來連續地產生一條紋資料表。邏輯裝置402也辨別一組條紋資料代表所要的條紋資料。而後當中心波長及寬度之計算需要時，微處理器僅取出來自想要的被辨識像素中的資料及計算該中心波長及頻寬的需要值。此程序降低微處理之計算時間約10的倍數。

計算中心波長及頻寬的程序中的詳細步驟如後：

1) 將PDA 180設定操作在2.5MHz，PDA 180被該處理器400操控以掃描率4000Hz由像素1至600中收集資料及以掃描率100Hz來讀取像素1至1028。

2) 由PDA 180所產生的類比像素密度資料藉由一類比至數位轉換器410被由類比密度值轉換成數位8位元數值(0至255)，及該數位資料被暫時儲存在隨機存取記憶體緩衝器408作為代表在光二極體陣列180之每一像素上的密度之8位元數值。

3) 可程式邏輯裝置402以一幾乎即時的方式分析由該隨機存取記憶體緩衝器408連續地流出的資料來找尋條紋，儲存所有得資料於隨機存取記憶體406中，對每一脈衝辨識所有的條紋，及對每一脈衝之一最佳組之二條紋予以辨識以為進一步分析。使用在該邏輯裝置402之技術如後：

A) 該邏輯裝置402分析進入經緩衝器408之每一像素數值，以決定在當追蹤最小像素密度值時它是否超過一密度臨界值。如果該臨界值被超過，則它是為一條紋波峰將

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (21)

要來的一指示。該邏輯裝置辨識超過臨界值之該第一像素作為”上升緣”像素數及儲存先前於該”上升緣”像素之該等像素的最小像素值。該像素的密度值被辨識作為該”最小”的條紋。

B) 該邏輯裝置402而後監視後續的像素密度值以搜尋該條紋的波峰。其藉由追蹤該最高密度值直到該密度降至低於該臨界密度為止來達成。

C) 當具有小於臨界值之數值之一像素被找到時，該邏輯裝置402辨識其作為該下降緣像素數字及儲存該最大數值。該邏輯裝置402而後藉由從該下降緣像素值減去該上升緣像素值來計算該條紋的”寬度”。

D) 上升緣像素值，最大條紋密度，最小條紋密度及該條紋之寬度等四個數值被儲存在隨機存取記憶體記憶銀行406之條紋區的圓表中。代表至多至15個條紋之資料可以針對每一脈衝來被儲存，雖然大部份脈衝在二視窗中只產生2至5個條紋。

E) 該邏輯裝置402也可以被程式來對每一脈衝來辨識每一脈衝的”最佳”二條紋。其藉由辨識在完全在0至199視窗之內得該最後條紋及完全在400至599視窗之內的第一條紋來達成。

在(1)該像素資料之收集之一脈衝，及(2)該脈衝的條紋之圓表形成之後所需要的時間僅大約200微秒。本技術之主要時間節省優點是對條紋的搜尋是發生在當該條紋資料被讀取出，數位化及儲存。一但一特別脈衝中的二個最佳條

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (22)

紋被辨識出，微處理器400保持該原始像素資料於來自隨機存取記憶體記憶銀行406之該二條紋的區域中及由該資料計算該頻寬及中心波長。該計算如後：

該標準具條紋的典型形狀被顯示在第6D圖中。基於該邏輯裝置402之先前工作，在約像素180上的具有一最大值之該條紋及在約像素450上具有最大值的該條紋將被該微處理器400所辨識。環繞在此二最大值周圍的像素值被微處理器400所分析來定義該條紋的形狀及位置。此被達成如後：

一半最大值是由該條紋最大值除以2來減去該條紋最小值及將該結果加至該條紋最小值來決定。對於該二條紋之每一上升緣及每一下降緣，該二像素具有最接近超過及最近低於該一半最大值之數值。微處理器而後在每一例子中在該二像素值之間推斷來定義具有1/32像素之準度的該末端點D1及D2如第6D圖所示。由此等數值，該圓條紋的內徑D1及該外徑D2可以被決定。

精確波長計算

該精確波長計算是使用該粗略波長測量值及該D1及D2量測值來完成。

波長的基本公式為：

$$\lambda = (2 * n * d / m) \cos(R / f) \quad (1)$$

其中：

λ 為該波長，單位為兆分之一米，

n 為該標準具之折設之內部指數，約為1.0003，

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (23)

d為該標準具間隔，對KrF雷射約為1542 μ m及對於ArF雷射約為934 μ m，控制在 $\pm 1\mu$ m，

m為級數，在該條紋尖峰上該波長的整數約為12440，

R為該條紋半徑，130至280光二極體陣列像素，一像素是25微米，

F為由該等透鏡該光二極體陣列平面之聚焦距離。

擴充該cos項及釋放可以被忽視的高階項得到：

$$\lambda = (2 * n * d / m) [1 - (1/2)(R/f)^2] \quad (2)$$

重新整理該方程式以直徑D=2*R得到：

$$\lambda = (2 * n * d / m) [1 - (1/8)(D/f)^2] \quad (3)$$

該量波器的主要工作是計算 λ 及D。此需要知道f，n，d，及m。因為n及d是該標準具之基本值，我們組合它們成為一個單一校準常數稱之為ND。我們考率具有像素單位稱之為FD之另一校準常數來以純比率的方式匹配D之單位。該整數級數隨著波長及我們選擇的條紋來作變化。M是使用粗略條紋波長來決定，其足夠精密到符合目的。

關於此等方程式之一些很好的事為所有的大數目都是為正值。該WCM的微控制器可以計算此而維持在接近32位元的精密度。我們稱括號中的項目為FRAC。

$$\text{FRAC} = [1 - (1/8)(D/f)^2] \quad (4)$$

內部地，FRAC是被代表為一未加正負號的32位元值由其原點至該最高有效位元值的最左邊。FRAC總是剛好小於1，所以我們可以在那裡得到最精密值。FRAC對於範圍在{560~260}像素之D時的範圍是由[1-120E-6]至

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (24)

[1-25E-6]。

當該ND校準被輸入時，該量波器計算一內部未指定正負號之64位元數值，其被稱之為 $2ND=2*ND$ ，及具有法米(femtometer：fm) $=10^{-15}$ 公尺 $=0.01\text{pm}$ 之內部波長單位。內部地，我們表示該波長 λ 為FWL用於該精密波長，同樣是以fm單位。以此等變數來重新整理該方程式：

$$FWL=FRAC*2ND/m \quad (5)$$

該算數處理在FRAC中該軸心點平移產生以fm單位的FWL。我們以重新整理該方程式及代入稱之為CWL之單位為fm之已知粗略波長來解得m：

$$m=\text{最接近整數}(FRAC*2ND/CWL) \quad (6)$$

取得該最靠近整數等於加上或減掉在該舊架構中的FSRs直到該最靠近精密波長對該粗略波長被到達。藉由解方程式(4)而後方程式(6)而後方程式(5)來計算波長。我們分別針對該內徑及外徑來計算WL。該平均是該線中心波長，而該差值是該線寬。

頻寬計算

該雷射之頻寬可以計算為 $(\lambda_1-\lambda_2)/2$ 。一固定的更正係數被使用來考慮在該標準具波峰之本質寬度加至該真雷射頻寬。數學上地，一解迴旋演算法是形式上由該被量測的寬度中移除該標準具的本質寬度，但此將過於太注重計算，因此一固定更正係數 $\Delta\lambda_\varepsilon$ 被減去，其提供足夠的精密度。因此該頻寬為：

$$\Delta\lambda=[(D2-D1)/2]-\Delta\lambda_\varepsilon$$

訂

五、發明說明 (25)

$\Delta\lambda\varepsilon$ 依據該標準具規格及該真雷射頻寬而定。在申請人在此所描述者，其典型地落在0.1-1pm的範圍內。

改良標準具

本實施例使用一改良標準具。傳統的標準具固定架構典型地使用一彈性體來固定該光學元件於該周圍的結構上，以限制該等元件的位置但最小化施加在該元件的外力。一般使用在此的一化合物是室溫硬化矽(vulcanizing silicone; RTV)。然而，由此等彈性體產生出來得不同有機蒸氣可以被沉墊在該光學表面上，而降低它們的效能。為了延長標準具的執行生命週期，其需要安裝該標準具於一不包含有任何彈性體化合物之密封空間中。

一較佳實施例包括有一改良的標準具組件如第6及6E圖所示之標號184。如第6G圖所示，該熔融石英標準具79本身包括有一具有一凸緣81之頂板80及一底板82，此二板體是由最高等級的熔融石英。該標準具是被設計來在當該標準具被充滿具有1.0003折射係數及純度等於或大於25之氣體時製造具有在193.35上有自由頻譜範圍20.00pm之凸環。具有相當低熱膨脹之三個熔融石英分隔83該等板體及為934微米±1微米厚度。此等藉由使用在光學製造技術中相當熟知的一技術的光學接觸技術來將該等標準具保持在一起。該標準具之內表面之折射每一個是大約為88%及該外表面是被抗折射包覆著。

該標準具79藉由重力及三個低彈力彈簧86壓著該凸緣抵接在三個墊體上而被保持在一鋁容室中，該三個墊體未

五、發明說明 (26)

被示於圖中及被置於凸緣81之底緣由引導線85所指之放射線位置之下120度中心處。沿著該凸緣81及87之頂緣只又0.004英吋的間隙確保該標準具將保持在最接近它的正確位置上。此最接近公差配合也確保在如果任何震動或脈衝經由該安裝置具被傳送至該標準具系統時，在該光學元件與該容室接觸點之間的相對速度將保持在一最小值。該標準具組件184之其他光學元件包括有擴散器88，視窗89，及具有458.4mm之聚焦長度之聚焦透鏡90。

該擴散器88可以是一種被使用在一標準具上傳來產生該標準具之正確操作所需的最大變化入射角之標準習知擴散器。習知擴散器的一個問題是通過該擴散器之大約90%的光線不是在有用的角度上及其結果是不能被聚焦在該光二極體陣列上。然而，這些浪廢的光線增加該光學系統的熱及可以因此促成光學表面的降級。在一較佳實施例中，一繞射透鏡陣列被使用作為該擴散器88。以這樣的擴散器，一圖案被產生在該繞射透鏡上，其只保留約5度之角度的光而完全地分散其他的光線。該結果是落在該標準具上大約90%的光線是入射在有用的角度內及入射在該標準具上的光線的大部份最終被該光二極體陣列所偵測到。該結果是入射在該標準具上的光線可以大幅的被減少，其大幅地增加光學元件的壽命。申請人測量該入射光在至該光二極體上的相同的光線其可以被降低至少於5%或10%的習知數值。

具有繞射擴散器之較佳準直

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (27)

第6H圖顯示一較佳實施例之結構，其提供更進一步降低通過該標準具之光線密度。本實施例與前述實施例類似。來自鏡182(接近15mm×3mm)之取樣光束向上穿過凸透鏡400及而後被該透鏡402再對準。現在被對準及尺寸被降低至約5mm×1mm之該光束穿過標準具容室視窗404及而後穿過一繞射擴散元件406，其中在本範例中(對於一ArF雷射)是由辦公室設在美國阿拉巴馬州Huntsville的Mems光學公司所供應的一繞射擴散元件。該元件之元件號碼D023-193，其實質上轉換任何截面結構之任何進入對準光束中的所有193nm光成為擴散在2°的第一方向中的及擴散在4°的垂直於該第一方向之第二方向中的光束。透鏡410而後”聚焦”該被擴散光束至一長方形圖案覆蓋光二極體180如第6圖所示。繞射擴散元件完全混合該光束的空間元件，但實質上維持所有的光束能量在2°及4°限制之內，使得穿過該標準具的光線可以被實質上的降低及有效地利用。讀者將可以瞭解，通過該標準具之光束能量的進一步的降低將以藉由減少在該光二極體陣列之短維度中的點圖案來被實現。然而，進一步降低至少15mm將使光學對準更加困難。因此，設計者將考慮該點圖案尺寸作為一交換議題。

在針對一KrF雷射操作在約248.327nm設計之另一系統中，一類似的設計被提供具有波長之調整。在此實施例中，透鏡400具有約50nm之聚焦長度(該透鏡是Melles Griot公司的元件編號OILQP001)。對準透鏡402具有一20mm之

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (28)

聚焦長度(EVI雷射公司的元件編號PLCc-10.1-10.3-UV)。該繞射擴散元件是Mems光學公司的元件編號DO23-248。在本實施例及該ArF實施例中，在該二透鏡之間的間隔可以用一間隔器416來被適當的定位。申請者估計以操作在2000Hz之雷射通過該標準具之該光束的能量大約是10mw及其是不足以在該標準具中產生明顯的熱問題。

在其他的較佳實施例中，該光束可以被允許來到在該等透鏡400及402之間的一焦聚。在本例子中，適當的透鏡將選擇使用熟知的光學技術。

脈衝能量及波長之回饋控制

如上述，基於每一脈衝之脈衝能量之量測，該後續脈衝的脈衝能量是被控制來維持所需要的脈衝能量及一特定數目脈衝的所需總攙雜值，如美國專利第6,005,879號名稱為激光雷射之脈衝能量控制，其在此一併予以參考。

該雷射之波長可以在控制於使用習知技術的波長量測值及技術之一回饋安排中，此等技術被描述在美國專利第5,978,394號，激光雷射的波長系統，其在此一併予以參考。申請人近來已經開發使用在波長調整的技術，其使用一壓電驅動器來提供相當快速移動的調整鏡。此等技術中的一些被描述在西元2000年6月30日申請之美國專利申請序號第608,543號名稱為雷射之頻寬控制技術中，其在此一并予以參考。第8A及8B圖是由該申請案中所取出及顯示此技術的主要元件。一壓電疊片被使用在非常快的鏡調整及大幅減緩調整藉由一習知技術的步進馬達操作在一槓桿臂

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (29)

上。該壓電疊片調整該槓桿臂之支點。

具有組合壓電元件步進馬達驅動調整鏡子之新LNP

具有壓電驅動器之詳細設計

第8圖是顯示該雷射系統之結構之方塊圖，其對於控制該輸出雷射光束之波長及脈衝能量是重要的。圖中所示者是一線窄化模組15K，其包含有一個三稜鏡擴散器，一調整鏡及一光柵。量波器104監視該輸出光束波長及提供一回饋信號至LNP處理器106，該LNP處理器106藉由一步進馬達的操作及一壓電元件疊片如上述來控制該調整鏡的位置。操作波長可以由雷射控制器102來被選擇。脈衝能量也在該量波器104中被測量，該量波器104提供被該控制器102使用之一信號來控制如上述回饋安排的脈衝能量。第8A圖是顯示壓電疊片80，步進馬達82，鏡14及鏡安裝組件86之一方塊圖。

第8B1圖是顯示本發明之一較佳實施例之詳細結構之一圖式。在鏡14之位置之較大改變是經由一26.5比1之槓桿臂由步進馬達所產生的。在此例子中，在該壓電驅動器80之末端上的一菱形墊41被設置來在槓桿臂84之支點上接觸球面加工球。在該槓桿臂84之頂端及鏡安裝套件86之間的接觸是使用一圓柱隼釘設至在該槓桿臂84上及四個球形承托被安裝在該鏡安裝套件上如標號85者。壓電驅動器80被安裝在具有壓電安裝套件80A之LNP框上及該步進馬達被安裝在具有步進馬達安裝套件82A之框架上。鏡14被安裝在具有使用三個鋁球體的三點安裝之鏡安裝套件86中，而

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (30)

其等只有一個被顯示在該第8B1圖中。三個彈簧14A施加壓力來保持該鏡抵壓在該等球體上。

第8B2圖是與第8B1圖中所示者有些微不同的一較佳實施例。本實施例包括有一波紋管87用來隔離該壓電驅動器離開在該LNP之內的環境。此隔離避免UV破壞該壓電元件及避免由因外部充滿氣體的壓電材料所引起的可能污染。

測試結果

第8C圖顯示匹配第8B2圖實施例之一雷射之真正測試值。該圖式是由30個脈衝視窗之平均的目標波長之誤差之圖式。該誤差由大約0.05pm降低至約0.005pm。

本實施例與前述步進馬達驅動系統相較是大幅增加速度，但還不夠快到作脈衝至脈衝調整。鏡子定位之前述方法需要約7ms來移動鏡14，使脈衝至脈衝波長更正在2000Hz而不會有問題。在該先前的技術中，一槓桿臂樞接在一樞軸上相較於該步進馬達移動來產生一1比26.5的在鏡移動之降低。該習知步進馬達具有1/2英吋(12.7mm)及6000步的總移動量，使得每一步驟是約2微米的距離。以此1比26.5之減少，一步驟移動該鏡約75nm，其典型地改變該雷射波長約0.1pm的波長。在第12A圖中所示之該快速作動技術中，一壓電堆疊80已經在加在該槓桿臂84之樞軸位置。一較佳的壓電堆疊是由辦公室設在德國Waldronn之Physik Instrument GmbH公司所供應的型號P-840.10者。

此堆疊將產生具有20伏特之驅動電壓改變之約3.0微

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (31)

米的線性調整。

該堆疊響應小於1微秒之一控制信號及該系統可以容易地在4000Hz的頻率下響應該被更新的信號。在一較佳實施例中，對於在4000Hz脈衝率之每一脈衝之控制不是基於該前一脈衝而是基於先前於該前一脈衝之脈衝來允許有足夠的時間給該波長的計算。然而，本實施例以一7秒等待時間提供優於習知技術之7倍改善。因此，較快速的回饋控制可以被提供。一較佳回饋控制演算法被描述在第8D圖中。在此演算法中，該波長是針對每一脈衝被測量及最後四個及最後二個的一平均波長被計算。如果其中一個平均與該目標波長的誤差小於0.2pm，則沒有調整之必要。如果二者誤差超過目標值0.02pm，則一調整藉由該壓電堆疊80被完成在該鏡組件上，以提供一波長更正。二平均值中的那一個要被使用是藉由從上一次調整有多少時間已經被通過來決定。該壓電堆疊藉由在當該堆疊接近其30至70%範圍時來逐步控制該步進馬達來被維持在它的控制範圍之內(或提供更多可利用的範圍，45及55%可以被使用來取代該30至70%範圍)。因為該步進馬達需要約7ms來完成一步驟，該演算法可以在一步進馬達前進期間完成許多次的壓電調整。

雖然本發明之特別實施例已經被顯示及描述，對於熟習相關技術者將顯而易知，在不偏離本發明之較廣特徵下所作的改變及修飾是可以被完成的。例如，部份地，該頻寬是被多數個稜鏡所窄化的線之線窄化雷射及該光束以一

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明（ 32 ）

調整鏡來被反射。此技術將牽涉到振動該調整鏡。該波峰分離將可以隨著所示的範例來加以變化。正常地，然而，該等波峰將可被補償至少0.5pm。在微顯術中，一脈衝串的脈衝正常地包括有約20至400個脈衝。大部份的微顯術單元現在操作在1000Hz或更高。其也應瞭解，此等高頻振動技術幫助減少相干性問題。因此，該後附申請專利範圍是要包含落在它們範微之內的所有此等改變及修改於本發明的真正精神及範圍之內。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

訂

五、發明說明 (33)

元 件 標 號 對 照

14,170,171,173,174,175,1	177…細縫
79,182…鏡	180 …光二極體陣列
69…光二極體(偵測器)	(PDA)
79…標準具	183…透鏡
80…壓電(PZT)驅動器	184…標準具
81,87…凸緣	190…校準單元
82…底板	197…量波器處理器(控制器)
83…熔融石英分隔	400…微處理器
84…容室	402 …可程式邏輯裝置
86…彈簧	(PLD)
88…擴散器	404…執行及資料記憶體
89…視窗	銀行
90…聚焦透鏡	406…隨機存取記憶體
104…量波器	408…隨機存取記憶體銀行
172…能量偵測器	410…類比至數位轉換器
176…光柵	450…像素

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

四、中文發明摘要(發明之名稱: 微影術程序用雷射頻譜工程技術)

本發明提供一種電子放電雷射之頻寬控制的積體電路微顯術技術，其為本案申請人稱之為頻譜工程。在一較佳程序中，一電腦模式被使用在模型化微顯術參數來決定需要用來產生一所需的微影術結果之一所需雷射頻譜。一快速響應調整機構而後被使用來調整在一脈衝串的脈衝中的雷射脈衝之中心波長，以使該脈衝串之脈衝之一整合頻譜可以達到接近所需要的雷射頻譜。該雷射光束頻寬被控制來產生具有至少二頻譜尖峰之一有效光束頻譜，以在光阻膜上產生改善的圖案解析度。線窄化設備提供具有至少一壓電驅動器及一具有小於約2.0微秒之響應時間之快速頻寬偵測控制系統。在一較佳實施例中，一波長調整鏡與該雷射之重複率同相被振動在超過每秒500次振動之高頻振動率。在一範例中，該壓電驅動器被以一方波信號驅動，及在一第二範例中，其被以一正弦波驅動。在另一實施例中，該最大移位以該雷射脈衝被匹配在一對一基礎上，以產生對於一連續雷射脈衝具有二尖峰之一所需的平均脈衝。其他的實施例利用三個分離波長調整位置產生具有三分離尖峰之一頻譜。

英文發明摘要(發明之名稱: LASER SPECTRAL ENGINEERING FOR LITHOGRAPHIC PROCESS)

An integrated circuit lithography technique called spectral engineering by Applicant, for bandwidth control of an electric discharge laser. In a preferred process, a computer model is used to model lithographic parameters to determine a desired laser spectrum needed to produce a desired lithographic result. A fast responding tuning mechanism is then used to adjust center wavelength of laser pulse in a burst of pulses to achieve an integrated spectrum, for the burst of pulses approximating the desired laser spectrum. The laser beam bandwidth is controlled to produce an effective beam spectrum having at least two spectral peaks in order to produce improved pattern resolution in photo resist film. Line narrowing equipment is provided having at least one piezoelectric drive and a fast bandwidth detection control system having a time response of less than about 2.0 milliseconds. In a preferred embodiment, a wavelength tuning mirror is dithered at dither rates of more than 500 dithers per second in phase with the repetition rate of the laser. In one case, the piezoelectric drive was driven with a square wave signal and in a second case it was driven with a sine wave signal. In another embodiment, the maximum displacement was matched on a one-to-one basis with the laser pulses in order to produce a desired average spectrum with two peaks for a series of laser pulses. Other preferred embodiments utilize three separate wavelength tuning position producing a spectrum with three separate peaks.

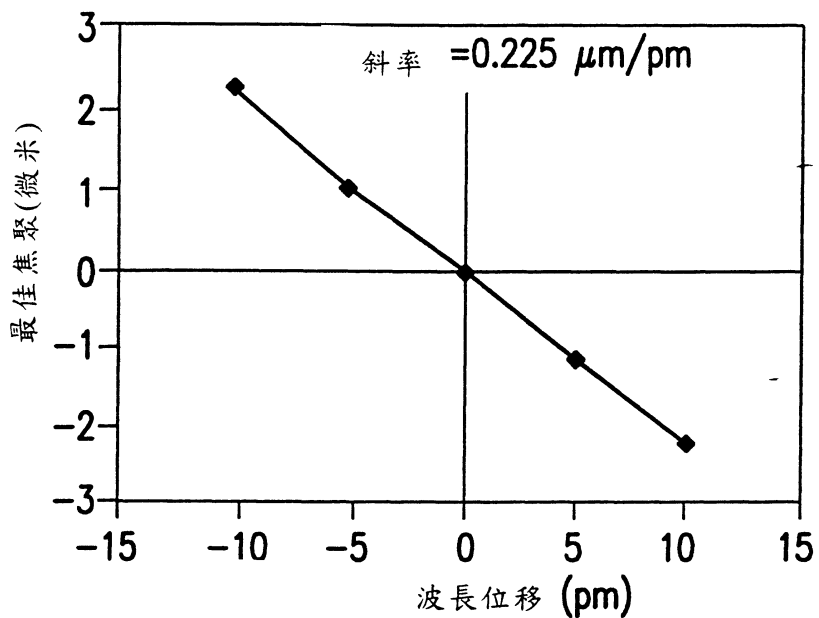
(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

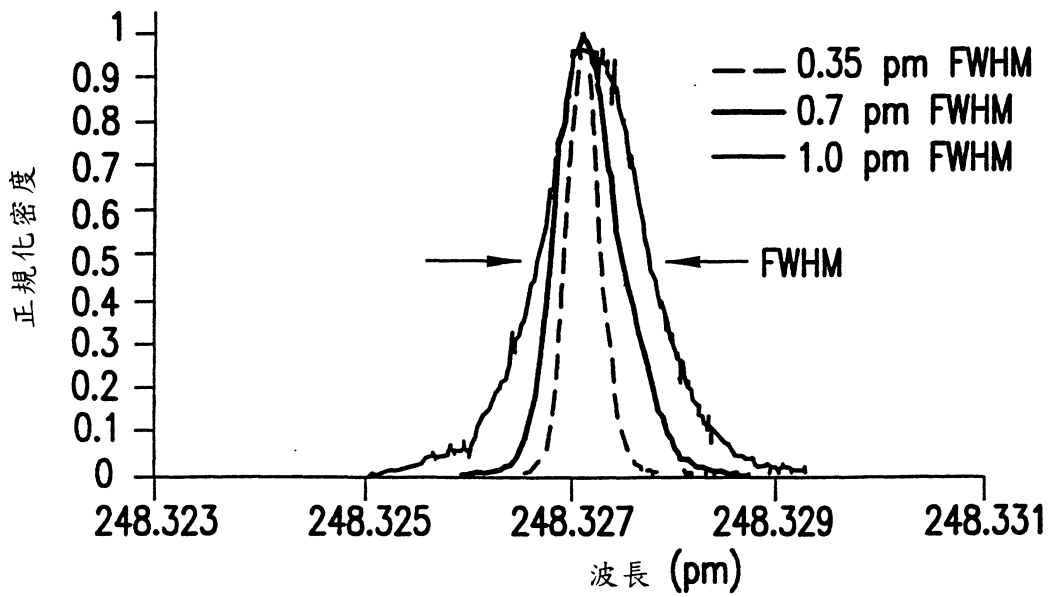
訂

線

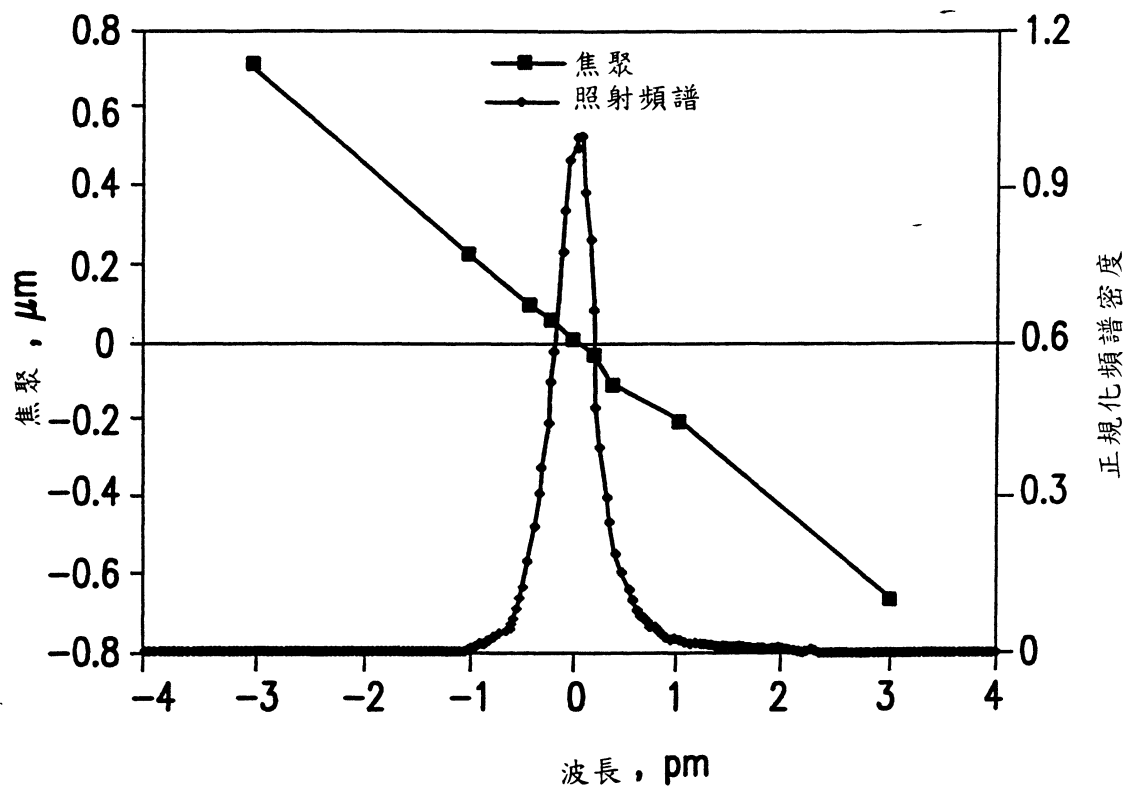
p1108726



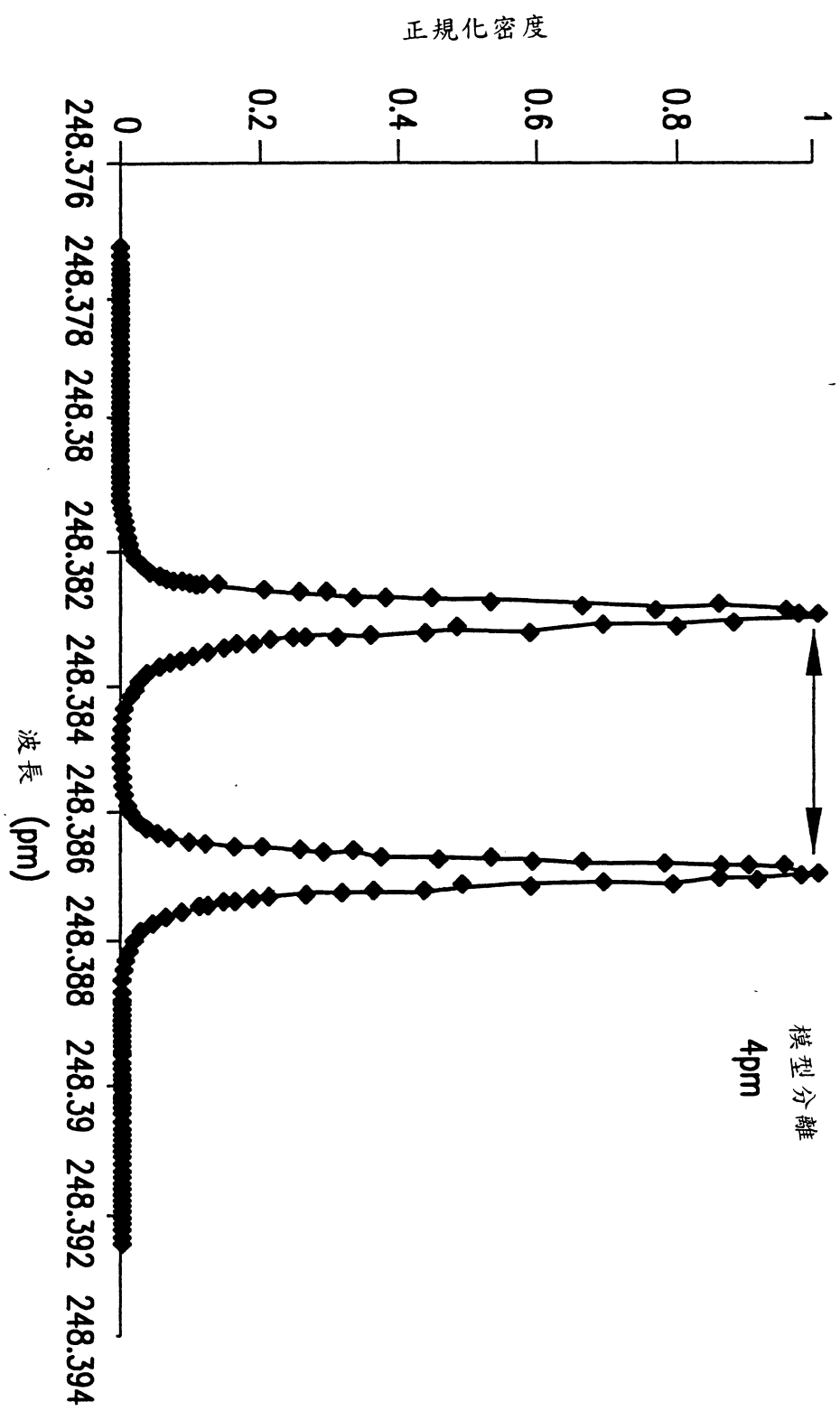
第1A圖



第1B圖

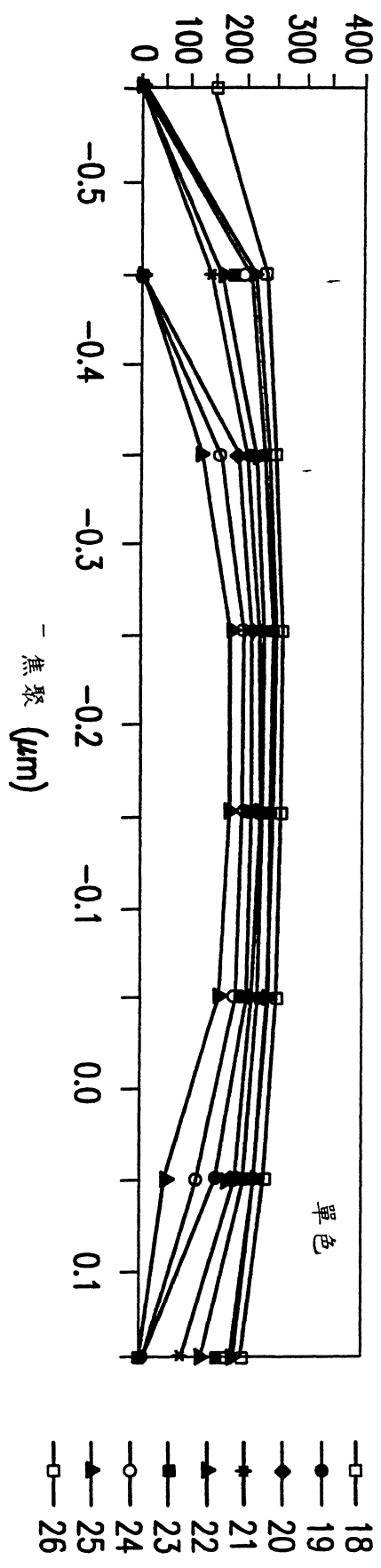


第 2A 圖



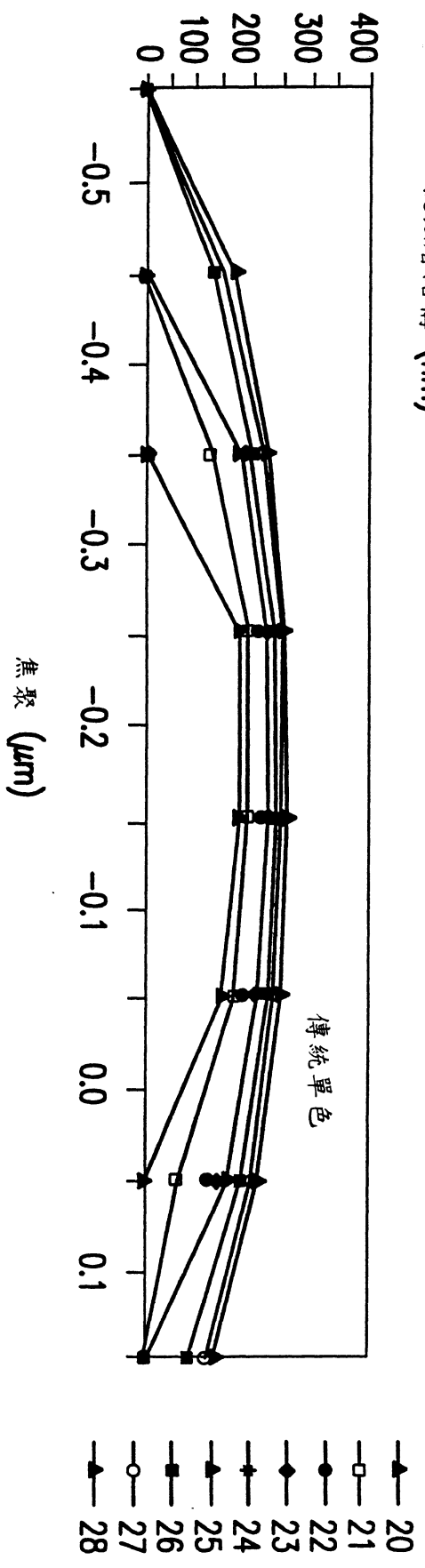
第 2B 圖

抗蝕層結構寬度 (nm)

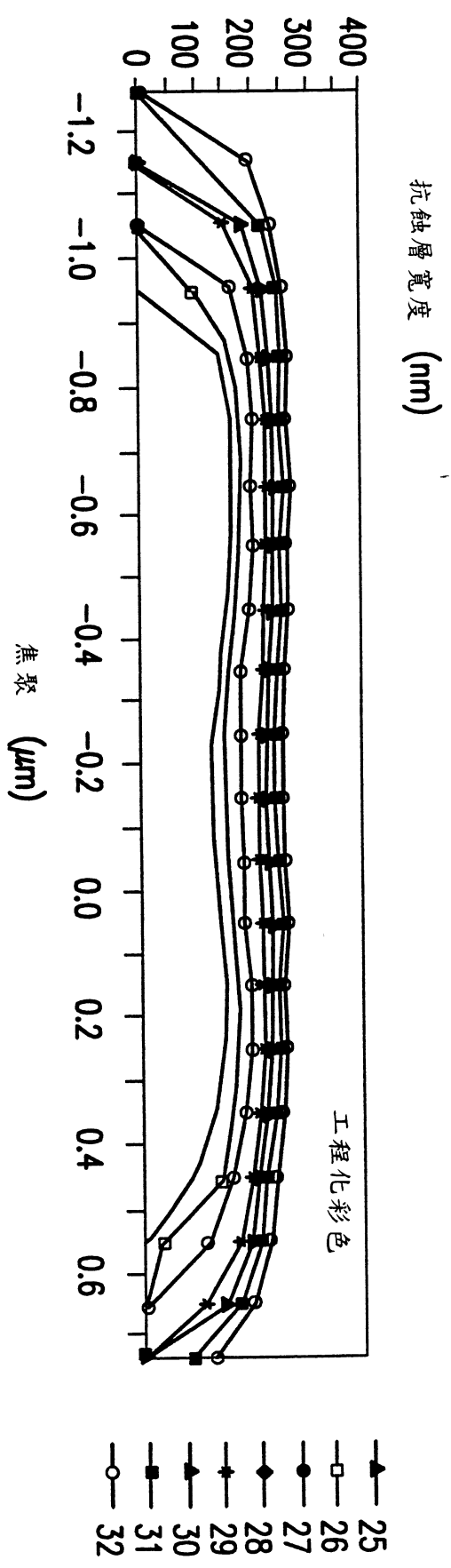


第2C1圖

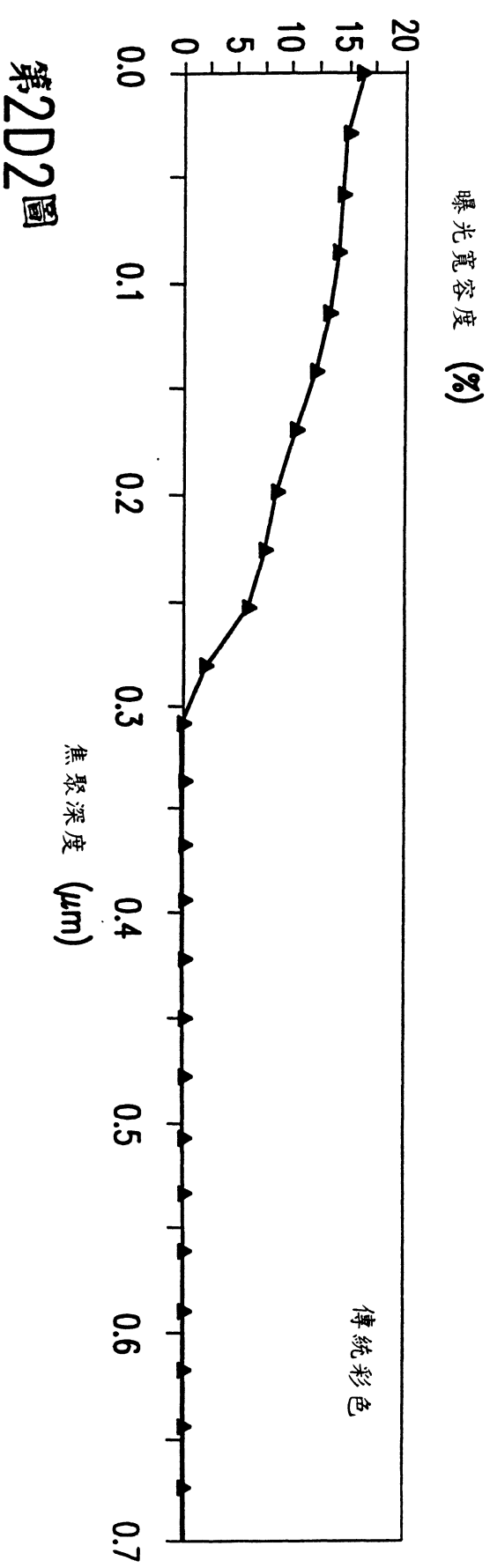
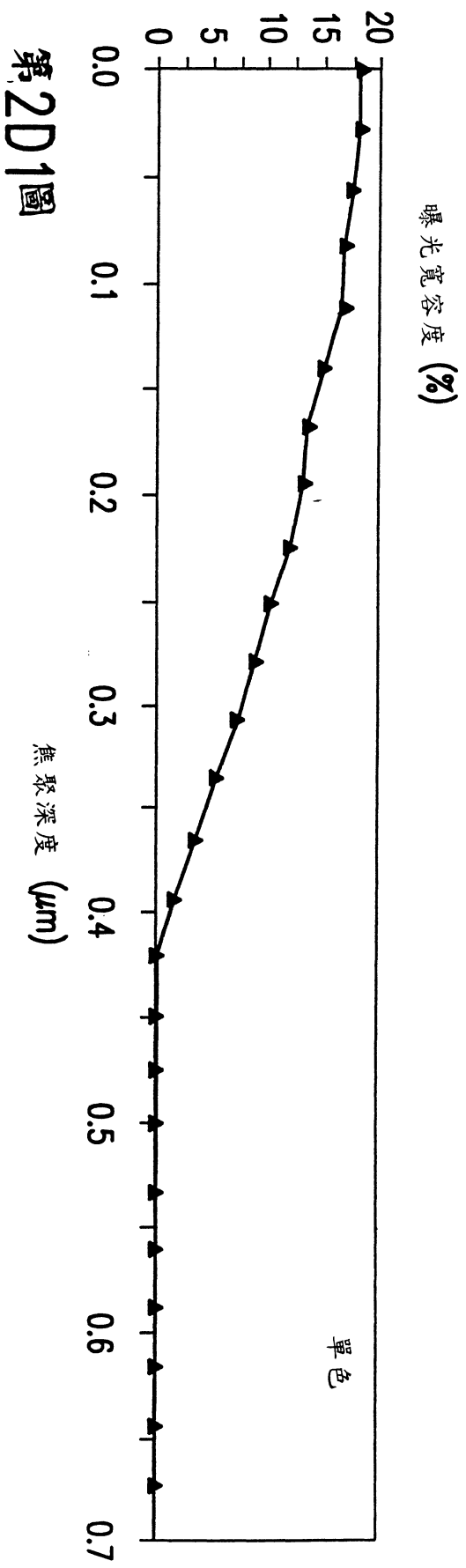
抗蝕層結構 (nm)

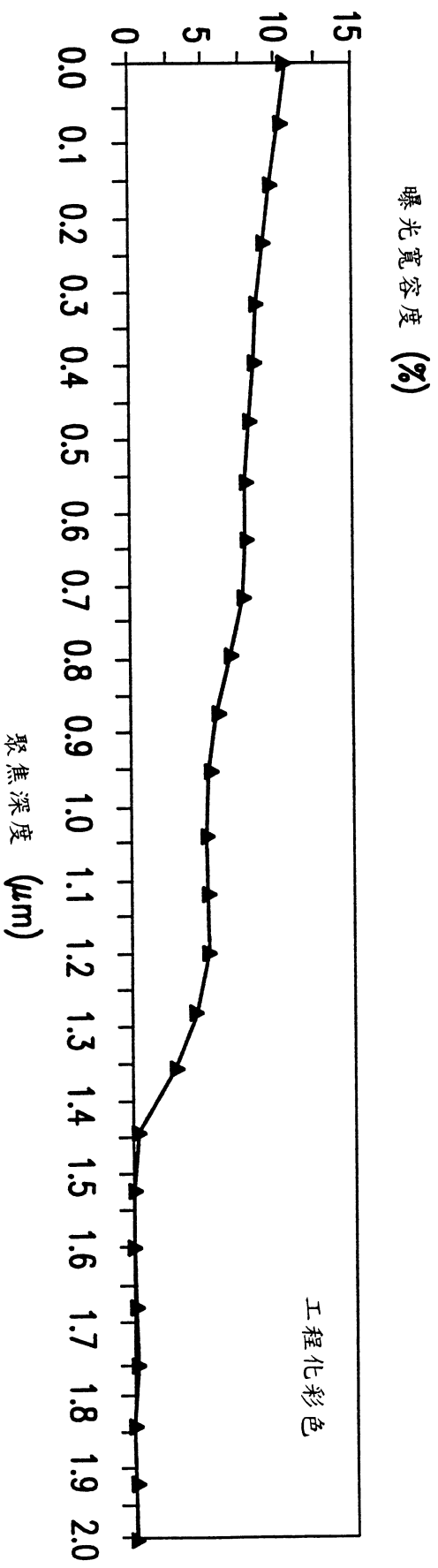


第2C2圖

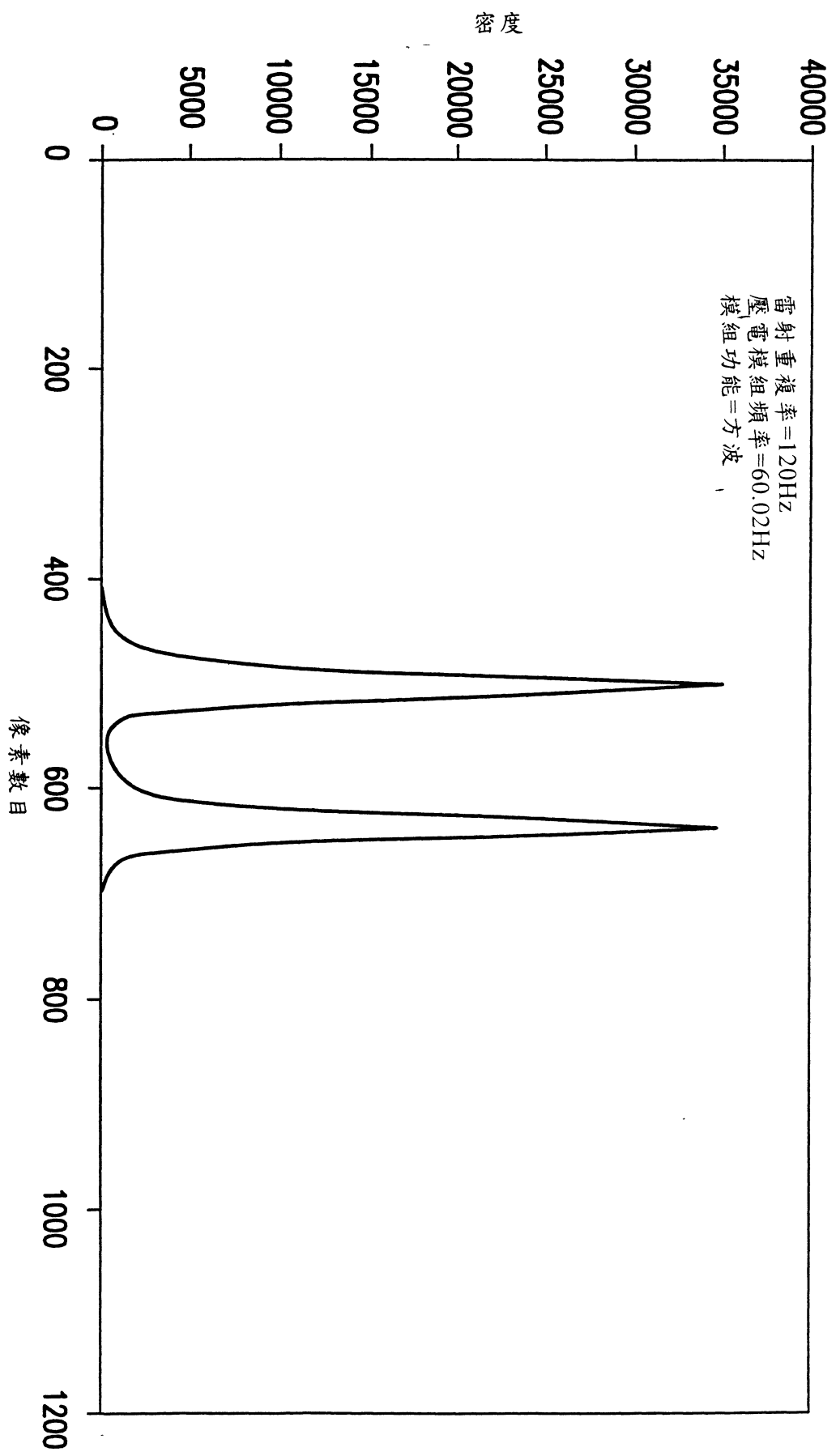


第2C3圖

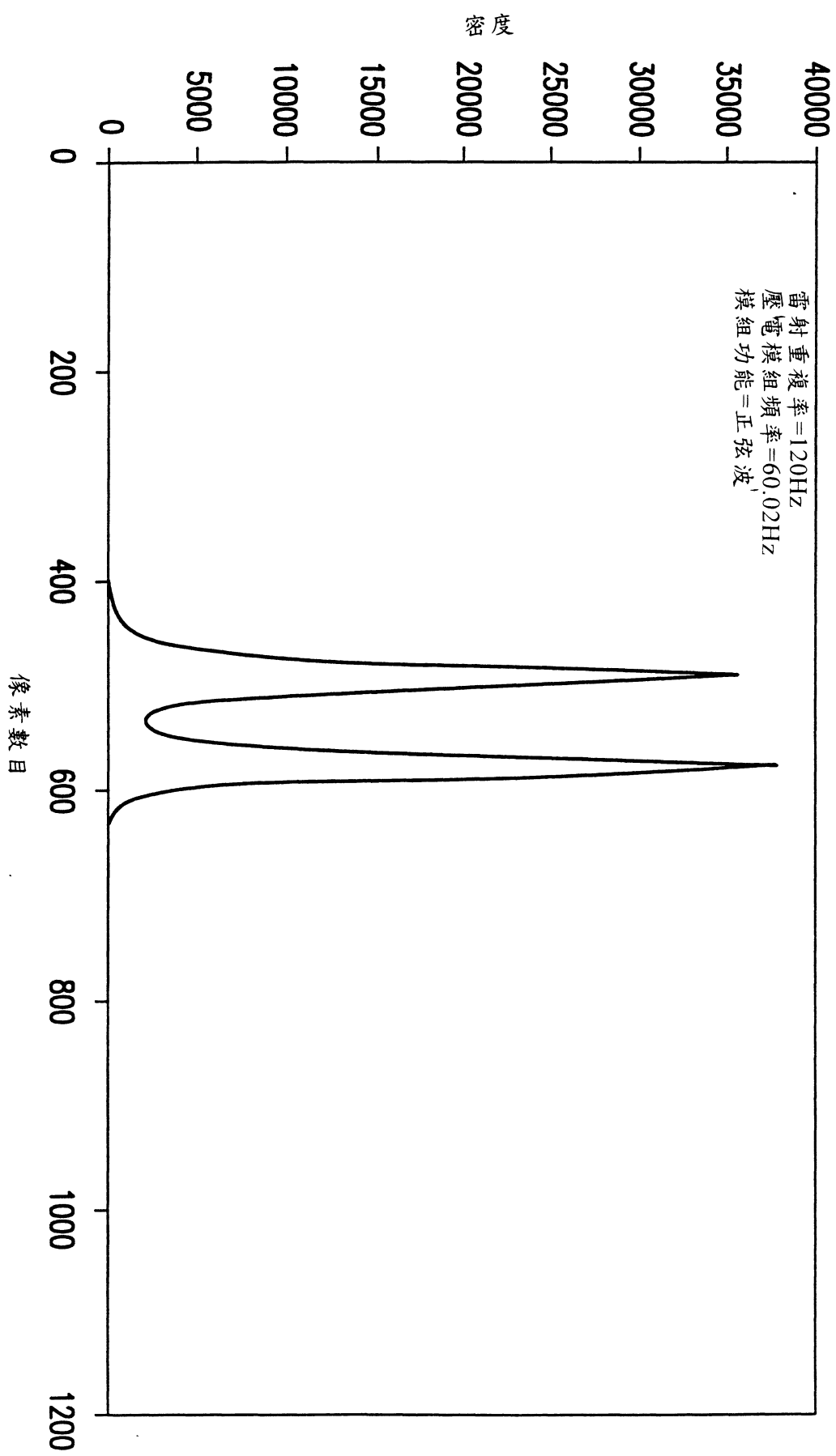




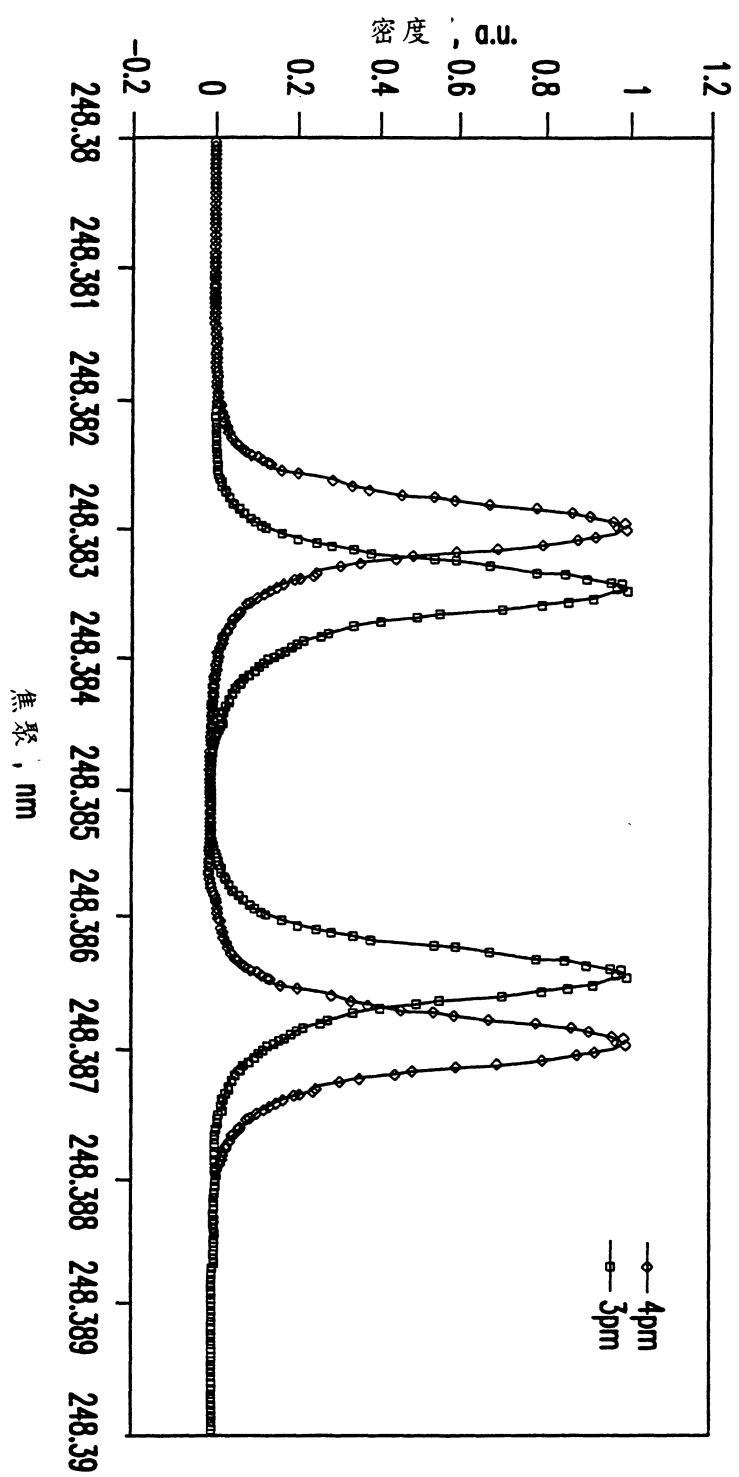
第2D3圖



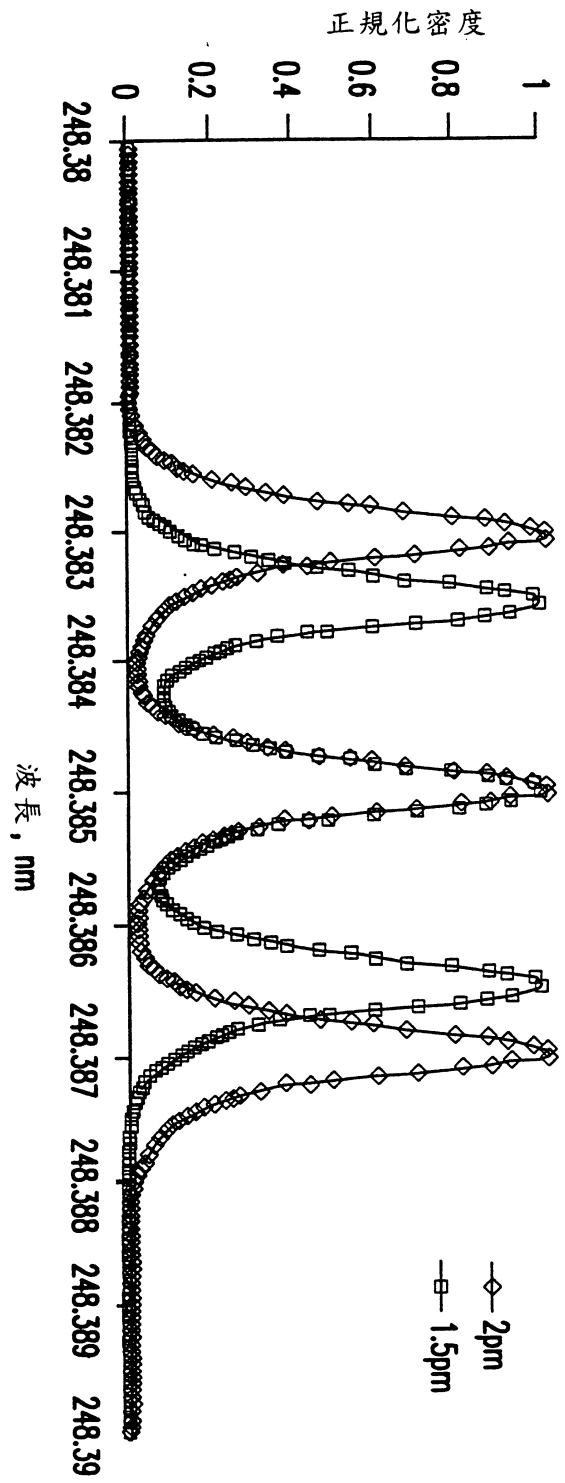
第 2E 圖



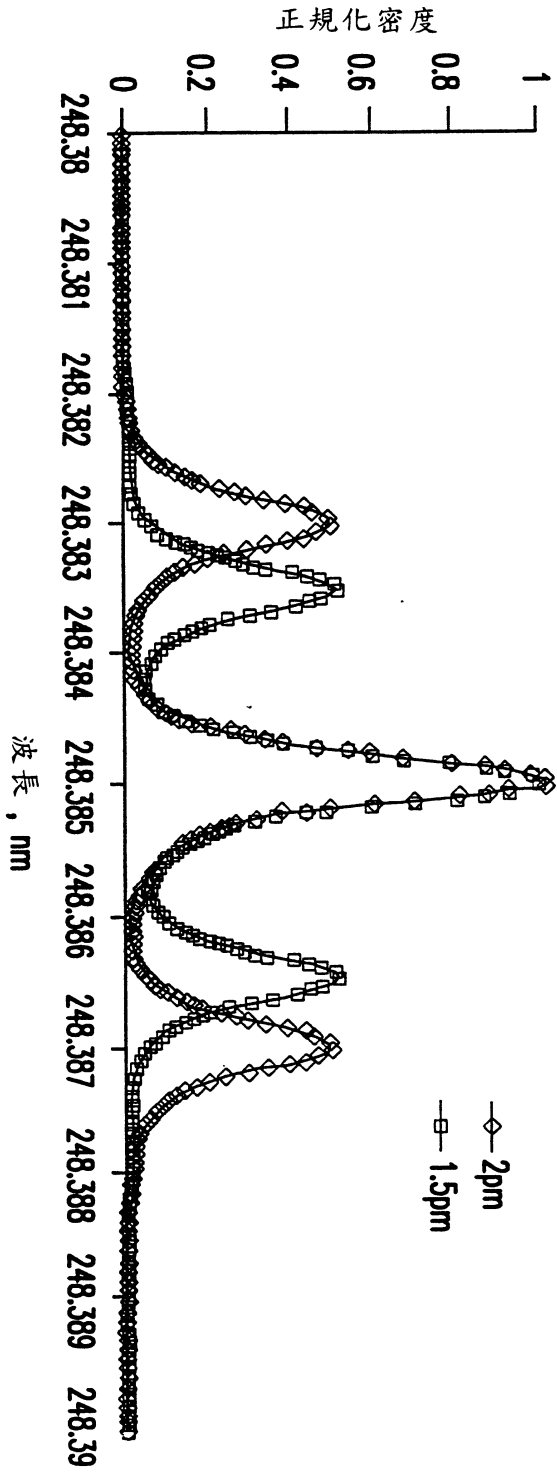
第 2F 圖



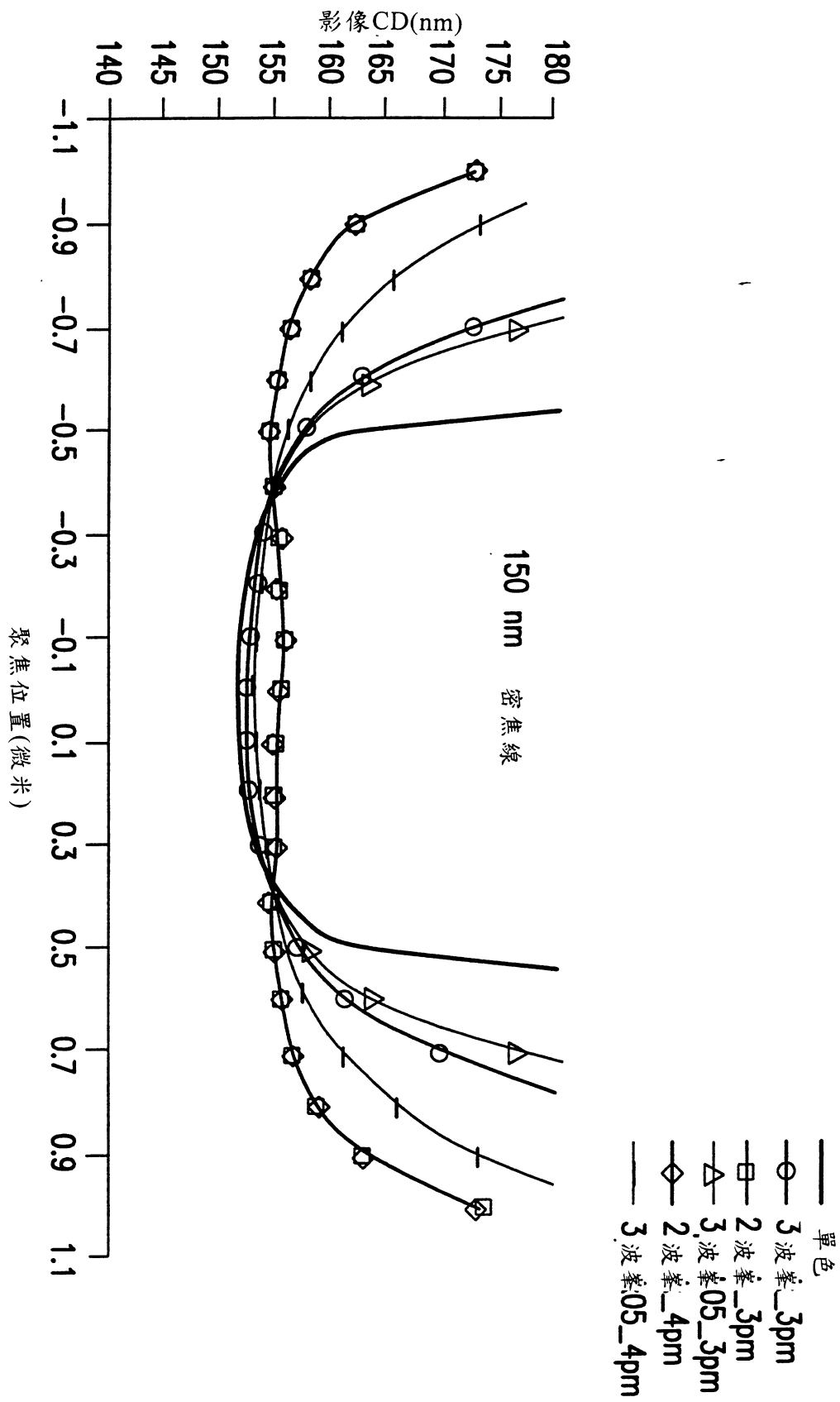
第2G1圖



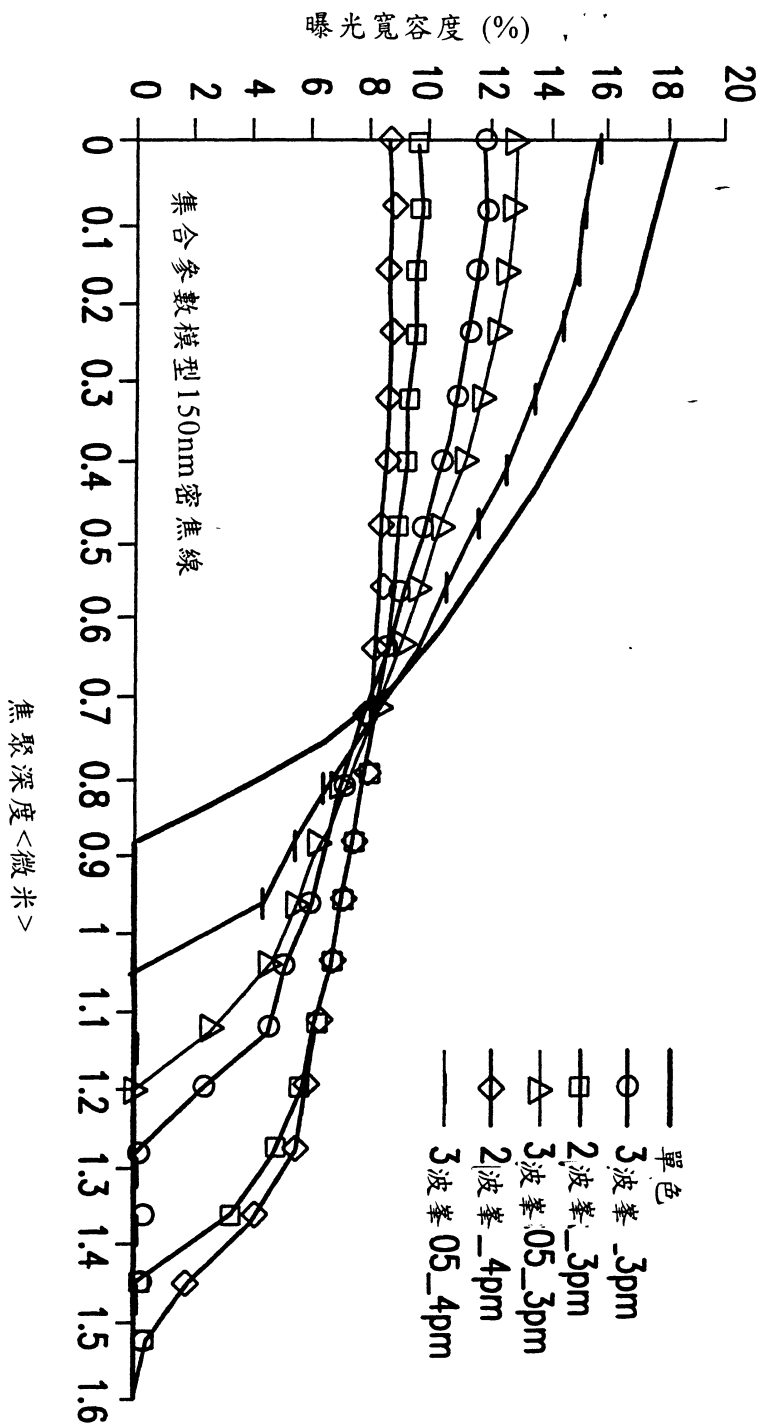
第262圖



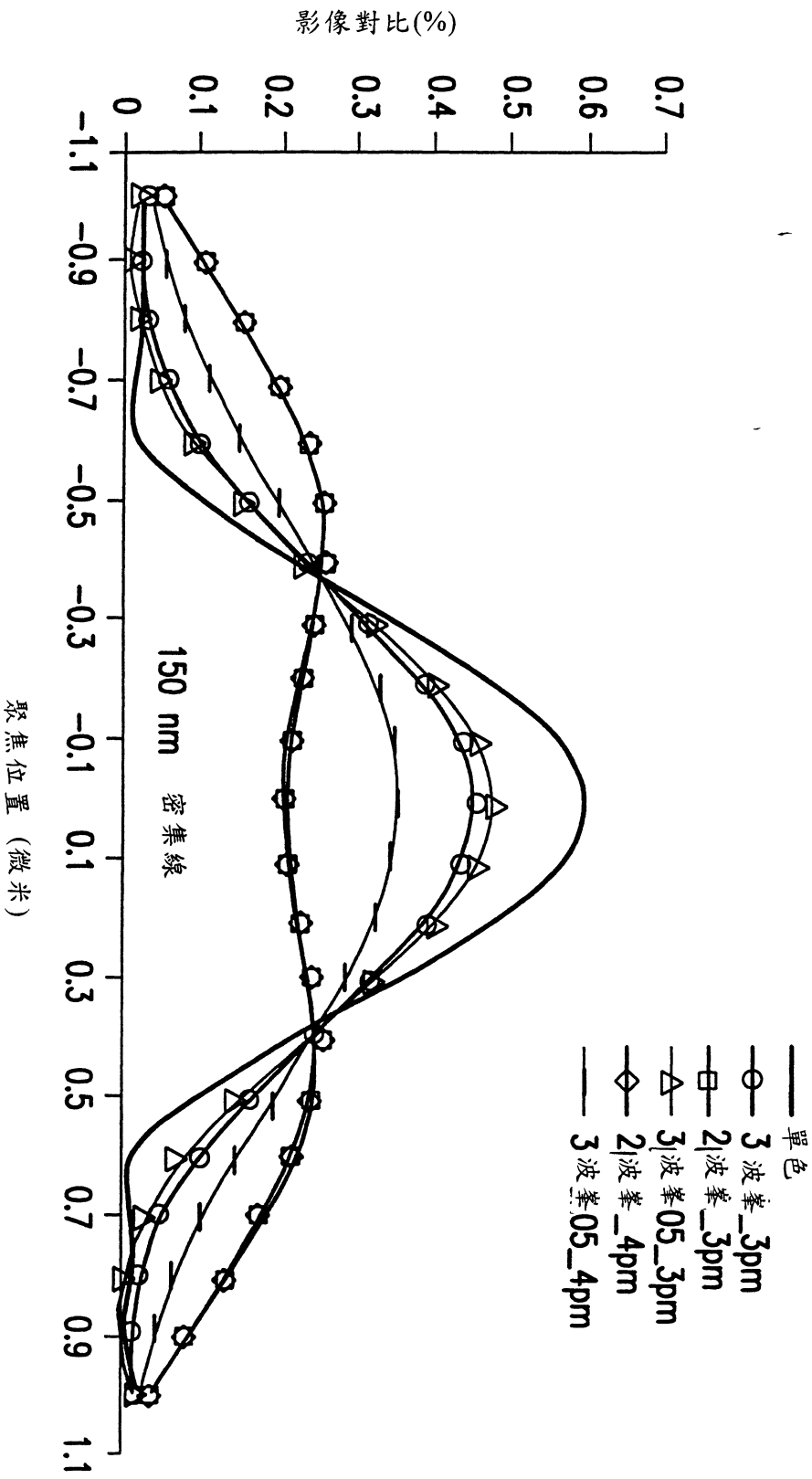
第263圖



第2H1圖

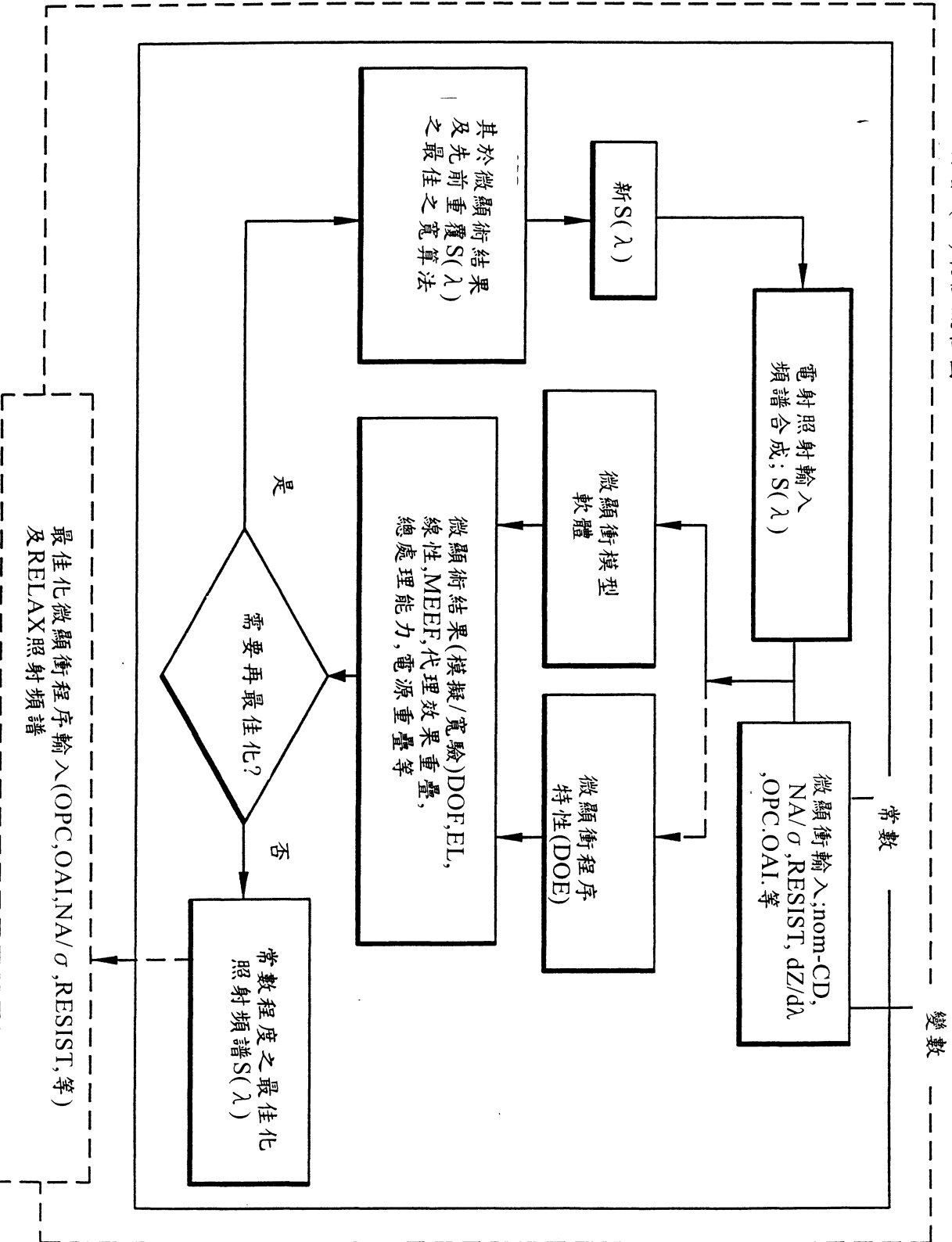


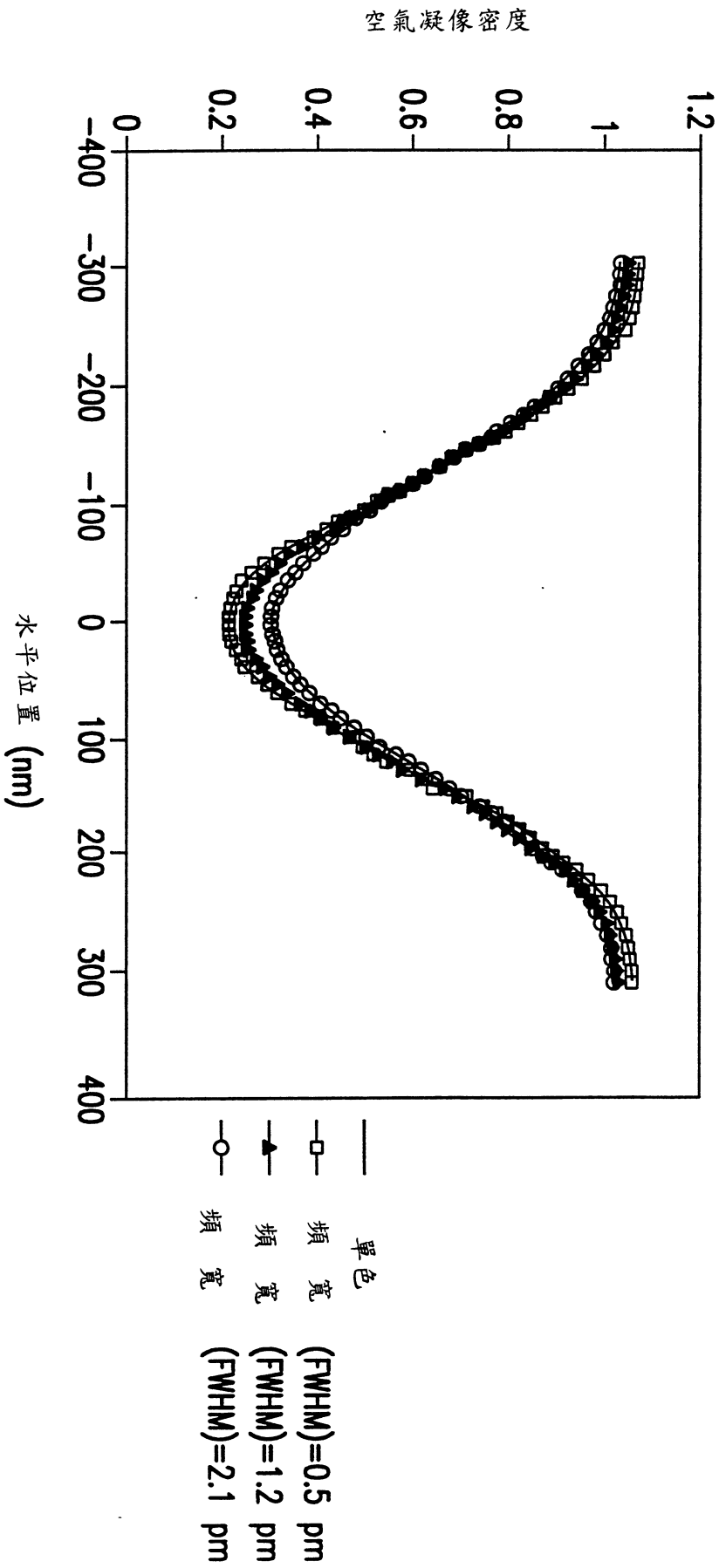
第2H2圖



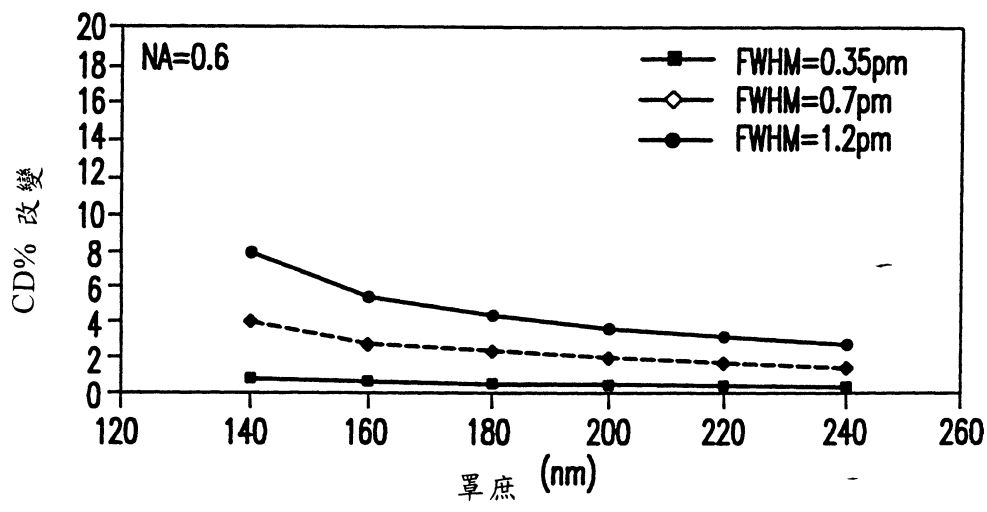
第2H3圖

頻譜 $S(\lambda)$ 最佳流程圖

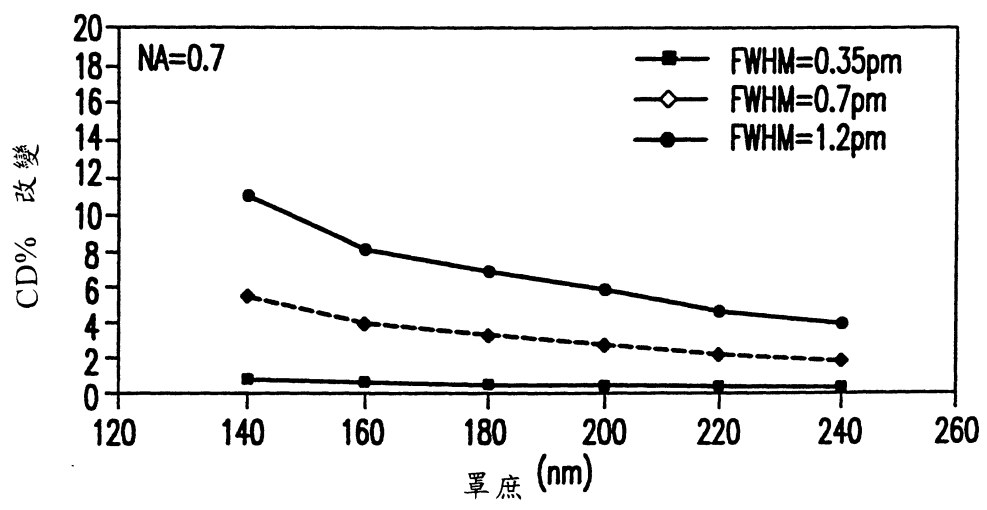




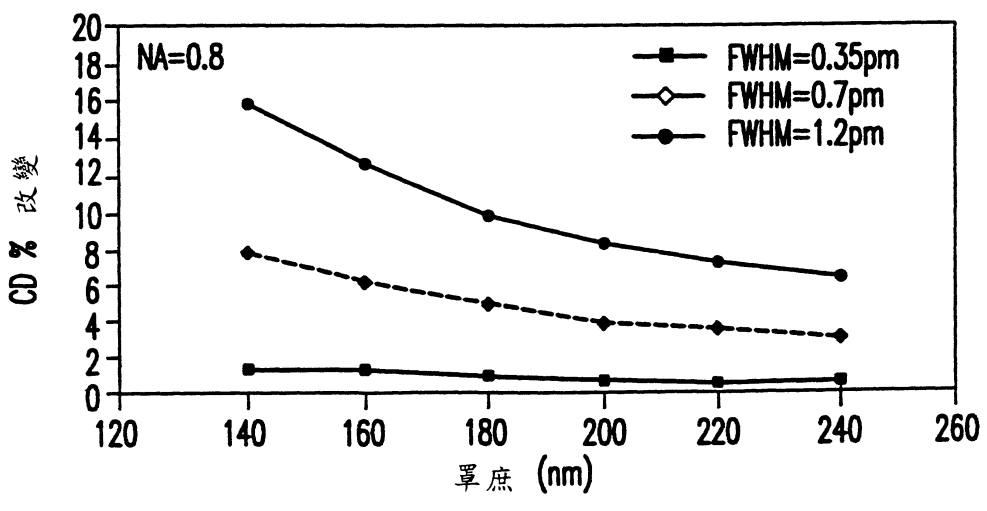
第 3 圖



第 4A 圖

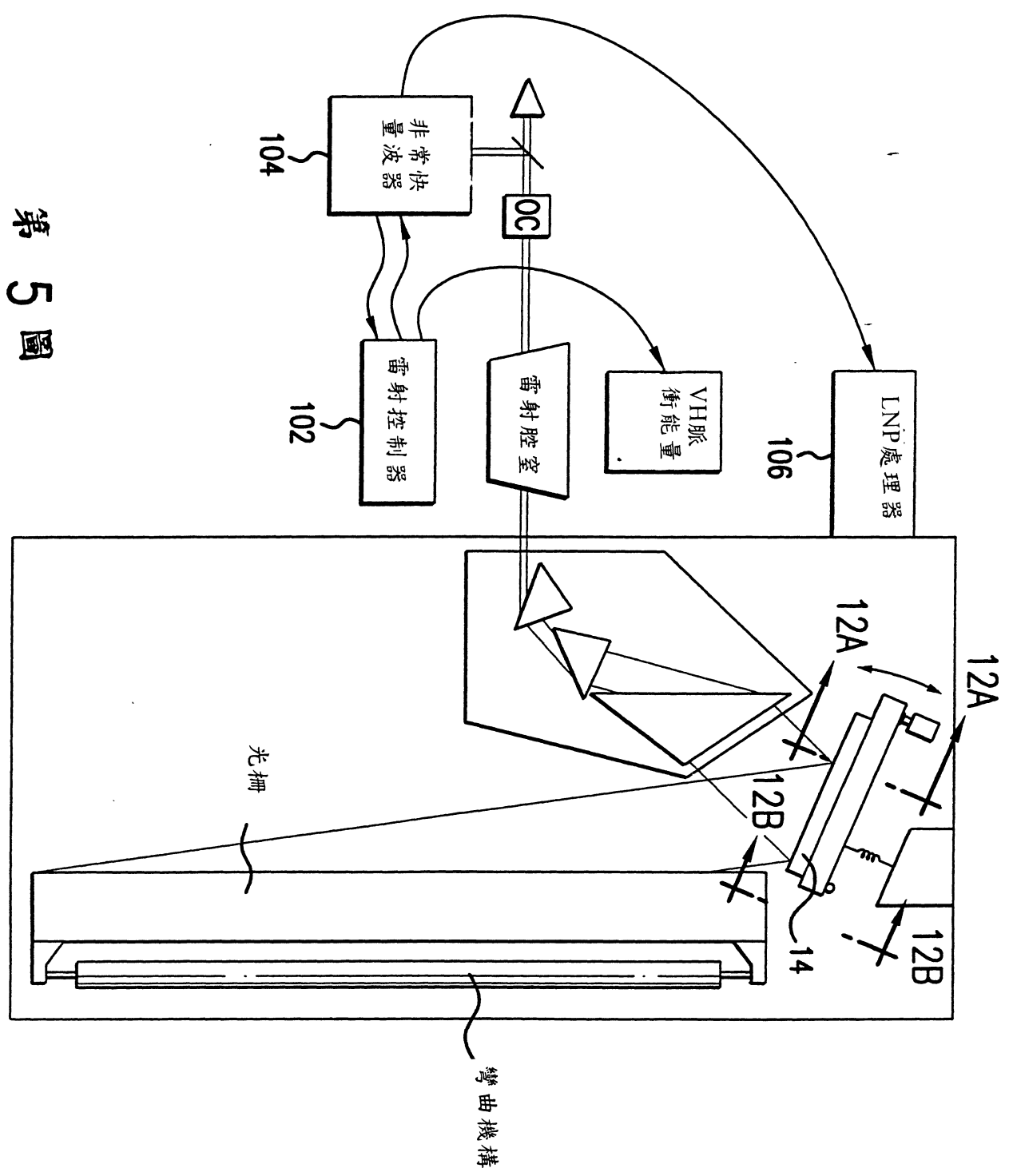


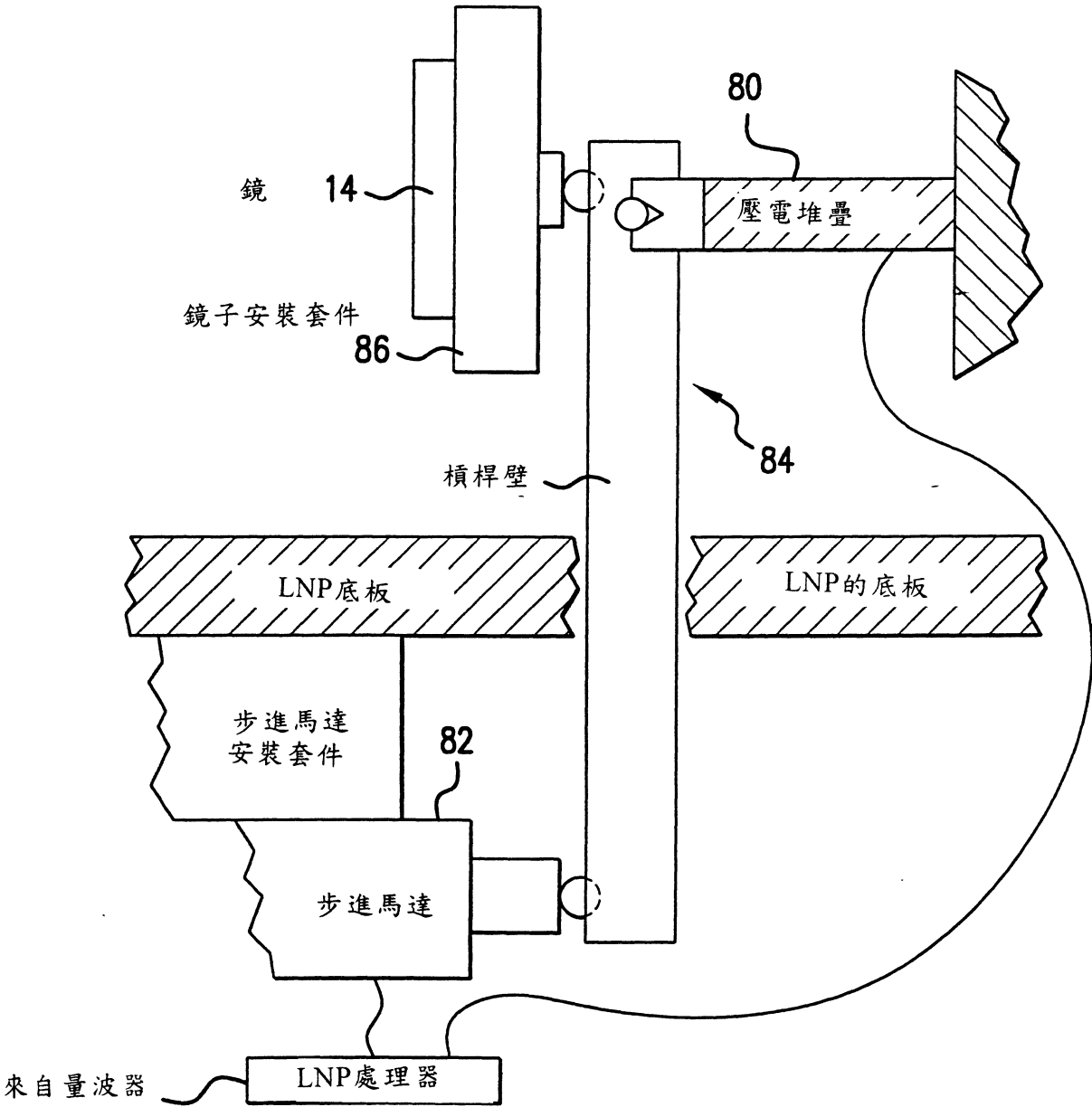
第 4B 圖



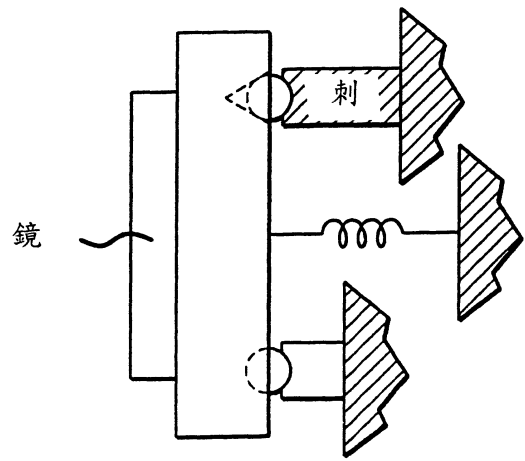
第 4C 圖

第 5 圖

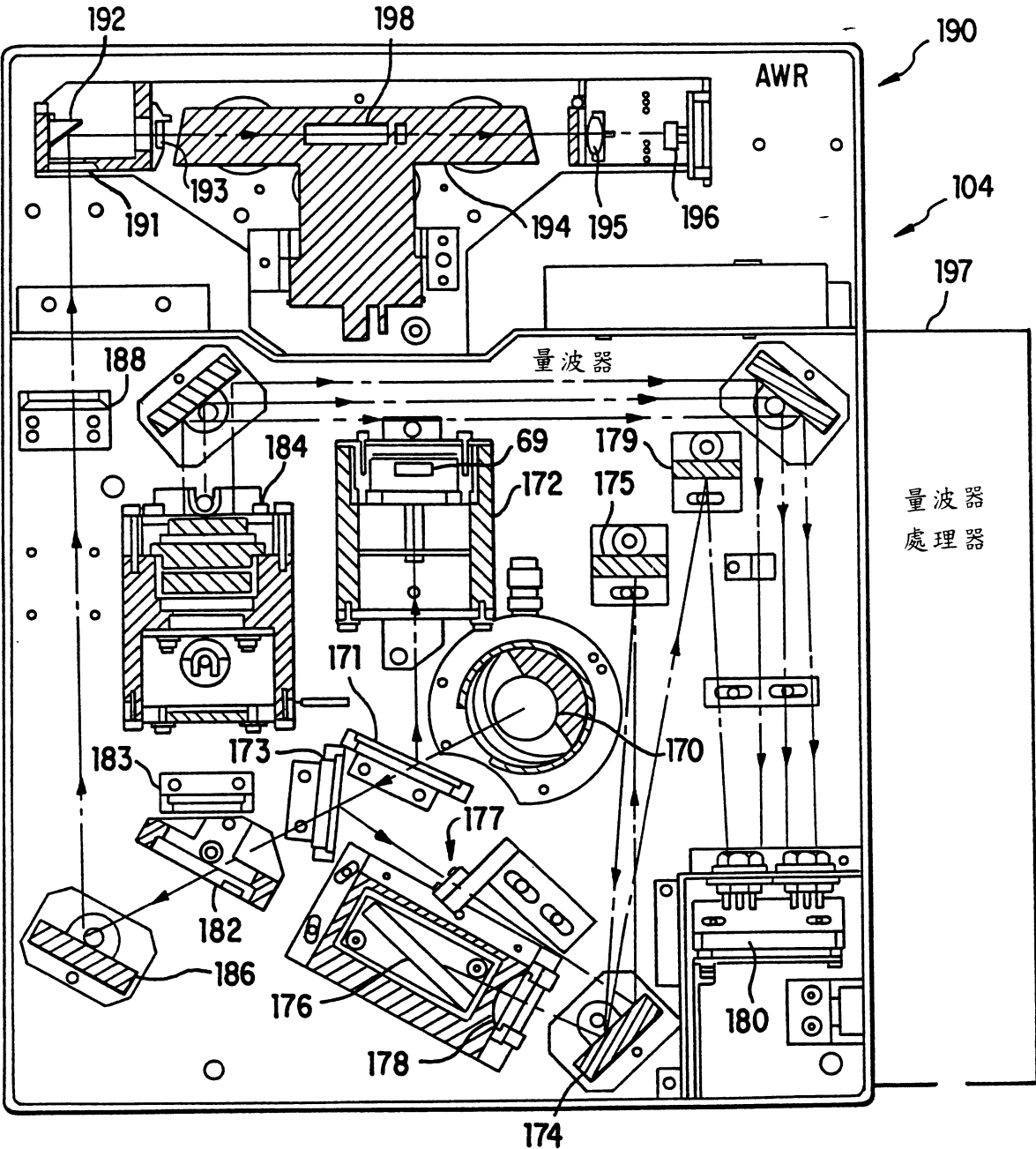




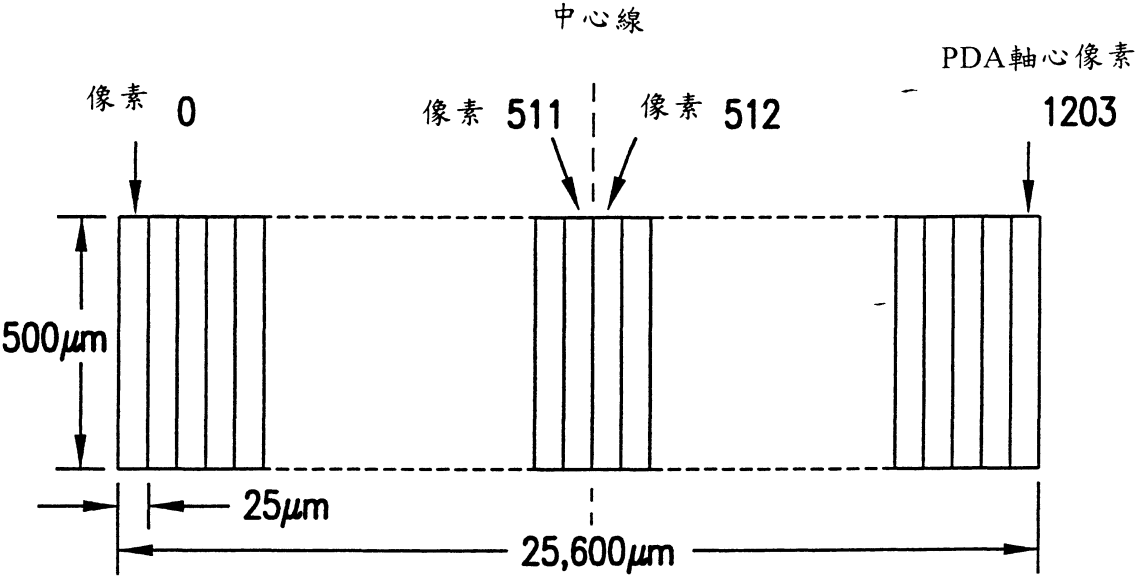
第 5A 圖



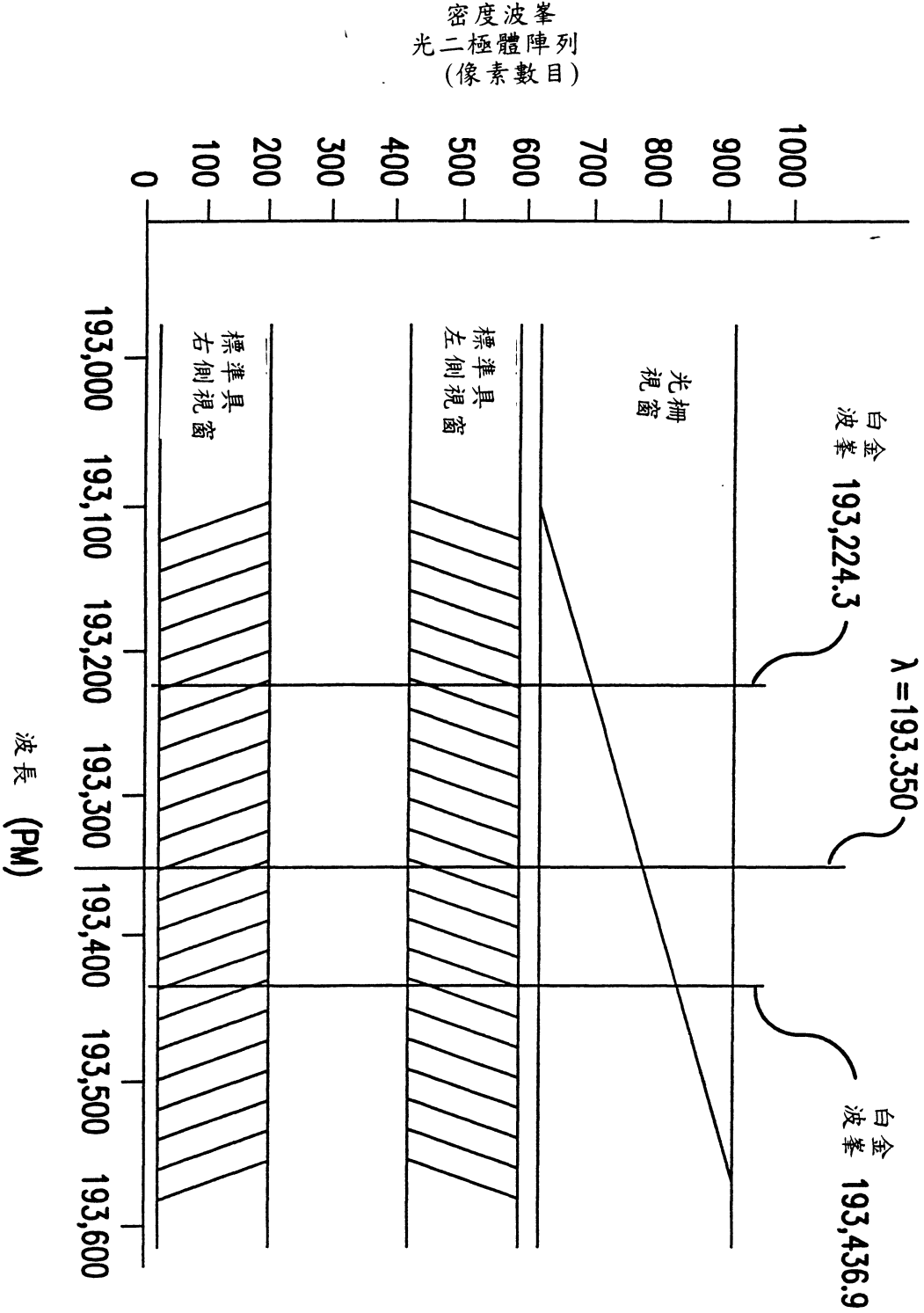
第 5B 圖



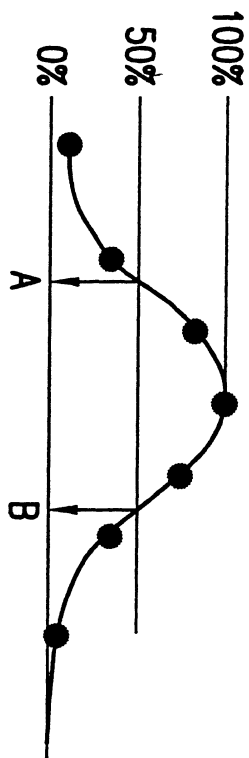
第 6 圖



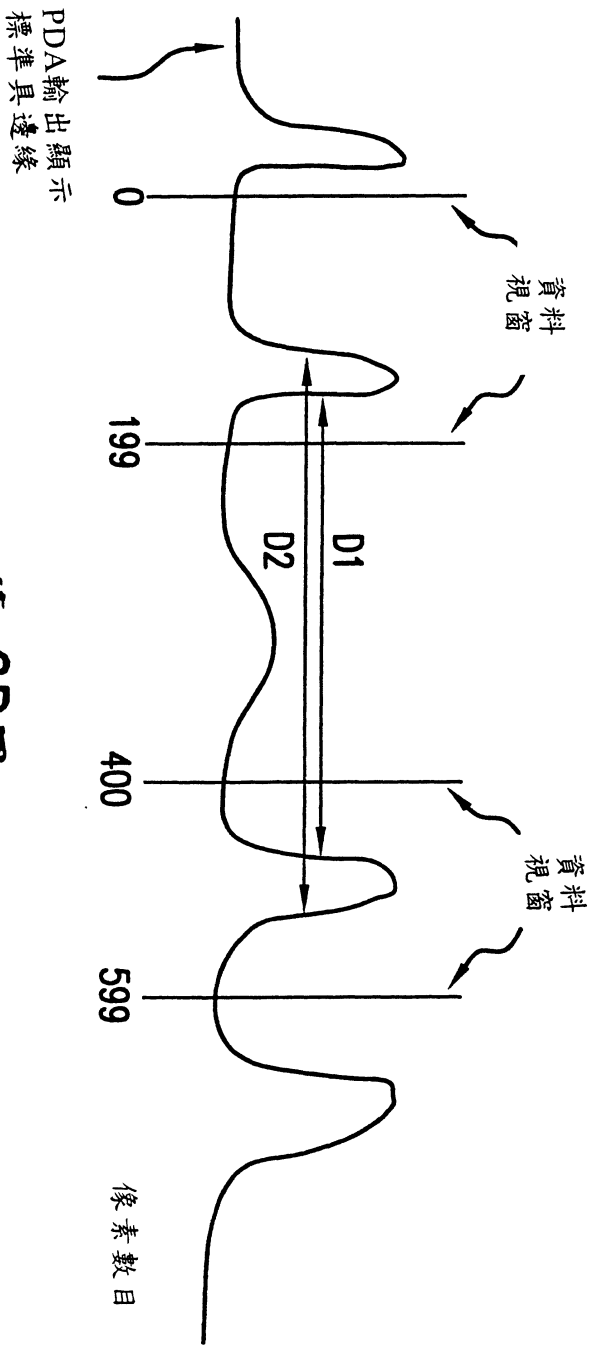
第 6A 圖



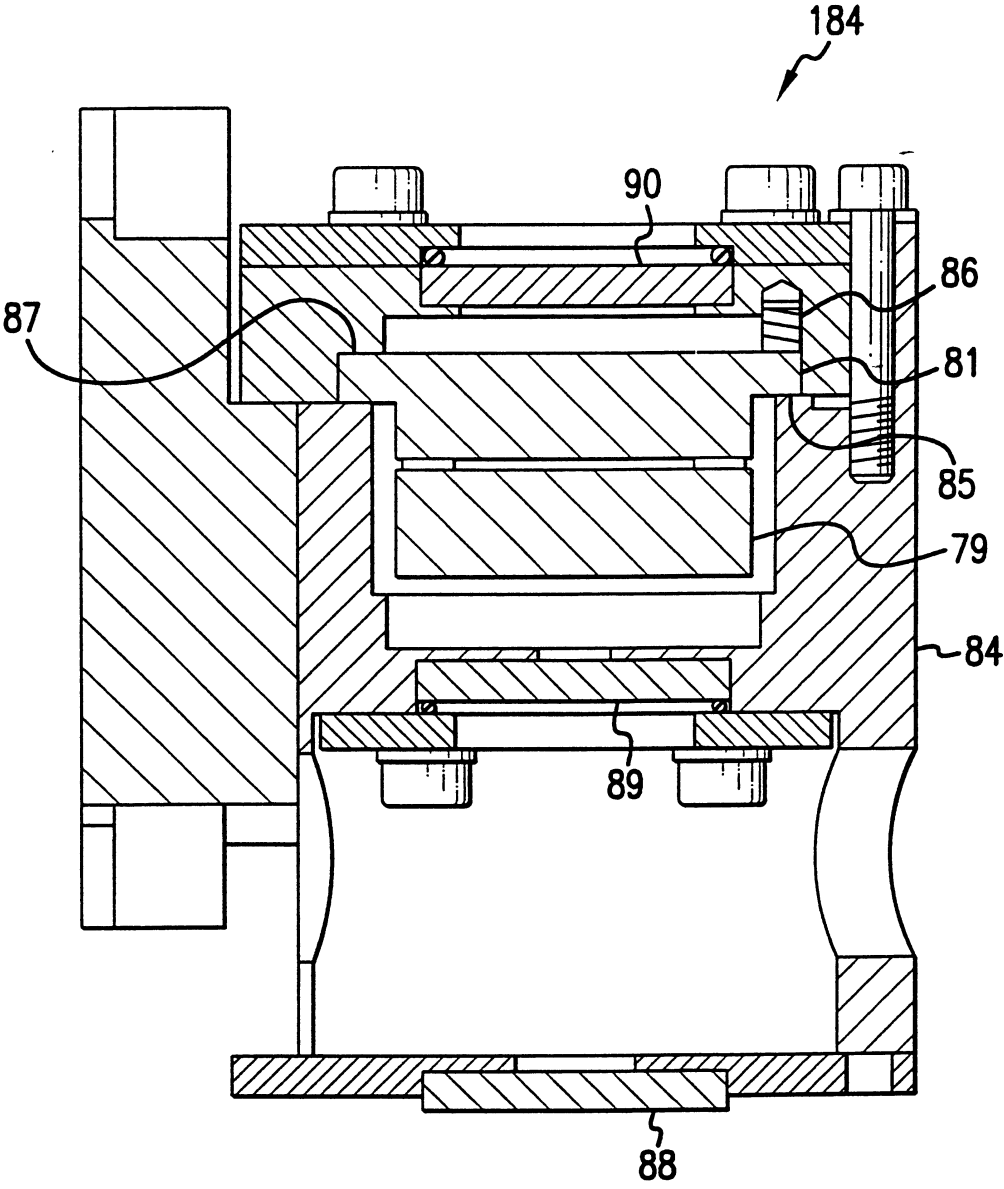
第 6B 圖



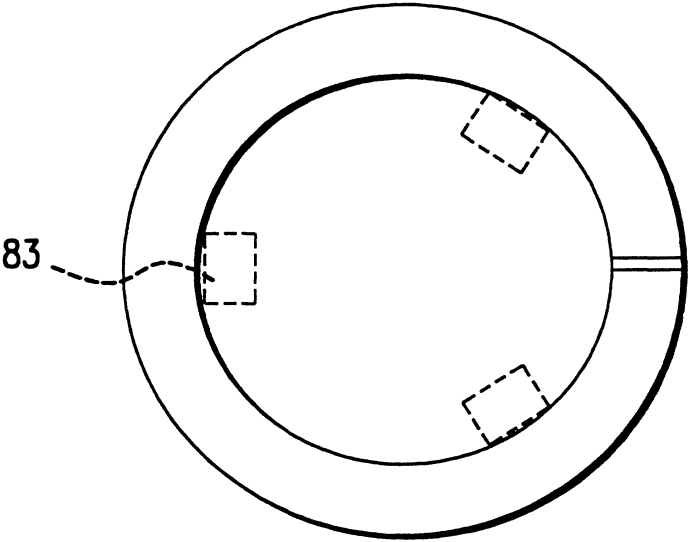
第 6C 圖



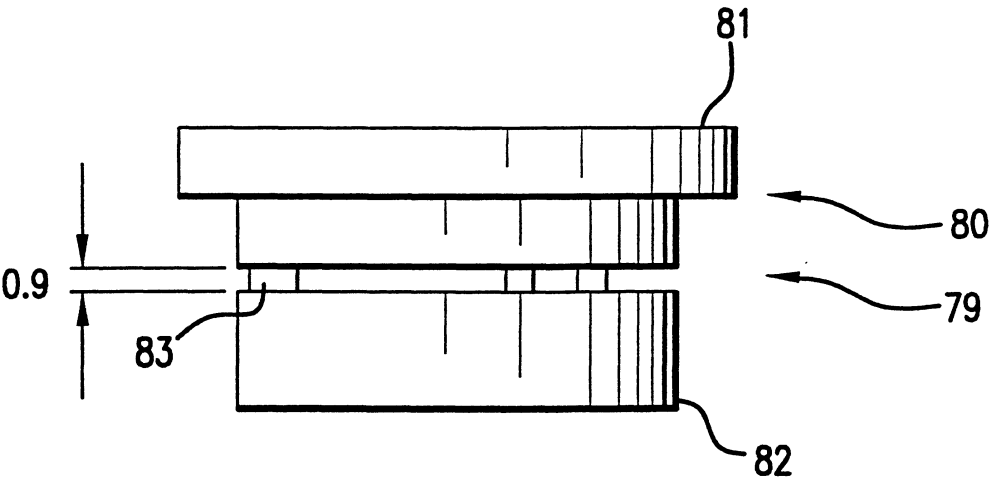
第 6D 圖



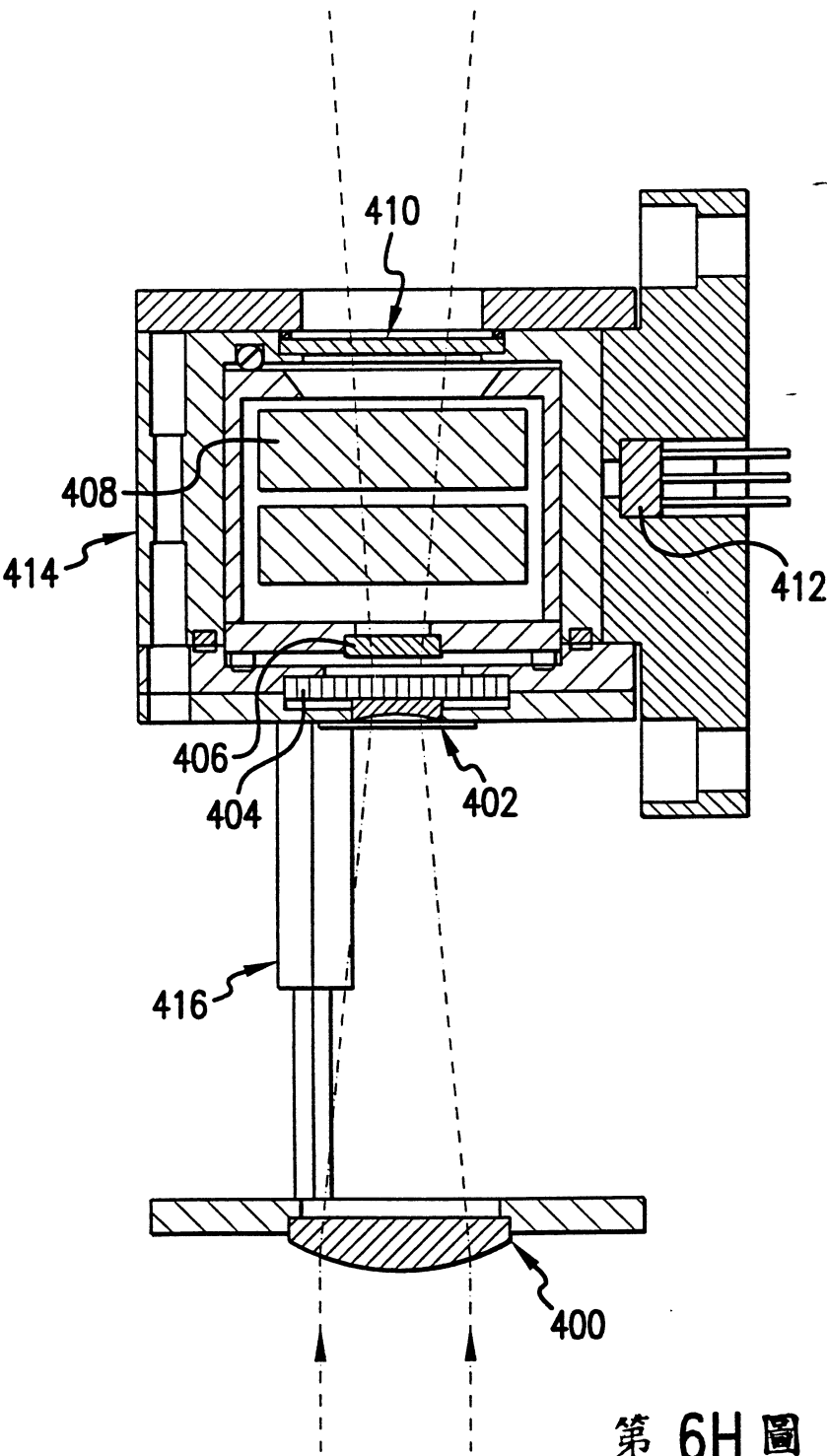
第 6E 圖



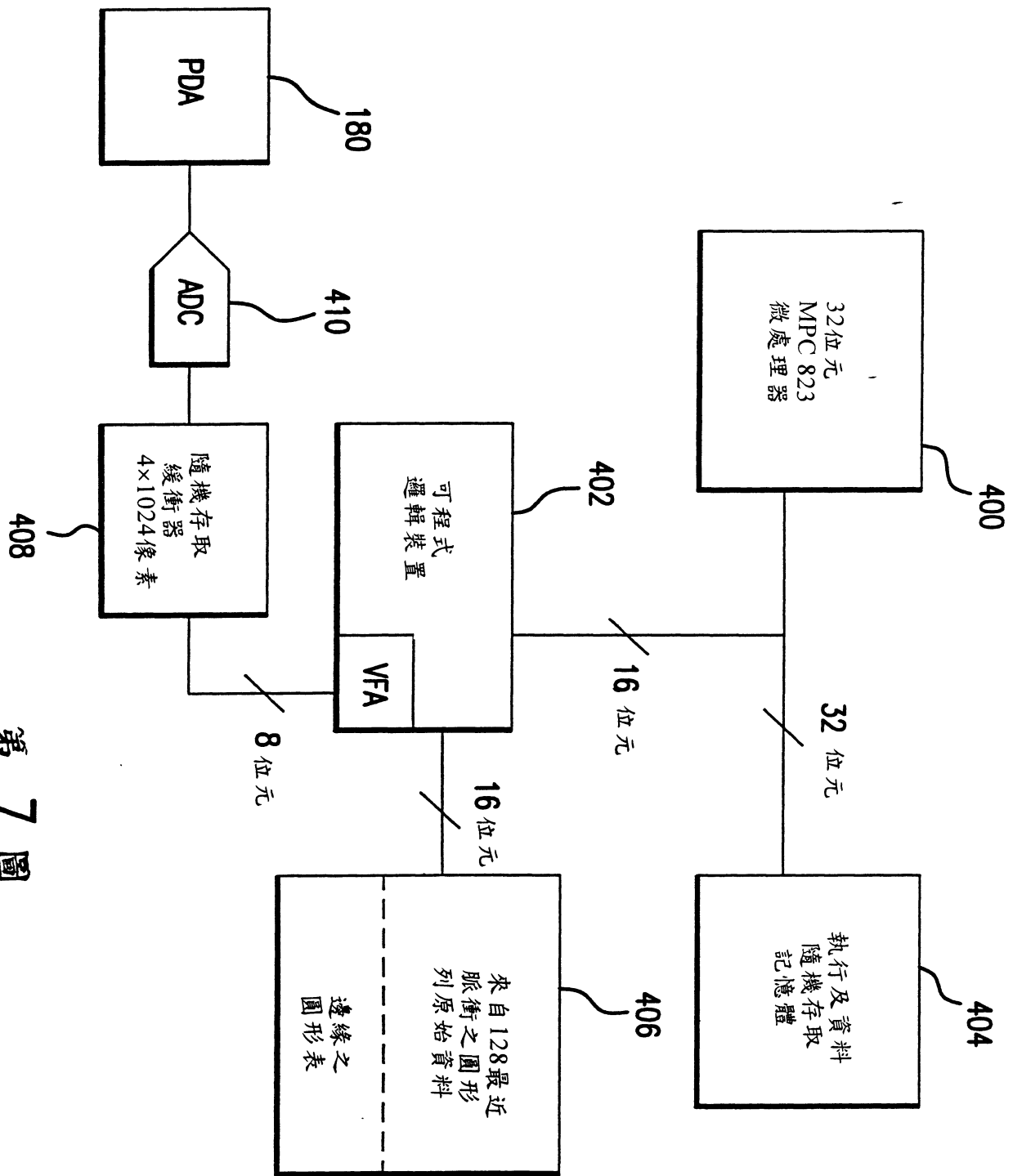
第 6F圖



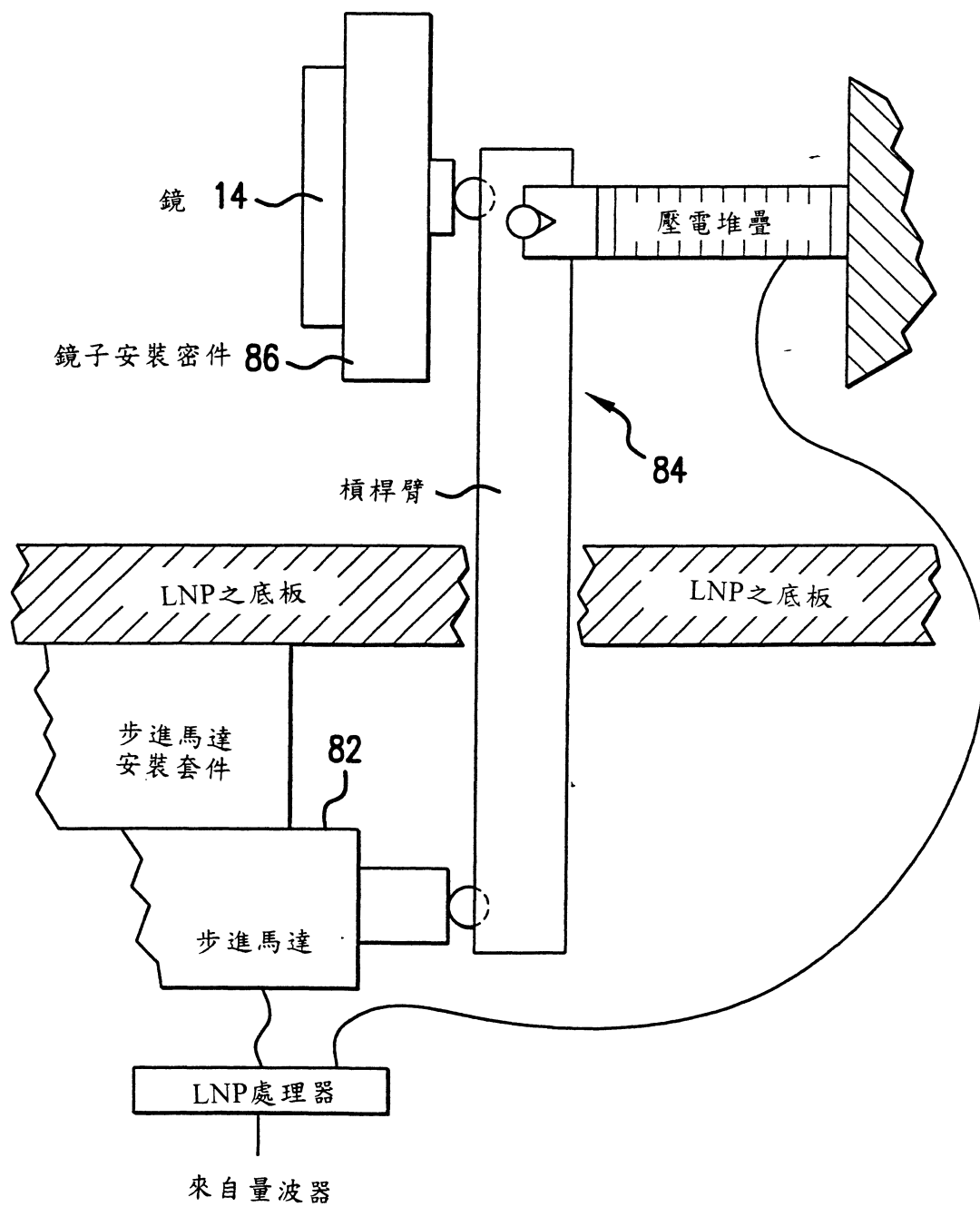
第 6G圖



第 6H 圖



第 7 圖



鏡子安裝密件 86

壓電堆疊

楨桿臂

84

LNP之底板

LNP之底板

達馬進步
件套裝安

運馬進少
件套裝安

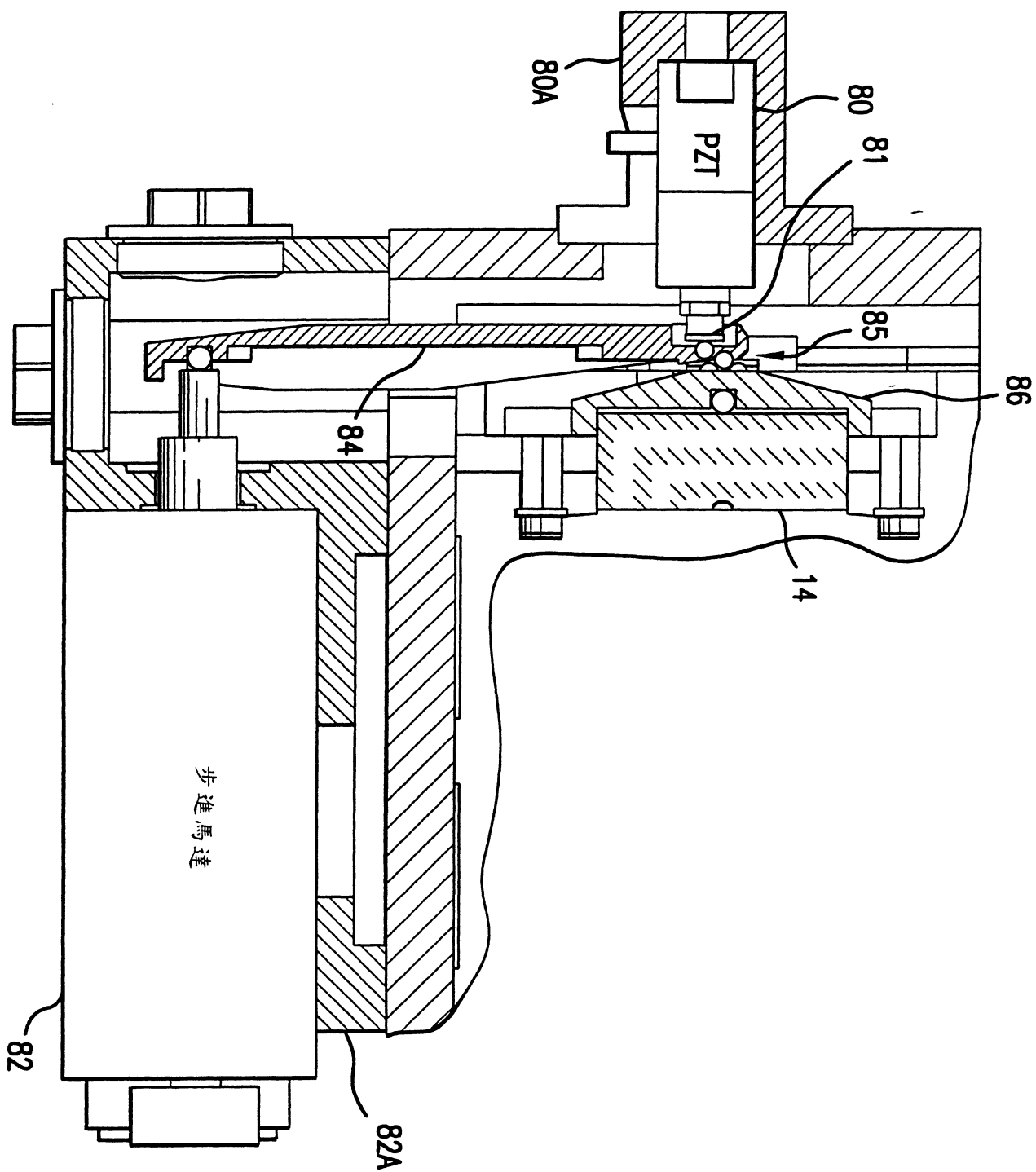
82

步進馬達

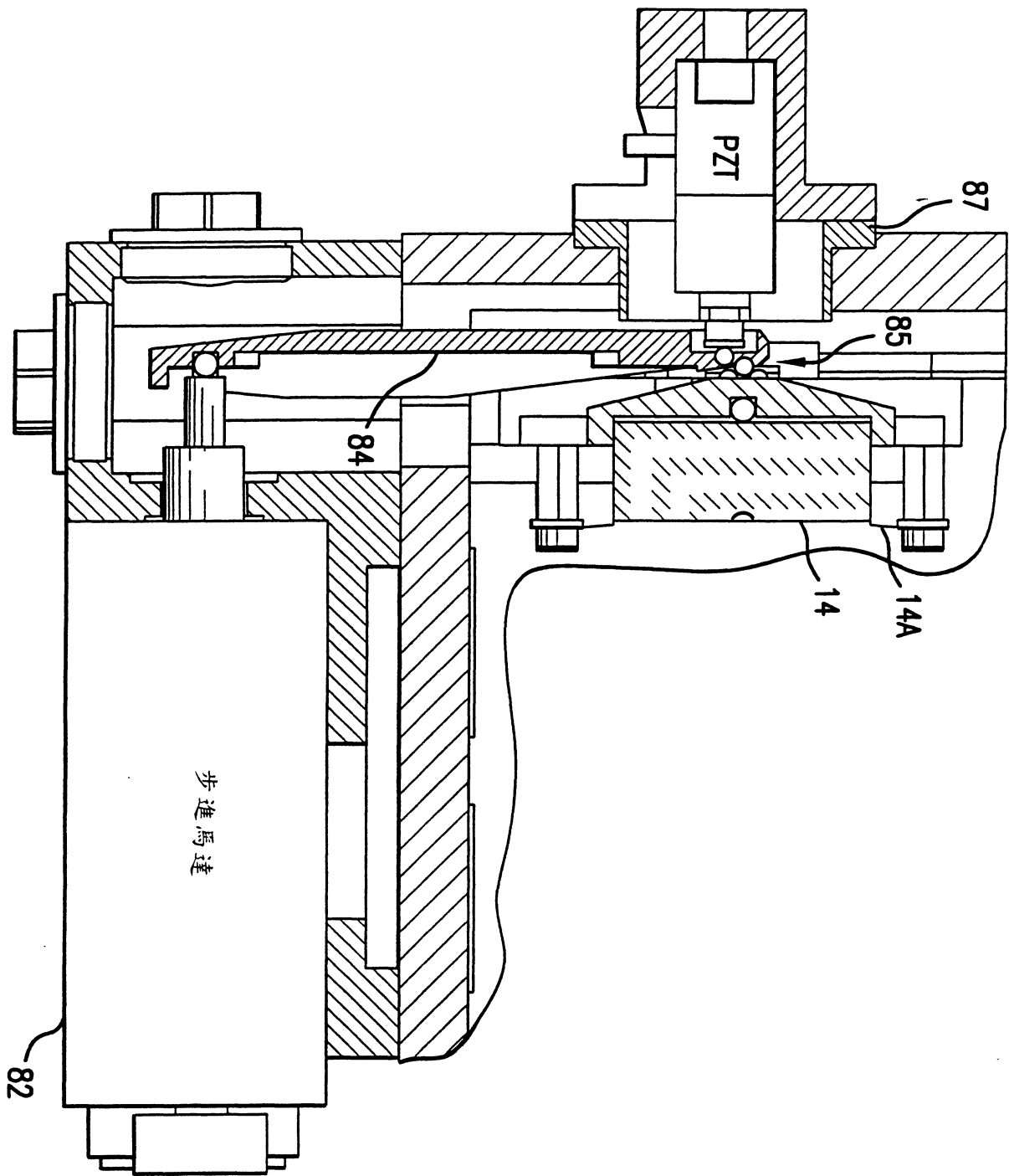
LNP處理器

來自量波器

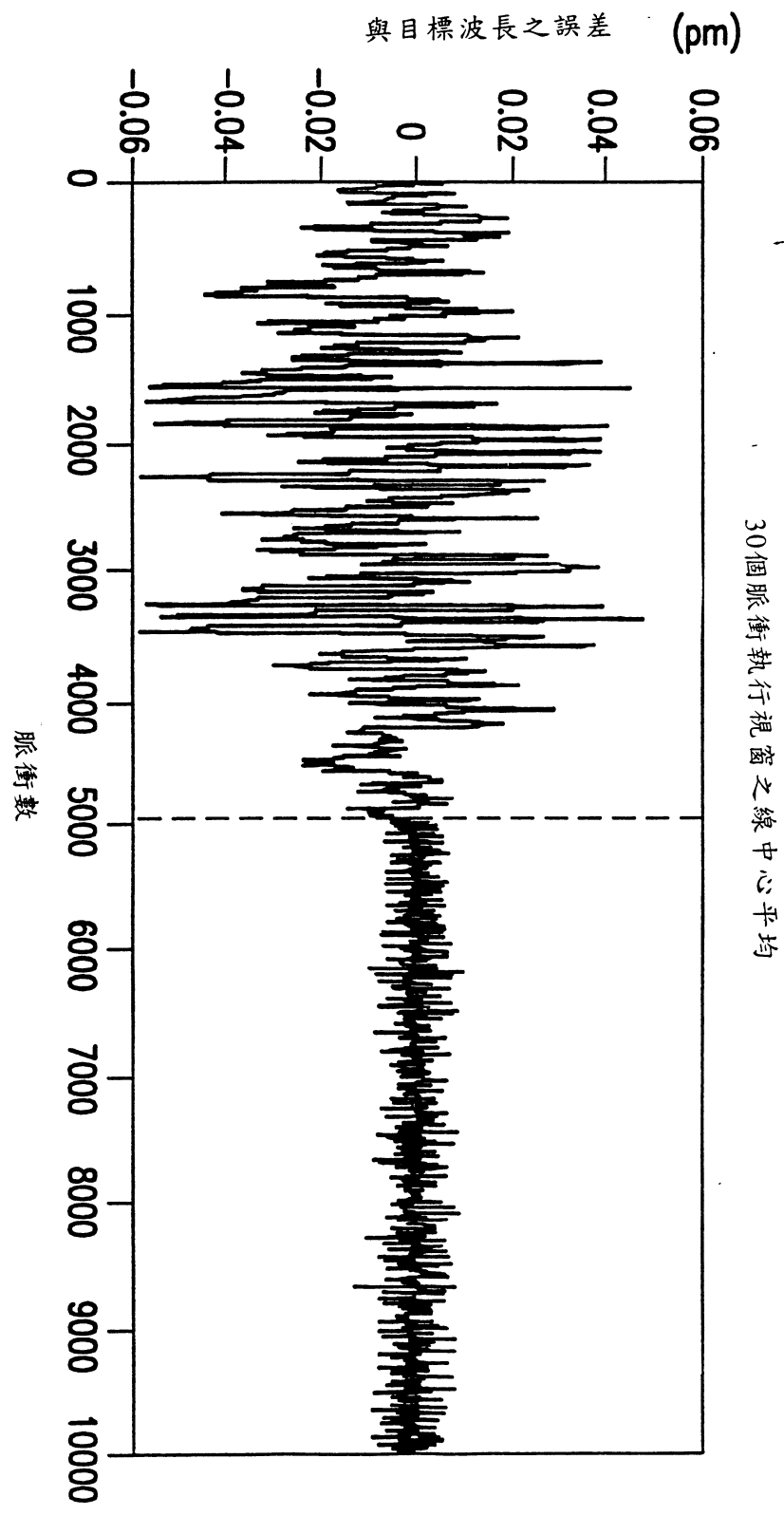
第 8A 圖



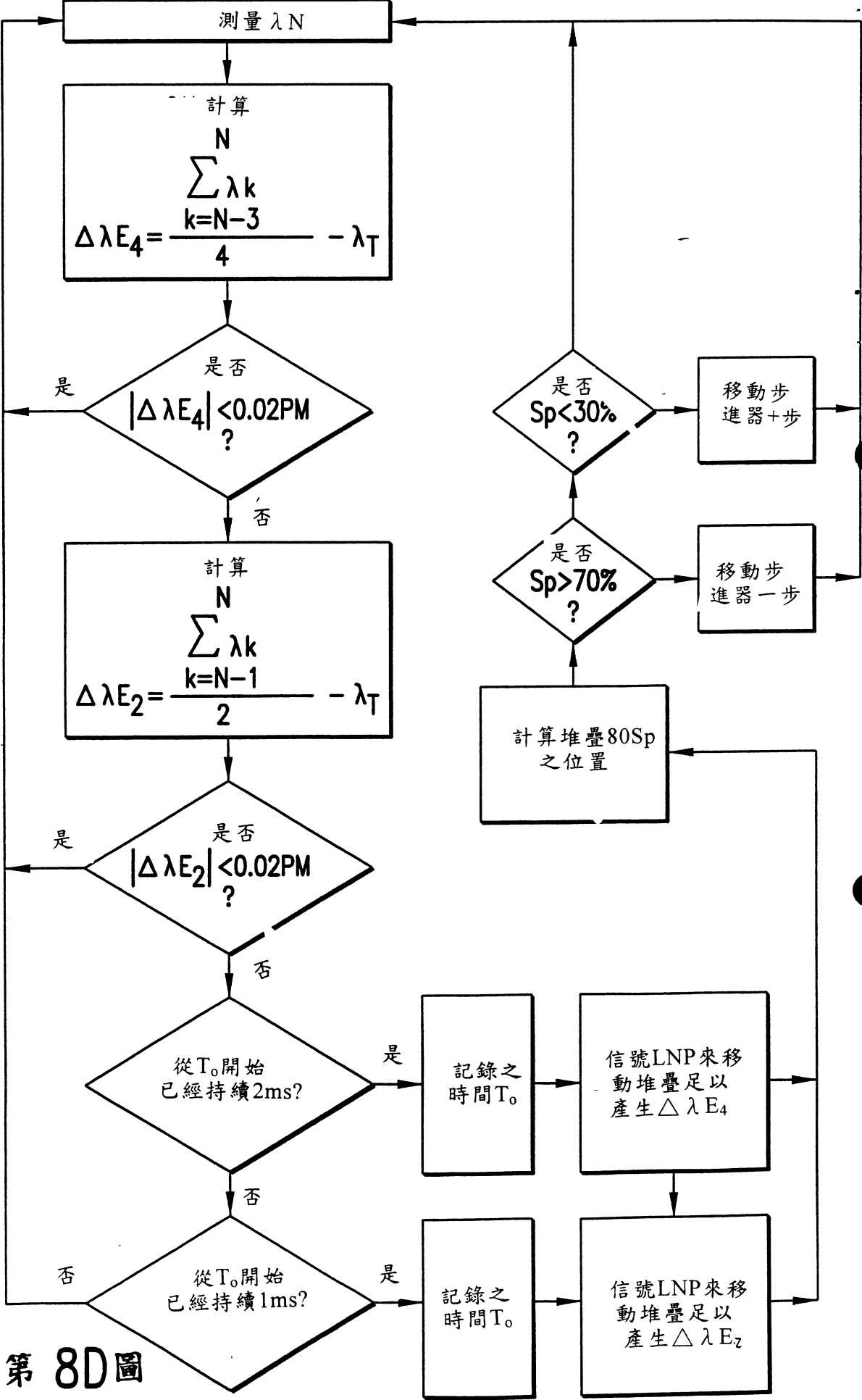
第8B1圖



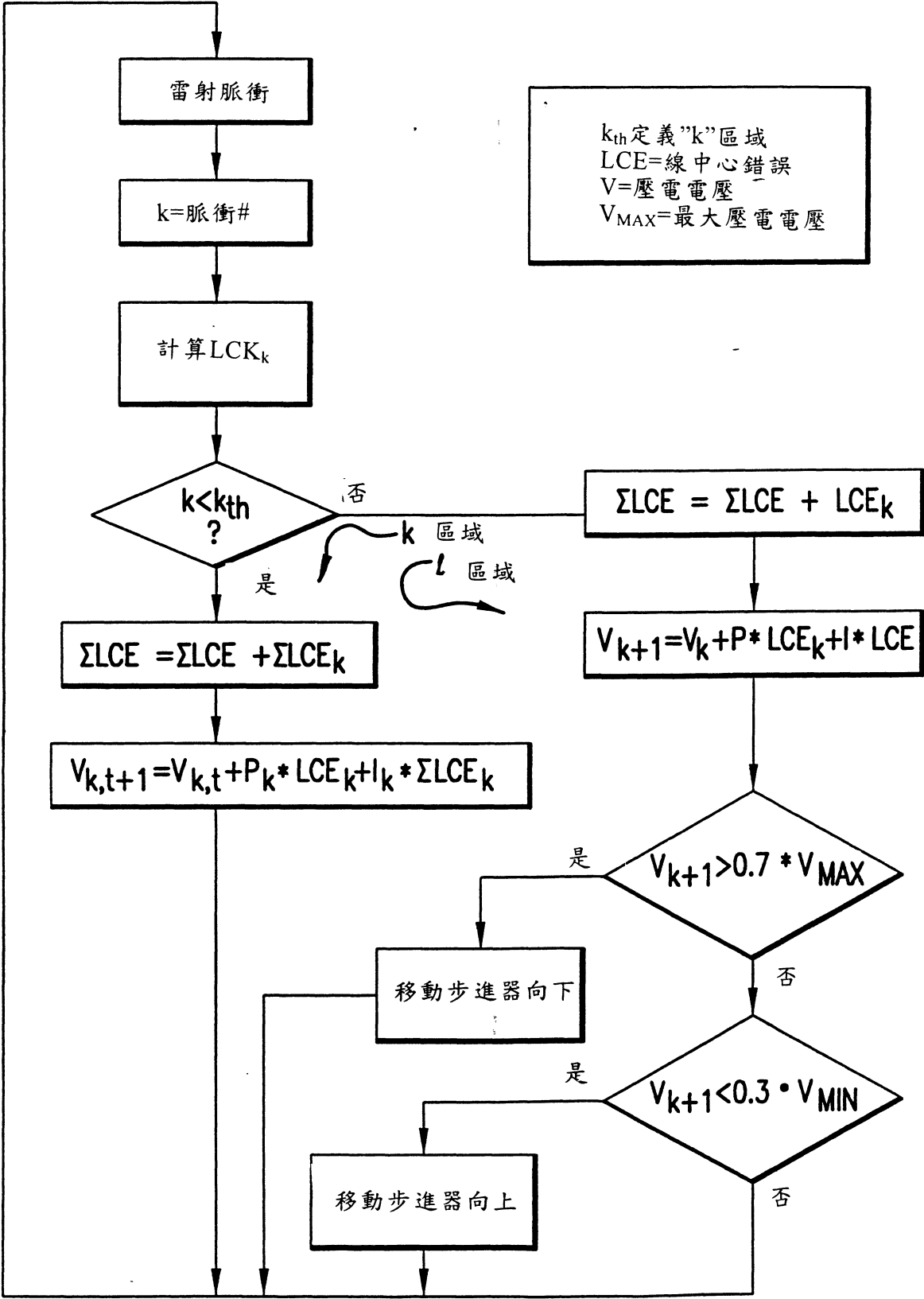
第882圖



第 8C圖



第 8D 圖



第 8E 圖

六、申請專利範圍

第91108726號申請案申請專利範圍修正本 92.02.21.

1. 一種提供微顯術曝光之方法，包括有步驟：

A. 以一電腦程式微顯術參數來模型化，以決定需要用來產生一所需微顯術結果之一所需雷射頻譜，

B. 使用一快速響應調整機構來調整在一脈衝串之脈衝中的雷射脈衝的中心波長，以使該脈衝串之脈衝之一整合頻譜達到接近該所需雷射頻譜；

其中上述所需頻譜包括有二或多個分離波峰。

2. 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中上述脈衝串的脈衝是在約200至400個脈衝的範圍之內的脈衝數。

3. 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中上述脈衝串的脈衝在重複率超過每秒1000脈衝下被製造。

4. 如申請專利範圍第3項所述之方法，其中一波長頻譜是對每一脈衝來加以測量。

5. 如申請專利範圍第4項所述之方法，其中對每一脈衝所測量的波長被使用來控制一或多個接續脈衝之波長。

6. 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中上述二或多個波峰被分離至少0.5微微米(picometer: pm)。

7. 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中上述所需頻譜包括有三個分離波峰。

8. 一種產生具有線窄化單元之一窄頻寬電子放電雷射之一脈衝雷射光束之有效頻寬之方法，該線窄化單元包

六、申請專利範圍

括有一光柵及一快速調整機構，上述方法包括有步驟：

A) 監視上述雷射光束來決定個別脈衝雷射脈衝的頻寬，

B) 在一連串的脈衝週期性地調整該調整機構，使得在上述一連串脈衝中的一些脈衝的波長稍微長於一目標波長及在上述一連串脈衝中的一些脈衝的波長稍微短於一目標波長，以具有與該目標波長之平均頻譜誤差等於一所需誤差對該一連串脈衝產生被集中幾乎在該目標波長之一平均頻譜；

其中上述所需頻譜包括有二或多個分離波峰。

9. 如申請專利範圍第8項所述之方法，其中上述線窄化單元包括有一壓電驅動單元。
10. 如申請專利範圍第9項所述之方法，其中上述線窄化單元包括有由上述壓電驅動單元所驅動的一調整鏡。
11. 如申請專利範圍第8項所述之方法，其中該個別脈衝之頻寬是藉由決定上述雷射之一分光計之細縫功能 (slit function)，決定上述雷射之一原始資料頻譜來被決定，上述雷射以該細縫功能來迴旋處理該原始資料頻譜來產生該前向迴旋頻譜之前向迴旋頻譜決定寬度 W_{FC} 及該原始資料頻譜之寬度 W_R ，而計算該真正頻譜之寬度的估計值 W_T 藉由一公式等於：

$$W_T = W_R - (W_{FC} - W_R)。$$