

公告本

申請日期	91.4.8
案 號	91106970
類 別	22

A4
C4

535338

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、發明名稱	中 文	具波長控制之注射播種F ₂ 雷射
	英 文	INJECTION SEEDED F ₂ LASER WITH WAVELENGTH CONTROL
二、發明人	姓 名	(1)理查 L. 珊德斯壯Richard L. Sandstrom(6)歐裴勳Choonghoon Oh (2)理查 M. 耐斯Richard M. Ness (3)威廉 N. 派特洛William N. Partlo (4)亞歷山大 I. 厄休夫Alexander I. Ershov (5)艾克哈德 D. 歐科斯Eckehard D. Onkels
	國 籍	(1)(2)(3)(4)美國U.S.A.(5)德國GERMANY(6)韓國KOREA
三、申請人	住、居所	(1)美國加州安錫尼塔·布萊杜區410號 410 Bridoon Terrace, Encinitas, CA, U.S.A. (2)美國加州聖地牙哥·柑橘景巷9248號 9248 Citrus View Court, San Diego, CA, U.S.A. (3)美國加州波威·派翠沙道12634號 12634 Pedriza Drive, Poway, CA, U.S.A. (4)美國加州聖地牙哥·花草區11312號 11312 Meadow Flower Place, San Diego, CA, U.S.A. (5)美國加州聖地牙哥·卡明尼多瑞內12008號 12008 Caminito Ryone, San Diego, CA, U.S.A. (6)美國加州泰梅庫拉·強生道44703號 44703 Johnson Drive, Temecula, CA, U.S.A.
	姓 名 (名稱)	美商·希瑪股份有限公司CYMER, INC.
三、申請人	國 籍	美 國U.S.A.
	住、居所 (事務所)	美國加州聖地牙哥市維迪坎普街16750號 16750 Via Del Campo Court, San Diego, CA, U.S.A.
三、申請人	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
	2001,4,9	09/829,475	
	2001,5,3	09/848,043	
	2001,5,11	09/854,097	
	2001,5,14	09/855,310	

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

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明 (1)

本申請案係為於2001年5月11日提出申請序號為第90/_____號，標題為“四KhZ氣體放電雷射(Four KhZ Gas Discharge Laser)”，2001年5月3日提出申請序號為第09/848,043號，標題為“具有精確時序控制之注射播種雷射(Injection Seeded Laser with Precise Timing Control)”，2001年4月9日提出申請序號為第09/829,475號，標題為“具有預先注射濾光片之注射播種F₂雷射(Injection Seeded F₂ Laser with Pre-Injection Filter)”，1999年12月28日提出申請序號為第09/473,795號，標題為“極窄頻寬之注射播種F₂微影蝕刻雷射(Very Narrow Band Injection Seeded F₂ Lithography Laser)”，1999年12月10日提出申請序號為第09/459,165號，標題為“注射播種F₂微影蝕刻雷射(Injection Seeded F₂ Lithography Laser)”，1999年11月12日提出申請序號為第09/438,249號，標題為“具有可見與紅外線控制的F₂雷射(F₂ Laser with Visible and IR Control)”，1999年10月20日提出申請序號為第09/421,701號，標題為“具有線窄化種光束之單一室氣體放電雷射(Single Chamber Gas Discharge Laser with Line Narrowed Seed Beam)”，以及1999年9月27日提出申請序號為第09/407,120號，標題為“具有標準具輸出聯結器之線窄化雷射(Line Narrowed Laser with Etalon Output Coupler)”之一部分接續申請案。本發明係有關於雷射，特定言之，係有關於針對積體電路微影蝕刻術係為有用的注射播種雷射。

發明的背景

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (2)

習知技藝之微影蝕刻雷射

KrF激分子雷射係為用於積體電路微影蝕刻術之發展中之科技的目前進步水準的光源。該等雷射在美國專利第4,959,840號、5,991,324號以及6,128,323號中有所說明。該等雷射係在波長約為248奈米(奈米)的狀況下操作。利用KrF雷射可以生產尺寸如180奈米般小的積體電路。更精細的尺寸係可利用ArF雷射在約為193奈米的波長下操作，或是F₂雷射在約為157奈米的波長下操作而得。KrF雷射、ArF雷射以及F₂雷射等係非常相似，事實上用於產生KrF雷射之相同的基本設備，僅藉由改變氣體濃度、增加放電電壓以及修改控制裝置與儀器設備以容納些微差異之波長，即可用於產生ArF雷射或F₂雷射。

第1、1A及1B圖中係圖示在製造積體電路當中所使用的一種典型之習知技藝的KrF激分子雷射。第1B圖中所示係為此習知技藝雷射之雷射室的橫截面。如第1A圖中所示，由高電壓供電裝置3所供電力之脈衝電力系統2，提供電脈衝至位於放電室8中的電極6上。典型之發展中之科技的目前進步水準的微影蝕刻雷射，係在每脈衝具有約為10 mJ的脈衝能量之約為1000至2000 Hz的脈衝速率下操作。在約為3大氣壓下雷射氣體(就KrF雷射而言，約為0.1% 氟、1.3% 氬以及其他之功能為緩衝氣體的氬)係通過電極間之空間，在約為每秒1,000至2,000公分的速度下循環。此係利用位在雷射放電室內之切線式鼓風機10而完成。雷射氣體係利用同時位在放電室內的一熱交換器11，以及一安

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (3)

裝在放電室外部的一冷板(未顯示)而加以冷卻。激分子雷射的自然頻寬係藉由線性窄化模組18而窄化(有時係視為一線性窄化封裝或LNP)。商用之激分子雷射系統典型地係由複數之模組所組成，其係可快速更換而不致干擾到系統的其餘部分。主要的模組包括：

雷射室模組，
高電壓供電模組，
高電壓壓縮頭模組，
整流器模組，
輸出聯結器模組，
線性窄化模組，
波長計模組，
電腦控制模組，
氣體控制模組，
冷卻水模組

電極6係由陰極6A以及陽極6B所組成。在此習知技藝之具體實施例中，陽極6B係由在第1B圖之橫截面視圖中所示的陽極支撐棒44所支撐。於此圖式中係反時針方向流動。陽極支撐棒44之一角落與一邊緣係使用作為一導葉片，用以將空氣從鼓風機10強制在電極6A與6B間流動。於此習知技藝中其他導葉片係以元件標號46、48以及50加以標示。有排孔的電流回路板52係有助於陽極6B接地至放電室8之金屬結構。該回路板具有大孔之排孔(第3圖中未顯示)位在雷射氣體流動路徑中，因此電流回路板大體上不致影

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (4)

響氣體流動。由個別的電容器19陣列所組成的一峰化電容器組，係藉由脈衝電力系統2在每一脈衝之前充電。在峰化電容器上電壓上升時，一或二預先離子產生器56在電極6A與6B間微弱地將雷射氣體離子化，並且當在電容器19上充電時電壓約可達16,000伏特，所產生涵蓋電極之放電產生激分子雷射脈衝。依循每一脈衝，藉由鼓風機10所產生在電極間約為每毫秒1至2公分的氣體流動，係足以在半毫秒之後所發生之下一次脈衝時及時提供電極間之新鮮的雷射氣體。

於一典型的微影蝕刻激分子雷射中，一回饋控制系統測量每一脈衝之輸出雷射能量，決定與一所欲之脈衝能量的誤差度，並接著輸送一信號至一控制器以調整供電電壓，因此其後之脈衝的能量係接近所欲之能量。該等激分子雷射係典型地需要每日連續地操作24小時，每星期7天持續數個月，而僅有短暫地中斷運轉以安排維修保養。

注射播種

一種用於降低氣體放電雷射系統(包括激分子雷射系統)之頻寬之廣為熟知的技術，係包含將一窄頻“種”光束注射成為一增益物質。在該一系統中，一所謂的“種雷射”或“主振盪器”的雷射係設計用以提供一極為窄之雷射頻寬光束，該雷射光束係使用作為在一第二雷射中的種光束。假若第二雷射的功能係作為一功率放大器，該系統係典型地視為一主振盪器，功率放大器(MOPA)系統。假若第二雷射本身具有一共振腔，則該系統通常係視為一種注射播種振

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (5)

盪器(ISO)，並且種雷射通常係稱作為主振盪器，以及下游雷射通常係稱作為電力振盪器。

抖動問題

在視為上述型式的氣體放電雷射中，放電的持續時間係極為短暫，典型地約為20至50奈秒(ns)(200至500億分之一秒)。再者，藉由放電所產生的居量反轉係極為快速地用盡，因此居量反轉係有效地僅在放電時存在。在該二雷射系統中，於下游雷射中的居量在光束從上游雷射抵達第二雷射時必需加以反轉。因此，二雷射之放電必需適當地同步化供雷射系統適當地操作。如此係成為一問題，因為在典型的脈衝電力系統中存在著導致放電時序變化的複數之電位。時序變化的二重要來源係為在脈衝電力電路中，所使用之飽和的感應器中電壓的變化與溫度之變化。所廣為熟知的是監測脈衝充電電壓以及感應器之溫度，並利用所測量的資料以及一延遲電路，使放電之時序正常化至一所欲的數值。一習知技藝的實例係於美國專利第6,016,325號中加以說明，並於此併入本文以為參考資料。係可降低在習知技藝中的時序誤差，但無法排除。該等誤差之最終結果係視為“抖動”。

雷射波長與頻寬

一典型的KrF雷射具有一約為300皮米(pm)(FWHM)之自然頻寬，定心在約為248奈米處並供微影蝕刻之用途，其典型地線性窄化至約為0.6皮米。ArF雷射具有一約為500皮米之自然頻寬，定心在約為193奈米處，其典型地線性窄

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (6)

化至約為0.5皮米。該等雷射係可利用在第2圖中所示的線性窄化模組18，可相對地易於調變涵蓋其之自然頻寬的一大部分。同時就KrF以及ArF雷射而言，在雷射操作期間係可藉由將其之光譜比作為原子參考線而精確地決定輸出光束之絕對波長。F₂雷射典型地利用其之大部分的能量，在二定心在約為157.63奈米以及157.52奈米處的窄線形式產生雷射光束。通常，該二線條(亦即，157.52奈米線)之較低強度受抑制，並且強制在157.63奈米線處操作。157.63奈米線之自然頻寬係受壓力影響並約從0.6變化至1.2皮米。一頻寬位於此範圍中之F₂雷射係可使用於微影蝕刻裝置，所使用之折反射透鏡係利用折射與反射的光學元件，但就一全折射透鏡設計而言雷射光束所具之頻寬用以產生所欲之結果。同時所熟知的是輸出光束之中心線波長係視在放電區域中之狀況而稍微變化。

用於微影蝕刻設備的雷射係非常複雜且昂貴。進一步地降低頻寬係可大大地簡化用於微影蝕刻設備之透鏡設計，及/或導致改良由設備所生產之積體電路的品質。因此，微影蝕刻雷射(包括KrF、ArF以及F₂)大體上存在著降低頻寬的需求。

頻寬控制

KrF以及ArF雷射之波長係相對地易於控制，涵蓋於與其之自然頻寬相對應之幾百皮米的範圍。F₂雷射或是其他雷射在某種程度上係被認為無法調整，因為其之輸出的一大部分係集中在二窄線上。已有複數之技術係預備用於選

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (7)

擇其中之一線條並消除在另一線中的能量。

光學濾光片

具有複數種光學濾光片用以在一光束中選擇窄的光線範圍。該一濾光片係為一種單色器，其中通過一第一狹縫的光線係與一透鏡準直，利用諸如一稜鏡或光柵之色散元件作光譜色散，並且分配之光線接著利用經由位在焦面處之一狹縫所聚集的一選定的光譜範圍而聚焦至一焦面。

所需之技術在於降低 F_2 雷射系統之頻寬並控制中心波長。同時存在著對於一種精確地決定 F_2 雷射系統之絕對的中心線波長之方法的需求。

發明之概要說明

本發明係提供一種具有二雷射子系統的窄頻雷射系統。第一雷射子系統其係構形提供一極窄頻脈衝之輸出光束用以注射種，於第二雷射子系統放大窄頻脈衝種光束用以產生一窄頻脈衝之輸出光束。配置一脈衝供電裝置，其係經特別地構形用以精確地在二雷射子系統中定出放電時序，因此放電係可正確地同步化。雷射氣體在部分壓力約小於由氦或氬或是氦與氬之結合所組成之緩衝氣體的1%的壓力下包含 F_2 氣體。藉由調整下列在第一雷射中之一或更多之參數，控制輸出光束之中心波長：總雷射氣體壓力、氦或氬之相對濃度、 F_2 的部分壓力、雷射氣體溫度、放電電壓以及脈衝能量。

就於較佳的具體實施例中精確的抖動控制而言，包括一脈衝電力系統，其係具有包括二組變壓器核心的一脈衝

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (8)

變壓器單元。一單一的上游脈衝壓縮電路提供與所有該二組核心之初級線圈並聯的高電壓脈衝。個別之次級導體(一導體係通過一組核心而另一導體係通過另一組核心)分別地提供極高電壓脈衝，將供應放電脈衝至在該二個別之雷射室的每一室中的電極之下游電路分開。於較佳的具體實施例中，線性窄化係可在種雷射之共振腔內完成，及/或種雷射之輸出係可利用一預先增益的濾光片加以線性窄化。

圖式之簡要說明

第1圖係為一種習知技藝之商用激分子微影蝕刻雷射之圖式。

第1A圖係為一方塊圖，顯示一種用於積體電路微影蝕刻之習知技藝的商用激分子雷射的一些主要元件。

第1B圖係為第1圖雷射之雷射室的圖式。

第2圖係為一方塊圖，顯示本發明之特性。

第3圖係為一電路圖，顯示本發明之一較佳具體實施例的特性。

第3A圖係為一脈衝變壓器的圖式。

第3B圖係顯示第3A圖之特性。

第3C圖係為第3圖提供一可調整延遲之電路的一修改形式。

第3C-1圖係為一B-H曲線。

第3D圖係顯示一可替代的濾光片調整技術。

第3E圖係顯示提供可調整延遲的電路。

第3F圖係顯示脈衝時序順序。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (9)

第4及5圖係為F₂雷射系統的方塊圖。

第6及6A圖係顯示一第一光柵單色器的特性。

第7圖係顯示一第二光柵單色器的特性。

第8圖係顯示一標準具濾光片的特性。

第9及10圖係為功率增益階段之圖式。

第11、11A、11B、11C及11D圖係顯示一脈衝電力系統的特性。

第12圖係顯示在一回饋控制系統中的一脈衝能量檢測器。

第13圖係顯示一裝配用以決定中心線波長的絕對值。

第13A至13D圖係為光譜資料圖表。

第14圖係顯示一裝配用以測量在中心線波長與頻寬上參數變化的影響。

第14A、14B1、14B2、14C、14D、14D1、14D2、14E、14E1、14F、14G與14H圖係為光譜資料圖表。

申請人之實驗

為瞭解並描述在F₂雷射系統之中心線波長與頻寬上，不同之F₂雷射操作參數的變化所造成的影響。申請人已細心地執行以下所說明之實驗。

F₂雷射的絕對波長

第13圖中所示係為測量F₂雷射之絕對波長的一種裝配方式。如第13圖中所示，具有0.5%的F₂以及其餘部分為氬之F₂雷射100的輸出，在200 kPa之總氣體壓力下係與一重氬燈102的輸出結合。該二光束係以一具有0.1皮米(pm)解

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (10)

析度之光柵分光計104加以監測。一時間光柵信號多工器106容許個別地紀錄燈信號與雷射信號。時間光柵係用以在環繞用於 F_2 測量之雷射脈衝之極短的間隔下測量結合之信號，而 D_2 之測量係需要一段長的時間間隔。

第13A圖係顯示光譜的結果，其中 F_2 光譜係圖示在上部分，所測量之 D_2 光譜係圖示在第二部份中以及一參考的 D_2 光譜係由國家標準及技術學會(NIST)所製成。約為157.63奈米的強烈 F_2 雷射線在 F_2 圖式中係清楚易見的。該雷射線同時出現在 D_2 圖式中，因為從雷射測量之相同的剩餘部分係留在用於 F_2 測量之光柵之後，在第13A圖中所示之NIST資料係使用與申請人所使用之不同的技術所獲得，其係記錄在NIST資料中所未記錄之相鄰的光柵階。於第13B圖中，申請人已利用在第13B圖的底部位置中所顯示之結果，在NIST資料上已包括附加的光柵階。此資料顯示利用由申請人所記錄之 D_2 資料之光譜特性的密切一致性，至少相關於接近該二主要的 F_2 線之重要的 D_2 光譜線的位置，確定申請人資料的準確度。

第13C圖係為利用NIST D_2 資料疊加在申請人之 D_2 資料上，接近強烈 F_2 線之光譜的一放大的部分。其中所顯示的資料係在以下的狀況：測試之雷射氣體壓力為2000 kPa具有氬作緩衝以及0.5%的 F_2 ，強烈的雷射線係定心在157.63070奈米處具有的預估誤差為 ± 0.1 皮米。

微弱線係相似地顯示於第13D圖中，並且其係在該等狀況下定心在157.5218奈米處具有的預估誤差為 ± 0.1 皮

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (11)

米。

在第13D圖中該二結果係與由NIST以及德國Lambda Physik公司所作之實驗結果相較，由Samsonetti等人在應用光學(Applied optics)期刊中(Vol.40, No.12, 第1974-1978頁中)(2001年4月)提出報告。

波長移動的測量

第14圖係為一裝配圖，顯示申請人用以測量因雷射操作參數之變化而造成的中心波長移動。於此例中，一參考的F₂雷射100係維持在於D₂實驗(第13圖)中所使用之相同的狀況下。此雷射之輸出係與利用相同之分光計104之參數變化的F₂雷射108的輸出作比較，並且輸出係由以一特別的Lab View資料獲取程式所程式化的資料獲取電腦加以監測。

第14A圖係顯示一些典型的光譜資料，其中雷射108之壓力係維持在200 kPa。在中心線與頻寬中之光譜移動係為清晰明顯的。

第14B圖係顯示一致性檢查的結果，其中雷射108與雷射100二者係在200 kPa之壓力下操作。中心到中心的一致性係位在 ± 10 fm的範圍內。如第14C圖中所示，利用13次測量而完成另一次之一致性檢查，用以估算中心線移動與頻寬(FWHM)間的標準差，就一0.2035的平均中心線移動而言所測量之標準差為3.8 fm以及就一平均頻寬為0.83皮米(FWHM)而言所測量之標準差為5.8 fm。該等資料係圖示在第14C圖中。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (12)

第14D圖中係圖示中心線移動，係為全壓力(以kPa為單位)之函數並利用氦與氖作為緩衝氣體。該結果係為一直線隨著壓力係數(就氖而言為1.84 fm/kPa)變化。該二曲線顯示一共同的截距。斜率大約與該二氣體之質量的平方根成比例。

第14E圖係顯示一種用以決定零壓力波長的技術。

第14D1及14D2圖係顯示氦與氖混合體的壓力移動係數，係為一純淨氣體之移動係數的簡單之加權總合，因此混合體之移動係等於：

$$\text{移動(混合體)} = (1.84 \text{ fm/kPa}) + (0.81 \text{ fm/kPa})(\% \text{Ne})$$

第14E圖係顯示中心波長與利用一壓力為500 kPa之氦作緩衝氣體並在850v之充電電壓下測量之F₂部分壓力的變化。F₂所感應之中心線移動係約為-20 fm/kPa，在固定之充電電壓下的F₂脈衝能量係因F₂部分壓力的變化而受影響，如能量圖式中所示。

第14F圖係比較在300 kPa以及500 kPa之雷射氣體壓力下，在中心線移動上電壓變化的影響。在二種狀況下所得之結果約為0.1 fm/v。

申請人讓所有的其他參數維持不變而變化共振器鏡之反射率，以嘗試獲得中心線隨著脈衝能量的變化。所得之結果如第14G圖中所示約為2.2 fm/mJ。

第14H圖中所示，係在500 kPa以及200 kPa之壓力下，中心線移動隨著溫度的變化。所得之結果係在-0.8 fm/°C至-1.5 fm/°C的範圍內變化。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (13)

表I

F₂雷射中心波長資料摘要

■ 絕對波長(D₂參考光譜，緩衝氣體He壓力為200 kPa)：

◆ 強烈線：157.63090 奈米

◆ 微弱線：167.52418 奈米

■ 壓力移動係數：

◆ 氦：1.84 fm/kPa

◆ 氖：0.81 fm/kPa

■ 零壓力波長：157.63053 奈米

■ 在任意以氦/氖作為緩衝氣體下的中心波長：

$$\lambda = 157.63053 + 1.84 \times 10^{-6} P_{He} + 0.81 \times 10^{-6} P_{Ne} < \text{奈米} >$$

■ 參數的敏感性：

預期結果

◆ HV：1 fm/V 20 fm

◆ F₂：-20fm/kPa F₂ 1 fm

◆ 溫度：-0.6至-1.3 fm/°C 4-8 fm

◆ 能量：2.2 fm/mJ 5 fm

由該等測試所得之申請人的摘要結論：

1) 決定“零壓力”波長以及壓力移動係數應考量中心波長的普遍的規格。

2) 該中心波長係可推論具足夠的精確度，並不需要一波長計。

3) 由於正常地改變雷射操作參數，所以F₂雷射之中心長度的變化性係呈現限制在± 0.02皮米。

注射播種F₂雷射系統

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (14)

種雷射

第2至11D圖係說明用於設計以及操作注射播種 F_2 雷射系統的不同技術。一較佳的第一 F_2 注射種光源係可為傳統的 F_2 雷射，其係可使用平行面的光學共振器或是一不穩定的共振器形式。供二雷射子系統所用之脈衝供電裝置，係較佳地使用上述所說明之其中一項技術而配置。如此係可確保每一雷射子系統之放電時序係充分地同步化。於一較佳的 F_2 具體實施例中，種雷射光束係在種雷射之下游接受濾光。種雷射較佳地產生足夠的能量，以致在濾光之後，10-100 μJ 的窄頻能量係適用於播種 F_2 功率增益階段。一不穩的共振器會產生一較低的發散，與一穩定的共振器相較更具空間的一致性。在通過注射光譜濾光片結合能量上係具有一些優點。例如，假若濾光片係為一簡單的單色器，則一較低的發散光束會更易於向下聚焦在單色器之輸入狹縫處。另一設計選擇在於在一相對的低壓(約為100-200 kPa)下，操作第一 F_2 光源。如此將產生一大體上為降低的光譜寬度：0.3-0.6皮米。低的光譜寬度意謂著進入後增益濾光片之能量的較大部分會通過濾光片。來自第一 F_2 光源未經處理的輸出能量會更低，但如此並非為實務上之缺點，因為注射濾光片所能處理的最大能量係同樣地受到限制。

在一較佳的具體實施例中，係使用一種傳統的 F_2 雷射作為 F_2 光源，一種標準的KrF微影蝕刻雷射系統係經修改操作作為 F_2 雷射。該等KrF微影蝕刻雷射係廣為熟知的，並且現今在積體電路製造廠有超過1,000之該等單元係運轉作

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (15)

為積體電路微影蝕刻機器之光源。該等雷射在每秒1000至2000脈衝之範圍的速率下產生雷射脈衝，並係可自諸如Cymer公司之供應商處購得，該公司之辦公室位於美國加州聖地牙哥市。該等微影蝕刻雷射在複數之專利中有詳細的說明，諸如美國專利第5,991,324號以及美國專利第6,128,323號，該二專利係於此併入本案以為參考資料。操作做為一F₂雷射所需作的主要修改，係為變化氣體混合為約為0.1%的氟而其餘係為氬(儘管可使用氖或是氬與氖之結合物)，並且較佳地放電電壓之上範圍係約從26,000伏特增加至36,000伏特。一種用於第一F₂光源以及功率增益階段之基本的原型F₂雷射系統，將在以下標題為“F₂雷射系統設計”的部分中加以說明。該部分說明了對習知技藝的KrF雷射系統所作之顯著的改良以產生一F₂雷射。

預先功率增益濾光片

參考第6圖，說明一種較佳的傳統式光柵單色器的預先功率增益濾光片。當與一自激F₂雷射一同使用作為主振盪器時，此濾光片較佳地必需由主振盪器切開成自激光譜的一0.1皮米頻寬部分，並能夠產生由以下放大器階段所需之10-100 μJ的窄頻能量。於第6圖中所示之此第一濾光片之具體實施例，其係為一種傳統式光柵單色器。來自主振盪器的光線係首先向下聚焦在一輸入狹縫50上。通過輸入狹縫的光線較佳地藉由一曲線鏡52加以準直，該曲線鏡係可為一簡單的球面鏡或是一軸外拋物面，而該準直的光線係被引導至一光柵54。光柵係為一高色散型式(例如，一紅外

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (16)

光柵)，其受選擇在157奈米波長範圍中色散光線。光柵係為Lithrow形式。在一選定之極為窄範圍的光線沿著光束路徑54向後反射，該光線藉助光束分光鏡56再成像在一退出狹縫57上。該佈置之不同的幾何與光學參數(亦即，狹縫寬度、光柵色散、曲線鏡焦距)決定離開退出狹縫之光線的頻寬。一設計上所必需克服的問題在於當嘗試結合通過單色器之所欲的能量時，在輸入與退出狹縫處所達到之高的尖峰強度。一處理該等高強度的方法係使用折射的狹縫，亦即，刀緣狀之楔形將非所欲之光線折射進入另一方向，而不吸收能量。第6圖中所示係為該一狹縫佈置。

除了其之作為濾光片的功能外，第6圖之佈置包括一附加的光束分光鏡58以及一線性檢測器陣列60配置在一退出影像平面處。此附加之元件解決了一重要之剩餘的問題：如何維持(可調變的)注射濾光片在所欲之波長。假若光柵角之誤差多過10微弧度左右，則種光束會錯過退出狹縫，並且無窄頻能量以固定以下之功率放大器階段。假若角度有極些微的不正確，則放大的光譜不會處在所欲之波長。幸運地，在本質上單色器係可自我監視。由光柵與曲線鏡所構成之影像，係為進入單色器之光線的色散的光譜。第二光束分光鏡產生二相同的影像(光譜)，一位在退出狹縫處而一係位在線性檢測器陣列處。線性檢測器陣列檢測到來自自激的主振盪器之相對寬廣的光譜，並將其陣列上每一點處轉換成光譜強度之影像信號代表。因為自激之波長係為穩定的並且廣為熟知，其係使用作為供單色器所用

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (17)

之一校準標準。一控制器66讀取線性檢測器陣列資料，並調整光柵角俾便配置光譜之影像定心在陣列上之一所欲點上，例如接近中心。以此方式，單色器係自我穩定至主振盪器之自激光譜。由於退出狹縫與線性陣列基本上係為完全一樣的影像平面，所以在線性陣列上退出狹縫位置與一特別位置以及波長相對應。因此，將出自主振盪器之自激光譜作為一光譜參考，則離開退出狹縫之光線的波長係可精確地決定。

一種用以校準此佈置之方法係在退出單色器之光束的路徑中，放置一光束分光鏡62，並以能量檢測器64監測光束能量。由於注射種之能量係需加以監測，所以該一檢測器在任何狀況下係令人滿意的。

校準

一校準程序係如下地進行：(1)在開始角度下利用光柵，發射雷射並監測來自於退出狹縫的輸出能量以及落在線性陣列上的光譜影像。就在陣列上的位置(像素)決定光譜之峰值。(2)增加光柵角並重複測量。(3)在以光柵角掃描涵蓋一範圍之後，檢查最終的資料。在陣列上(像素)光譜之位置處，輸出能量配合狹縫之相當位置而發揮至最大。

一經決定此校準位置，已知之單色器的色散係可用以再調變光柵至其他的波長。例如，假設單色器色散係為0.1皮米/像素，並進一步假設退出狹縫之校準位置係為像素300。假若輸出之所欲波長為157.6299奈米(157,629.9皮米)，係為自激光譜之中心，則接著調整光柵角因此影像的

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (18)

中心係落在像素300處。假若所欲之波長係為離開中心(157.6301奈米)+0.2皮米，接著移動光柵因此影像中心會落在像素302。一進一步之精確處理係包括在校準當中主振盪器的壓力，以及接續使用單色器，因為自激光譜之中心係為與壓力相關。特別是在假若主振盪器之壓力容許顯著地變化時，此壓力從屬關係必需包括在校準當中。當以氦作為緩衝氣體時，吾等必需決定的是自激雷射之中心波長，其之壓力移動係數係約位在1至2 fm/kPa的範圍內。就任何之所給定的壓力而言，波長之好的估算因而為 $157.6309 + 0.00000192 * P$ 奈米，其中P=壓力(kPa)。假若使用其他的緩充氣體(例如，氬或是氦與氬之混合氣體)，則可使用其他的壓力移動係數。

修改的光柵單色器

用以產生窄頻光線的一種可交替之方法，如第7圖中所示係利用一種修改的光柵單色器。此濾光片過濾主振盪器之輸出光束，產生一完全準直、幾乎繞射限制的相干光束，並且於此例中吾等去除了單色器之入口狹縫。

一光束擴展器70係用以降低從主振盪器的發散，並於本質上使來自主振盪器之光束的尺寸與光柵54相配合。來自光柵之色散的光線，經由一曲線鏡(或為透鏡)聚焦至一退出狹縫72，於該處選定所欲之波長。線性檢測器60與控制器66的操作係與前述之操作相同。此佈置的優點在於去除了對於入口狹縫的需求以及具高峰值強度的相關問題。此佈置之缺點在於主振盪器之瞄準穩定性係現為在陣列上

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (19)

影像位置中，以及波長選擇處理的一因素。由於緩慢地變化距主振盪器之輸入角度，所以控制器可再調變光柵並保持波長不變。

標準具濾光片

如第8圖中所示，一標準具78同使係可使用作為一帶通濾光片。就單色器濾光片而言，令人滿意的是標準具係自指至主振盪器之自激光譜，其係使用作為一原子標準。來自主振盪器之光束係首先利用光束擴展器70加以擴展，二者降低其之發散並降低在標準具上之功率強度。在擴展之後，光束通過一特別之“部分的擴散器”74，一光學元件係傳送大部分不變的光線，但散射一小部分進入角度之範圍中。此等實例係為具有低繞射強度的繞射光學元件，或是極輕且精巧的接地光學平板。光線接著在近垂直入射角下通過標準具。標準具的帶通特性係藉由其之自由光譜範圍(FSR)以及手段而決定。例如，一具有2皮米的自由光譜範圍(FSR)以及一20之手段的標準具係具有0.1皮米半高寬(FWHM)的帶通。標準具接著從自激主振盪器傳送一0.1皮米之片狀光譜。就單色器而言，其係有利地在低壓下操作主振盪器並因而降低頻寬，為了限制在標準具上的功率負載。此外，較窄的開始光譜會降低接近標準具之傳輸階中的能量總量(距中心波長 ± 1 FSR)。在通過標準具之後，一透鏡76(或曲線鏡)將光線聚焦於一點，該處配置有一孔徑。光束之一部分係藉由光束分光鏡80分裂，並藉由一光電二極管陣列82監測，提供中心波長與頻寬信號至控制器

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (20)

66，使用此資料控制標準具78。孔徑之目的係阻隔除了光束之在軸上、非擴散之成分外的所有光線。此為窄頻之光線接著傳送至功率放大器階段。一光束分光鏡與光學檢測器係接著孔徑，用以監測離開注射濾光片的能量。

一般而言，標準具之帶通的中心波長，並未與自激之主振盪器之光譜的中心對正。標準具係需調變。視標準具係為一實體板型式或是一空氣間隔型式而定，而有四種方法可使用。就實體標準具而言，標準具係可相關於進入之光束而傾斜，或可變化標準具之溫度，可有效地改變平板之光學厚度。就空氣間隔的標準具而言，藉由改變氣體之密度因而可以變化角度、變化平板間隔(例如，藉由PZT致動器)，或是變化平板間之氣體的折射率。

於一較佳的具體實施例中，如第8圖中所示，標準具係為一空氣間隔型式包圍在一壓力密閉式外罩84中。一壓力控制器係用於變化外罩內氣體之壓力(於定溫下)，因而以壓力調變標準具。由於所需之調變量係極小(約為 ± 0.2 至 ± 0.5 皮米)，所以利用氮作為緩衝氣體所需之壓力變化亦為極小，約為 ± 3 至 ± 8 陶爾(torr)。無論是藉由改變(密封的)外罩的容積，或是藉由主動地引進或自一適當的供應裝置將氣體退出係可達成如此的結果。當標準具係為壓力調變的，則輸出強度係可交替地增加，以及當帶通波長從自激的主振盪器掠過光譜而使其消失。

藉由包括附加的光學元件係可達成控制標準具的調變，該元件將標準具變成其之自有的標準具分光計。一附

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (21)

加的光束分光鏡係位在退出孔徑之前，並構成透鏡之一第二焦平面。於此焦平面中(係為第一)，強度分佈係由一位在焦點中心處之強烈的斑點，加上一更加微弱的傳統式標準具環件圖案所組成。強烈的斑點係由通過標準具之光束的非擴散部分所構成，然而標準具環件圖案係藉由光束的擴散部分所構成。強烈的中心斑點並未在此使用，並利用一光束斑點81加以阻隔。一線性檢測器陣列82接著放置在焦平面上，用以讀取標準具環件圖案。此佈置係與目前於微影蝕刻雷射中所使用之波長計極為相似。就一已知的光學佈置而言，在標準具環件之直徑與標準具帶通之中心波長間具有直接的關係。

校準之佈置係與先前針對單色器濾光片所說明之步驟之相似的方式而完成。校準順序係如下地進行：(1)利用標準具將壓力調變至一開始的波長，發射雷射並測量來自退出孔徑的輸出能量，連同落在線性陣列上之標準具環件圖案。決定完全地構成環件之最內的直徑。(2)壓力控制器增加在標準具中的壓力，並重複測量。(3)在標準具係受壓力調變通過一自由光譜範圍之後，檢查最終的資料。在輸出能量發揮至最大之最內環件的直徑，係與標準具之帶通完全地調變至來自壓力相關之主振盪器之自激光譜的峰值之狀況相配合。

此校準的直徑一經決定，藉由改變在標準具中的壓力而使標準具帶通濾光片之波長穩定，俾便維持此直徑。就一進一步的精細處理，標準具環件圖案係可使用在微影蝕

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (22)

刻波長計中所使用的相同之非線性標準具公式直接地轉換成一“波長”。如此容許帶通函數藉由已知量，自主振盪器光譜之峰值減少調變。如同先前所說明，一進一步的精細處理係包括在校準中的主振盪器之壓力以及標準具之接續的使用。

調變

通常針對雷射系統之操作所選擇之窄的光譜頻帶(約為0.1皮米或更窄)，係為與具有最大的輸出脈衝能量之所欲的頻寬規格相符的窄頻帶。然而，利用上述說明之預先增益濾光片，一限制的波長調變量係為合理的。申請人所期望的是至少約為1.2皮米的調變範圍係可相當輕易地完成。利用一些輸出脈衝能量之有效的折衷方式執行附加的調變係為可行的。如上所述，調變範圍係為一雷射氣體壓力的函數。因此藉由調整在雷射中的壓力係可達成較長的全部範圍。

功率增益階段

藉由參考第9及10圖係可說明二較佳的功率增益階段。

功率振盪器

功率增益階段係可如第9圖中所示地裝配成一功率振盪器。視所欲之輸出，針對功率振盪器(PO)之設計可以使用複數種不同的共振器。於一較佳的具體實施例中，共振器係為一軸外的、混合而成之不穩定的共振器，係由二分裂鍍膜鏡所構成，皆如第9圖中所示。注射種光束90係沿著一不穩定的共振器92的頂部與中心軸對正，並且首先行進

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (23)

通過一50%部分的反射器93A。後共振器光學元件94係為一零功率之彎月形的透鏡型式，其不致干擾注射光束的準直。注射光束填注共振器之菲涅耳(Fresnel)核心，建立控制涵蓋於內腔室場(intercavity field)(於此例中菲涅耳(Fresnel)核心係為在50%反射鏡93A與100% 反射鏡94A間所構成之容積)。在利用放大效果傳播至前光學元件之後，光束係自100%反射的凸面反射。當光束行進至後光學元件時光束擴展並放大，其中一部分係自100%反射的凹面93B反射，以及一部分係自表面93A反射。此將光束再準直，藉第三次通過增益而進一步地放大。輸出聯結器之下部分94B係經抗反射鍍膜處理，容許光束在最小的損失下退出。就後光學元件而言，前光學裝置係為一零功率之彎月形的透鏡型式，維持輸出光束的準直。由於50%及100%反射表面提供反饋進入共振器之菲涅耳(Fresnel)核心，所以此型式的共振器構成了一功率振盪器。此型式振盪器之優點係為(1)在光束中並無中心模糊部分或孔，以及(2)其需極小的種能量以固定功率振盪器至種晶。

功率放大器

如第10圖中所示，一功率增益階段係為一功率放大器的形式。於此例中，共振器係與第9圖中所示者相似，所不同處在於已藉由將50%反射面93A變化成一抗反射表面而消除回饋。此形式產生一軸外的、多程式功率放大器。

F₂雷射系統設計

已有建構複數種原型的F₂雷射系統，並經由申請人測

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (24)

試，而其之工作伙伴使用作為第一F₂光源以及功率增益階段二者之增益物質。

該等系統主要係以目前的產品KrF及ArF雷射為主，結合複數種利用一高效率室以及固態脈衝功率激磁，超越習知技藝之激分子雷射系統的重要改良處。放電係為電暈預先離子化，將氣體污染降至最低。整個光學光束路徑係為以氮淨化避免因使用氧所造成之光吸收，並避免損害光學元件。所有共振器光學元件係在配備雷射室之有角度室視窗的外部。混合氣體在4大氣壓之氬氣中係為0.1%的氟，並且電極間隙係降至10厘米。

於該等原型單元中，就第一F₂光源以及功率增益階段二者而言，所使用的一修改的脈衝電力系統以及針對該系統的電路圖係顯示在第11圖以及第2及3圖中。針對該等具體實施例的脈衝電力系統與針對習知技藝之KrF雷射之對應系統之間的主要差異在於，F₂雷射所用的提供較高輸出電壓之脈衝變壓器56，並如上所述，變壓器之電路上游部分係為一單一電路，而變壓器之下游部分係為一分離的電路。於此脈衝變壓器中，單一的四部分不銹鋼桿(於美國專利第6,128,323號中有所說明)，其之功能係為一次級線圈由一變壓器次級導體所取代，該導體係由一內圓筒狀桿以及二同軸管所組成，如第11A、11B及11C圖中所示該所有元件係連續地連接並彼此隔離。次級導體係由二同軸總成所組成(第11B及11C圖中所圖示係為橫截面視圖)與匯流排棒302以及高電壓電纜線304連接。第11D圖係顯示與11B及

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (25)

11C圖相同的橫截面，且同時MetglasTM層306以及聚酯膠膜係捲繞環繞著構成初級線圈的捲軸之圓柱狀部分308。同時在第11D圖中所確定係為中心電纜線310以及中空圓柱狀導體312及314構成脈衝變壓器之次級部分。MetglasTM與聚酯膠膜層並未圖示在第11A、11B及11C圖中。於第11A圖中，具有一約為1,000伏特電壓峰值的電流脈衝(如元件標號316所示)，在約為36,000伏特之次級高電壓接點處產生一脈衝(如元件標號318所示)。因此，該提供二雷射之二脈衝變壓器部分之每一部分，係由12個感應單元(取代第3HB圖中之23個單元)所組成。然而，通過12個感應單元的三個次級導體，產生36之電壓放大效果。

介於主要的圓柱與三同軸的次級導體間的聯結，係如上述說明相關於第8E圖藉由MetglasTM與聚酯膠膜之捲繞而提供。於此具體實施例中，提供一額外的壓縮階段(利用一附加的電容器組 C_{p-1})。於此具體實施例中，電容器組具有以下數值：

$$C_0 = \text{約 } 12.1 \mu\text{F}$$

$$C_1 = \text{約 } 12.4 \mu\text{F}$$

$$C_{p-2} = \text{約 } 8.82 \text{ nF}$$

$$C_{p-1} = \text{約 } 8.4 \text{ nF}$$

$$C_p = \text{約 } 10 \text{ nF}$$

於此原型具體實施例中，修改的脈衝電力系統係產生一約為80 ns之輸出上升時間進入尖峰電容器組。脈衝變壓器之升壓比係為36X(與上述詳加說明之具體實施例中之

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (26)

24X作比較)。如此容許雷射在大體上較高的電壓下，利用與未經修改的脈衝變壓相較相應地較低之 F_2 濃度下操作。申請人已決定的是較高電壓操作改良了放電穩定性，並容許較高的重複率。如上述的說明，於此具體實施例中，提供二分開的變壓器，每一變壓器係由如第3B圖中所示一共同電源的一初級電流所供電，但每一變壓器之構形係如第11A、B、C及D圖中所示，提供一36X升壓取代第3B圖中之24X。

輸出後之濾光片

如上所示，本發明之較佳具體實施例的功率增益階段的輸出具有約為0.1皮米或較少之紫外光頻寬，其之一線中心位在名義 F_2 之157.63奈米線內，涵蓋環繞名義波長約 ± 0.5 皮米的一光譜範圍。如以下部分所示，當使用氬氣時在其他的的光譜範圍中小量的光能係產生在 F_2 雷射中，特別是紅及紅外光。假若此紅光係為一問題，則可利用所熟知設計用於傳輸157奈米紫外光並吸收或反射(不返回雷射中)紅光的光學濾光片而輕易地排除。同時，上述說明之其中一型式的輸出後濾光片，係可增加用以進一步線性窄化在紫外光範圍中之輸出光束。然而，當使用作為輸出後濾光片時，則濾光片之元件需要設計用以處理一更高能量之光束。

脈衝時序

本發明之較佳具體實施例係利用一脈衝電力系統，係構形用以控制二雷射系統之放電的時序，用以產生所欲之

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (27)

輸出脈衝雷射光束。該等具體實施例係利用與在美國專利第5,142,166號中所說明之部分匝脈衝變壓器相似的部分改變脈衝變壓器設計。於該等具體實施例中供二雷射系統所用之脈衝功率電路之部分，係為脈衝變壓器系統之分開的下游部分，以及脈衝變壓器系統之脈衝功率電路上游部分係為二雷射系統所共用。

第3圖係為一較佳的脈衝電力系統之主要元件的電氣概要圖。脈衝變壓器系統之系統上游部分係與在第11圖中所示之電路極為相似，係於美國專利第6,151,346號中詳加說明(於此併入本案以為參考資料)。一單一組電容器係定出一充電 C_0 電容器組42。藉由將開關 S_1 46閉合而產生電氣脈衝，該開關係由二並聯安裝的整合閘雙極電晶體(IGBT)開關所組成。感應器 L_0 48延遲電流流經 S_1 ，因此其係可閉合而無任何退化以充電電容器組 C_1 52。飽和的感應器 L_1 延遲實質的電流流經脈衝變壓器系統56，直到電容器 L_1 飽和為止，於該時間部分匝脈衝變壓器系統56之初級匝係以一約0.5微秒、1000伏特脈衝之短路產生脈衝。於此具體實施例中，變壓器系統56係由二分開的變壓器單元56A及56B所組成，於此例中該二單元事實上係為相同的。

每一脈衝變壓器單元56係與在美國專利第6,151,346號中所說明之脈衝變壓器相似。本具體實施例之脈衝變壓器單元在次級線圈中僅具有一單一匝以及23個感應單元。構形如同第3B圖中所示之一自動變壓器的變壓器，提供1:24的升壓比。23個感應單元之每一單元係包含一具有二

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (28)

凸緣的鋁質捲軸56A(每一凸緣具有一平坦邊緣且帶有具螺紋之螺栓孔)，其係栓接至沿著第3A圖之底部邊緣所示之印刷電路板56B上之正極與負極接點。(負極接點係為23個初級線圈之高電壓接點。)絕緣體56C將每一捲軸之正極接點與相鄰捲軸之負極接點隔離。捲軸之凸緣間係為一中空圓柱，長1-1/16吋、外徑為0.875吋以及壁厚約為1/32吋。捲軸係以1吋寬、0.7密爾厚的MetglasTM 2605 S3A以及一0.1密爾厚之聚酯薄膜所纏繞，直至絕緣的MetglasTM 包裹物之外徑為2.24吋為止。第5圖中所示係為美國專利第6,151,346號之構成一初級線圈的一單一纏繞捲軸的透視圖。

每一次級變壓器係為安裝在一Teflon®(鐵氟龍(PTFE))之一緊密配裝的絕緣管內的一單一外徑不銹鋼桿。如第3A圖中所示變壓器單元係為4個部分。於第3A圖中元件標號56D所示之不銹鋼次級變壓器的低電壓端係在56E處捆紮至位在印刷電路板56B上的初級高電壓導線，元件標號56F係為高電壓接點。因此，假定變壓器係為一自動變壓器形式，並且升壓比變為1:24以取代1:23。因此，介於感應單元之+及-接點之間一約為-1400伏特脈衝，在次級側上接點56F處產生一約為-35,000伏特脈衝。一1000伏特之初級脈衝在約為24,000伏特之二變壓器之次級側上產生一脈衝。此單一匝次級線圈設計提供容許極快速之輸出上升時間的極低的洩漏電感。

第3B圖中所示係為脈衝變壓器系統之一般的形式。如

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (29)

此圖中所示，係藉由脈衝電力系統之上游部分所產生之約為1000伏特之初級的高電壓脈衝，在完全相同的時間抵達每一脈衝變壓器，並且每一變壓器之相對應的輸出脈衝因而實質上在形狀與時間上係為相同的。申請人評估在二變壓器之輸出處的抖動會低於一奈秒。

如第3圖中所示，於此具體實施例中，脈衝變壓器之脈衝電力電路下游部分係為分開的但事實直上係為相等的，因此在電極83及84處的抖動係評估小於3奈秒。因此，在二雷射中之增益物質係在變化量約小於3奈秒的相同時間下所產生。每一脈衝之持續時間約為20至50奈秒，因此在第一雷射中所產生的雷射脈衝在第二雷射中適當地放大。較佳地，該電路係配備一偏壓電路用以偏壓所有的飽和感應器，因此其在每一脈衝之前係反向感應。設計偏壓電路因此在緊接脈衝之後的極短時間內，飽和感應器維持前向感應，因此由電極反射之脈衝能量係可恢復，在美國專利第5,729,562號中有詳細的說明。

於本發明之較佳的具體實施例中，第一雷射之輸出聯結器係位在第二雷射之輸入窗的下游約1呎的位置。因此，就此緣故或是其他的原因，與第一雷射相較延遲第二雷射的放電係為令人滿意的。由於電氣脈衝在約為ins/20cm的速率下行進通過一良好的導體，此係可藉由使一導體承載較第一雷射之一相對應導體為長(例如，20至40公分)的第二雷射之脈衝而輕易地達成。

可調整的延遲

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (30)

在一相對於其他雷射的一雷射中控制放電時序的另一方法，係將在第3圖中所示之電路中的一飽和的感應器嵌入於變壓器56之下游的一分支中，諸如第3C圖中所示之位置63。此飽和的感應器係配裝具有一可調整的向前偏壓。向前偏壓係經選擇而施加，因此完成感應器之向前飽和係約等於所欲之延遲時間。延遲時間係為在飽和感應器中匝數、其之磁心的橫截面以及感應器之磁通量振幅 ΔB 的函數。由於所需之延遲極小，所以匝數可為1並且磁心係可為小的(諸如直徑2吋)，磁通量振幅 ΔB 同時係可為小的如第3圖中之C2所示。藉由調整偏壓係可調整相對之延遲。延遲控制係可併入於一反饋迴路的設計中用以控制抖動。由於延遲係預期針對小的振盪器/放大器形式所需要(大小為奈秒或是奈秒之十的倍數)，所以所製成之延遲反應器係可小型化。此外，選定磁心材料用以將引入於電路中的損失減至最小，再者由於伏特-秒需求同樣地更小於在電力脈衝壓縮電路中之所需。針對提供一可調整之延遲的另一技術係顯示在第3D圖中。於此例中，承載脈衝至其中之一雷射的一導體101，係佈置在一單一迴路線圈102中，以及一具有高導磁性之桿103係可移動地進出線圈。該桿係可利用一快速傳動裝置，諸如一步進馬達或是一壓電的傳動裝置加以定位。

第3E圖中係為提供一可調整之延遲的另一方式。於此技術中，脈衝電流源86係用於提供一次級脈衝電流供感應器 L_4 所用。此電流源86係藉由一觸發電路86而觸發，同時

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (31)

閉合開關。如第3F圖所示，電流脈衝 I_s 大約在與閉合開關S的同時間啟動，並在主壓縮電流脈衝傳播至電容器 C_4 及 C_4' 之後持續一段時間 t_d ， t_d 係可約為10奈秒。次級脈衝電流係針對感應器 L_4 用以提供飽和。藉由改變此電流，可改變在感應器 L_4 之BH曲線上的一飽和點，致使同時改變延遲。在放大電路中對應之感應器， L_4 係利用一非可調整的偏壓電流 I_{bias} 而偏壓。此技術之其他的具體實施例同時適用，諸如針對感應器 L_4 及 L_4' 提供二脈衝電流源。

其他的脈衝變壓器形式

第3B圖中所示係為脈衝變壓器形式之複數種可適用的變化形式。用於二雷射系統之較佳的輸出電壓可以不相同。假若需要不同的電壓，此係可藉由針對相對於另一變壓器之其中之一變壓器提供一較小或較大數量的感應單元而輕易地達成。同時，於其中之一變壓器中包括開關用以關掉一些感應單元，用以降低相對於其他變壓器之該變壓器之放電電壓輸出。在任一變壓器之四個變壓器部份中之任一部分間提供分接頭，用以在降低的等級下移除次級電壓。

控制中心線波長

申請人已作了廣泛測試，針對上述 F_2 雷射系統之中心波長控制開發技術。申請人已決定的是在主振盪器、功率放大器形式，其中種光束係位在20 μJ 至50 μJ 或更大的範圍中，種光束之中心波長以及頻寬幾乎準確地決定輸出光束之中心波長以及頻寬。申請人同時精確地測量在中心波

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (32)

長以及雷射氣體壓力、混合之緩衝氣體、 F_2 部分壓力、雷射氣體溫度、放電電壓以及脈衝能量之頻寬上的結果。申請人因而使用該等結果藉由改變上述參數之一或更多項用以控制中心波長。產生中心線波長所需之加入參數的程度，係藉由上述及圖中所示之壓力移動係數所表示。

申請人相信總雷射氣體壓力會是更易於使用的參數控制中心線波長，但其他的參數亦可使用或是結合一種以上之參數使用。

儘管本發明已就特定的具體實施例加以說明，但讀者應瞭解的是本發明之範疇係由附加的申請專利範圍以及其之合法的相同範圍加以限定。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

四、中文發明摘要(發明之名稱：具波長控制之注射播種F₂雷射)

本發明係提供一種具有二雷射子系統的窄頻雷射系統。第一雷射子系統其係構形提供一極窄頻脈衝之輸出光束用以注射種，於第二雷射子系統放大窄頻脈衝種光束用以產生一窄頻脈衝之輸出光束。配置一脈衝供電裝置，其係經特別地構形用以精確地在二雷射子系統中定出放電時序，因此放電係可正確地同步化。雷射氣體在部分壓力約小於由氦或氖或是氦與氖之結合所組成之緩衝氣體的1%的壓力下包含F₂氣體。藉由調整下列在第一雷射中之一或更多之參數，控制輸出光束之中心波長：總雷射氣體壓力、氦或氖之相對濃度、F₂的部分壓力、雷射氣體溫度、放電電壓以及脈衝能量。

英文發明摘要(發明之名稱： INJECTION SEEDED F₂ LASER WITH WAVELENGTH CONTROL)

The present invention provides a narrow band laser system having two laser subsystems. The first laser subsystem is configured to provide a very narrow band pulsed output beam which is used to injection seed the second laser subsystem where the narrow band pulsed seed beam is amplified to produce a narrow band pulsed output beam. A pulse power supply is provided which is specially configured to precisely time the discharges in the two laser subsystem so that the discharges are properly synchronized. The laser gas comprises F₂ at a partial pressure less than about 1% with a buffer gas comprised of helium or neon or a combination of helium and neon. Control of center wavelength of the output beam is provided by adjusting one or more of the following parameters in the first laser: the total laser gas pressure, the relative concentration of helium or neon, F₂ partial pressure, laser gas temperature, discharge voltage and pulse energy.

六、申請專利範圍

1. 一種注射窄頻氣體放電脈衝雷射系統，其包含：

A)一第一放電雷射子系統，包含：

1)一第一雷射室其包含一雷射氣體，以及一第一組電極定出一第一放電區域，其中電氣放電在該雷射氣體中產生一增益物質用以產生具有一頻寬的一第一雷射光束，以及

2)一線性窄化裝置，用以降低該第一雷射光束之頻寬，產生一窄頻的第一雷射子系統輸出光束；

B)一第二放電雷射子系統，包含：

一第二雷射室包含一循環的雷射氣體以及一第二組電極定出一第二放電區域，其中電氣放電產生一增益物質用於放大該第一雷射子系統輸出光束；以及
一中心線波長控制構件，用以控制該雷射系統之輸出光束的中心線波長。

2. 如申請專利範圍第1項之雷射系統，其中該中心線波長控制構件包含一構件用以調整一或更多組雷射參數，該參數係由雷射氣體壓力、混合的緩衝氣體、F2之部分壓力雷射氣體溫度、放電電壓以及脈衝能量。

3. 如申請專利範圍第1項之雷射系統，其中該中心線波長控制構件包含一構件用以控制雷射氣體壓力。

4. 如申請專利範圍第1項之雷射系統，並進一步地包含一脈衝電力系統，其係包括：

1)一脈衝電力系統，其係包括：

a)一第一脈衝變壓器，其係包括：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

- i) 一第一複數之變壓器核心定出複數之核心N，每一核心具有一初極線圈，
- ii) 至少一第一次級導體，其係通過所有該第一複數之鐵心，
- b) 一第二脈衝變壓器，其係包括：
 - i) 一第二複數之核心定出複數之核心M，每一核心具有一初極線圈，
 - ii) 至少一第二次級導體，其係通過所有該第二複數之鐵心，
- 2) 一高電壓脈衝電源用以產生相對長之持續時間的高電壓電氣脈衝，
- 3) 一上游電氣脈衝壓縮電路用以壓縮該高電壓電氣脈衝，產生相對短之持續時間的高電壓脈衝，該上游電路係裝配用以施加該並聯的壓縮高電壓脈衝：
 - a) 至該每一第一複數之變壓器核心之該初極線圈，以及
 - b) 至該每一第二複數之變壓器核心之該初極線圈，在該第一次級導體上於一輸出產生極高電壓的第一脈衝，並在該第二次級導體上於一輸出產生極高電壓的第二脈衝，
- 4) 一第一下游電路用以施加該第一極高電壓脈衝至該第一組電極，用以在該第一放電區域中產生放電，以及
- 5) 一第二下游電路用以施加該第二極高電壓脈衝至該

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

第二組電極產生脈衝，用以在該第二放電區域中產生放電，

其中該第一雷射子系統輸出光束係在該第二放電區域中放大，用以在該第二放電雷射子系統之輸出下產生一放大的雷射光束。

5. 如申請專利範圍第4項之雷射系統，其中N係等於M。
6. 如申請專利範圍第4項之雷射系統，其中N係不等於M。
7. 如申請專利範圍第4項之雷射系統，其中N與M係各自大約等於23。
8. 如申請專利範圍第4項之雷射系統，其中該第一次級導體係為一單一導體，以及該第二次級導體係為一單一導體。
9. 如申請專利範圍第4項之雷射系統，其中該至少一第一次級導體係為複數之同軸的導體，以及該至少一第二次級導體係為複數之同軸的導體。
10. 如申請專利範圍第4項之雷射系統，其進一步包含一脈衝延遲構件用以延遲該其中之一極高電壓的第一脈衝，以及相關於另一脈衝的極高電壓的第二脈衝。
11. 如申請專利範圍第10項之雷射系統，其中該脈衝延遲構件包含一伸長的傳導路徑。
12. 如申請專利範圍第10項之雷射系統，其中該脈衝延遲構件包含一位在一飽和的指示器上之可調整的偏壓。
13. 如申請專利範圍第4項之雷射系統並進一步地包含一飽和的感應器，利用一可調整的向前偏壓加以濾光。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

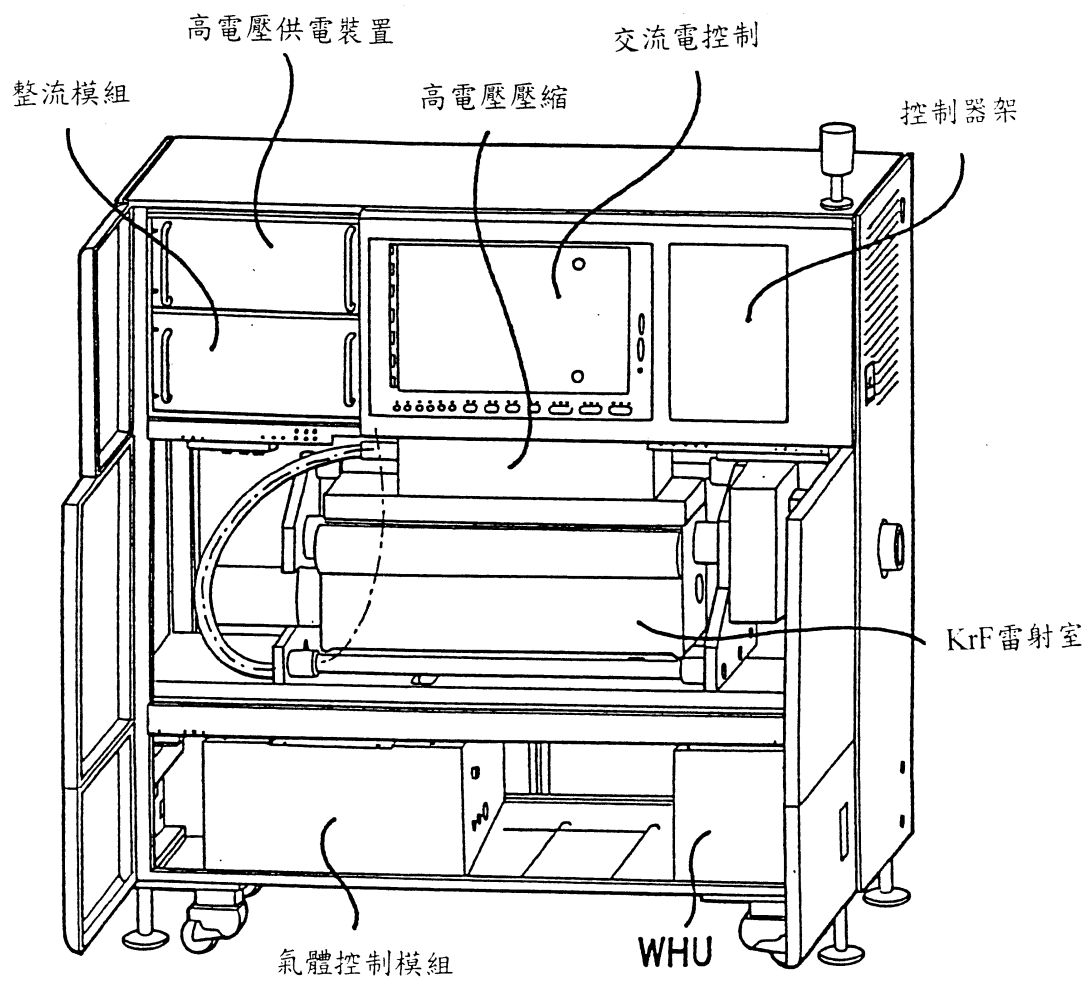
14. 如申請專利範圍第4項之雷射系統並進一步地包含用以
檢測抖動的構件以及一抖動控制之饋電回路。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

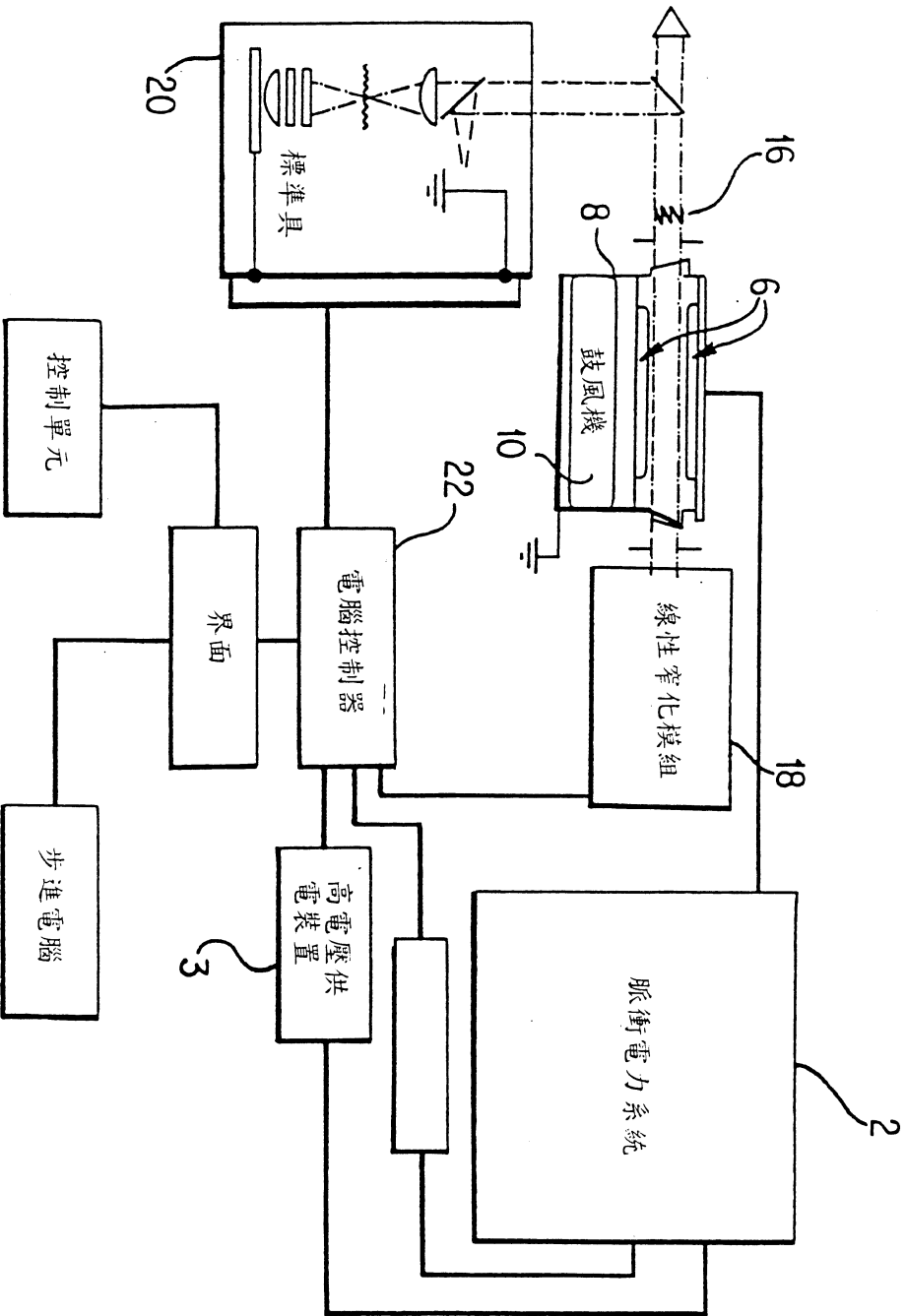
裝

訂

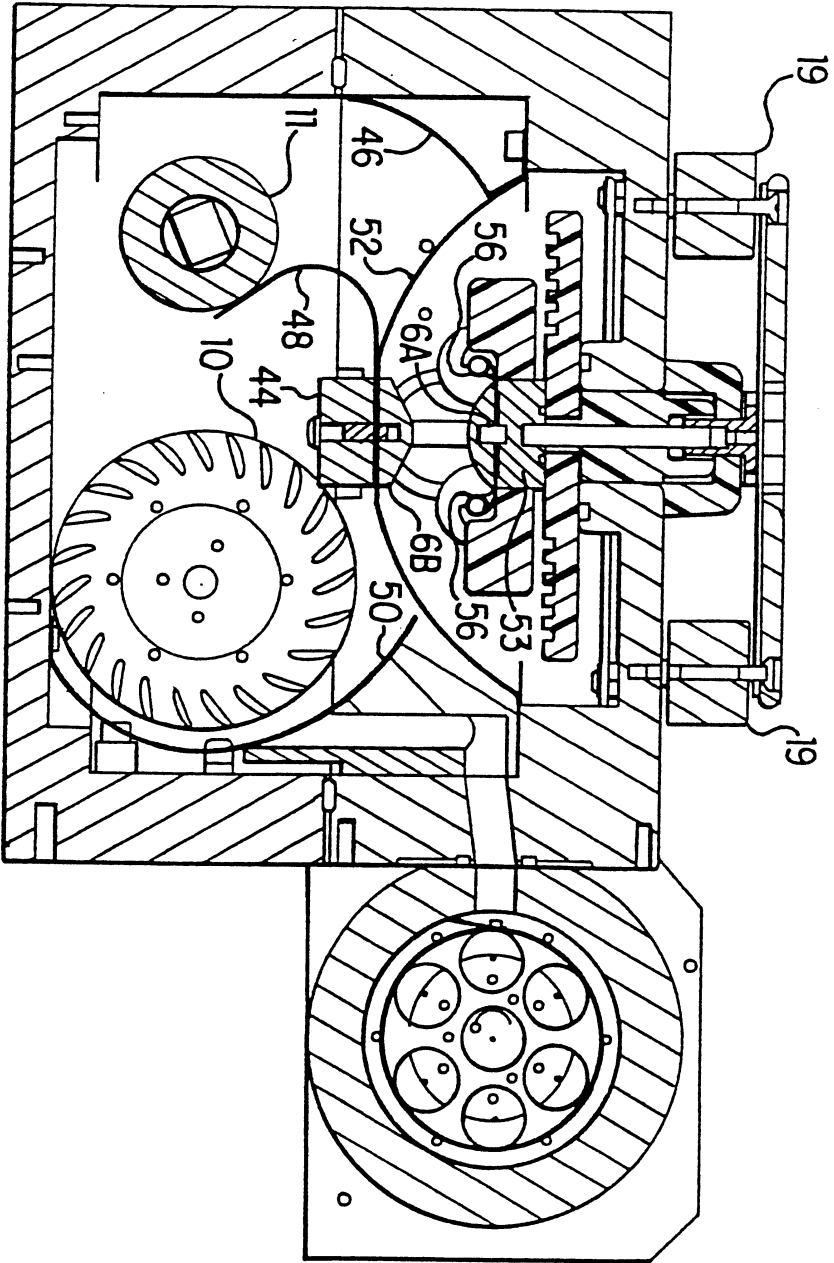
線



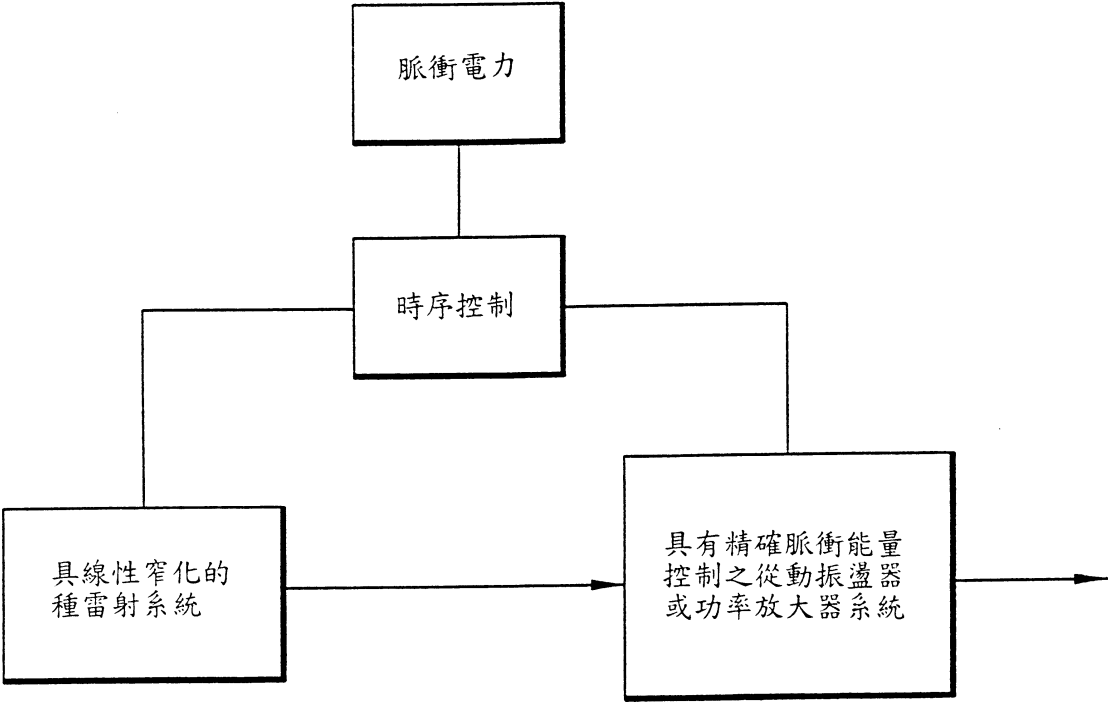
第 1 圖 習知技藝



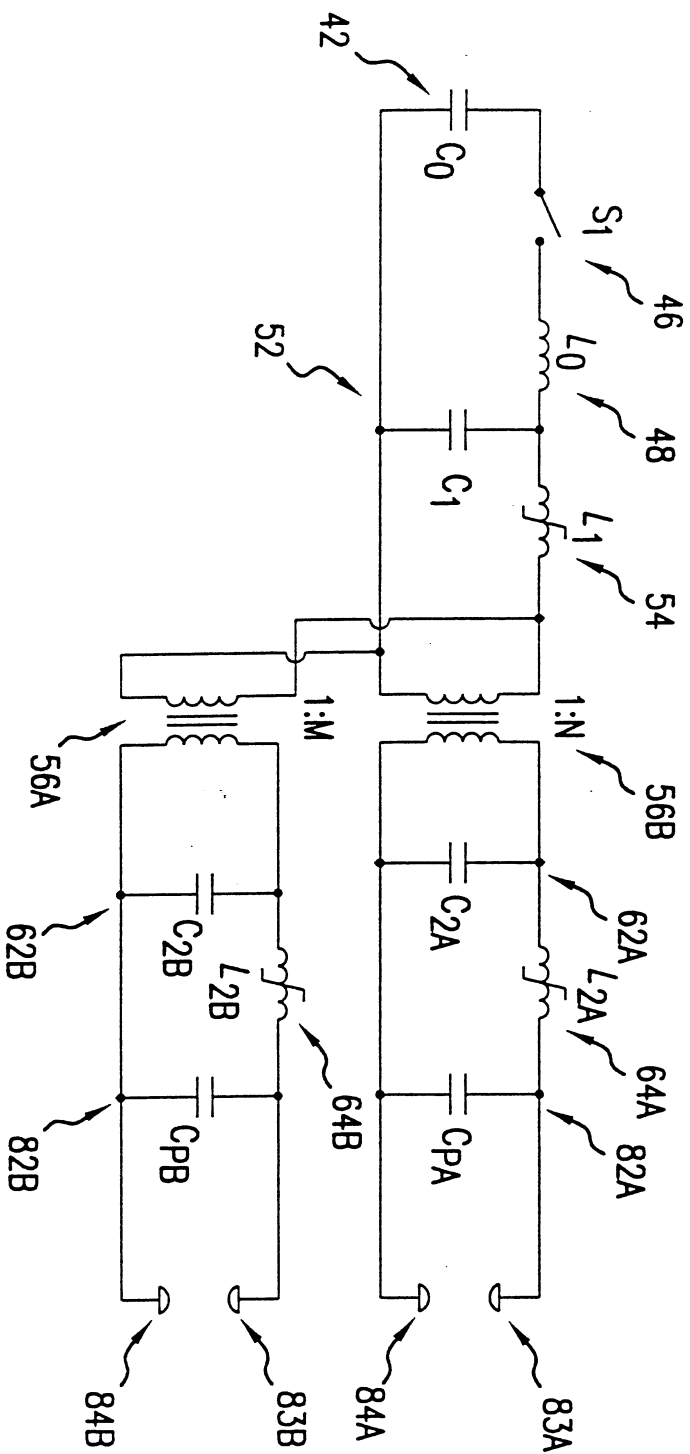
第 1A 圖 習知技藝



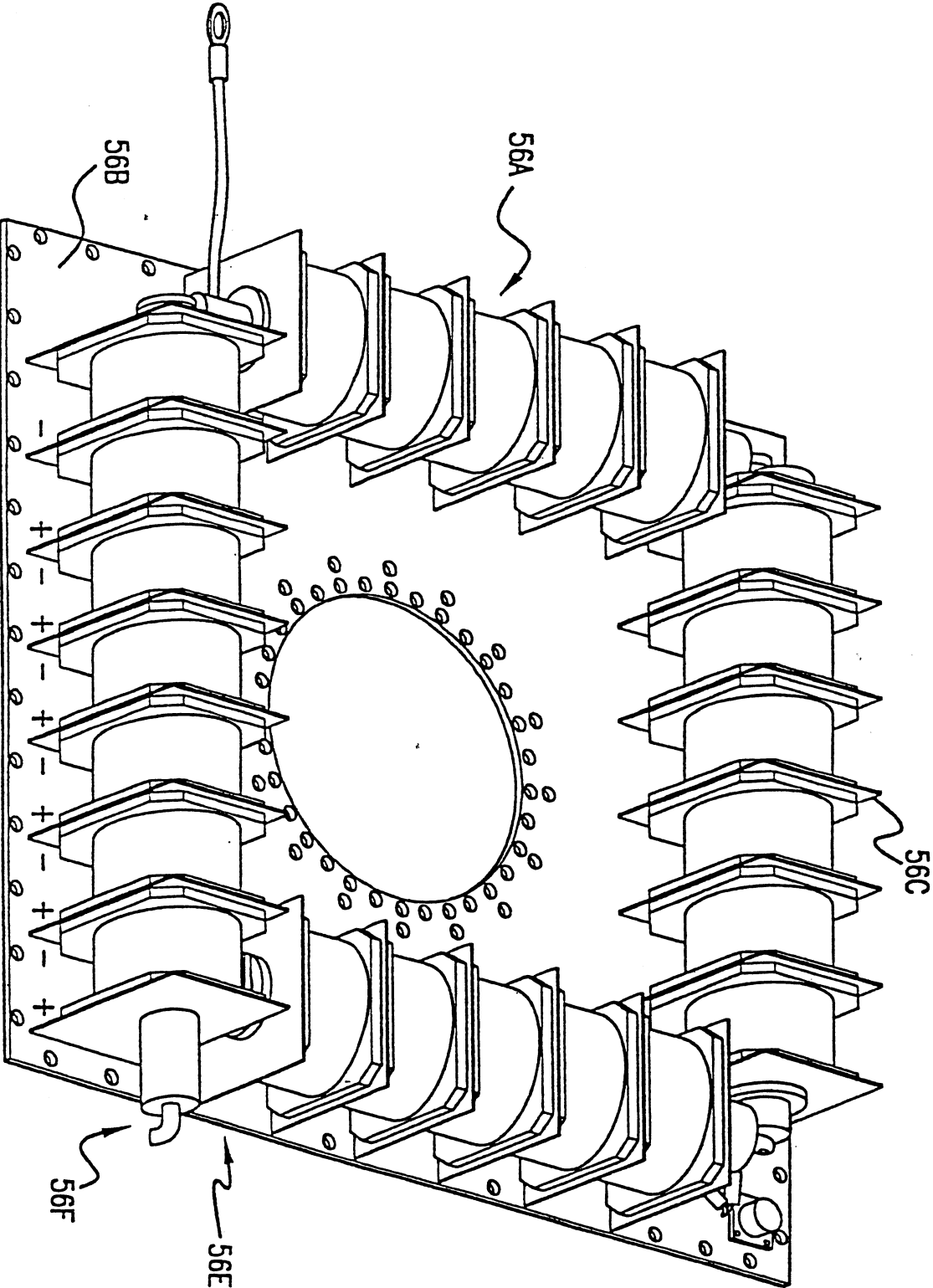
第 1B 圖 習知技藝



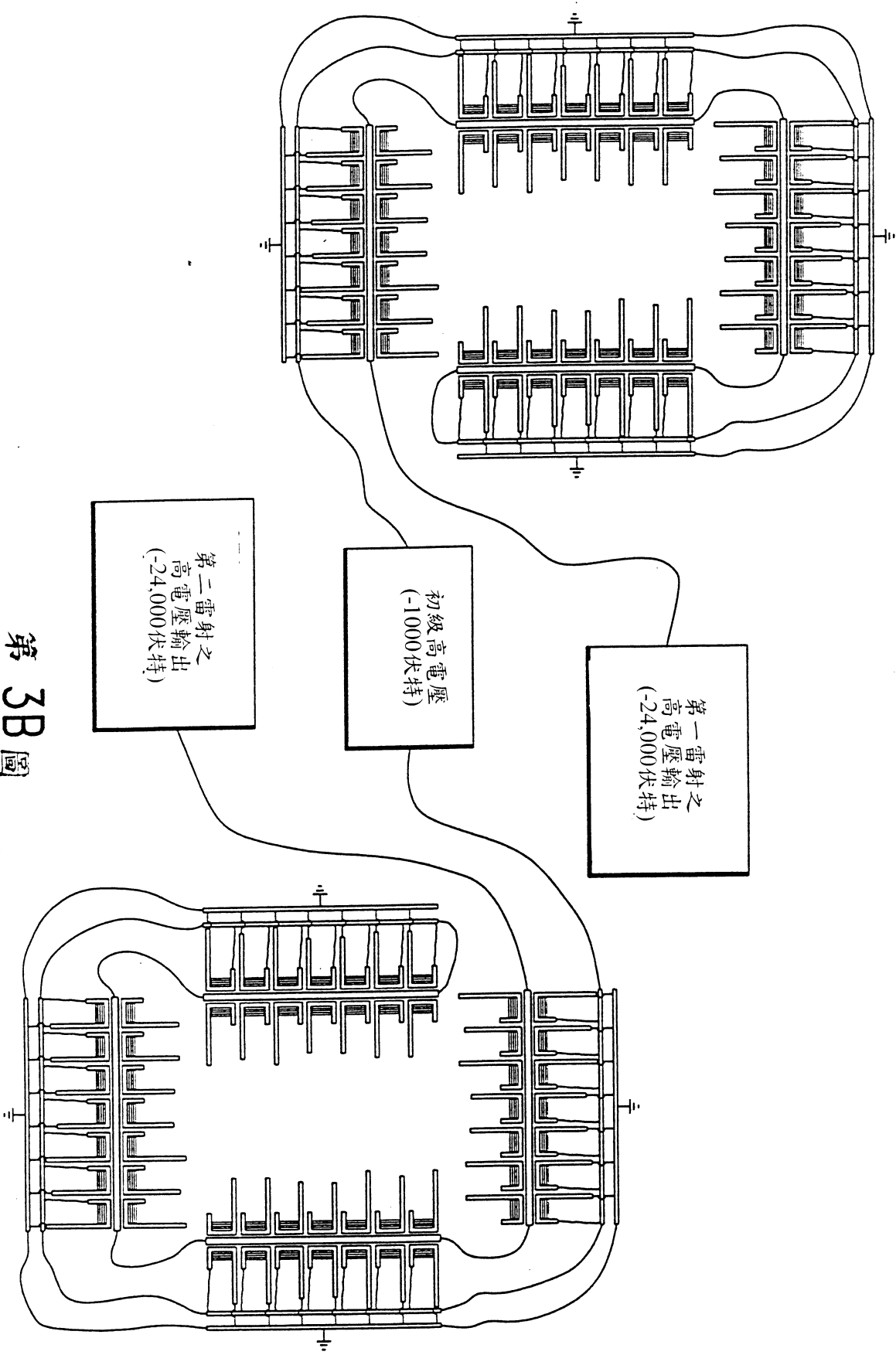
第 2 圖



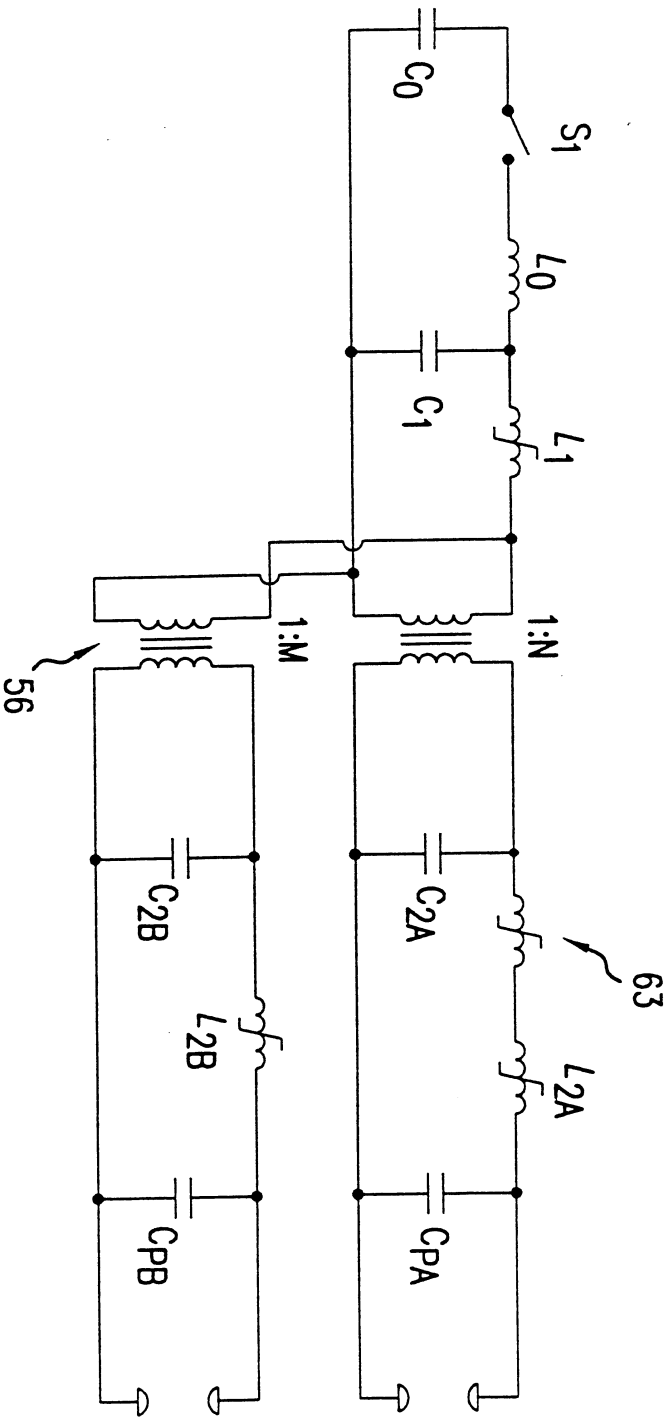
第 3 圖



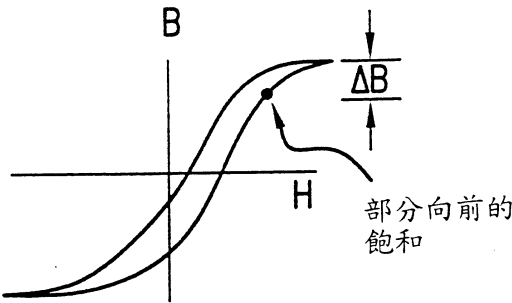
第 3A 圖



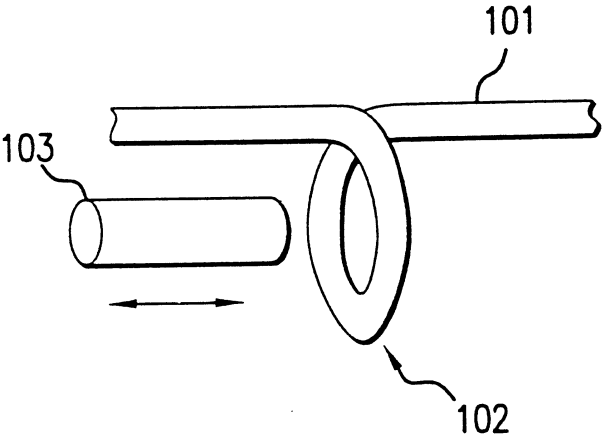
第 3B 圖



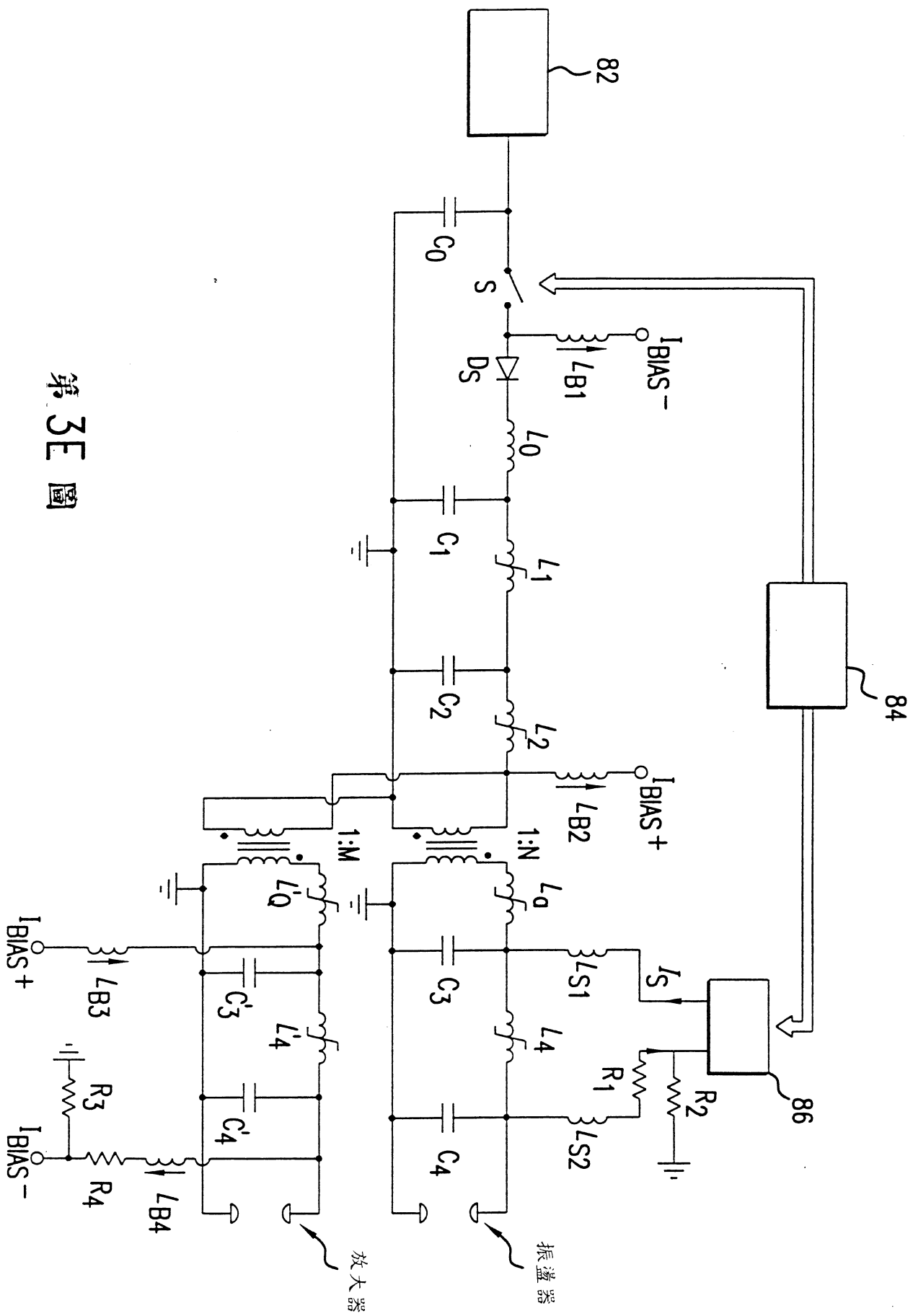
第 3C 圖



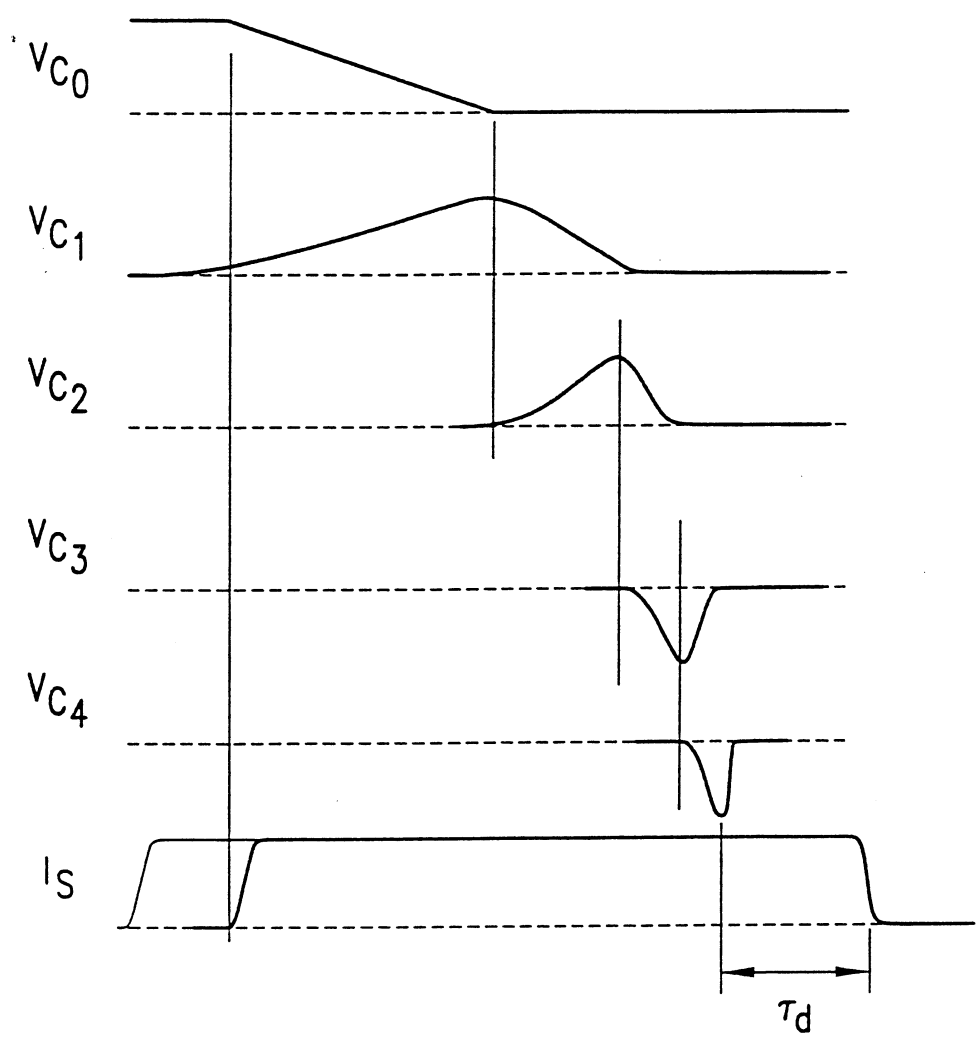
第 3C-1 圖



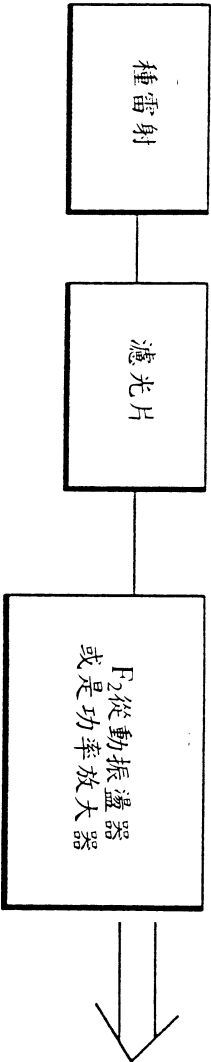
第 3D 圖



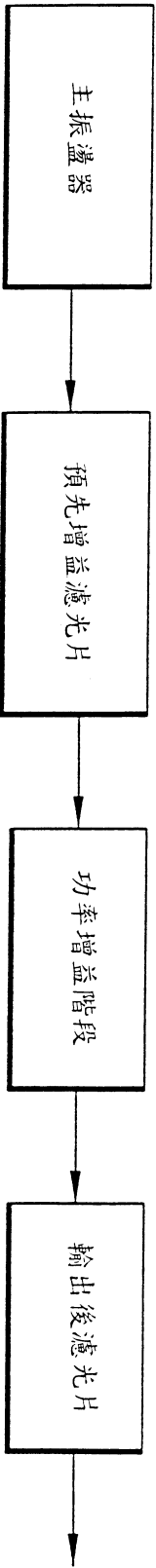
第 3 圖



第 3F 圖

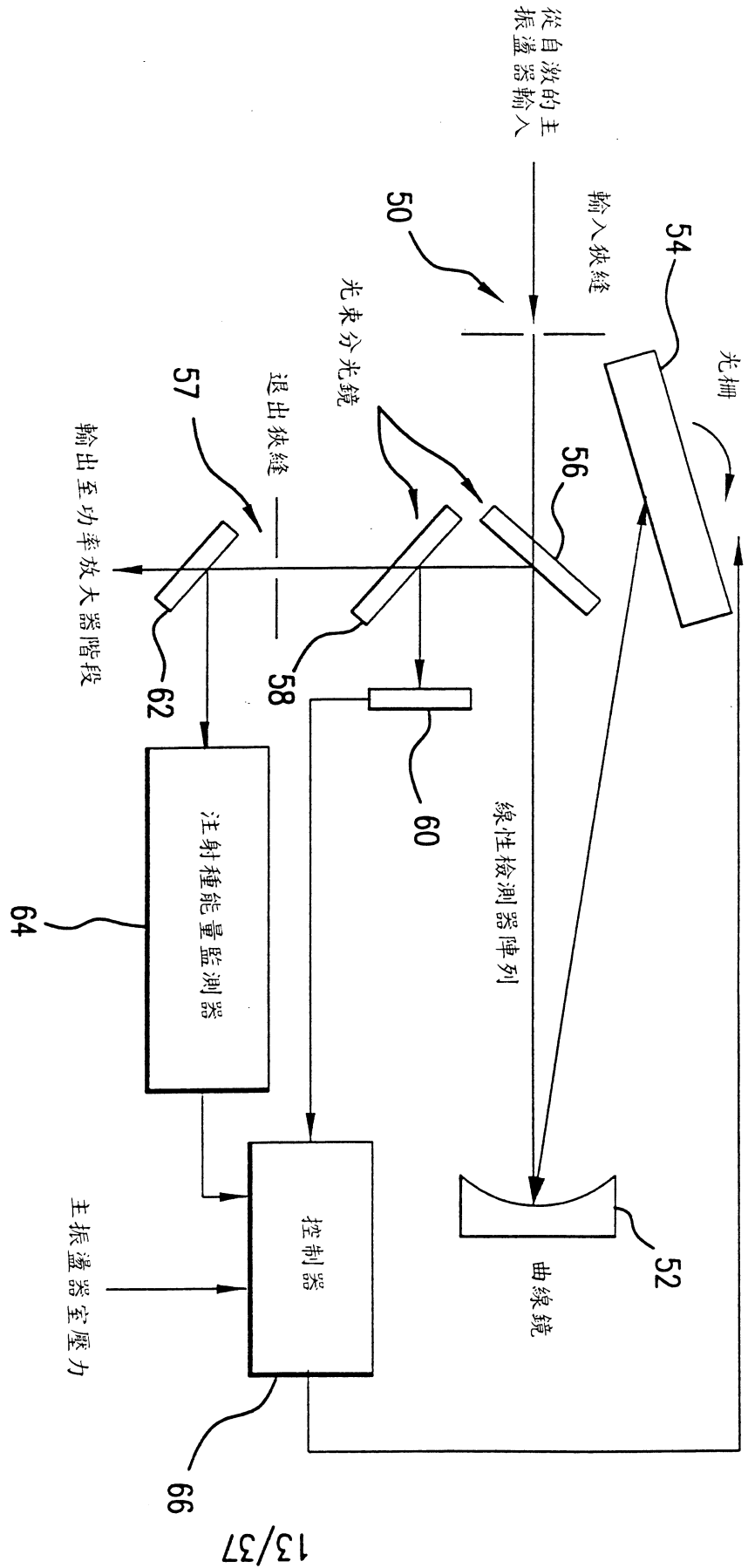
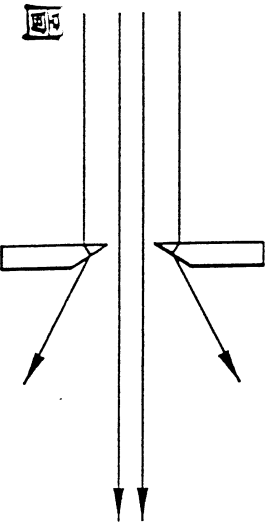


第 4 圖

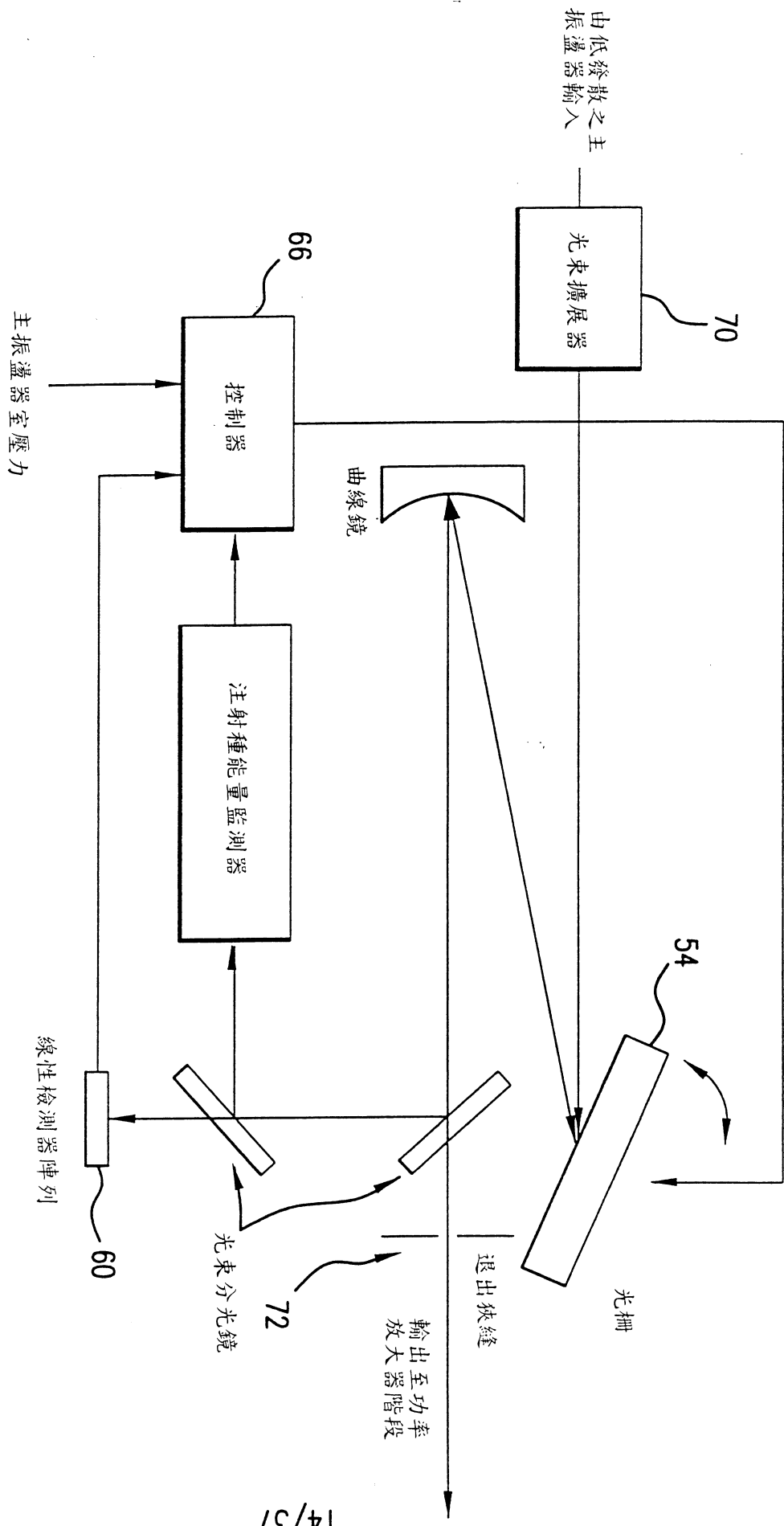


第 5 圖

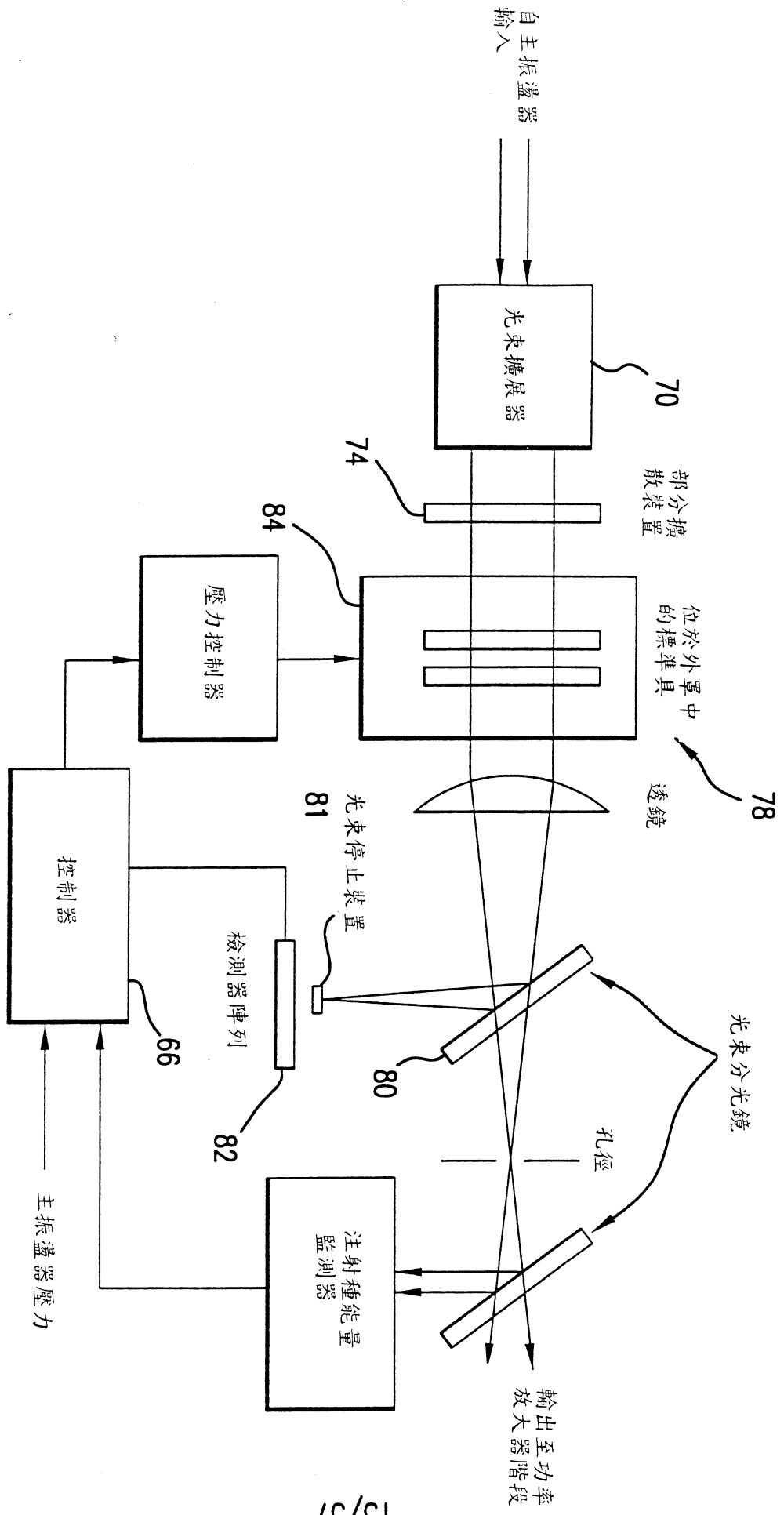
第 6A 圖



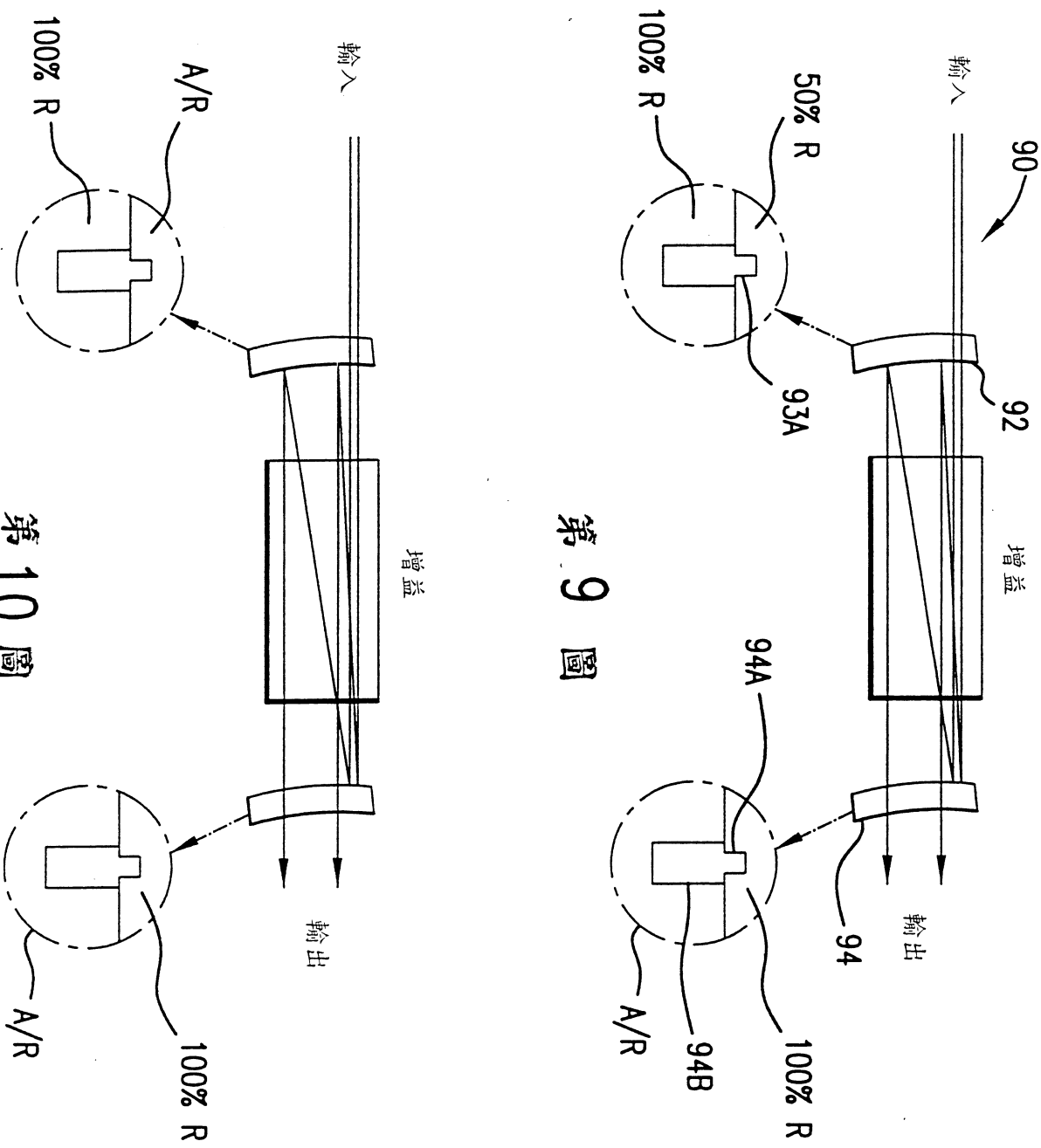
第 6 圖



第 7 圖



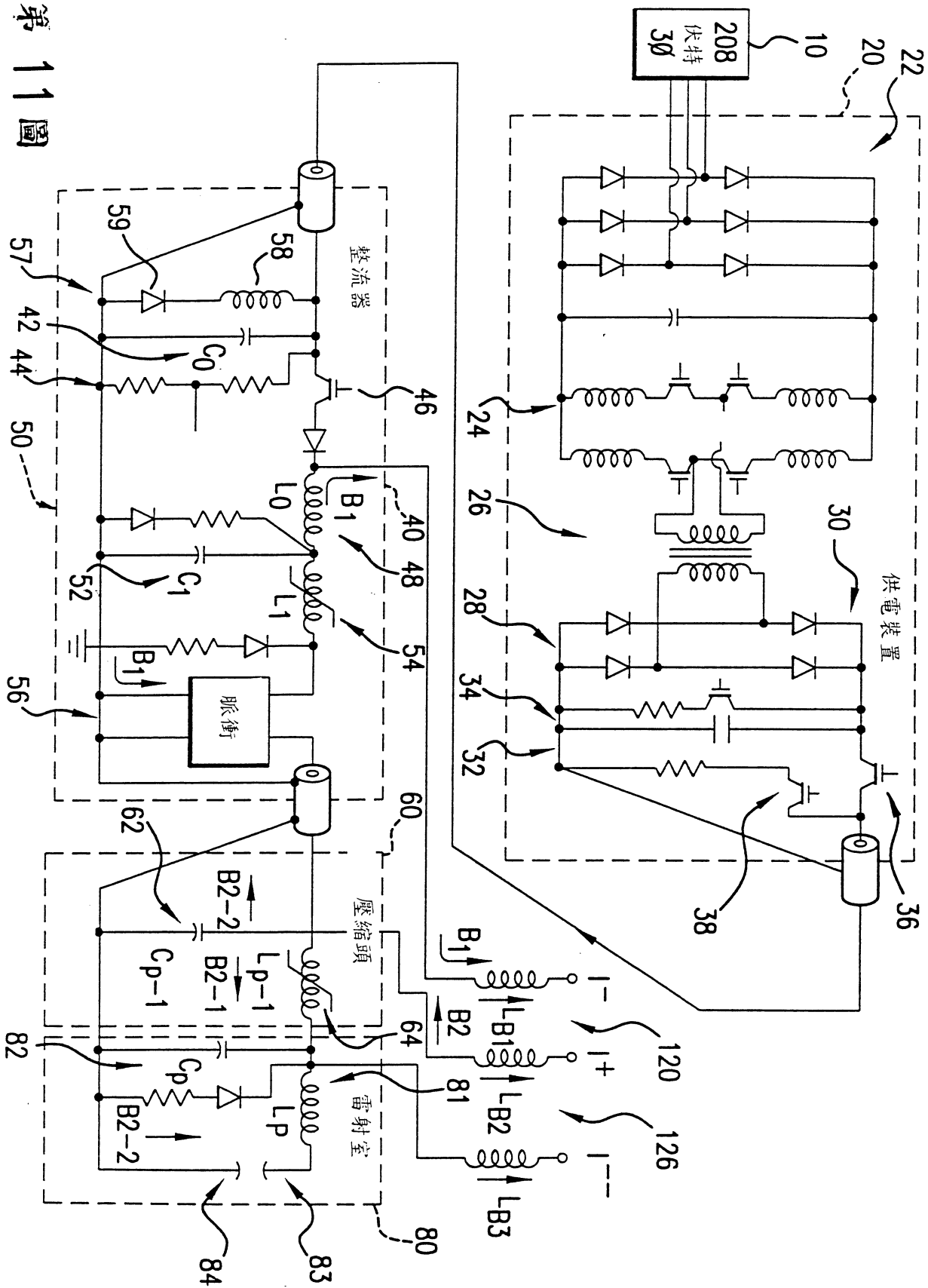
第 8 圖

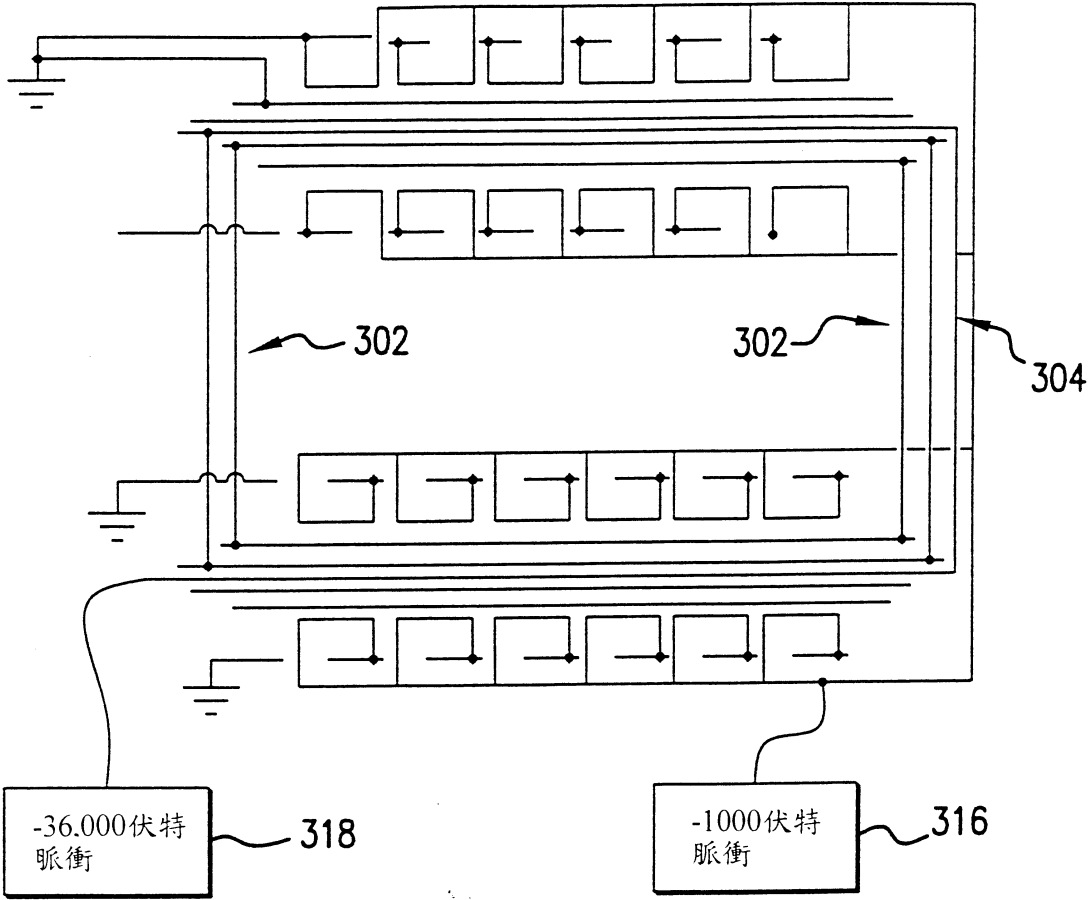


第 9 圖

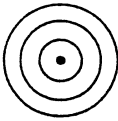
第 10 圖

第 11 圖

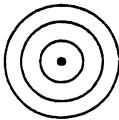




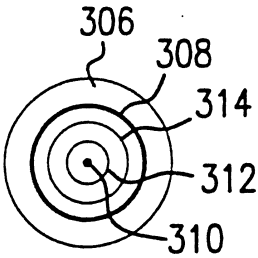
第11A圖



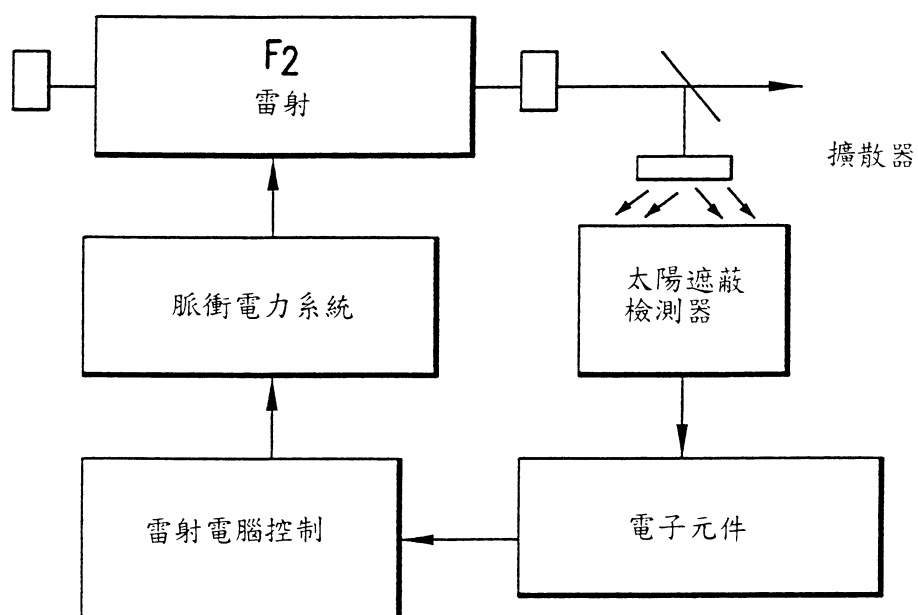
第11B圖

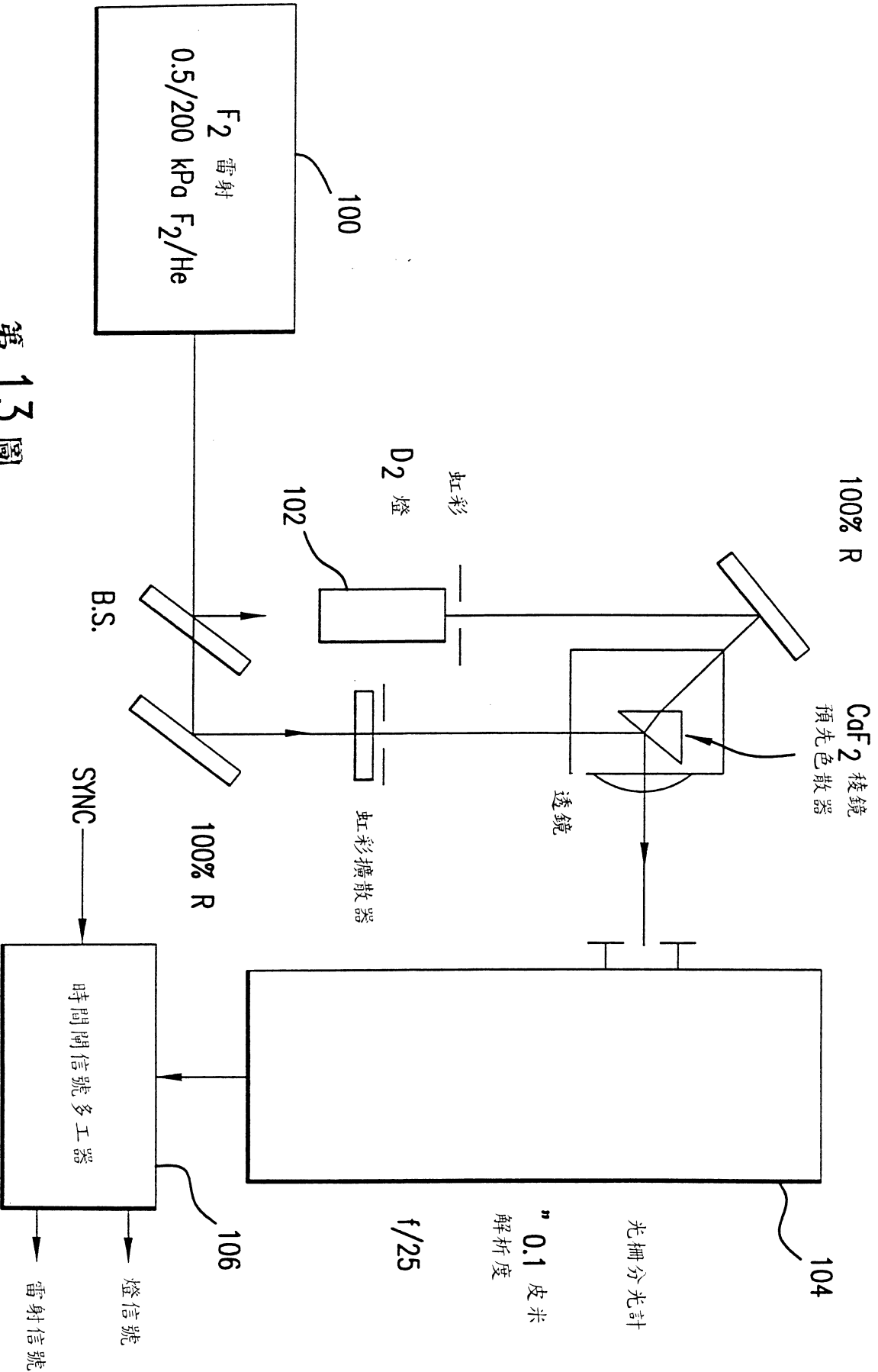


第11C圖



第11D圖

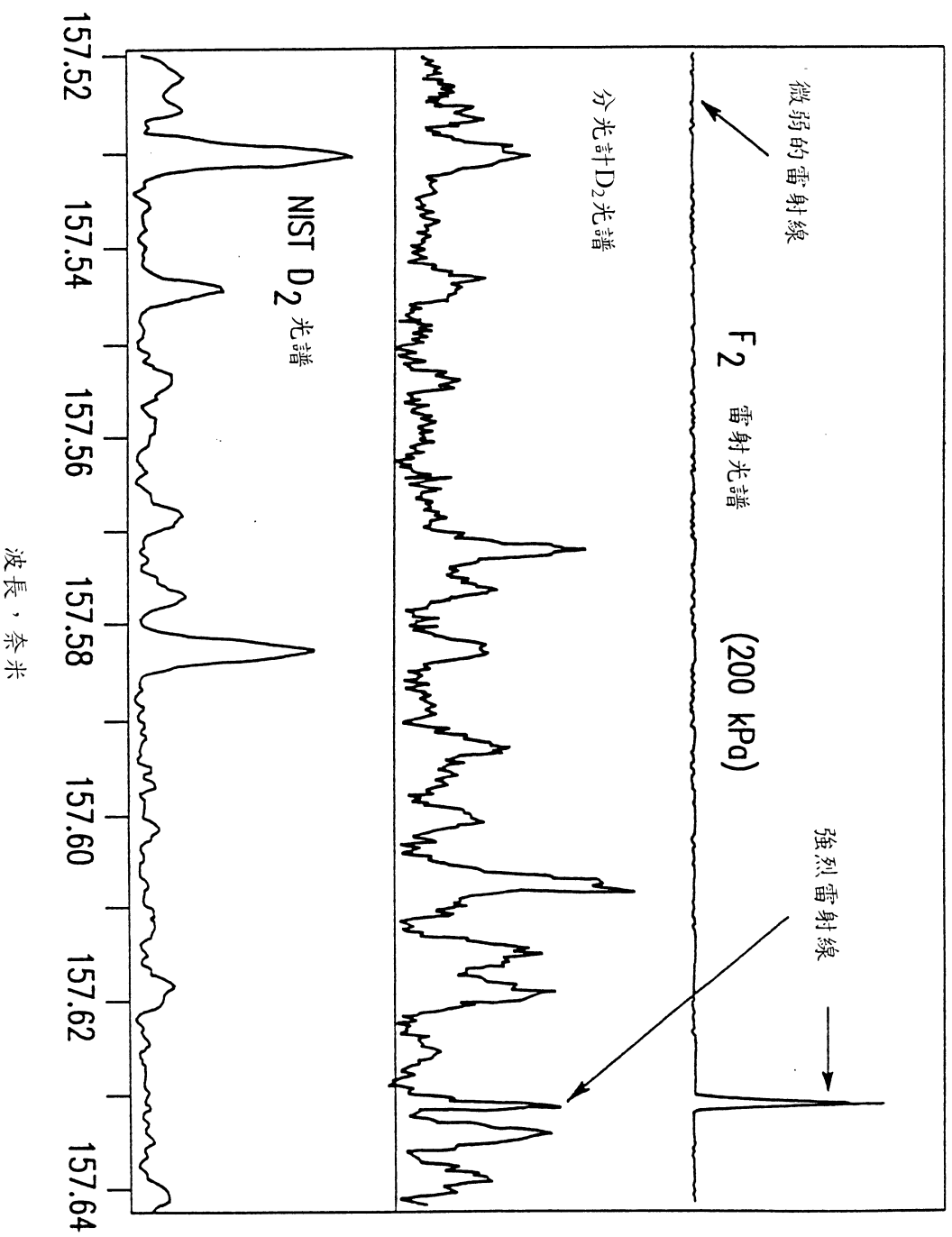




第 13 圖

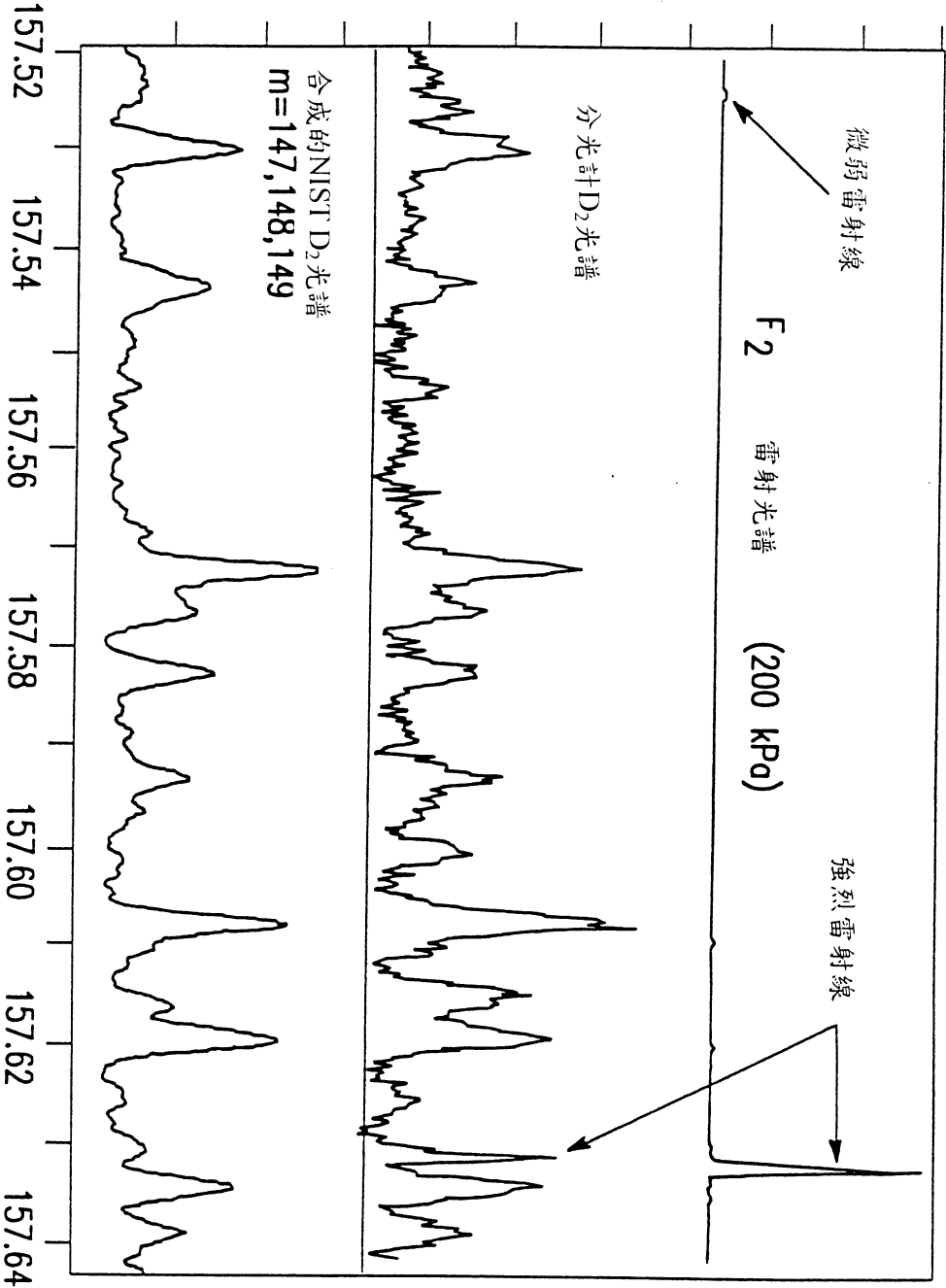
具有額外光譜特性的D₂光譜

D₂光譜取自NIST，
約翰-勃內特



第13A圖

- NIST D₂ 光譜 捲繞
- m=149 “主要” 階
- m=147,148 包括數階
- 說明附加 之特性

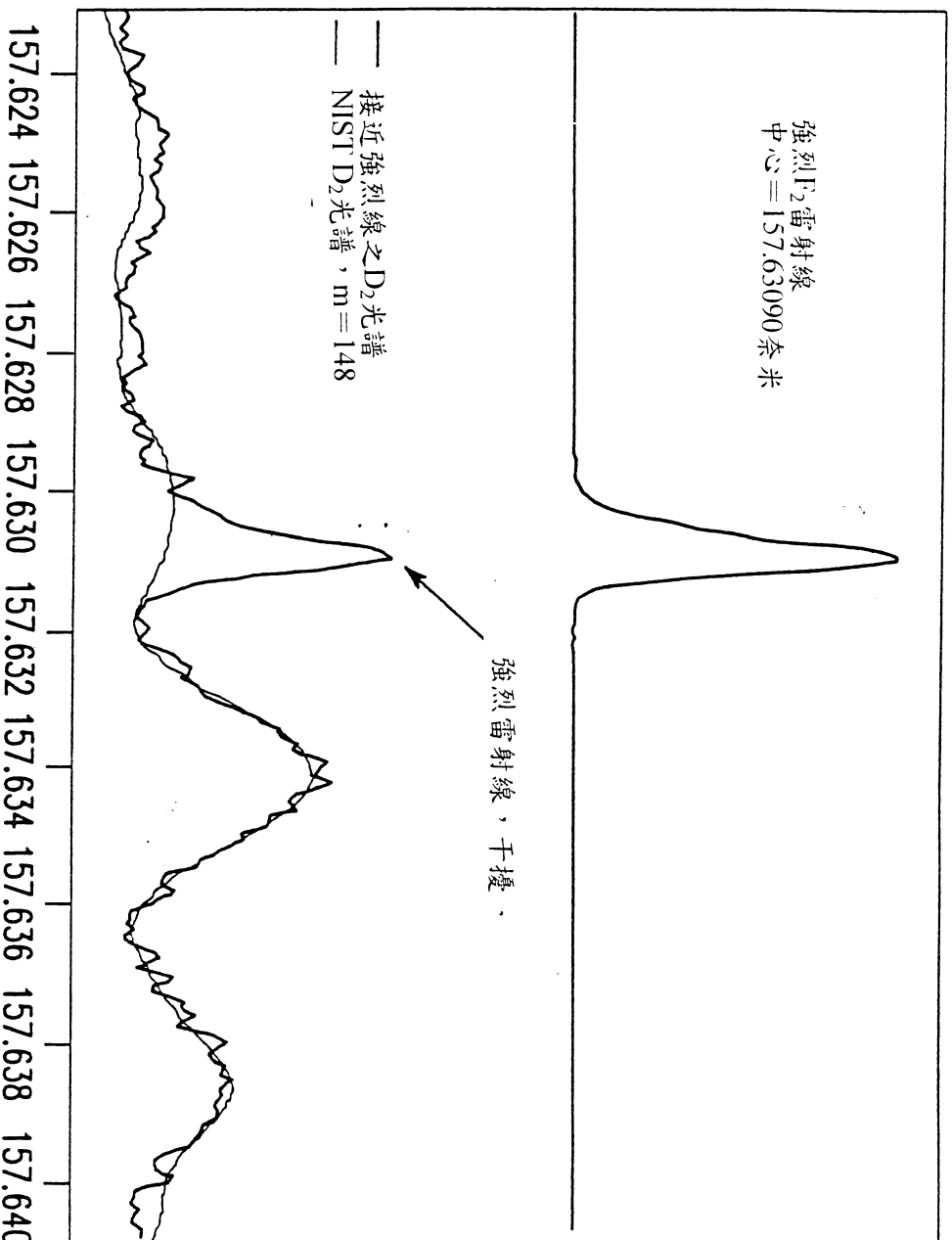


第13B圖

■ P=200 kPa,
氬緩衝氣體

■ 強烈雷射線定心
在 157.63090
nm

■ 預估誤差
 ± 0.1 皮米

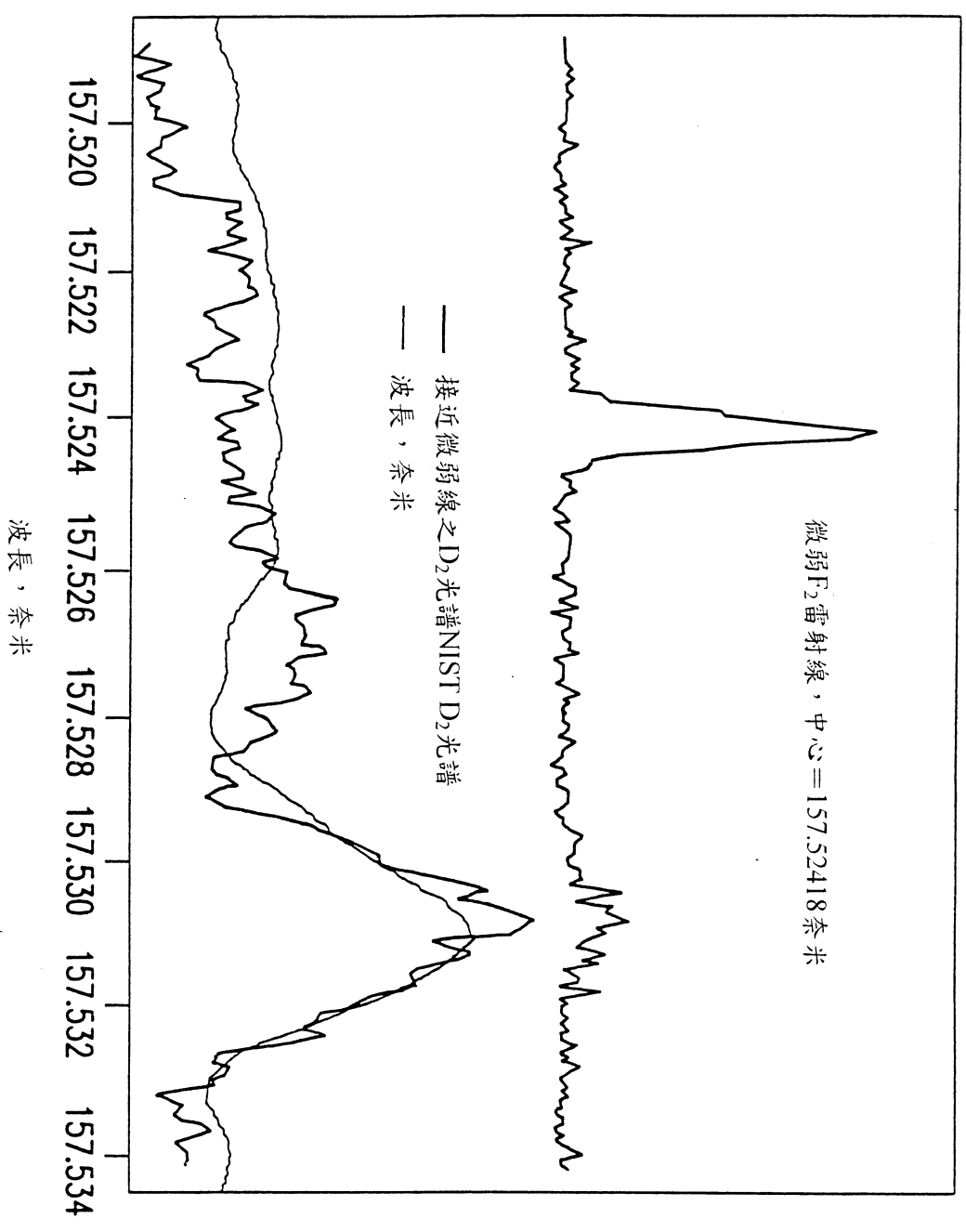


第13C圖

■ P=200 kPa,
氬緩衝氣體

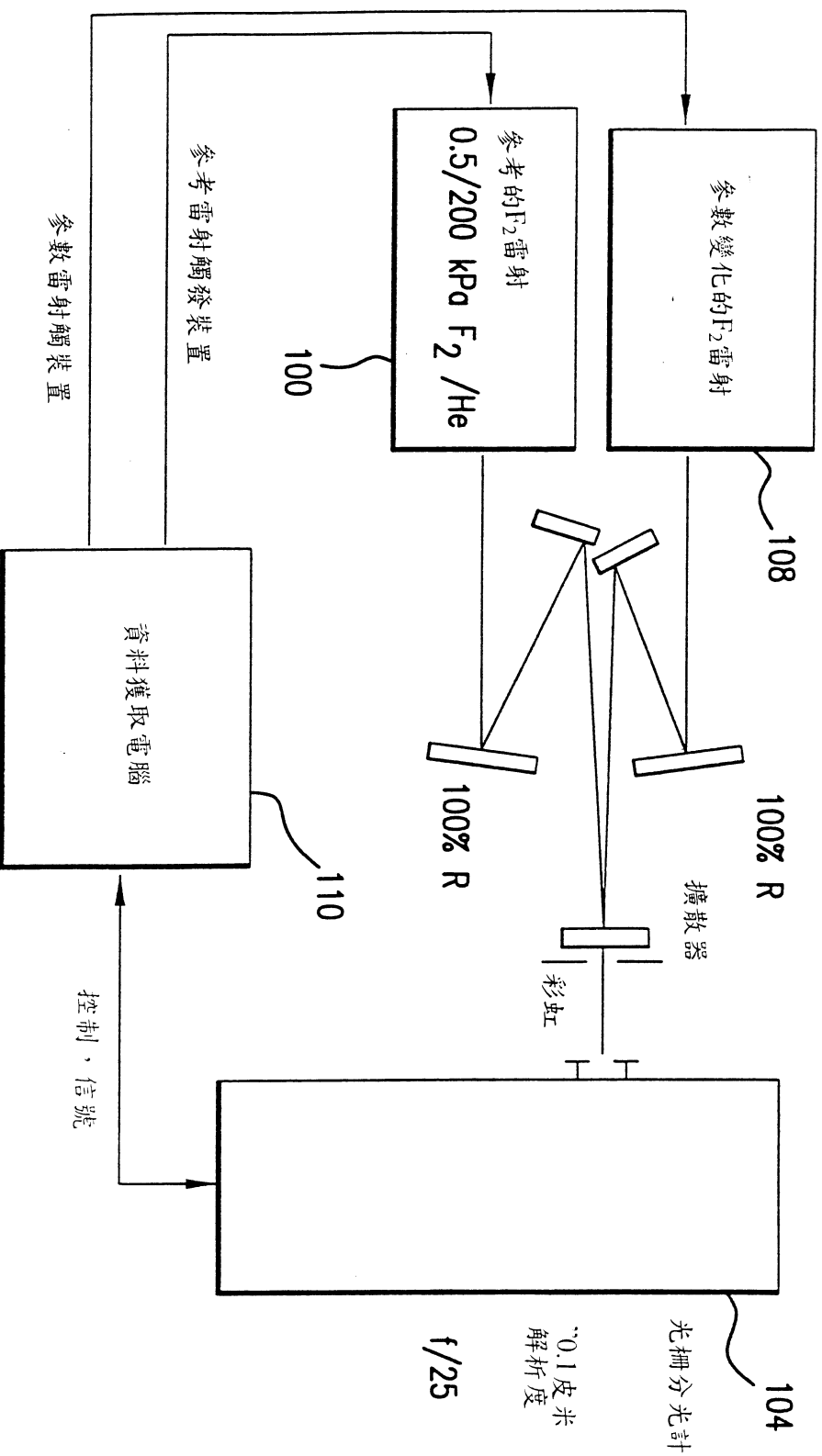
■ 微弱雷射線定心在
157.52418奈米處

■ 預估誤差
± 0.1 奈米

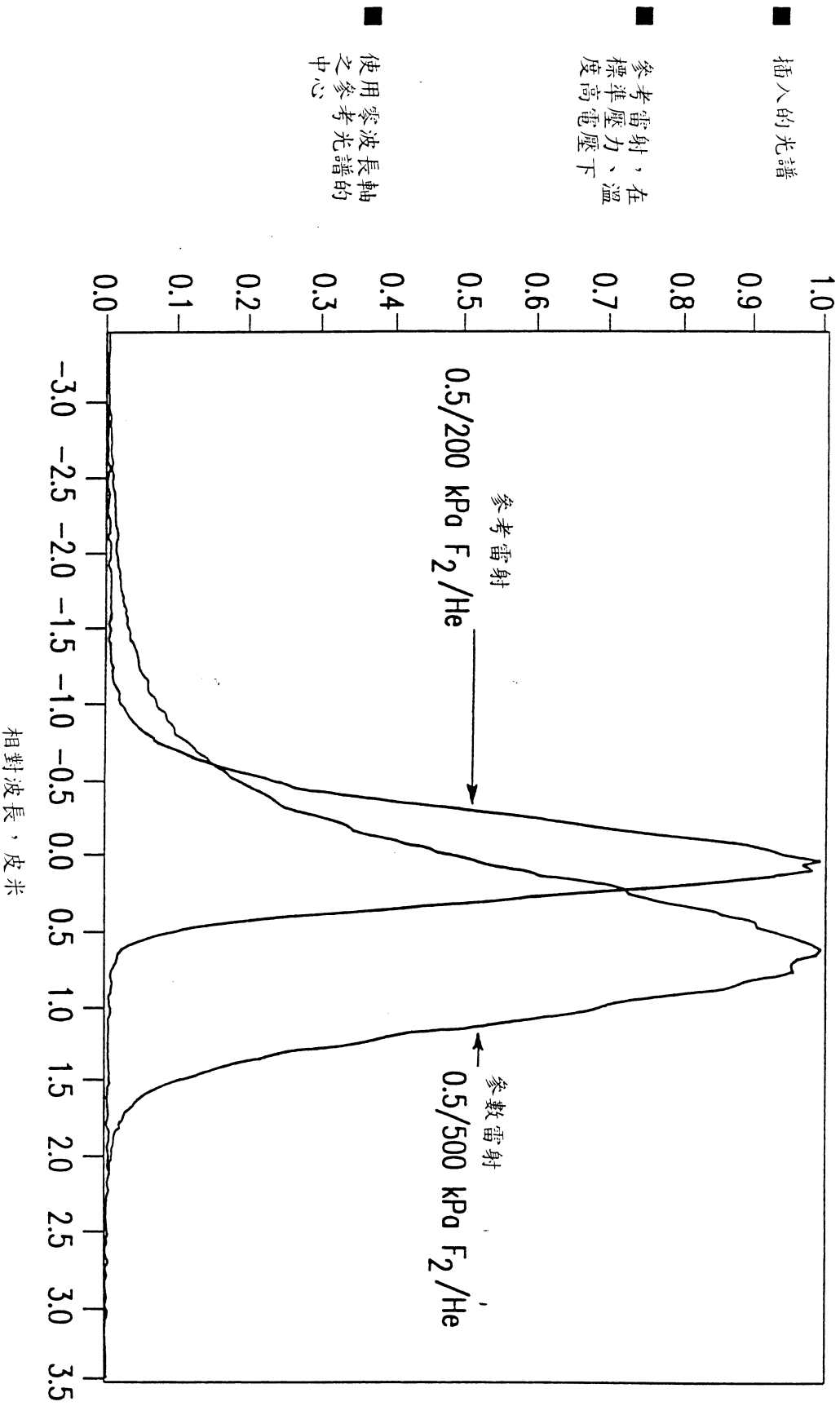


第13D圖

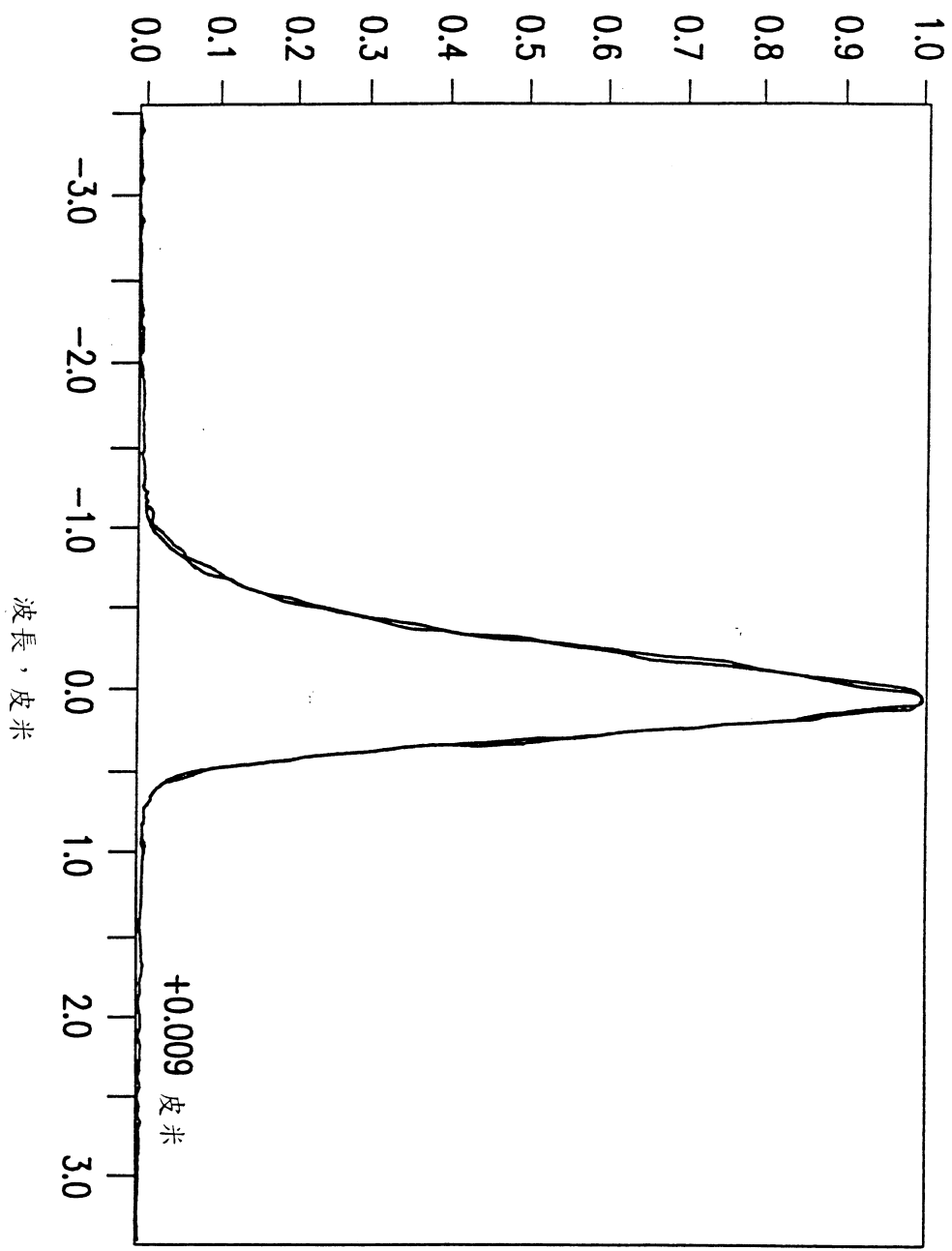
■ 交替地發射雷射，產生插入的光譜



第14圖

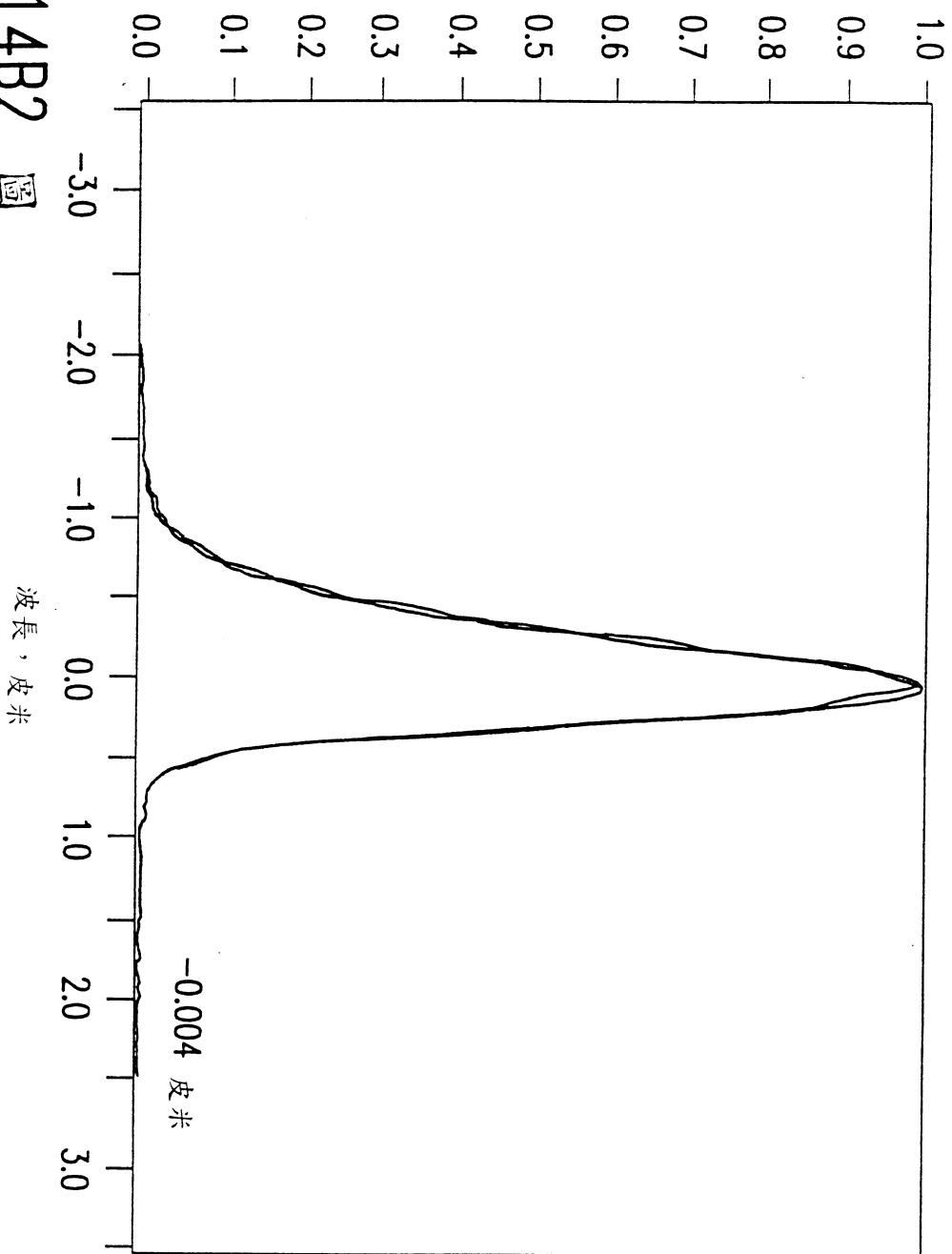


第14A圖

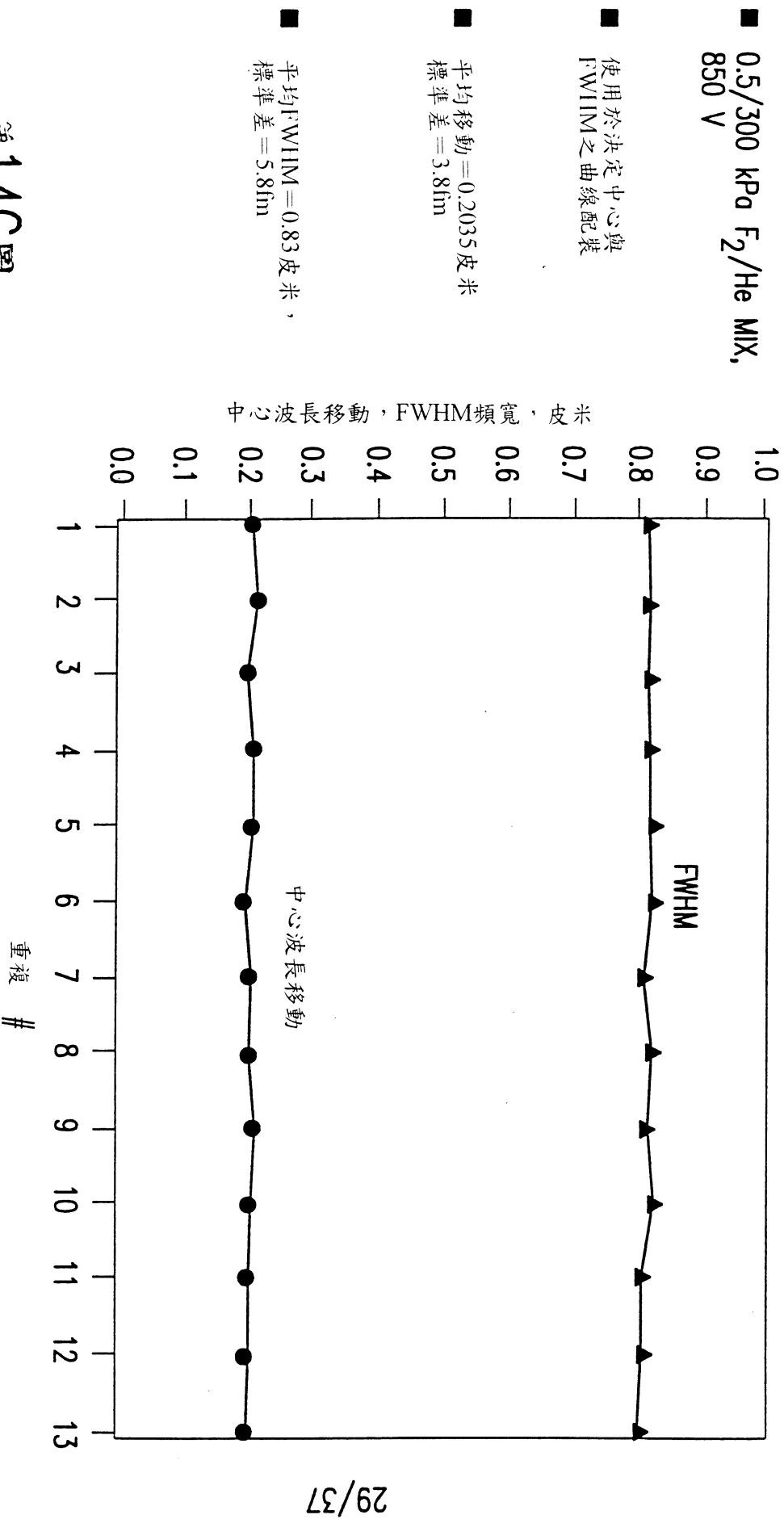


第 14B1 圖

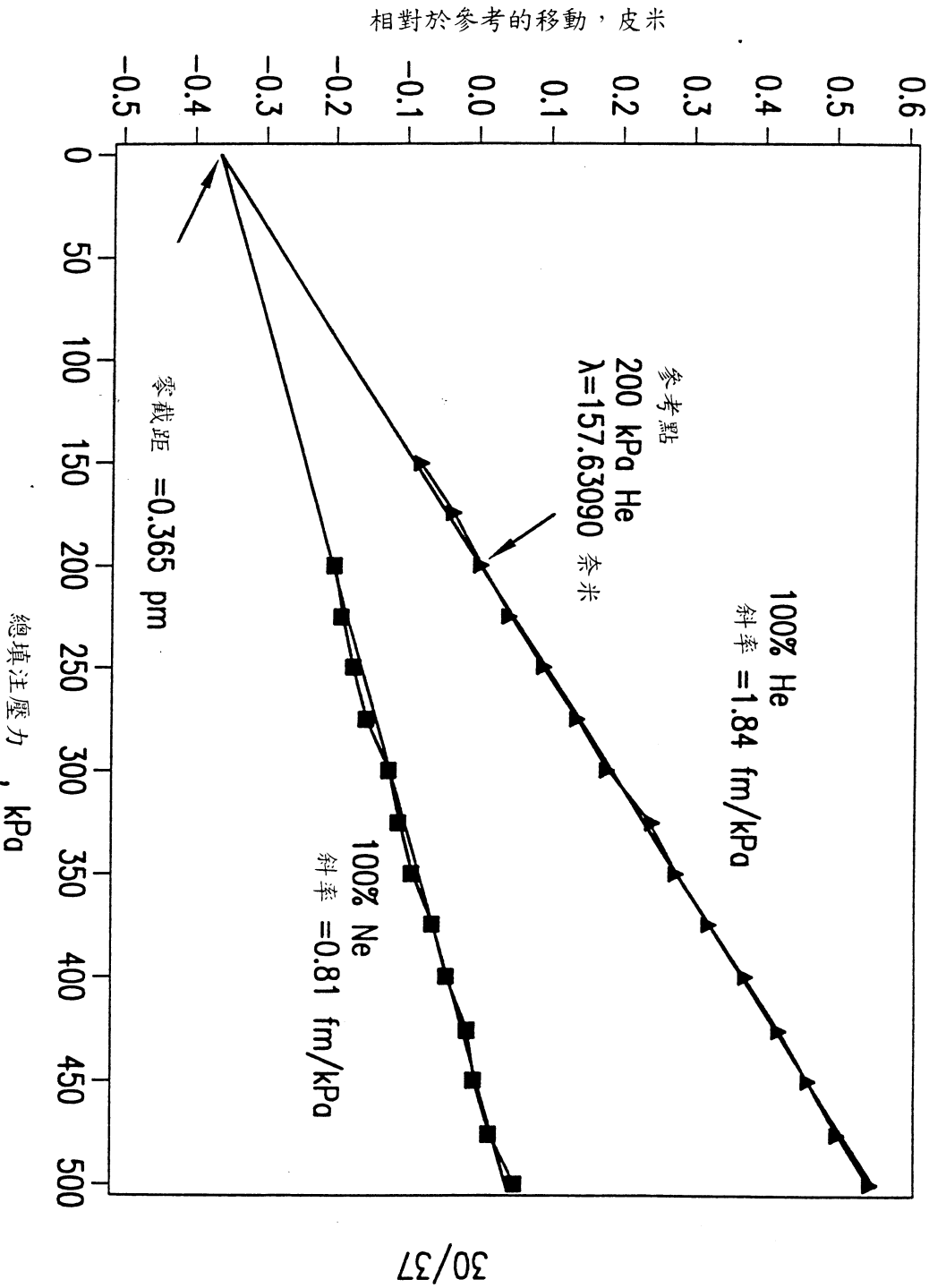
第 14B2 圖



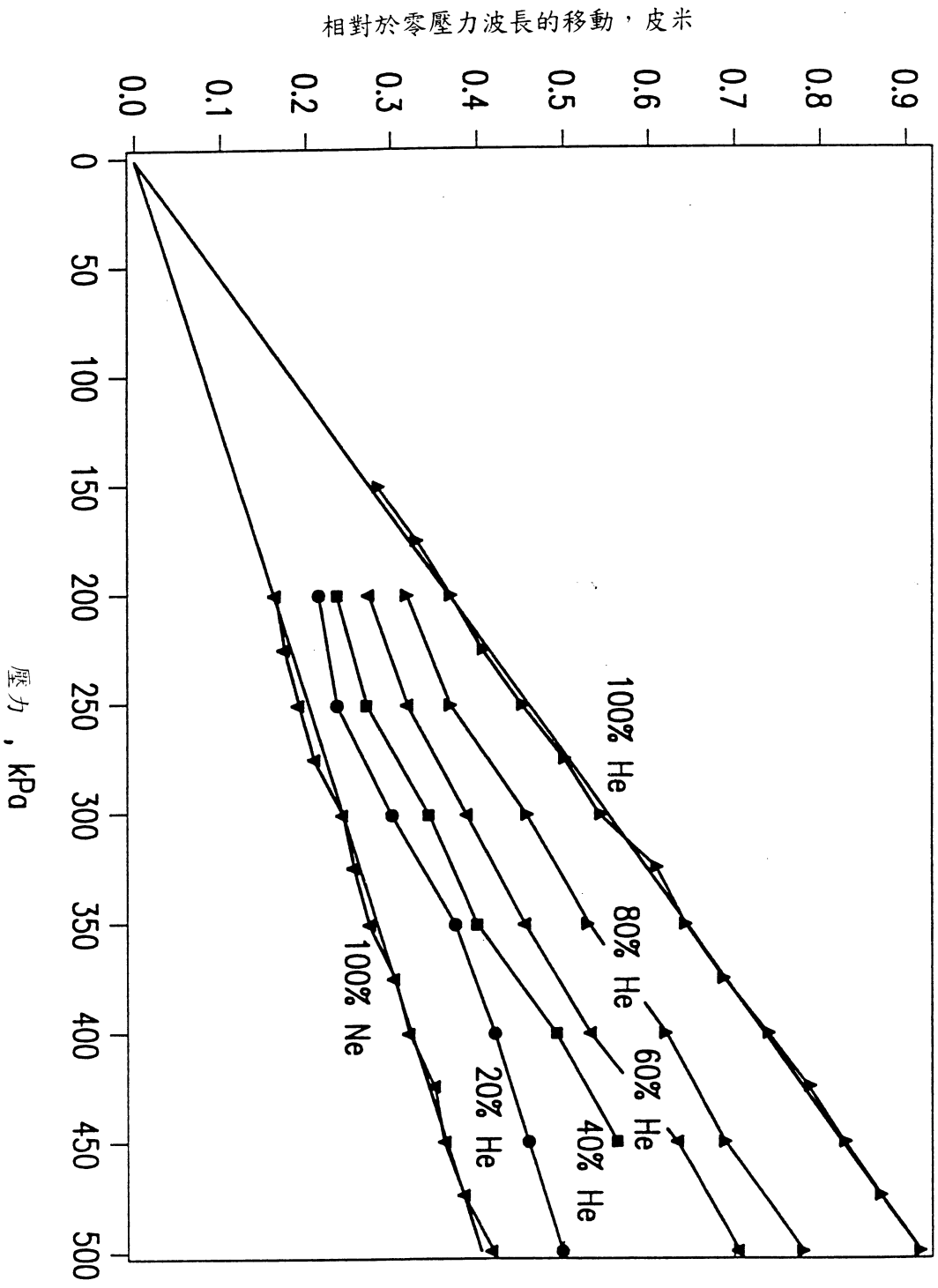
第14C圖



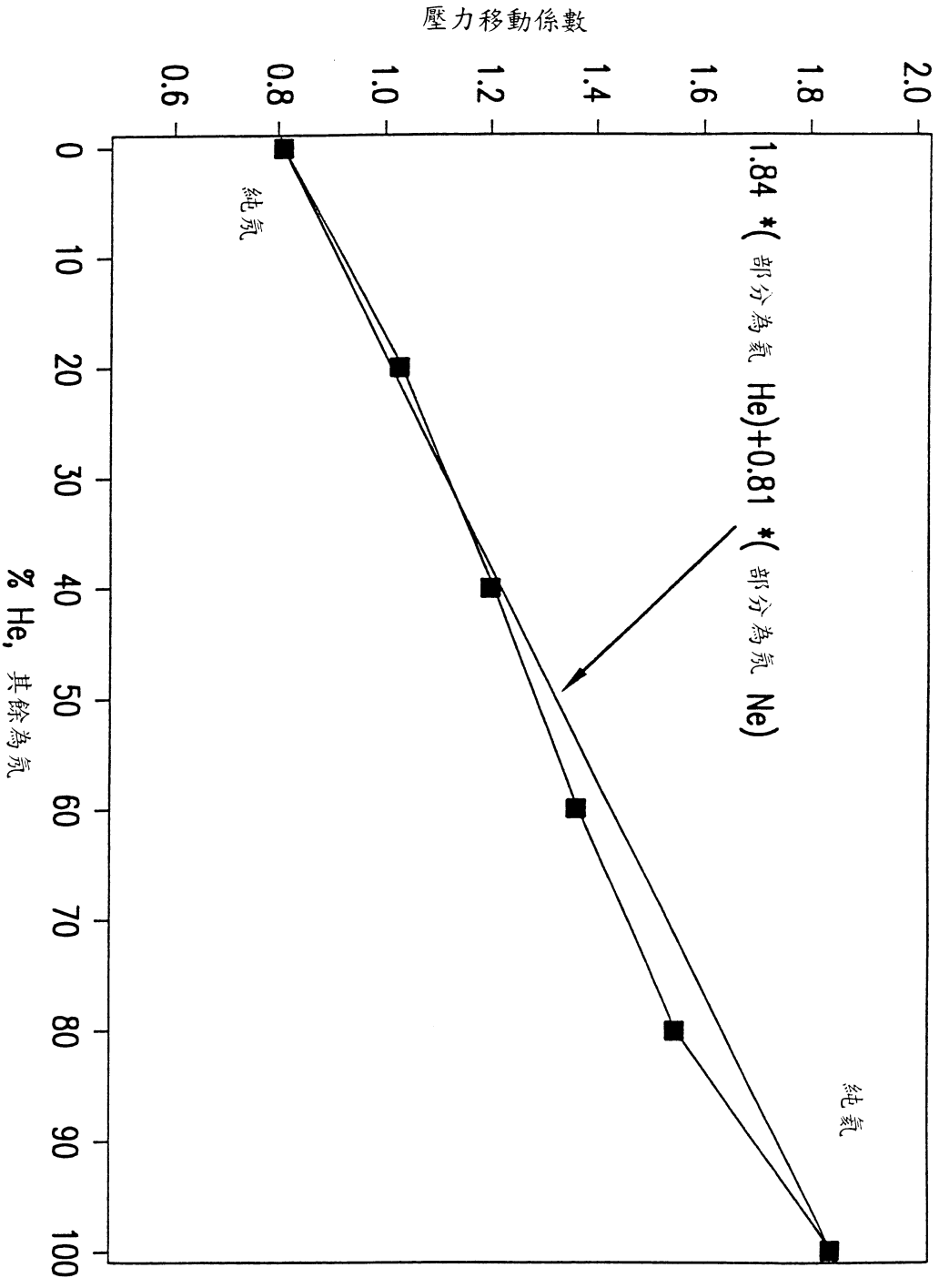
- 線性壓力附屬關係
- 壓力移動係數
- He : 1.84 fm/kPa
Ne : 0.81 fm/kPa
- 斜率與質量之平方根成正比
- MASS:
 $1.84/0.81 = 2.27$
 $\text{sqrt}(20/4) = 2.24$
- 共同之零壓力截距



第14D圖



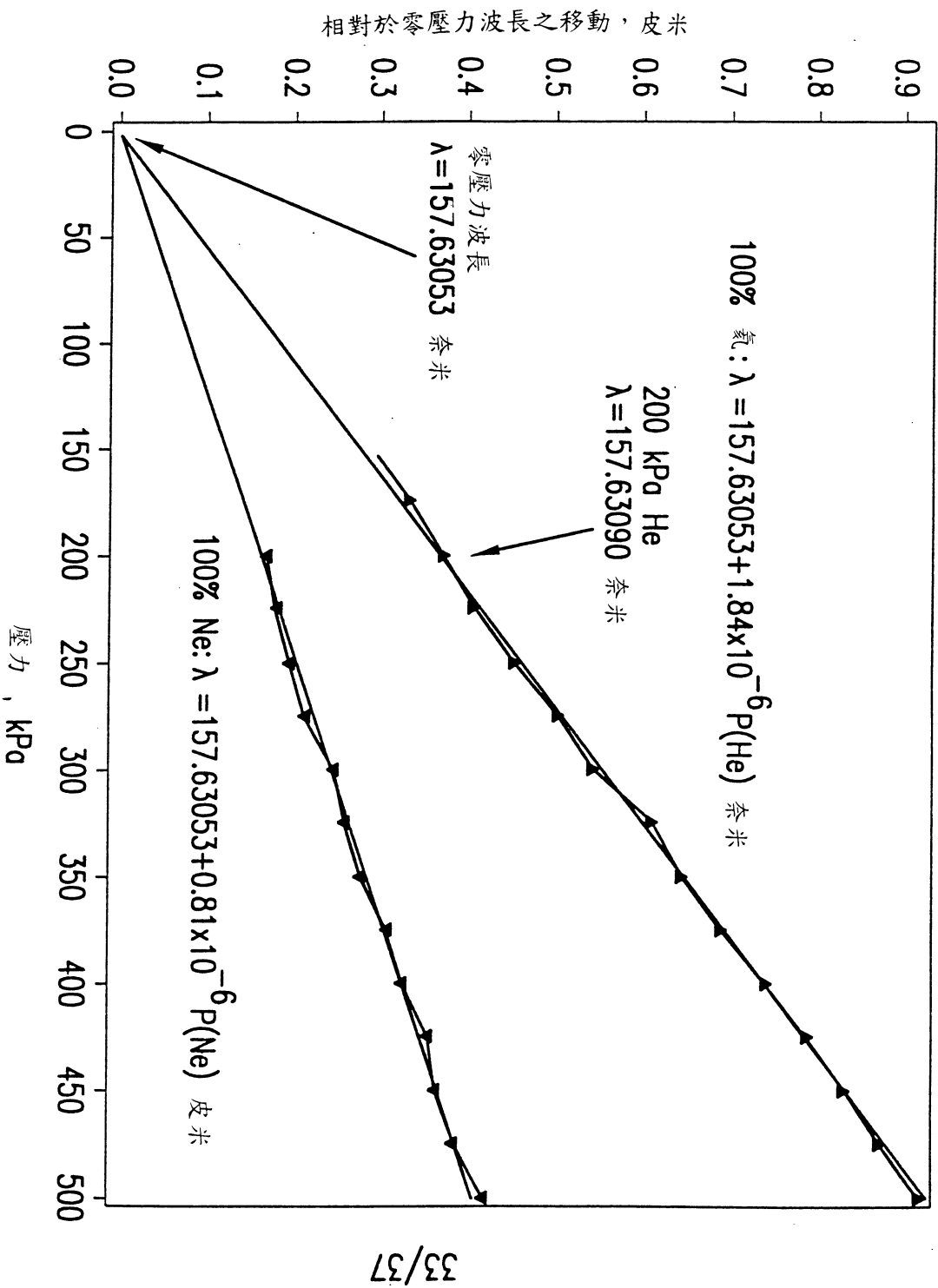
第 14D1 圖



第 14D2 圖

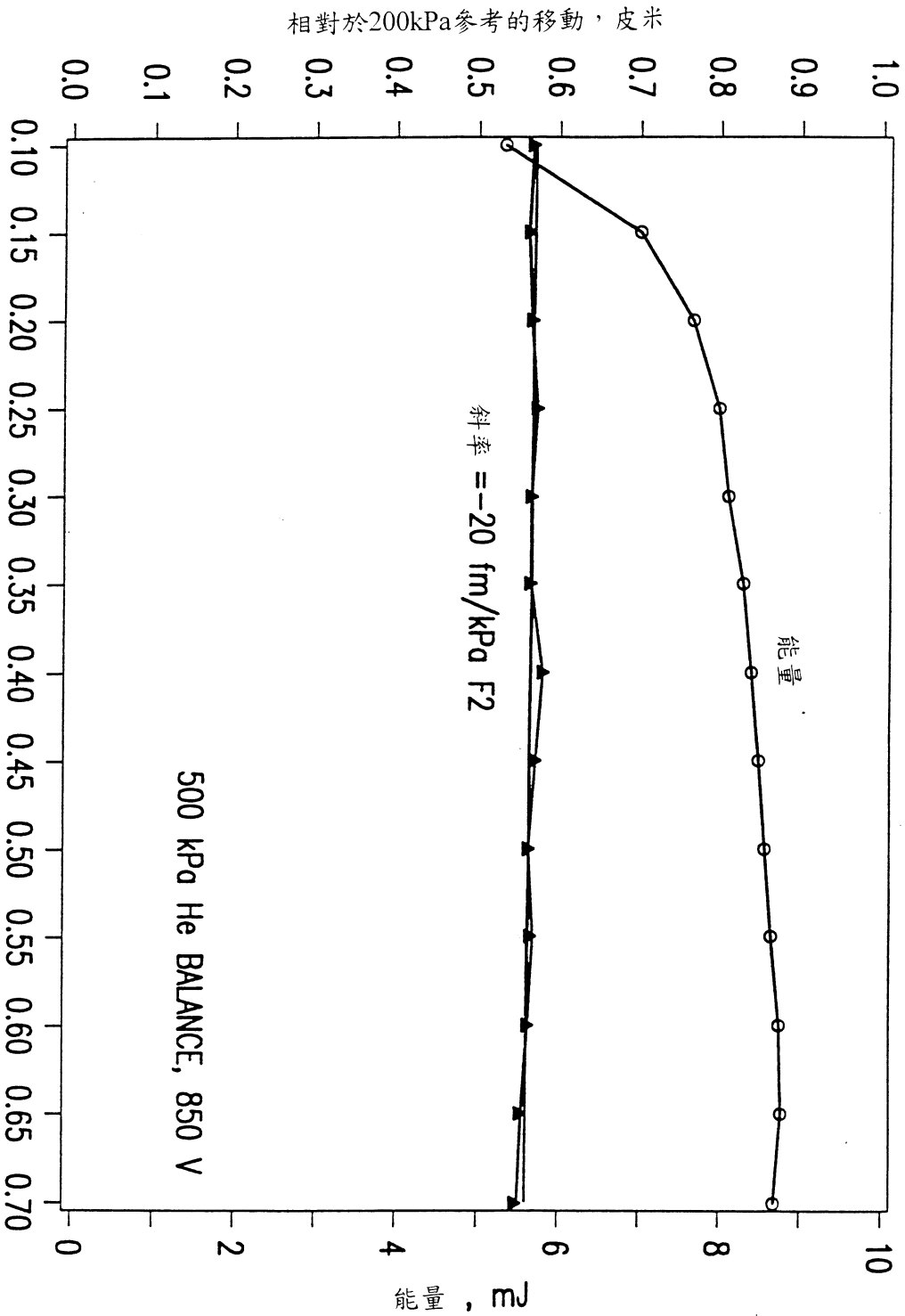
■ 出現在 $\lambda = 157.63053$ 奈米處
之零壓力波長

■ 以氦為緩衝氣體，於
雷射操作期間在
 $5\text{ kPa} = 9\text{ fm}$
下所預期的壓
力變動



第14E圖

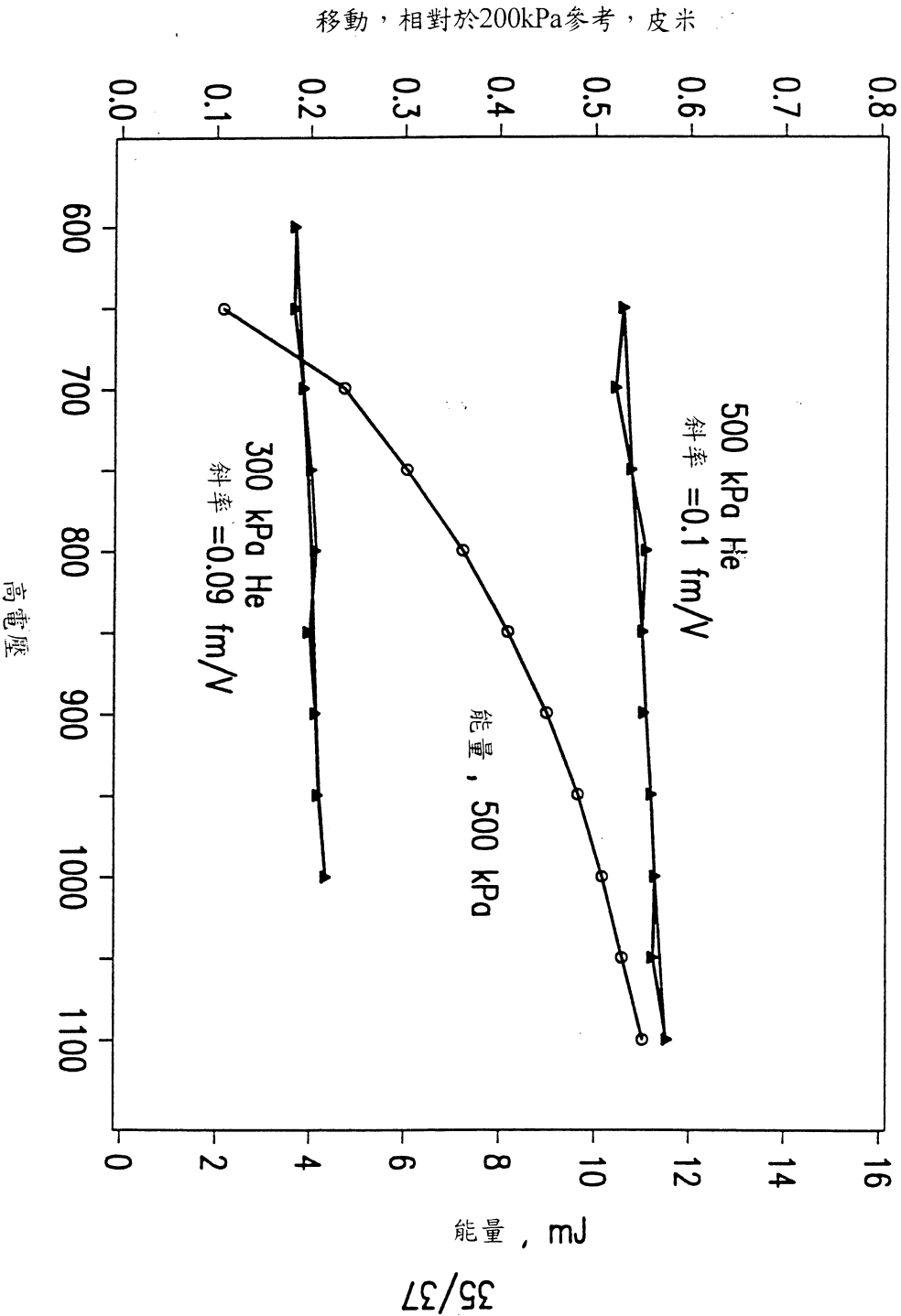
- 500 kPa
氦為緩衝氣體
850 伏特
- 感應之 I_2 移動
- " -20 fm/kPa
 F_2
- 於操作期間，
<0.05kPa，1fm
下所預期 I_2 壓力
的變化



F_2 部分壓力，kPa

斜率 4E11

- 氦緩衝氣體，在 300, 500 kPa
- 高電壓所感應的移動 “ 0.1 fm/V
- 於操作期間，200V， ≈ 20 fm 所預期的電壓變化
- 藉由變化輸出能量實際造成的高電壓變化



第14F圖

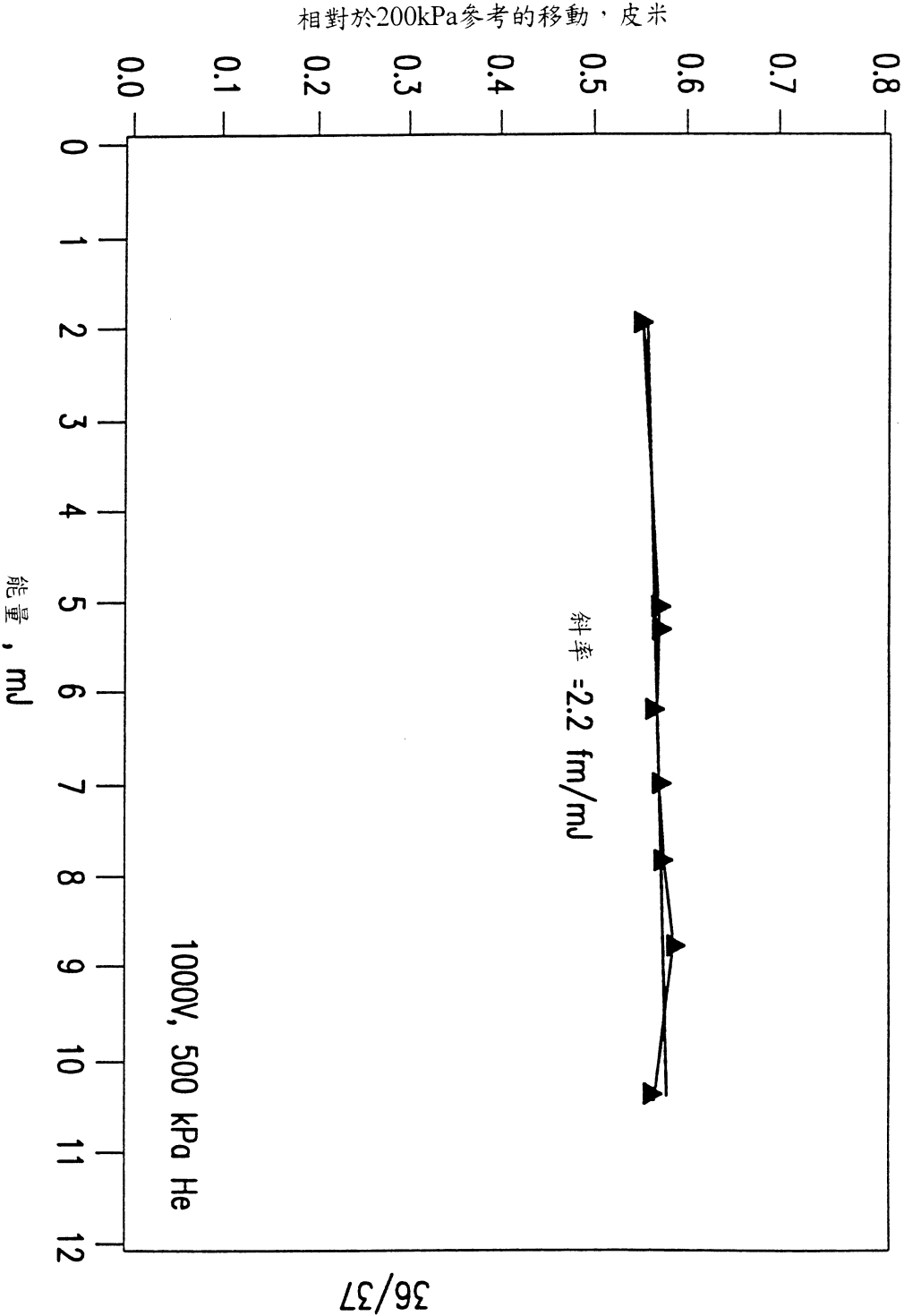
■ 放電參數維持固定：
100伏特，500kPa，
之氦

■ 雷射共振器鏡反射
率係隨能量產生範
圍變化

■ 在能量上之微弱的
相關性：

2.2 fm/mJ

■ 預期的能量變化
(動態範圍)：2mJ，
=5fm



第14G圖

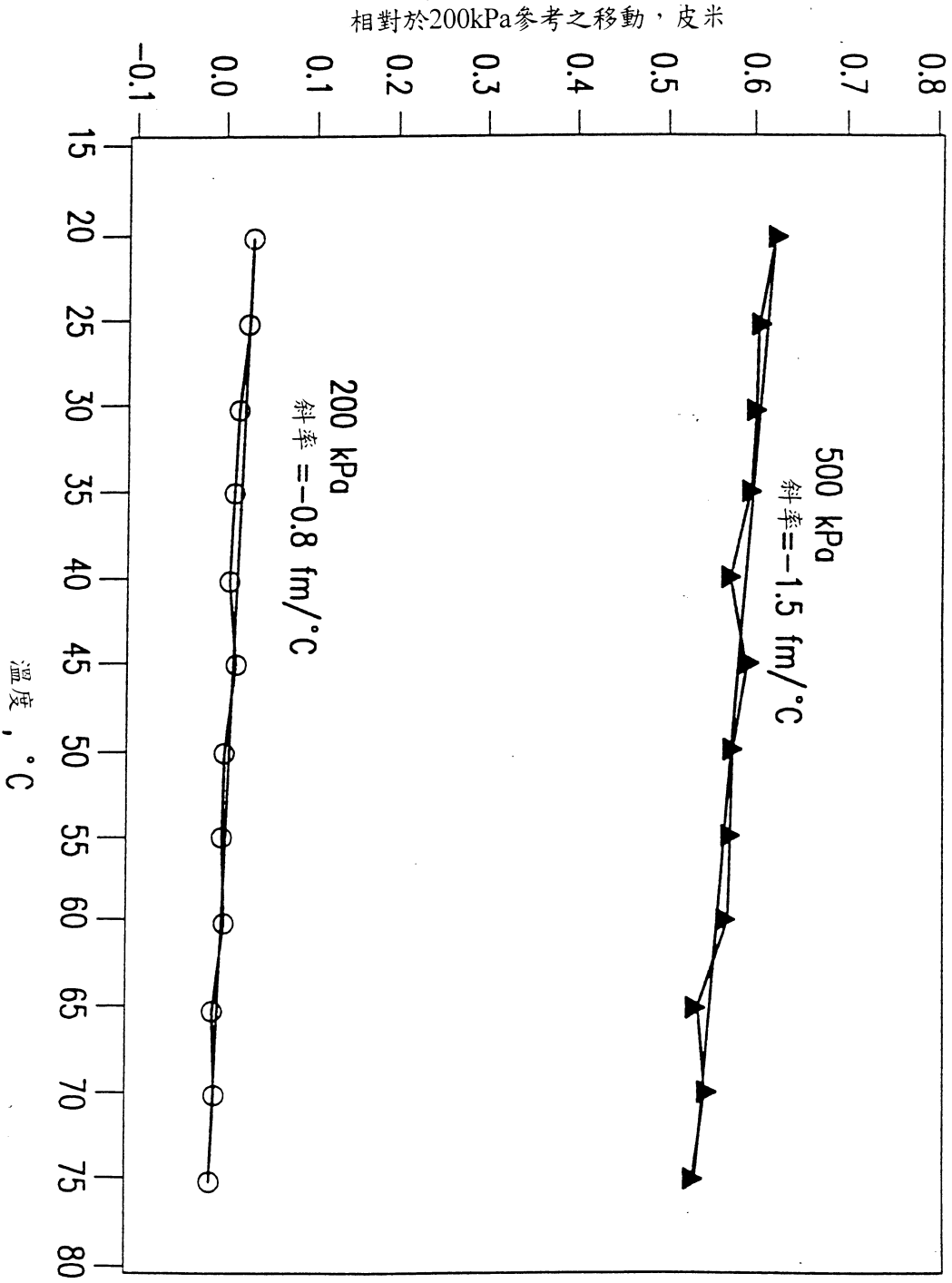
■ 在溫度升高時
壓力維持固定

■ 溫度感應的移動：

-0.8 TO -1.5 fm/°C

■ 在操作期間所預期
之溫度變化，5°C，
=4.8fm

" 5 °C,
=4-8 fm



37/37