

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：93116001

※ 申請日期：93.6.3

※IPC 分類：H01L31/042

壹、發明名稱：(中文/英文)

太陽能光主動元件 / Solar-pumped active device

貳、申請人：(共1人)

姓名或名稱：(中文/英文)(簽章)

國立交通大學 / National Chiao Tung University

代表人：(中文/英文)(簽章) 張俊彥 / Chun-Yen Chang

住居所或營業所地址：(中文/英文)

新竹市大學路1001號 / 1001 Ta Hsueh Rd., Hsinchu, Taiwan

國籍：(中文/英文) 中華民國

參、發明人：(共3人)

姓名：(中文/英文)

1. 祁 姓 / **Sien Chi**
2. 陳南光 / **Nan-Kuang Chen**
3. 施宙聰 / **Jow-Tsong Shy**

住居所地址：(中文/英文)

1. 新竹市建中一路25號9樓之1 / 9F.-1, No.25, Jianjhong 1st Rd., Hsinchu City 300, Taiwan
2. 台北縣新莊市中誠街26號1樓 / 1F., No.26, Jhongcheng St., Sinjhuang City, Taipei County 242, Taiwan
3. 新竹市東區光明里8鄰光復路二段清大西院48號 / No.48, Sec. 2, Guangfu Rd., Hsinchu City 300, Taiwan

國籍：(中文/英文)

1. 中華民國
2. 中華民國
3. 中華民國

肆、聲明事項：

本案係符合專利法第二十條第一項 第一款但書或 第二款但書規定之期間，其日期為： 年 月 日。

◎本案申請前已向下列國家（地區）申請專利 主張國際優先權：

【格式請依：受理國家（地區）；申請日；申請案號數 順序註記】

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

主張國內優先權（專利法第二十五條之一）：

【格式請依：申請日；申請案號數 順序註記】

1. 申請日：九十三年三月十一日
2. 申請案號數：○九三一○六五三三

主張專利法第二十六條微生物：

國內微生物 【格式請依：寄存機構；日期；號碼 順序註記】

國外微生物 【格式請依：寄存國名；機構；日期；號碼 順序註記】

熟習該項技術者易於獲得，不須寄存。

伍、中文發明摘要：

本發明係提供一種太陽能光主動元件，係利用太陽能矽晶片板上之全像天線光柵來選擇特定繞射波長並以近似垂直耦合的方式將泵浦波長耦合並匯聚藉此激發光增益介質，使之產生光放大或雷射的效果，其係適用於地面之無線光通訊以及衛星光通訊，無需很大的體積，對於物體的表面形狀更有彈性（即使大樓的頂樓或外牆玻璃表面均可製作該全像天線光柵），若在衛星上則可依附於太陽能電池板上，並產生極高的放大增益，不但可以減少衛星光通訊對電力的依賴，更可滿足特殊衛星快速傳輸大量資料的目的。

陸、英文發明摘要：

The present invention provides a solar-pumped active device which utilizes a holographic antenna grating on a solar energy silicon substrate to select specific diffracted wavelength and couple pump wavelength in an approximately vertical way and converge the pump wavelength to excite an optical gain medium so that an optical amplifier or a laser can be obtained. The present invention requires no big size and is flexible over the surface shape and is suitable for wireless optical communications on the ground and satellite optical communications. It means that the holographic antenna

grating can be applied on the top floor of a building or on the glass surface of an outer wall. If it is applied to a satellite, the present invention can be deposited on a solar energy cell substrate to form a high amplification gain so that not only the electricity required in satellite optical communications can be reduced, but also a speedy and great amount of data can be transferred between satellites.

柒、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(1)圖。

(二)本代表圖之元件代表符號簡單說明：

光學繞射元件 2 1

第一光學反射元件 2 2

波導管 3

光增益介質 4

輸入端 6 1

輸出端 6 2

捌、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

玖、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明是有關於一種太陽能光主動元件，尤指一種可藉由該太陽能矽晶片板上之全像天線光柵將太陽光中所需之泵浦波長，近似垂直耦合並匯聚後激發而產生雷射現象，或藉由反射層將穿透該太陽能矽晶片板將未能善加利用的泵浦波長再次繞射進入光增益介質達到放大器的功能。

【先前技術】

按，目前的摻鉍光纖放大器一般以輸出 1~200 毫瓦之 980 nm 波長雷射激發約 10 多公尺的摻鉍光纖，以得到在 1530 nm ~ 1560 nm 範圍內約 20-30 dB 的光放大增益；然而驅動此半導體雷射及其控制溫度用致冷晶片約需持續消耗 1 安培左右電流，若再加上 1480 nm 的泵浦波長，則耗費的電力更為加重；這對於在特殊環境如衛星、高山、沙漠、南北極等電力能源獲取不易的地方，將造成光通訊應用上的瓶頸。而利用太陽能發電，因為不會對地球的資源及生態環境造成傷害，所以在目前廣受各國推崇並致力發展。同樣地，利用反射或折射方式集中太陽光的方式來激發光增益介質以達到產生能量高達數十瓦的雷射，早在數十年前就已經實驗成功並成為科學家持續努力研究的目標，然而，以往的做法幾乎都

利用到大型的聚焦鏡，以收集足夠的太陽光中所需的泵浦波長來得到較大的增益。這樣的結構使得太陽光泵浦雷射或光放大器只能成為少數科學家在實驗室進行的研究而無法普及應用到商業產品當中，於是更加遑論把這樣的巨大設備放到人造衛星或國際太空站上面了。然而，為因應氣象或軍事人造衛星需在短時間內傳送大量數據或影像資料的需求，衛星光通訊是目前科技先進國家致力發展的重點項目之一，舉凡衛星與衛星之間或衛星與地面站之間的高速資料傳輸，無線光通訊無疑地是最佳的選擇。此外，雷射光的高度指向性亦提供了高度的通訊保密安全；且衛星光通訊也正是目前世界各國國防的重點發展項目，是以，要在人造衛星上實現無線光通訊的構想，小體積且高轉換效率之太陽能光放大器無疑地成為必須的重要設備之一。

而一般高增益及高輸出功率(可高達 18W)的雷射的確可以利用太陽光泵浦的方式來達成。然而，可以發現其中太陽光的聚焦方式幾乎都是利用大型的拋物面鏡或利用非影像光學的聚焦方式來達成，整個實驗的結構體積也因而顯得非常巨大，所以，實用性並不是很高。再者，所有的太陽光都被儘可能地聚焦進入光增益介質，因此，光增益介質必須同時使用冷卻水冷卻，以避免晶體過度發熱的情形。此處說明了利用具有波長選擇特性及體積小巧的聚焦方式，是攸關太陽能光放大器與雷射

未來能否成功邁向實用化的關鍵因素；

且一般習用技術在光波導中加入全像光柵的結構，可以使光波導內的傳輸能量幾乎是近似垂直耦合射出光波導並產生像菲涅耳透鏡(Fresnel Lens)的聚焦效果，又根據光徑可逆原理，倘使一平行光束垂直射向此波導光柵時，光束會被耦合進入光波導並發生於焦點聚焦的現象，稱為全像天線光柵(holographic antenna grating)，此種光柵對特定波長的繞射效率最高約40%左右，並可以簡單地在光柵底下加上一層反射層，以使未能善加利用的泵浦光，從新反射回繞射光柵以增加繞射效率。然而，這些光柵的用途僅限於將光波導內的信號光耦合射出光波導或將外界信號光耦合到光波導中傳輸，並未提出製作大面積的全像天線光柵來當作太陽光中的特定波長的集光器並將之耦合到光增益介質中產生雷射；

而目前利用全像天線光柵將外界泵浦光以幾乎是垂直的方式耦合進入底下具有光增益介質的光波導內傳輸以製作光放大器。然而，其中並未提出用來製作大面積的特定太陽光波長之耦合裝置，並且未提出製作成一個完整的圓形全像光柵使泵浦波長能匯聚到光柵中心，以集中大量能量激發光增益介質使產生雷射及光放大效果。再者，他們取得光信號增益的方法是利用光消逝場(evanescent field)的作用來達成，所以，激發效果不

像我們提出的直接將泵浦光耦合進入高濃度摻鉕波導使信號光、泵浦光及光增益介質發生強烈重疊的方式那麼有效率。

【發明內容】

因此，本發明之主要目的係在於，可藉由該太陽能矽晶片板上之全像天線光柵將太陽光中所需之泵浦波長，近似垂直耦合至水平方向傳輸並往波導管之方向匯聚以接受泵浦波長的激發而產生雷射現象。

本發明之另一目的在於，可大幅度地提昇垂直角度的繞射效率，並藉由反射層將穿透該太陽能矽晶片板而未能善加利用的泵浦波長再次繞射進入光增益介質達到放大器的功能，而提昇繞射效率。

本發明之再一目的在於，無需使用電力之太陽光泵浦式光放大器，適用於人造衛星、國際太空站、外星球探險基地、國際長途航線飛機、高山、沙漠、南北極等特殊環境，若搭配備用太陽能電池使用時，亦可做為節省能源之光通訊信號放大設備，但若於地面使用時，可能較適合使用於大陸型或沙漠型(沙塵暴季節除外)等乾燥少雨氣候地區，並適合架設於企業大樓頂端使用。

本發明之又一目的在於，可解決目前光通訊中光放大器之電力需求問題。

為達上述之目的，本發明係一種太陽能光主動元件，其係於一太陽能矽晶片板上設置有全像天線光柵，

且於該全像天線光柵之中央處係設置有波導管，可藉由該全像天線光柵將太陽光中所需之泵浦波長，近似垂直耦合至水平方向傳輸並往波導管之方向匯聚以接受泵浦波長的激發，可以大幅度地提昇垂直角度的繞射效率；而該波導管之中央處係設置有光增益介質，且於該太陽能矽晶片板上鍍有一層反射層，可藉由反射層將穿透該全像天線光柵而未能善加利用的泵浦波長反射且再次繞射進入光增益介質而提昇總繞射效率；使本發明可解決目前光通訊中光放大器之電力需求問題，而無需使用電力之太陽光泵浦式光放大器，適用於人造衛星、國際太空站、外星球探險基地、國際長途航線飛機、高山、沙漠、南北極等特殊環境，若搭配備用太陽能電池使用時，亦可做為節省能源之光通訊信號放大設備，但若於地面使用時，可能較適合使用於大陸型或沙漠型(沙塵暴季節除外)等乾燥少雨氣候地區，並適合架設於企業大樓頂端使用。

【實施方式】

請參閱『第 1~3 圖』所示，係本發明之放大器運作原理上視示意圖、本發明之放大器側視圖、本發明之放大器截面示意圖，以放大器為例如圖所示：本發明係一種太陽能光主動元件，其由一太陽能矽晶片板 1、光學繞射元件 2 1、第一光學反射元件 2 2、波導管 3、抗反射膜 1 1、光增益介質 4、輸入端 6 1、輸出端 6 2

以及反射層 5 所構成；

其中於太陽能矽晶片板 1 鍍上一層反射層 5 並於其上設一波導層 12 內有光學繞射元件 2 1、波導管 3、光增益介質 4 及抗反射膜 1 1，並藉由該波導層 12 內之光學繞射元件 2 1 以及波導管 3 內第一光學反射元件 2 2 將太陽光中所需之波長耦合並匯聚至光增益介質 4，藉此將輸入端 6 1 之入射信號放大並由輸出端 6 2 輸出，做為放大器。

上述所提之太陽能矽晶片板 1，可進一步為一基板其表面上係可鍍上一厚度為光波長等級左右之二氧化矽波導層 1 2，並於該太陽能矽晶片板 1 上設置有光學繞射元件 2 1，該光學繞射元件 2 1 可為全像天線光柵或光子晶體，可以製作成很大的面積以收集足夠的太陽光，且該全像天線光柵可以是表面浮雕型 (surface-relief type)，或折射調變型 (index-modulation type)，又於本發明中央處係設置有波導管 3，該波導管 3 中央處係設置有光增益介質 4 係為高摻雜濃度之摻鉕玻璃或摻鎳玻璃或鉕/鎳 (Er/Yb) 共摻或選自稀土元素中之元素，該摻鉕玻璃係經由抗輻射處理 (radiation hardened)，以抑制日曝效應 (solarization) 的影響，該光增益介質 4 兩側設有第一光學反射元件 2 2，該第一光學反射元件可為反射光柵 (reflection grating) 或布拉格光柵或泵浦光反射光

柵(reflection grating for pump wavelength)，並於該太陽能矽晶片板 1 之上鍍上一層反射層 5 與一抗反射膜 1 1 以增加光吸收效率；可藉由光學繞射元件 2 1 將太陽光中所需之泵浦波長，近似垂直耦合至水平方向傳輸並往波導管 3 之方向匯聚以接受泵浦波長的激發，並藉由反射層 5 將穿透該太陽能矽晶片板 1 而未能善加利用的泵浦波長再次繞射進入光增益介質 4，係使輸入端 6 1 之入射信號得以放大並由輸出端 6 2 輸出達到放大器的功能；

請參閱『第 4 圖』所示，係本發明之雷射運作原理上視示意圖，其至少包含一太陽能矽晶片板 1、一光學繞射元件 2 1、一第一光學反射元件 2 2、一第二光學反射元件 2 3、一光增益介質 4、一輸出端 7 2、一抗反射膜 5 及一反射層 1 1；

其中於太陽能矽晶片板鍍上一層反射層 5 及一二氧化矽層 1 2 並設光學繞射元件 2 1、光增益介質 4 及抗反射膜 1 1，並藉由該太陽能矽晶片板 1 上之光學繞射元件 2 1 將太陽光中所需之波長與第一光學反射元件 2 2 內之波長，耦合並匯聚至光增益介質 4，並配合第二光學反射元件 2 3 藉此產生雷射，並由輸出端 7 2 輸出。

上述所提之太陽能矽晶片板 1 可進一步為一基板，其表面上係可鍍上一厚度為數十微米左右的二氧化矽波導層 1 2，並於該二氧化矽太陽能矽晶片板 1 上設置有

光學繞射元件 2 1，該光學繞射元件 2 1 可為全像天線光柵或光子晶體，可以製作成很大的面積以收集足夠的太陽光，且該全像天線光柵可以是表面浮雕型 (surface-relief type)，或折射率調變型 (index-modulation type)，又於本發明中央處係設置有波導管 3，該波導管 3 中央處係設置有光增益介質 4 係為高摻雜濃度之摻鉬玻璃或摻鎳玻璃或鉬/鎳 (Er/Yb) 共摻或選自稀土元素中之元素，該摻鉬玻璃係經由抗輻射處理 (radiation hardened)，以抑制日曝效應 (solarization) 的影響，該光增益介質 4 並於兩側設有第一光學反射元件 2 2，該第一光學反射元件可為反射光柵 (reflection grating) 或布拉格光柵或泵浦光反射光柵 (reflection grating for pump wavelength)，並於該太陽能矽晶片板 1 之上鍍上一層反射層 5 與一抗反射膜 1 1 以增加光吸收效率；可藉由光學繞射元件 2 1 將太陽光中所需之泵浦波長，近似垂直耦合至水平方向傳輸並往波導管 3 之方向匯聚以接受泵浦波長的激發，並藉由反射層 5 將穿透該二氧化矽波導層 1 2 而未能善加利用的泵浦波長再次繞射進入光增益介質 4，並配合設置於中心介質 4 兩側之第二光學反射元件 2 3 產生雷射光並由輸出端 7 2 輸出達到雷射的功能，其中該第二光學反射元件 2 3 可為雷射光反射光柵 (reflection grating for lasing wavelength)；

其中，以上所述之光學繞射元件係可進一步由光子晶體所替代，藉此達到本發明之效果，其中光子晶體 (photonic crystal) 之垂直繞射效率高，因此本創作之全像天線光柵係可用光子晶體來取代，但其中泵浦光反射光柵及雷射光反射光柵則是利用光子晶體本身的能帶 (photonic band gap) 來達到反射特殊波長，其過程並非繞射，與取代全像天線光柵用之光子晶體之繞射運作原理不同。

另，本發明係可進一步利用光增益介質 4 的色散特性與在旁之二氧化矽層不同之特性，製出 S 頻帶或其他頻帶之光放大器與雷射，若光增益介質 4 摻有 Er 或 Er/Yb 共摻，則此時光增益介質 4 又摻有硼 (B)，同時，二氧化矽全像光柵層摻有氟 (F)，即可利用材料色散特性製出 S 頻帶之光放大器與雷射，或進一步利用光增益介質 4 擁有比二氧化矽層較高的材料色散斜率 (material dispersion slope)，不論光增益介質 4 或二氧化矽層摻加何種材料，藉此，我們可實現波長較 C 頻帶短的光放大器與雷射。另，本發明之光增益介質 4 若為摻鉺玻璃或鉺/鏡 (Er/Yb) 共摻時可進一步摻鋁 (Al)，若光增益介質 4 摻有稀土元素中之元素可進一步摻硼 (B) 或摻锗 (Ge)。另，上述之二氧化矽可進一步由高分子聚合物 (polymer) 所取代。且本發明之基板可進一步於發光不需發電的情況下使用其他的金屬或高分子聚合物或介電質

材料作為基板，且本發明之全像天線光柵並非限定為圓形，可進一步為橢圓形或其他幾何形狀所形成。另，本發明之光增益介質 4 的基材材料係可選自磷酸鹽玻璃 (phosphate glass) 或氟磷酸鹽玻璃 (fluorophosphate) 或矽酸鹽玻璃 (silicate) 或硼酸鹽玻璃 (borate)。

且本發明之係可應用於許多環境，舉凡衛星光通訊、光纖通訊、無線光通訊等均適用之，可解決目前光通訊中光放大器之電力需求問題，而達到無需使用電力之太陽光泵浦式光放大器，可用於人造衛星、國際太空站、外星球探險基地、國際長途航線飛機、高山、沙漠、南北極等特殊環境，若搭配備用太陽能電池使用時，亦可做為節省能源之光通訊信號放大設備，但若於地面使用時，可能較適合使用於大陸型或沙漠型 (沙塵暴季節除外) 等乾燥少雨氣候地區，並適合架設於企業大樓頂端使用，簡言之，凡有太陽能矽晶片板 1 (太陽能電池) 使用的地方即可適用本發明。

而上述具有波長選擇特性的全像天線光柵可以實現將幾乎是垂直入射的太陽光頻譜中之泵浦波長，耦合成為在水平方向行進的泵浦波長，這樣的好處在於可利用太陽能矽晶片板 1 上之波導層 1 2，將太陽光中的 980nm 或 1480nm 波長以垂直地方式耦合進入波導層 1 2 中，並往全像天線光柵 2 1 中心匯集進入摻鉕波導之波導管 3 以激勵鉕離子於 1530nm-1560nm 波長能量達到光放大的

效果，若進一步搭配雷射光反射光柵可產生雷射現象。其中，此波長選擇全像天線光柵 2 繞射 980nm 或 1480nm 附近的波長進入波導管 3，並不會影響到太陽能矽晶片板 1（太陽能電池）電池發電的主要光吸收頻帶（550nm-750nm），因此，這樣結構的好處是僅僅利用在原本的大面積太陽能矽晶片板 1 上鍍上一層波導層 1 2 並於其上製作大面積全像天線光柵 2 (holographic antenna grating) 即可實現光通訊的目的且不會影響太陽能矽晶片板 1（太陽能電池）發電；然而，全像天線光柵 2 的致命缺點在於它的繞射效率理論極限值僅有 40% 而已，換句話說，太陽光中的 980nm 波長最高僅有 40% 可以被耦合到水平方向傳輸並進入中心的波導管 3，其餘的 60% 將穿透至底下的太陽能矽晶片板 1（太陽能電池）。然而，稍後的計算我們即可驗證即使繞射效率僅有 30% 而已，仍然可以使面積為 30cm*30cm 的正方形繞射板子產生大於 200mw 的泵浦能量，至於繞射效率，可以簡單地利用在此全像天線光柵 2 下方多加一層 980nm 的反射層 5 即可將穿透該二氧化矽波導層 1 2 而未能善加利用的泵浦波長重新反射回至全像天線光柵 2，再轉換至波導層 1 2 傳導於光增益介質 4 中，達到放大器的功能，因而間接地有效提高全像天線光柵 2 的繞射效率。

請參閱『第 5 圖』所示，係本發明之放大器之串接示意圖；其中該太陽能光主動元件可藉由輸出端與另一

個太陽能光主動元件輸入端相連接達到放大器串接之效果，藉此做為放大器。

另請參閱『第6圖』所示，係本發明雷射之串接示意圖；其中該太陽能光主動元件可藉由輸出端與另一個太陽能光主動元件輸入端相連接達到雷射串接之效果，藉此做為雷射。

請參閱『第7、8圖』所示，係本發明量測摻鉍玻璃之吸收頻譜圖、本發明量測 980nm 雷射二極體之頻譜圖，如圖所示：係利用美國海軍實驗室所量測的太陽光頻譜（附件一）來做簡單的估算：

1. 由附件一，美國海軍實驗室於地面所測得的每平方公尺面積內太陽光總能量為 1366 w/m^2 ，考慮恰在 980nm 處的能量約為 $887.5 \text{ mw/nm} \cdot \text{m}^2$ ，而我們考慮太陽光中能夠使波導管 3（即摻鉍玻璃）被激發的泵浦波長僅為 970nm-980nm（如第 7 圖所示），事實上 965-985nm 都可以被近似垂直耦合到波導層 1 2，所以，我們可以從太陽光中得到的有效泵浦波長能量為 $887.5 \text{ mw/nm} \cdot \text{m}^2 \times (985-975) = 8875 \text{ mw/m}^2 = 8875 \times 10^{-4} \text{ mw/cm}^2$ 。
2. 考慮使用面積為 $30\text{cm} \times 30\text{cm}$ 的正方形全像天線光柵 2，則接收到太陽光的泵浦波長總能量為 $8875 \times 10^{-4} \text{ mw/cm}^2 \times 30\text{cm} \times 30\text{cm} = 789.75 \text{ mw}$ 。
3. 由前述全像天線光柵 2 理論繞射極限為 40%，假使我

們只獲得 30%的繞射效率則接收到的泵浦波長總能量為 $789.75 \times 0.3 = 236.925 \text{ mw}$ ；僅僅 $30\text{cm} \times 30\text{cm}$ 的全像天線光柵 2 就可以得到大於 200mw 的 980nm 泵浦能量，且是純粹 980nm 附近的能量，然而衛星上的太陽能電池板面積都是數公尺 \times 數公尺的大小，因此，可證明本發明放大器之可行性。

而一般商用 980nm 泵浦雷射的能量表達方式是利用積分球加上光功率計(power-meter)量得，所以，一般市面上的一個 200mw 的 980nm 雷射，並不代表 980nm 附近的能量真的有 200mw ，而是所有頻譜能量的積分所得，而今以一顆 280mw 的高功率 980nm 泵浦雷射，利用光功率計(power-meter)測量結果，真的幾乎是 280mw ，但利用光譜分析儀量測，則可以發現有很多能量分布在 980nm 範圍之外(如第 8 圖所示)。因此，本發明中選擇計算太陽光中泵浦波長能量的方式較市面上的通用方法，嚴格許多。

請參閱『第 9、10 圖』所示，係本發明以 250W 鹵素燈泡照射波導管量得之增益頻譜圖、本發明以 280mW 的 980 雷射照射波導管得到之增益頻譜圖，如圖所示：以下是以利用 250W 鹵素燈泡側向激發波導管 3 (即摻鉍玻璃) 的方式(如第 9 圖所示)與 280mw 的 980nm 泵浦雷射激發波導管 3 (即摻鉍玻璃) (如第 10 圖所示)做比較：

1. 考慮以 250W 未聚焦鹵素燈泡，利用側向激發一塊長 20mm、寬 17mm、高 5mm 的高濃度摻鉕玻璃則得到摻鉕光纖放大器的自發放大輻射 (ASE) 的頻譜圖，如第 9 圖。
2. 利用 280mw 的 980nm 泵浦雷射，依同上條件得到摻鉕光纖放大器的自發放大輻射 (ASE) 頻譜如第 10 圖。

由第 9 圖及第 10 圖比較，可以發現 $1.53\mu\text{m}$ 的波長能量皆可以達到相近的程度；換句話說，一顆 250W 的鹵素燈泡，其側向激發波導管 3 (即摻鉕玻璃) 的能力等效於一顆 280mw 之 980nm 半導體雷射；且第 9、10 圖中，摻鉕光纖放大器的自發放大輻射 (ASE) 功率看起來似乎很弱，原因是一方面波導管 3 (即摻鉕玻璃) 輸出的摻鉕光纖放大器的自發放大輻射 (ASE) 能量沒有聚焦進入光譜分析儀，另，泵浦波長未能全面地將體積這麼大一塊的波導管 3 (即摻鉕玻璃) 完全激發也是一個原因，但這些並不影響相同條件下的比較結果，第 9 圖的 $1.53\mu\text{m}$ 波長的增益似乎比第 10 圖小多了，這其實是因為鹵素燈導入較多的白光進入光譜分析儀，導致雜訊位準 (noise level) 上升所致。此處，我們只關心摻鉕光纖放大器的自發放大輻射 (ASE) 的輸出能量到底能達到何種程度，這是攸關光源的泵浦能力，若將鹵素燈的其他波長濾掉，第 9 圖的增益也可跟第 10 圖一樣高。再者，我們亦可推測每平方公尺的太陽能量為 1.36kW 左

右，倘使全像天線光柵 2 的繞射效率僅有 30 %，我們仍可得到 450W 左右的總能量，還是比 250W 的鹵素燈泡能量強，因此，大約只要一塊 50cm*50cm 見方的全像繞射板，就可以成功地達到如同 280mw 的 980nm 泵浦雷射之功效。

請參閱『第 1 1、1 2 圖』所示，係本發明利用 30cm*30cm 的 Fresnel 聚焦板將太陽光聚焦到波導管上量得之增益頻譜圖、本發明調整 980nm 雷射的電流以模擬第 1 1 圖之太陽光強度圖。

如圖所示，以下是實際利用太陽光聚焦激發波導管 3（即摻鉕玻璃）方式的結果並與 100mw 的 980nm 泵浦雷射激發波導管 3（即摻鉕玻璃）之結果做比較：

1. 於中午多雲時晴天氣，氣溫攝氏 30 度，利用一片 30cm*30cm 的壓克力材質之全像菲涅爾透鏡(Fresnel lens)聚焦板將太陽光側向聚焦於上述之波導管 3（即摻鉕玻璃）上，並利用光譜分析儀量測此波導管 3（即摻鉕玻璃）的光放大效果（受激與自發輻射未使用聚焦透鏡直接量測），得到第 1 1 圖的光增益頻譜，1.54 μm 波長能量可以達 -40 dBm 左右，其中 1.4 μm 微米附近的凹陷是因為壓克力材質本身的能帶吸收所致。
2. 利用 980nm 泵浦雷射操作在 206 mA 的電流下，經由光功率計(power-meter)量測得到 100 mw 的能量，將此

能量利用側向激發方式及相同實驗條件下，激發波導管 3（即摻鉕玻璃），得到第 1 2 圖之增益頻譜，其中 1.53 μm 處的摻鉕光纖放大器的自發放大輻射（ASE）能量為 -42 dBm 左右。

由第 1 1 圖及第 1 2 圖比較，我們發現一片 30cm*30cm 的 Fresnel 聚焦板激發波導管 3（即摻鉕玻璃）的能力至少大於 100 mw 的 980 nm 泵浦雷射，況且，太陽光聚焦到波導管 3（即摻鉕玻璃）上時，因為光束較大，所以並非所有的能量都進入波導管 3（即摻鉕玻璃）；反觀 980 nm 泵浦雷射，因為是從光纖輸出，所以可以把很強的能量集中輸出在較小的區域上使波導管 3（即摻鉕玻璃）得到較高的粒子居量反轉。

故利用太陽光聚焦的方式，可以很輕易地就達到平常高功率 980 nm 泵浦雷射的激發功效，因此，一但普及推廣太陽能光放大器，應當可以對光通訊（尤指衛星光通訊及地面無線光通訊）產生重大的技術改革。

惟以上所述者，僅為本發明之較佳實施例而已，當不能以此限定本發明實施之範圍；故，凡依本發明申請專利範圍及發明說明書內容所作之簡單的等效變化與修飾，皆應仍屬本發明專利涵蓋之範圍內。

【圖式簡單說明】

- 第 1 圖，係本發明之放大器運作原理上視示意圖。
- 第 2 圖，係本發明之放大器側視圖。
- 第 3 圖，係本發明之放大器截面示意圖。
- 第 4 圖，係本發明之雷射運作原理上視示意圖。
- 第 5 圖，係本發明之放大器之串接示意圖。
- 第 6 圖，係本發明之雷射之串接示意圖。
- 第 7 圖，係本發明量測摻鉍玻璃之吸收頻譜圖。
- 第 8 圖，係本發明量測 980nm 雷射二極體之頻譜圖。
- 第 9 圖，係本發明以 250W 鹵素燈泡照射波導管量得之增益頻譜圖。
- 第 10 圖，係本發明以 280mW 的 980 雷射照射波導管得到之增益頻譜圖。
- 第 11 圖，係本發明利用 30cm*30cm 的 Fresnel 聚焦板將太陽光聚焦到波導管上量得之增益頻譜圖。
- 第 12 圖，係本發明調整 980nm 雷射的電流以模擬第 9 圖之太陽光強度圖。
- 附件一：美國海軍實驗室所量測的太陽光頻譜。

【元件標號對照】

- | | |
|--------------|--------------|
| 太陽能矽晶片板 1 | 光學繞射元件 2 1 |
| 第一光學反射元件 2 2 | 第二光學反射元件 2 3 |
| 波導管 3 | 光增益介質 4 |
| 反射層 5 | 抗反射膜 1 1 |

I239658

波導層 1 2

輸出端 6 2

輸出端 7 2

輸入端 6 1

輸入端 7 1

拾、申請專利範圍：

1. 一種太陽能光主動元件，其至少包含一基板、一光學繞射元件、一第一光學反射元件、一光增益介質、一波導管、一輸入端、一輸出端、一抗反射膜及一反射層；

其中於基板鍍上一層反射層並設光學繞射元件、波導管、光增益介質及抗反射膜，並藉由該基板上之光學繞射元件以及波導管內第一光學反射元件將太陽光中所需之波長耦合並匯聚至光增益介質，藉此將輸入端之入射信號放大並由輸出端輸出，做為放大器。

2. 如申請專利範圍第1項所述之太陽能光主動元件，其中，該光學繞射元件係為全像天線光柵。
3. 如申請專利範圍第1項所述之太陽能光主動元件，其中，該光學繞射元件係為光子晶體。
4. 如申請專利範圍第1項所述之太陽能光主動元件，其中，該第一光學反射元件係為布拉格光柵。
5. 如申請專利範圍第1項所述之太陽能光主動元件，其中，該第一光學反射元件係為光子晶體。
6. 如申請專利範圍第1項所述之太陽能光主動元件，其中，該光學繞射元件係構成為一波導層。
7. 如申請專利範圍第6項所述之太陽能光主動元件，其中，該波導層係為二氧化矽。
8. 如申請專利範圍第6項所述之太陽能光主動元件，其中，該波導層係為高分子聚合物(polymer)。

9. 如申請專利範圍第 1 項所述之太陽能光主動元件，其中，該光學繞射元件可以是表面浮雕型 (surface-relief type) 光柵。
10. 如申請專利範圍第 1 項所述之太陽能光主動元件，其中，該光學繞射元件可以是折射率調變型 (index-modulation type) 光柵。
11. 如申請專利範圍第 1 項所述之太陽能光主動元件，其中，該基板係可選自太陽能矽晶片板或金屬或高分子聚合物或介電質材料。
12. 如申請專利範圍第 2 項所述之太陽能光主動元件，其中，該放大器之全像天線光柵形狀係可為圓形或橢圓形或特殊幾何形狀。
13. 如申請專利範圍第 1 項所述之太陽能光主動元件，其中，該光增益介質係為摻鉕玻璃。
14. 如申請專利範圍第 1 3 項所述之太陽能光主動元件，其中，該摻鉕玻璃係經過抗輻射處理 (radiation hardened)。
15. 如申請專利範圍第 1 3 項所述之太陽能光主動元件，其中，該摻鉕玻璃可進一步摻鋁 (Al)。
16. 如申請專利範圍第 1 項所述之太陽能光主動元件，其中，該光增益介質係為摻鐿 (Yb) 材料。
17. 如申請專利範圍第 1 6 項所述之太陽能光主動元件，其中，該摻鐿 (Yb) 材料可進一步摻鋁 (Al)。

18. 如申請專利範圍第 1 項所述之太陽能光主動元件，其中，該光增益介質係摻有稀土元素中之元素。
19. 如申請專利範圍第 18 項所述之太陽能光主動元件，其中，該摻有稀土元素中之光增益介質可進一步摻硼(B)。
20. 如申請專利範圍第 18 項所述之太陽能光主動元件，其中，該摻有稀土元素中之光增益介質可進一步摻锗(Ge)。
21. 如申請專利範圍第 1 項所述之太陽能光主動元件，其中，該光增益介質係含鉺/鏡(Er/Yb)共摻。
22. 如申請專利範圍第 2 1 項所述之太陽能光主動元件，其中，該鉺/鏡(Er/Yb)共摻之光增益介質可進一步摻硼(B)。
23. 如申請專利範圍第 2 1 項所述之太陽能光主動元件，其中，該鉺/鏡(Er/Yb)共摻之光增益介質可進一步摻锗(Ge)。
24. 如申請專利範圍第 1 項所述之太陽能光主動元件，其中，該光增益介質係可為摻鉺玻璃或鉺/鏡(Er/Yb)共摻，該光增益介質亦可摻硼(B)，該光學繞射元件，可進一步係為摻有氟(F)之二氧化矽全像光柵層。
25. 如申請專利範圍第 1 項所述之太陽能光主動元件，其中，該光增益介質係比作為二氧化矽層之該光

學繞射元件的材料色散斜率(material dispersion slope)高,藉此製作比C頻帶短的光放大器。

26. 如申請專利範圍第1項所述之太陽能光主動元件,其中,該光增益介質之基材(host)材料係選自磷酸鹽玻璃(phosphate glass)或氟磷酸鹽玻璃(fluorophosphate)或矽酸鹽玻璃(silicate)或硼酸鹽玻璃(borate)。
27. 如申請專利範圍第1項所述之太陽能光主動元件,其中該光學繞射元件係用以繞射泵浦光(diffract pump light)。
28. 如申請專利範圍第1項所述之太陽能光主動元件,其中該第一光學反射元件係為泵浦光反射光柵(reflection grating for pump wavelength)。
29. 一種太陽能光主動元件,其至少包含一基板、一光學繞射元件、一第一光學反射元件、一第二光學反射元件、一波導管、一光增益介質、一輸出端、一抗反射膜及一反射層;
其中於基板鍍上一層反射層並設光學繞射元件、波導管、光增益介質及抗反射膜,並藉由該基板上之光學繞射元件以及波導管內第一光學反射元件將太陽光中所需之波長耦合並匯聚至光增益介質,並配合第二光學反射元件藉此產生雷射,並由輸出端輸出。
30. 如申請專利範圍第29項所述之太陽能光主動元

- 件，其中，該光學繞射元件係為全像天線光柵。
31. 如申請專利範圍第 29 項所述之太陽能光主動元件，其中，該光學繞射元件係為光子晶體。
 32. 如申請專利範圍第 29 項所述之太陽能光主動元件，其中，該第一光學反射元件係為布拉格光柵。
 33. 如申請專利範圍第 29 項所述之太陽能光主動元件，其中，該第一光學反射元件係為光子晶體。
 34. 如申請專利範圍第 29 項所述之太陽能光主動元件，其中，該第二光學反射元件係為雷射光反射光柵。
 35. 如申請專利範圍第 29 項所述之太陽能光主動元件，其中，該第二光學反射元件係為光子晶體。
 36. 如申請專利範圍第 29 項所述之太陽能光主動元件，其中，該光學繞射元件係構成為一波導層。
 37. 如申請專利範圍第 36 項所述之太陽能光主動元件，其中，該波導層係為二氧化矽。
 38. 如申請專利範圍第 36 項所述之太陽能光主動元件，其中，該波導層係為高分子聚合物(polymer)。
 39. 如申請專利範圍第 29 項所述之太陽能光主動元件，其中，該光學繞射元件可以是表面浮雕型(surface-relief type)光柵。
 40. 如申請專利範圍第 29 項所述之太陽能光主動元件，其中，該光學繞射元件可以是折射率調變型(index-modulation type)光柵。

41. 如申請專利範圍第29項所述之太陽能光主動元件，其中，該基板係可選自太陽能矽晶片板或金屬或高分子聚合物或介電質材料。
42. 如申請專利範圍第30項所述之太陽能光主動元件，其中，該放大器之全像天線光柵形狀係可為圓形或橢圓形或特殊幾何形狀。
43. 如申請專利範圍第29項所述之太陽能光主動元件，其中，該光增益介質係為摻鉕玻璃。
44. 如申請專利範圍第43項所述之太陽能光主動元件，其中，該摻鉕玻璃係經過抗輻射處理 (radiation hardened)。
45. 如申請專利範圍第43項所述之太陽能光主動元件，其中，該摻鉕玻璃可進一步摻鋁(Al)。
46. 如申請專利範圍第29項所述之太陽能光主動元件，其中，該光增益介質係為摻鐳(Yb)材料。
47. 如申請專利範圍第46項所述之太陽能光主動元件，其中，該摻摻鐳(Yb)材料可進一步摻鋁(Al)。
48. 如申請專利範圍第29項所述之太陽能光主動元件，其中，該光增益介質係摻有稀土元素中之元素。
49. 如申請專利範圍第48項所述之太陽能光主動元件，其中，該摻有稀土元素中之光增益介質可進一步摻硼(B)。
50. 如申請專利範圍第48項所述之太陽能光主動元

件，其中，該摻有稀土元素中之光增益介質可進一步摻鍺(Ge)。

51. 如申請專利範圍第29項所述之太陽能光主動元件，其中，該光增益介質係含鉕/鐿(Er/Yb)共摻。
52. 如申請專利範圍第51項所述之太陽能光主動元件，其中，該鉕/鐿(Er/Yb)共摻之光增益介質可進一步摻硼(B)。
53. 如申請專利範圍第51項所述之太陽能光主動元件，其中，該鉕/鐿(Er/Yb)共摻之光增益介質可進一步摻鍺(Ge)。
54. 如申請專利範圍第29項所述之太陽能光主動元件，其中，該光增益介質係可為摻鉕玻璃或鉕/鐿(Er/Yb)共摻，該光增益介質亦可摻硼(B)，該光學繞射元件，可進一步係為摻有氟(F)之二氧化矽全像光柵層。
55. 如申請專利範圍第29項所述之太陽能光主動元件，其中，該光增益介質係比作為二氧化矽層之該光學繞射元件的材料色散斜率(material dispersion slope)高，藉此製作比C頻帶短的光雷射。
56. 如申請專利範圍第29項所述之太陽能光主動元件，其中，該光增益介質之基材(host)材料係選自磷酸鹽玻璃(phosphate glass)或氟磷酸鹽玻璃(fluorophosphate)或矽酸鹽玻璃(silicate)或硼酸

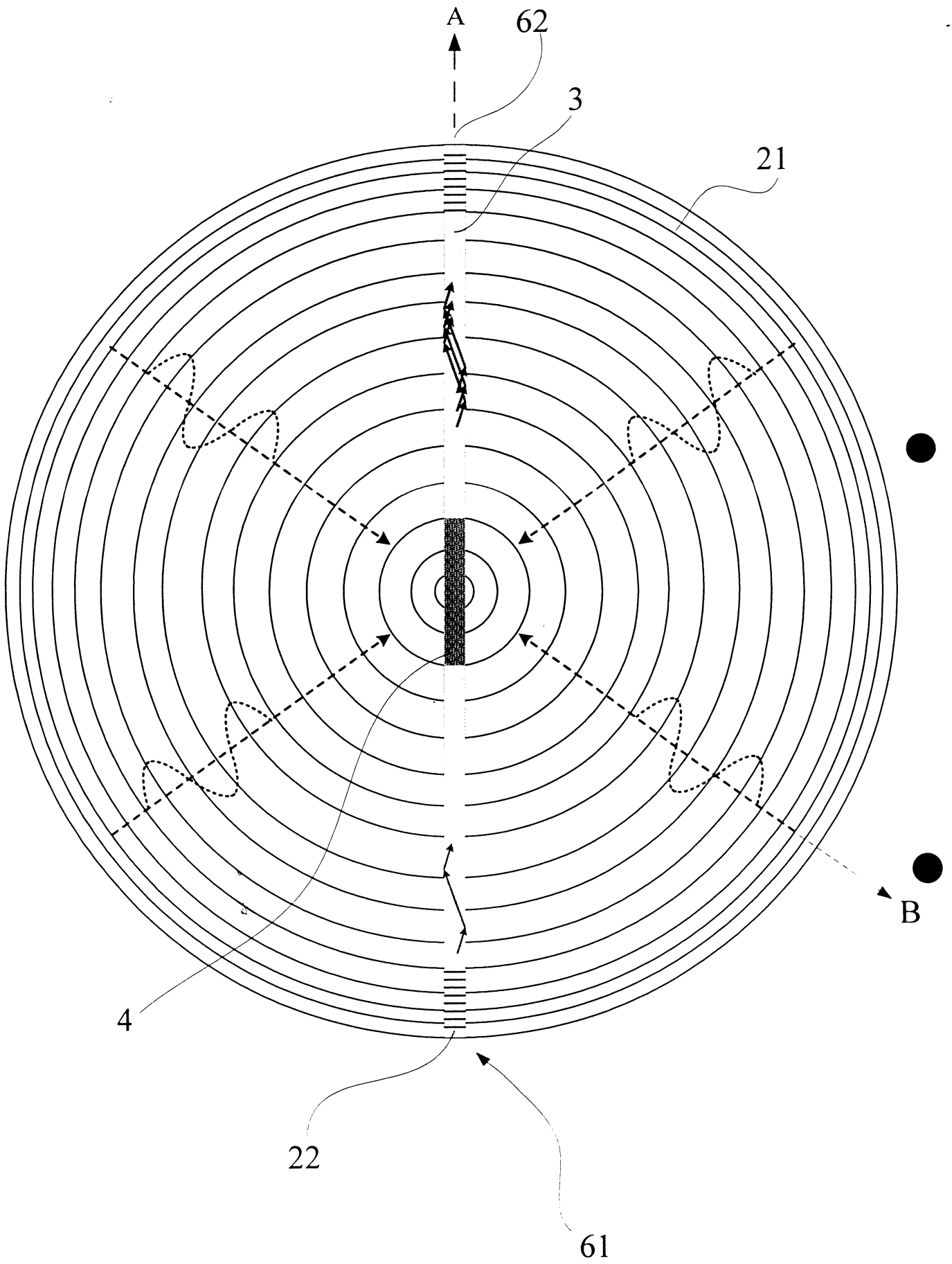
鹽玻璃(borate)。

57. 如申請專利範圍第29項所述之太陽能光主動元件，其中該光學繞射元件係用以繞射泵浦光(diffract pump light)。
58. 如申請專利範圍第29項所述之太陽能光主動元件，其中該第一光學反射元件係為泵浦光反射光柵(reflection grating for pump wavelength)。
59. 一種太陽能光主動元件，其至少包含一基板、一光學繞射元件、一第一光學反射元件、一光增益介質、一波導管、一輸入端、一輸出端、一抗反射膜及一反射層；
其中該太陽能光主動元件可藉由輸出端與另一個太陽能光主動元件輸入端相連接達到串接之效果，藉此做為放大器。
60. 如申請專利範圍第59項所述之太陽能光主動元件，其中，該光學繞射元件係為全像天線光柵。
61. 如申請專利範圍第59項所述之太陽能光主動元件，其中，該光學繞射元件係為光子晶體。
62. 如申請專利範圍第59項所述之太陽能光主動元件，其中，該第一光學反射元件係為布拉格光柵。
63. 如申請專利範圍第59項所述之太陽能光主動元件，其中，該第一光學反射元件係為光子晶體。
64. 一種太陽能光主動元件，其至少包含一基板、一光

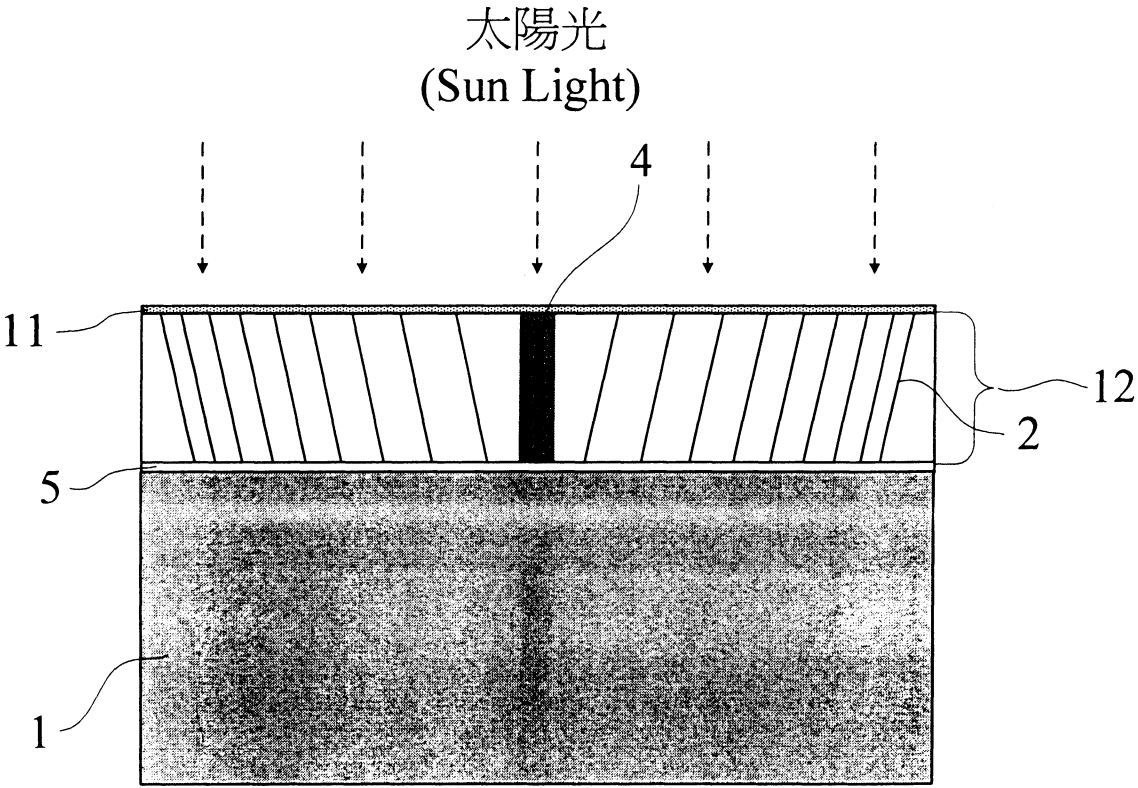
學繞射元件、一第一光學反射元件、一第二光學反射元件、一波導管、一光增益介質、一抗反射膜及一反射層；

其中該太陽能光主動元件可藉由輸出端與另一個太陽能光主動元件輸入端相連接達到串接之效果，藉此做為雷射。

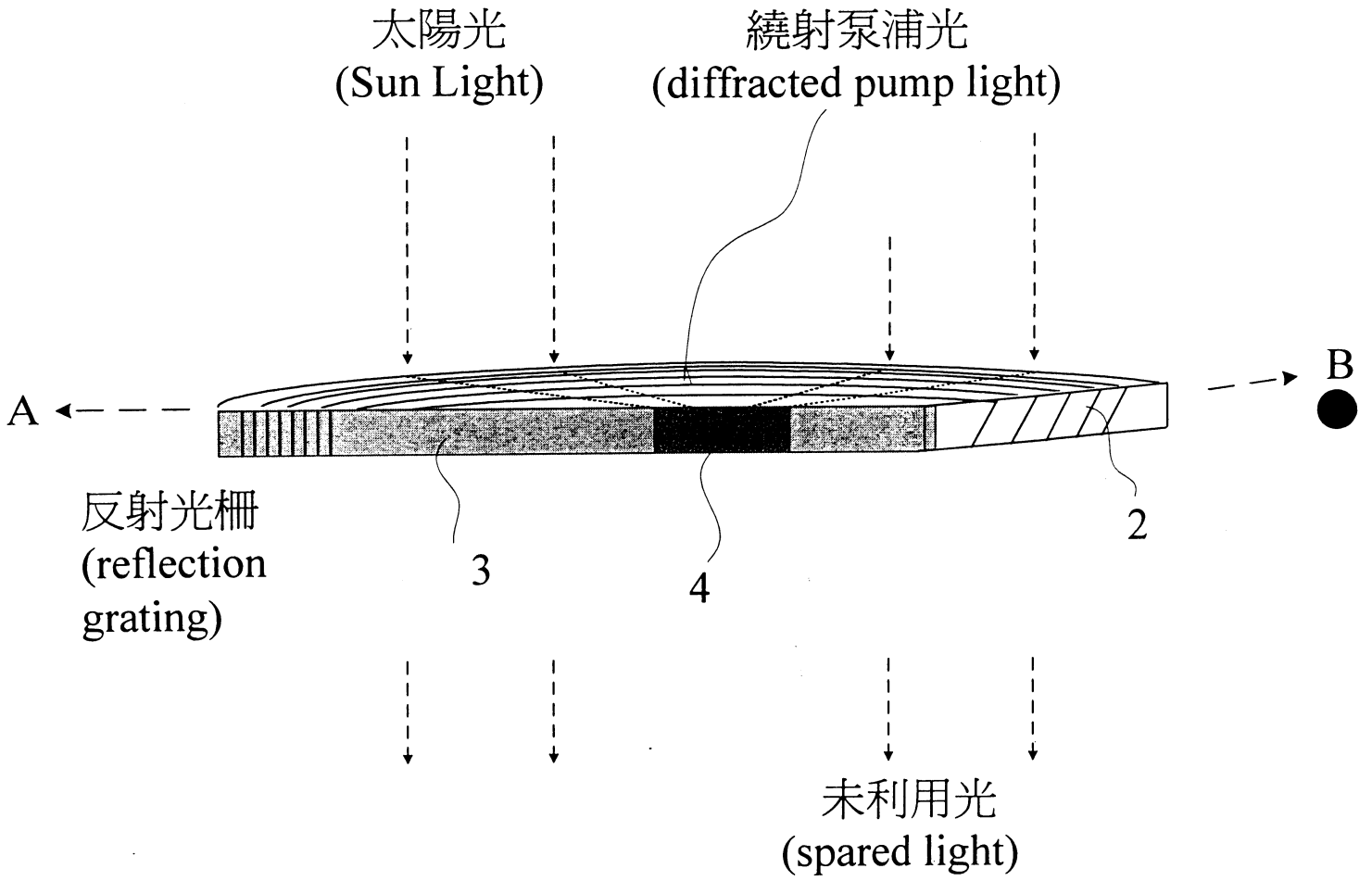
65. 如申請專利範圍第64項所述之太陽能光主動元件，其中，該光學繞射元件係為全像天線光柵。
66. 如申請專利範圍第64項所述之太陽能光主動元件，其中，該光學繞射元件係為光子晶體。
67. 如申請專利範圍第64項所述之太陽能光主動元件，其中，該第一光學反射元件係為布拉格光柵。
68. 如申請專利範圍第64項所述之太陽能光主動元件，其中，該第一光學反射元件係為光子晶體。
69. 如申請專利範圍第64項所述之太陽能光主動元件，其中，該第二光學反射元件係為雷射光反射光柵。
70. 如申請專利範圍第64項所述之太陽能光主動元件，其中，該第二光學反射元件係為光子晶體。



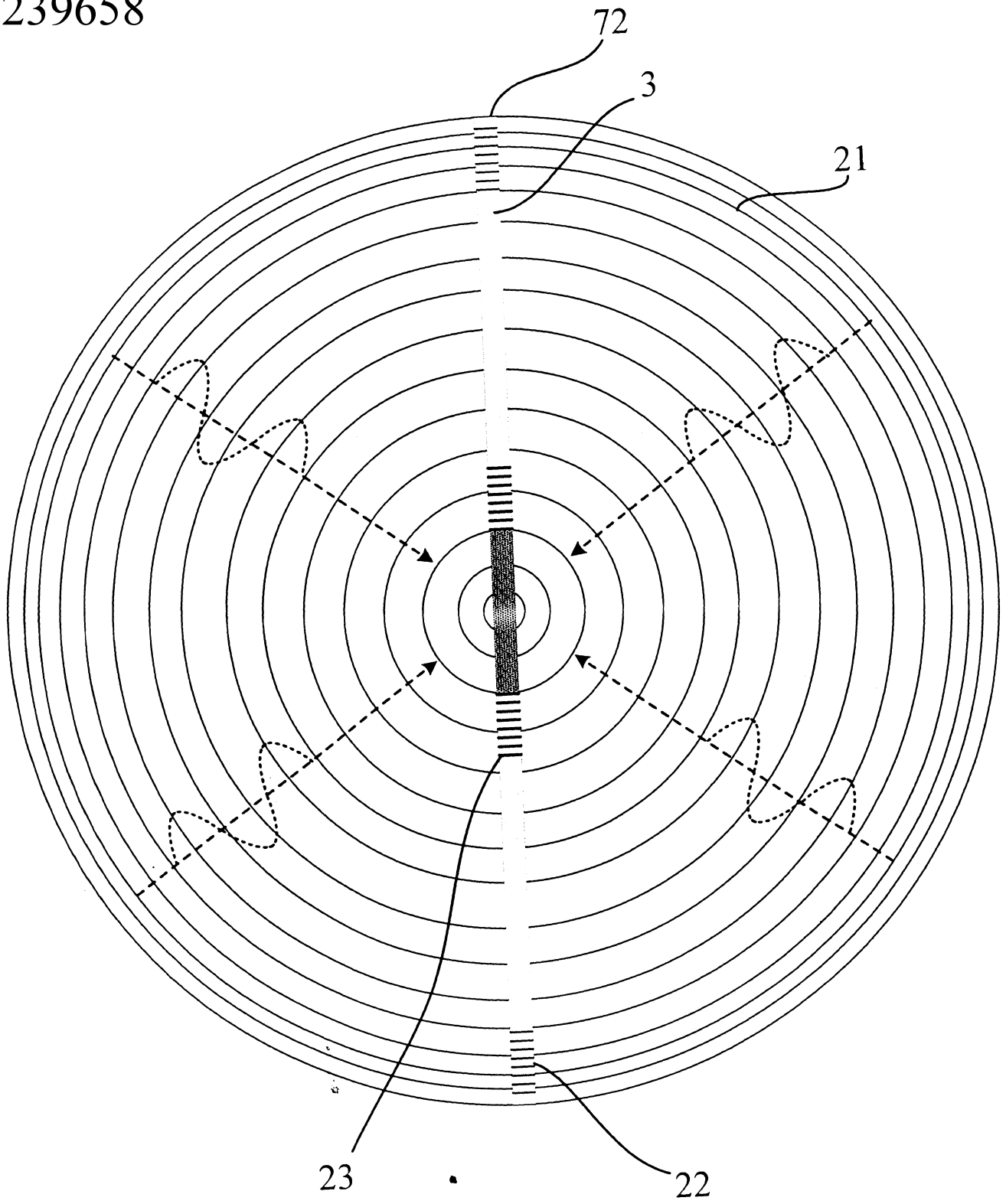
第1圖



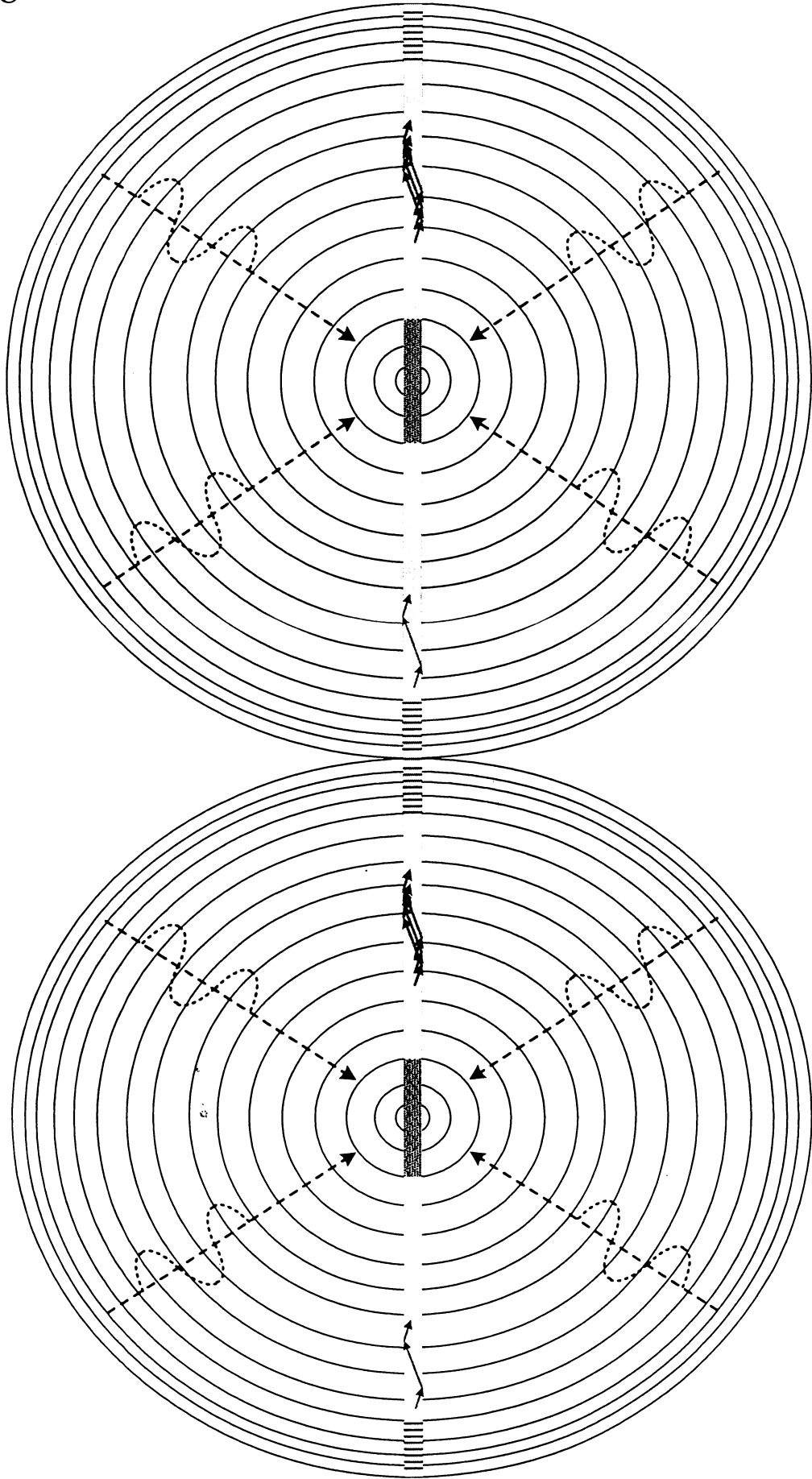
第2圖



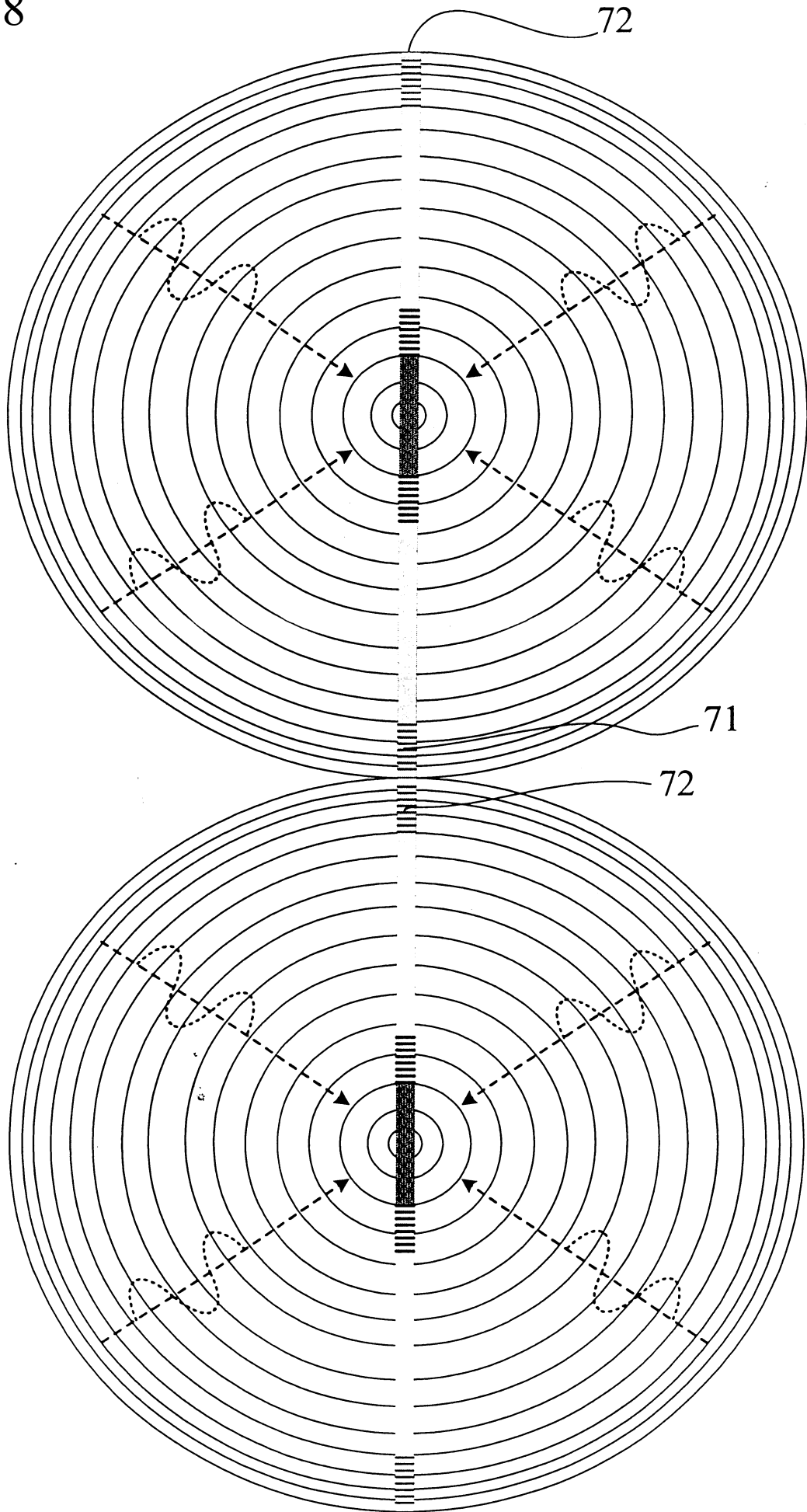
第3圖



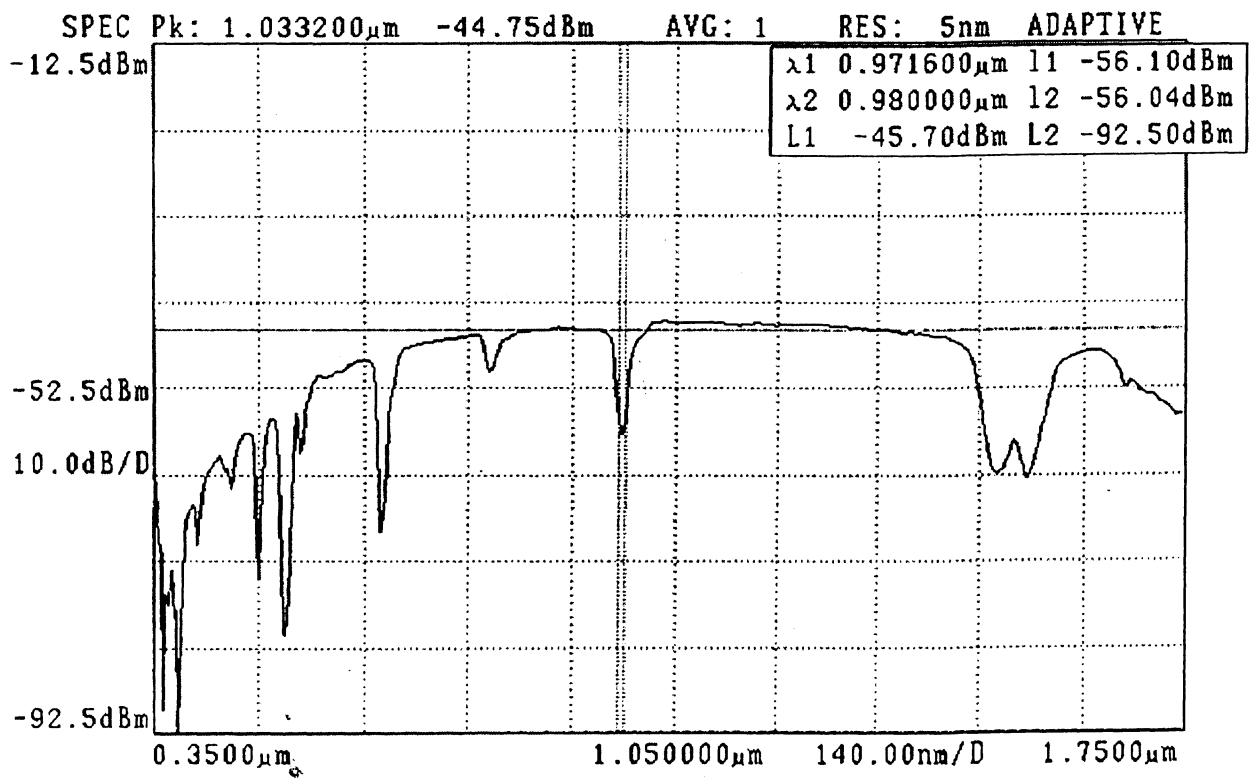
第4圖



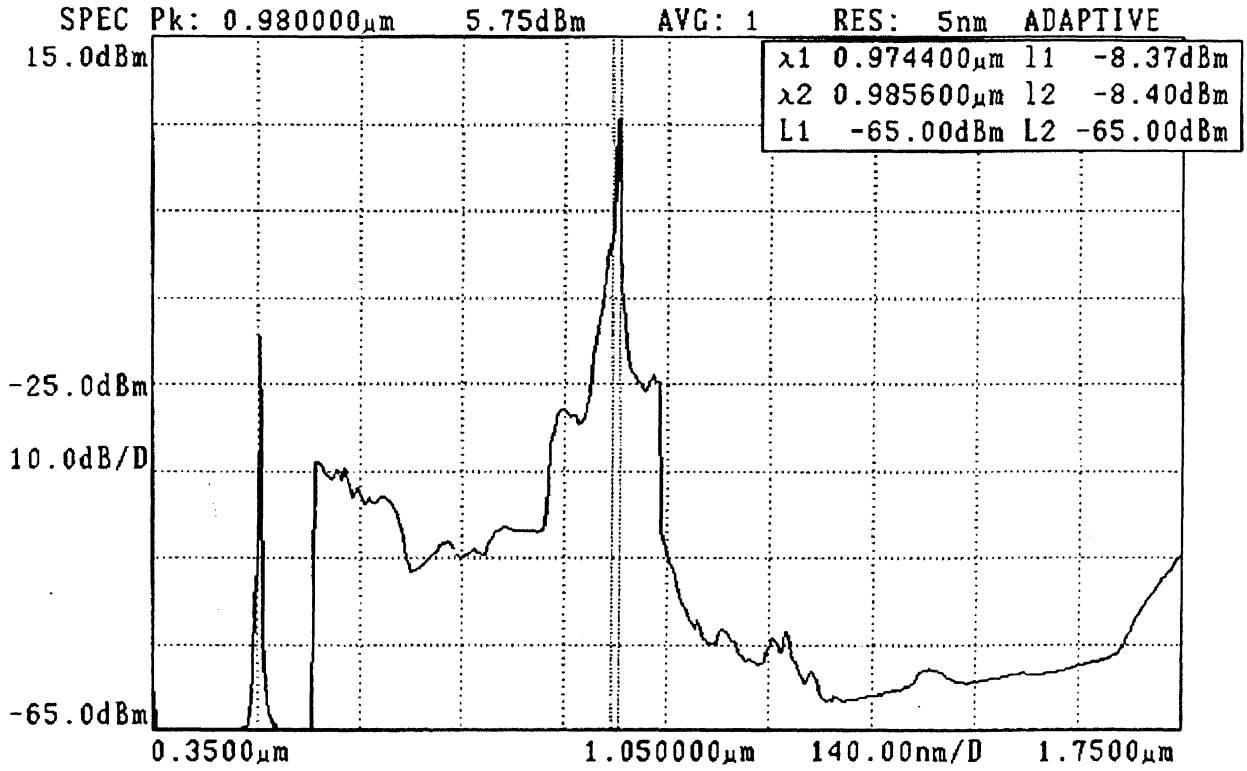
第5圖



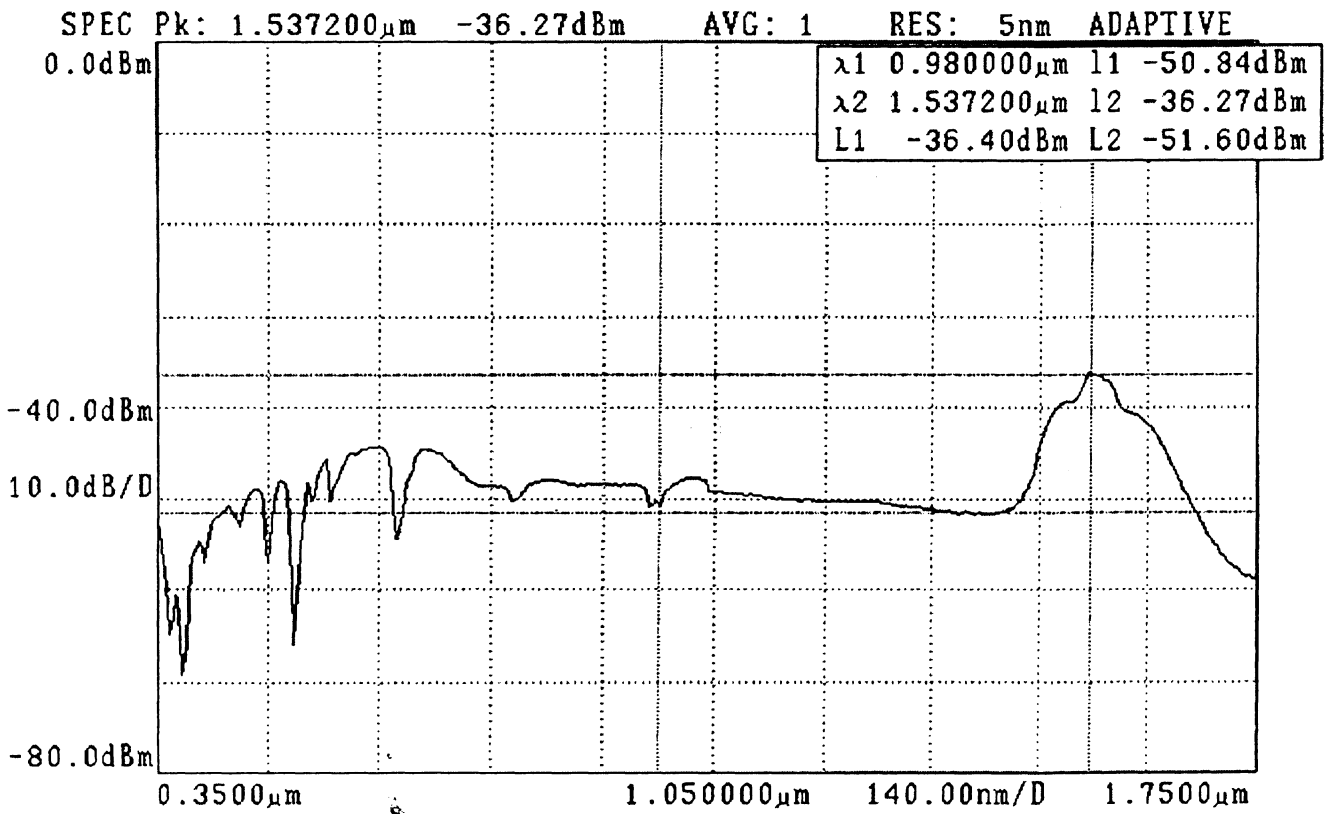
第6圖



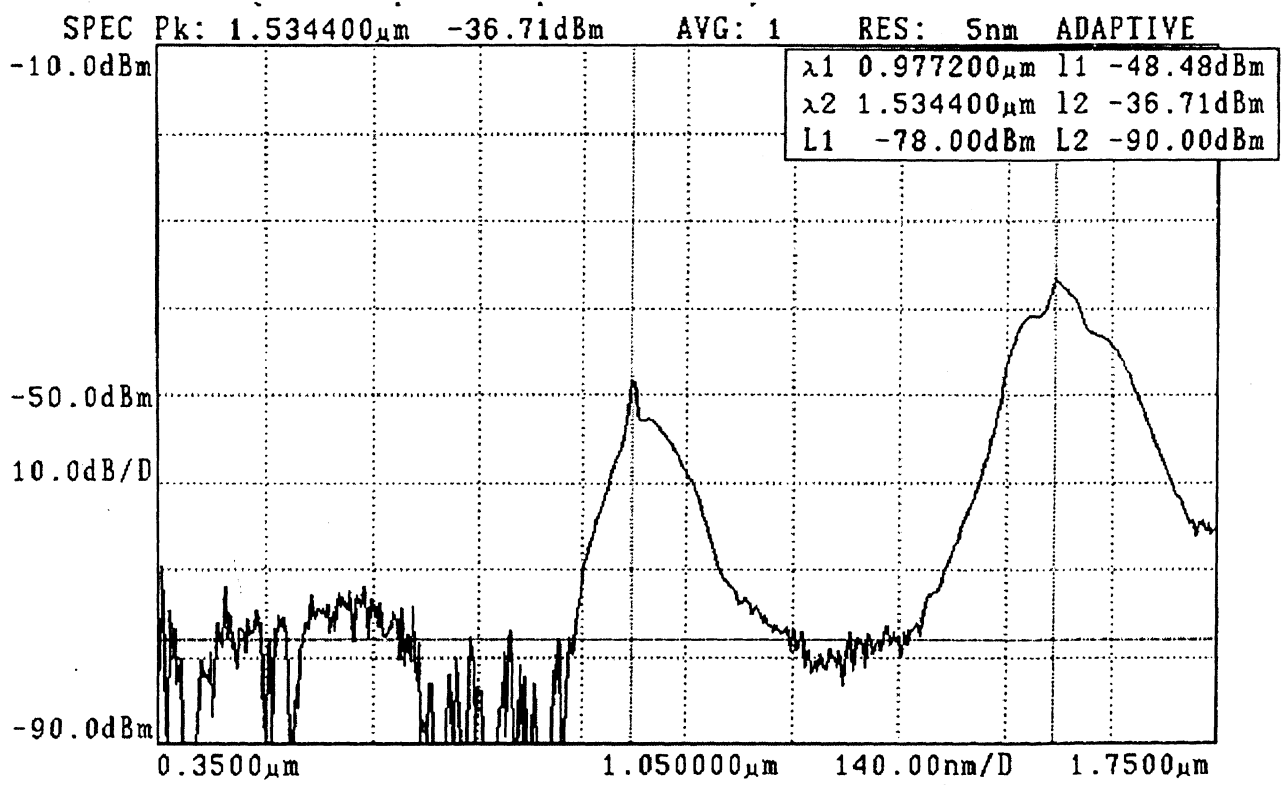
第7圖



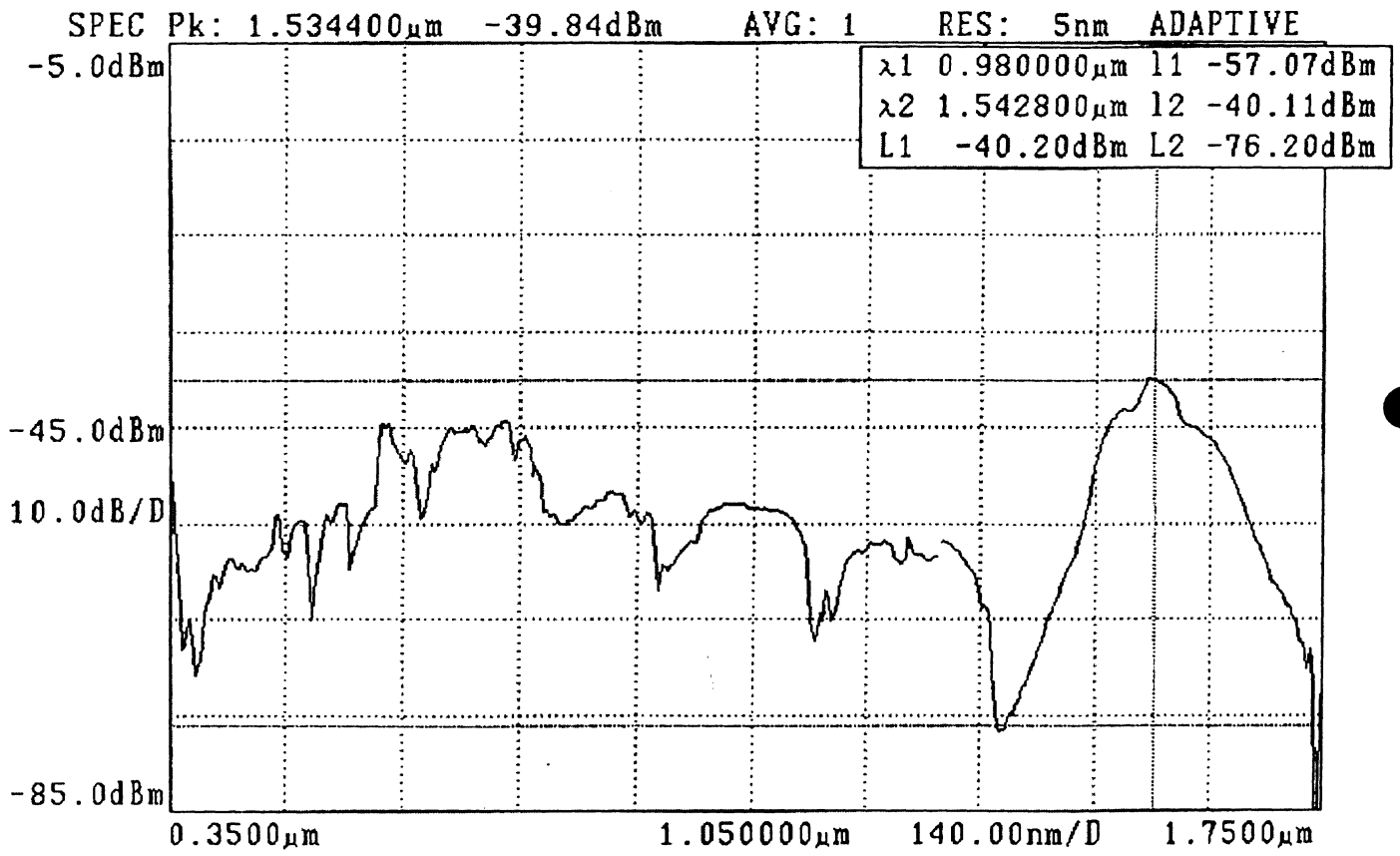
第8圖



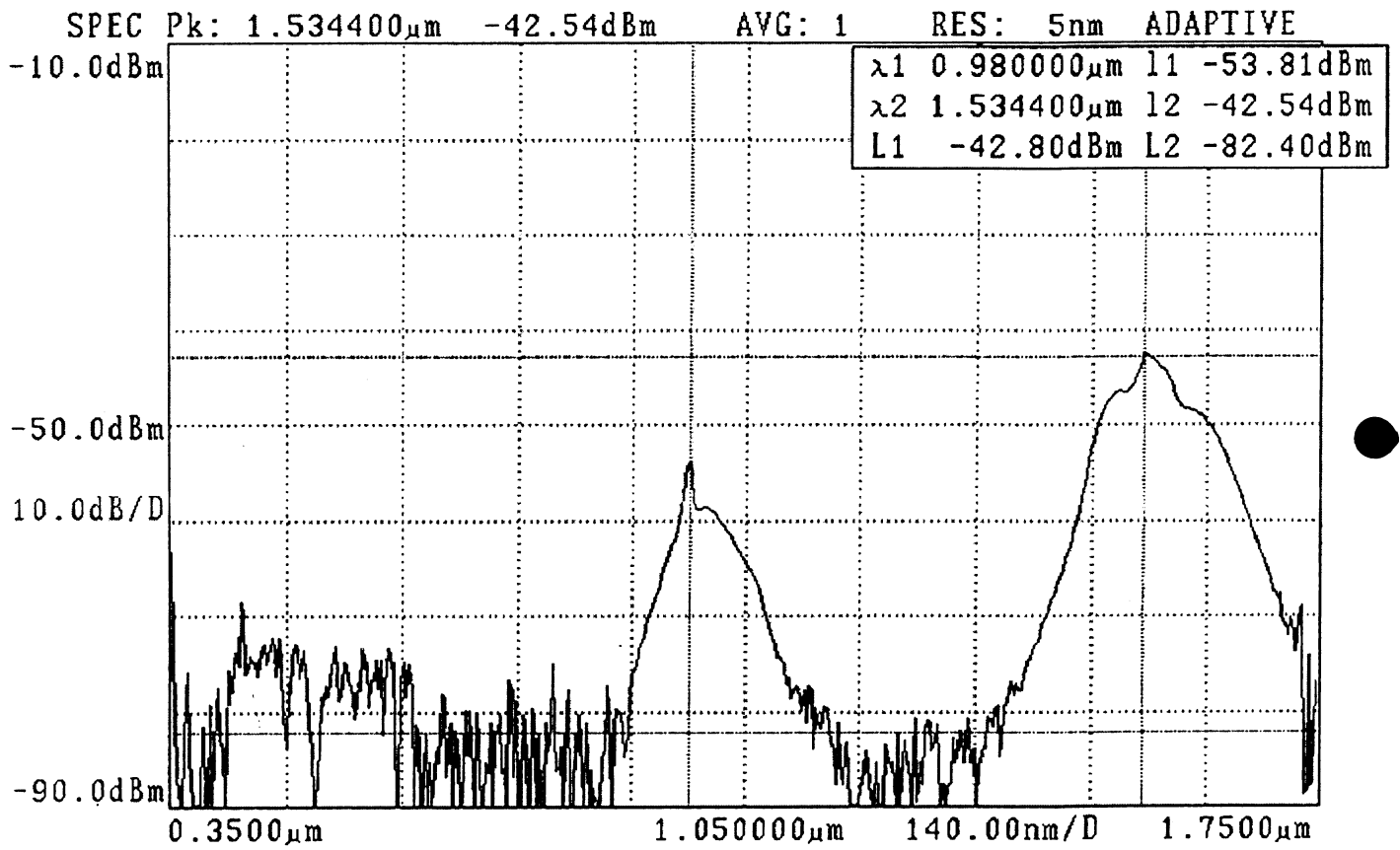
第9圖



第10圖



第11圖



第12圖