

# 發明專利說明書

584742

(填寫本書件時請先行詳閱申請書後之申請須知，作※記號部分請勿填寫)

※申請案號：92100112 ※IPC分類：G02B 5/28

※申請日期：92年01月03日

## 壹、發明名稱：

(中文) 多層膜濾光片及其製造方法與使用此多層膜濾光片的光學零件

(英文) 多層膜光フィルタ及びその製造方法とそれを用いる光学部品

## 貳、發明人(共4人)

### 發明人 1

姓名：(中文) 北川均

(英文) 北川均

住居所地址：(中文) 日本國宮城縣仙台市泉區高森七-一〇-一-一〇七

(英文)

## 參、申請人(共1人)

### 申請人 1

姓名或名稱：(中文) 阿爾普士電氣股份有限公司

(英文) アルプス電氣株式会社

住居所地址：(中文) 日本國東京都大田區雪谷大塚町一番七號

(或營業所) (英文)

國籍：(中文) 日本 (英文) JAPAN

代表人：(中文) 1.片岡政隆

(英文)

發明人 2

姓名：(中文) 畑內隆史  
(英文) 畑內隆史  
住居所地址：(中文) 日本國宮城縣仙台市泉區泉中央一—二八—  
一—四〇六  
(英文)

發明人 3

姓名：(中文) 梅田裕一  
(英文) 梅田裕一  
住居所地址：(中文) 日本國宮城縣仙台市泉區高森七—一〇—  
三〇五  
(英文)

發明人 4

姓名：(中文) 酒井重史  
(英文) 酒井重史  
住居所地址：(中文) 日本國宮城縣仙台市泉區高森七—一〇—  
三〇六  
(英文)

**捌、聲明事項****■主張專利法第二十四條第一項優先權：**

【格式請依：受理國家（地區）；日期；案號 順序註記】

1.日本 ; 2002/01/25 ; 2002-017290

2.日本 ; 2002/05/23 ; 2002-149736

(1)

**玖、發明說明****【發明所屬之技術領域】**

本發明是關於使特定波長的光透過或反射，作為帶通濾波器、增益平坦化濾波器等使用的多層膜濾光片。更詳細為關於大幅地使藉由在成膜初期基板的溫度上升而發生的膜厚的測定誤差的影響減少之多層膜濾光片。

而且，本發明是關於在光通訊等使用的多層膜濾光片其製造方法以及使用多層膜濾光片的光通訊用模組。

**【先前技術】**

多層膜濾光片(optical filter)是利用在疊層的膜的各個界面的光的干涉現象，想在作為對象的光的波長範圍中得到所希望的透過或反射的特性。在圖 12 一般使用的多層膜濾光片 10 的例子是顯示令高屈折率層 12 為氧化鉬(以下記載為  $Ta_2O_5$ )層，低屈折率層 13 為使用氧化矽(以下記載為  $SiO_2$ )層的例子。由數十層到 100 層左右交互疊層各層於玻璃基板 1 之上而構成。

各層的膜厚是對作為透過或反射的對象的光的波長  $\lambda$ ，以光學厚度為  $\lambda/4$  的厚度為中心來設計。此處光學厚度是指以屈折率與物理的厚度(實際的膜厚)的積定義的值。例如令光通訊用途的波長  $1.55\mu m$  的光為對象的情形，實際的膜厚常為  $Ta_2O_5$  層分布於以  $0.18\mu m$  的層為主體在

(2)

0.05~0.8  $\mu\text{m}$  的範圍， $\text{SiO}_2$  層分布於以 0.26  $\mu\text{m}$  的層為主體 0.09~0.8  $\mu\text{m}$  的範圍。

對於這種多層膜濾光片 10 爲了得到所希望的特性的製品，精度佳地控制各層的膜厚，收斂來自設計值的偏移於容許範圍內爲重要。最近用途正擴大的波長多重分割 (WDM) 的領域所使用的情形對膜厚的精度的要求特別嚴格，必須收斂來自設計值的偏移於 0.1~0.01% 的範圍內。

要求如上述的高精度的膜厚控制的多層膜濾光片使用光學的膜厚測定系統，一邊測定、監視成膜中的膜厚一邊進行成膜的方法被採用。此方法藉由在透過被成膜的各層の後界面被反射，入射到測定器的光量測定膜厚，惟除了來自本來必要的各層的透過光外，在基板背面反射，透過基板內而來的光稍微混入。

若基板厚度一定的話，僅扣除透過基板內而來的光使正確的測定爲可能，但在成膜初期中因對基板供給能量，故溫度慢慢地上升，隨著溫度的上升基板膨脹厚度增加。因此，由成膜的開始到基板溫度穩定爲止，因基板厚度增加使透過光量也變化。但是，在膜厚的測定中，對應基板厚度的變化每次都正確地修正很困難，必須採取令厚度一定扣除該部分的方法。其結果產生相當於透過光量的變化的誤差，接近基板的成膜初期各層的膜厚來自設計值的偏移大，由於這些因素的影響而有脫離作爲製品的所希望的特性範圍的問題。

在光通訊系統使用的多層膜濾光片是依照其特性作爲

(3)

帶通濾波器 (band-pass filter)(BPF)、增益等化濾波器 (gain equalization filter)(GFF)、邊緣濾波器 (edge filter) 等使用。

圖 11 是顯示使用上述各濾光片的光通訊系統的構成例。在圖中由本局 A 發送的光訊號在複數個轉發局 101 依次被轉發被本局 B 接收。

轉發局 101 藉由使輸入的光訊號反射/透過，由在短波長域、中間波長域、長波長域分離的邊緣濾波器 102、103、104，與放大各波長域的訊號的光放大器 105、106、107，與平坦化被放大的訊號的特性的 GFF108、109、110，與整理被平坦化的各波長域的訊號為一個訊號而輸出的邊緣濾波器 111、112、113 構成。

而且，藉由使用在本局 B 使輸入的光訊號反射/透過取出所希望的波長  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2 \sim \lambda_5$  用的複數個 BPF114、115、116、117。

圖 13 是顯示各濾光片的波長-透過率特性的一例。圖 13A 是顯示邊緣濾波器的特性，作為由短波長域(S 帶)分離中間波長域(C 帶)的帶通濾波器使用的情形的特性的例子。圖 13B 是顯示對作為使用對象的光放大器的放大增益而設計的 GFF 的透過特性，圖 13C 是顯示對輸入的光的波長的 BPF 的透過特性的例子。

這種多層膜濾光片具有在玻璃等的透明基板上交互疊層高屈折材料的薄膜(例如  $Ta_2O_5$ 、 $TiO_2$ 、 $ZrO_2$  等)與低屈折材料的薄膜(例如  $SiO_2$ 、 $MgF_2$  等)的構造。這些高屈折材料

## (4)

以及低屈折材料是藉由使用離子加速 (ion assist) 蒸鍍 (evaporation) 裝置 (IAD) 或離子束濺鍍 (ion beam sputter) 裝置 (IBS) 等的成膜裝置而形成。爲了得到性能優良的濾光片，要求以高精度控制的膜厚 (以下膜厚是顯示光學膜厚) 成膜，因此，在成膜裝置爲了測定成膜中的膜厚，使用利用光的透過特性或反射特性的光學式監控器。

而且，在多層膜濾光片有具有規則性的膜構成的濾光片與具有不規則的膜構成的濾光片。此處，規則性是指若令在濾光片的使用波長域內所具有的波長爲  $\lambda$ ，則各層的膜厚以對此波長  $\lambda$ ， $\lambda/4$  的自然數倍形成的情形。而且，不規則性是指至少一層膜厚對波長  $\lambda$ ， $\lambda/4$  的例如像 1.5000 倍或 1.003 倍非自然數倍的膜構成的情形。僅由具有規則性的膜構成而構成的濾光片的例子爲 BPF，具有不規則的膜構成而構成的濾光片的例子爲 GFF 或高精度的邊緣濾波器。

在具有像 BPF 的規則性的膜構成的濾光片的成膜時，使其設計所使用的特定的波長  $\lambda$  的光透過基板，以監控因成膜的進行造成的透過率的變化。圖 14A 是顯示監控結果的例子。如圖示在成爲對測定光的波長  $\lambda$ ， $\lambda/4$  的自然數倍的膜厚時顯現透過率的尖峰 (peak)。因此，藉由令此尖峰點爲高屈折材料或低屈折材料造成的成膜的終了點，可進行高精度的膜厚控制。

相對於此，在具有像 GFF 或高精度的邊緣濾波器的不規則的膜構成的濾光片的成膜時，與上述一樣進行膜厚

(5)

監控的情形，如圖 14B 未必一定在透過率變化的尖峰點成爲目的膜厚。因此，習知是監控成膜中的濾光片中的測定光的透過率的週期的變化得到幾個資料，對這些資料的變化施以配合(fitting)，預測成膜終了點的位置用以使成膜終了。如果依照此方法，若成膜裝置中的成膜的進行穩定，根據測定光而得到的透過率變化的資料穩定的話，可精度佳地進行配合(fitting)進行終點檢測，可進行高精度的膜厚控制。

但是，進行利用上述配合(fitting)的膜厚控制的情形，因成膜的初期階段中的例如基板的溫度不穩定、成膜裝置中的濺鍍槍(sputter-gun)或加速槍(assist-gun)等的動作的不穩定、反應室(chamber)內的狀態的不穩定等等的原因，使如圖 15 在測定光的透過率變化發生紊亂。因此，用以進行終點檢測的配合(fitting)的精度不充分，有在成膜處理中的初期層中，無法進行高精度的膜厚控制的問題。

本發明是想提供爲了解決上述課題，在接近基板的下層部配設吸收溫度變化用以緩和其影響的緩和層，使在成膜初期發生的膜厚的測定誤差減少到可忽視對濾光片特性的影響的程度的多層膜濾光片。

而且，本發明的目的爲在具有不規則的膜構成的濾光片的成膜中，提高上述成膜初期的不穩定期間中的膜厚控制的精度。

【發明內容】



(6)

本發明是一種多層膜濾光片，其特徵為：

由基板與接連於前述基板的一表面而配設的重複疊層有屈折率不同的複數個電介質材料的薄膜的多層膜構成，在位於前述基板近旁的前述多層膜的下部層具有用以緩和因溫度的變化造成的膜厚的測定誤差的影響的由單一材料構成的緩和層。

成膜初期的基板的溫度上升造成的影響僅限定於緩和層，起因於溫度變化的膜厚的測定誤差成為對濾光片特性的影響可忽視的程度，可當作所希望特性容易獲得的濾光片。

本發明緩和層的膜厚位於 1 至 10  $\mu\text{m}$  範圍較佳。膜厚的下限的 1  $\mu\text{m}$  在大部分的成膜裝置中為對緩和初期的溫度上升的影響充分的厚度，未滿此尺寸可預料基板溫度在尙未上升的期間。而且超過上限的 10  $\mu\text{m}$  的情形，除了只有那些成膜時間長外，對本來的濾光片的特性的影響大，故不佳。

而且，緩和層其特徵為在接連於基板的最下層，由前述高屈折率層與前述低屈折率層之任一方構成較佳。不使用對緩和層用特別的材料，藉由通常的濾光片製造裝置，可僅藉由改變若干其製造條件而製作，成為製作容易的濾光片。

而且，可令前述高屈折率層的材料為氧化鉬 ( $\text{Ta}_2\text{O}_5$ ) 或氧化鈦 ( $\text{TiO}_2$ ) 的任一方，前述低屈折率層的材料為氧化矽 ( $\text{SiO}_2$ )。這些材料作為薄膜的層的物性穩定，當作構成材

(7)

料適當。

本發明可作為其特徵為緩和層的光學膜厚  $d$  對入射的光的波長  $\lambda$  為

$d=2m(\lambda/4)$  ( $m$  為正的整數)的多層膜濾光片。緩和層的存在會某種程度地影響濾光片特性，故需將該條件編入而設計，惟滿足此條件的情形緩和層幾乎不影響濾光片特性。即在設計中無須考慮緩和層，只有那些設計的寬度擴大，特別是對於作為帶通濾波器設計的情形其效果大。

本發明的多層膜濾光片的製造方法，其特徵包含：

在基板的一面形成用以緩和因溫度的變化造成的膜厚的測定誤差的影響的緩和層的第一製程；以及

在前述緩和層的頂面交互疊層屈折率不同的兩種類的電介質材料的薄膜的第二製程，其中

前述第一製程是前述基板的溫度由其初期值上升到略穩定值為止連續進行，前述第二製程接著前述第一製程在前述略穩定值的溫度中進行。

如果依照此製造方法，因成膜初期的溫度變化造成的膜厚的測定誤差僅顯現於對濾光片特性的影響少的緩和層，故得到所希望的特性的多層膜濾光片很容易。

而且，本發明的光學零件是使用來自以上說明的設計值的偏移少的多層膜濾光片，作為零件的性能穩定。

依照本發明的多層膜濾光片是由基板與形成於該基板上的多層膜構成，其特徵為：

前述多層膜是由形成於前述基板表面的第一成膜層與

(8)

形成於此第一成膜層上的第二成膜層構成，前述第一成膜層為以具有對預定的波長 $\lambda$ ， $\lambda/4$ 的自然數倍的膜厚的層構成，前述第二成膜層為至少包含一個對前述波長 $\lambda$ ， $\lambda/4$ 的非自然數倍的膜厚的層而構成。

而且，依照本發明的多層膜濾光片，前述波長 $\lambda$ 為前述多層膜濾光片的使用波長域內的波長。

再者，依照本發明的多層膜濾光片，前述第一成膜層是由具有對前述波長 $\lambda$ ， $\lambda/4$ 的自然數倍的膜厚的複數的成膜層構成。

據此，本案發明的多層膜濾光片在成膜初期的不穩定期間中，藉由形成對測定光的波長 $\lambda$ ， $\lambda/4$ 的自然數倍的膜厚的層，在基板上可令初期層(僅形成於基板表面上的最初的膜，或者由最初的膜到預定的數層)的成膜中的透過率變化的尖峰點為成膜終了點，可精度佳地形成此初期層的膜厚，而且在之後的穩定期間中，因形成對測定光的波長 $\lambda$ ， $\lambda/4$ 的非自然數倍的膜厚的層，故利用配合(fitting)的膜厚的預測容易，成為基板上的各層藉由高精度的膜厚控制生成，具有作為對應所設計的特性的濾光片而製造的效果。

而且，依照本發明的光通訊模組，其特徵為：

具有上述多層膜濾光片，與光結合於前述多層膜濾光片的至少一個其他光元件構成的光處理單元，配設對前述光處理單元入射光的入射口，與取出輸出光的射出口。

此外，依照本發明的光通訊模組，其特徵為：

(9)

前述光元件為光放大器，藉由前述多層膜濾光片平坦化前述光放大器的輸出增益。

據此，本發明的光通訊模組因使用高精度形成的多層膜濾光片，故可容易得到對應像平坦化光放大器的輸出的增益的設計的 GFF 濾波器等。

而且，依照本發明的多層膜濾光片的製造方法，其特徵包含：

在基板上形成由具有對預定的波長  $\lambda$ ， $\lambda/4$  的自然數倍的膜厚的至少一層構成的第一成膜層的過程；以及

在前述第一成膜層之上形成由具有對前述波長  $\lambda$ ， $\lambda/4$  的非自然數倍的膜厚的至少一層構成的第二成膜層的過程。

再者，依照本發明的多層膜濾光片的製造方法，前述波長  $\lambda$  為前述多層膜濾光片的使用波長域內的波長。

此外，依照本發明的多層膜濾光片的製造方法，其特徵為：以前述預定的波長  $\lambda$  的光作為監控光(測定光)使用，在前述各層的成膜中藉由測定來自前述監控光的各層的透過光量或反射光量，求出成膜中的層的膜厚。

據此，本案發明的多層膜濾光片的製造方法在基板表面中的成膜初期的不穩定期間中，藉由形成對測定光的波長  $\lambda$ ， $\lambda/4$  的自然數倍的膜厚的層當作第一層，可令基板上的成膜的透過率變化的尖峰點為成膜終了點，可精度佳地形成此層的膜厚。

而且，本案發明的多層膜濾光片的製造方法在之後的

(10)

穩定期間，因形成對測定光的波長  $\lambda$ ， $\lambda/4$  的非自然數倍的膜厚的層，故利用配合 (fitting) 的膜厚的預測容易，成為基板上的各層藉由高精度的膜厚控制生成，具有作為對應所設計的特性的濾光片而製造的效果。

### 【實施方式】

以下參照圖 1 至圖 2 說明本發明的實施形態。圖 1 是顯示本發明的第一實施形態的多層膜濾光片 20 的膜構成的圖，作為以波長  $1.55 \mu\text{m}$  的光為對象的光通訊用的增益平坦化濾波器而設計/製造。

在接連於厚度  $6 \mu\text{m}$  的玻璃基板 1 的最下層，配設有用以緩和與本發明有關的膜厚的測定誤差的影響的緩和層 4。在緩和層 4 上疊層屈折率不同的兩層 (低屈折率層 3 與高屈折率層 2) 各 35 層合計 70 層，構成多層膜 5。此處，高屈折率層 2 採用  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  (屈折率 2.05)，低屈折率層 3 採用  $\text{SiO}_2$  (屈折率 1.46)。緩和層 4 的材料與高屈折率層 2 相同以  $\text{Ta}_2\text{O}_5$ ，令其厚度為  $1.5 \mu\text{m}$ 。

本實施形態的多層膜濾光片 20 是藉由離子束濺鍍 (IBS) 形成各薄膜層。在真空反應室內放置鉭 (Ta) 與矽 (Si) 兩個靶 (target)，供給氧作為反應氣體，使各個氧化物的薄膜沉積於基板 1 上。在成膜裝置配置膜厚的測定手段以監視成膜中的膜厚。選擇靶的任一方進行成膜，在成為預定的膜厚的時點切換成他方的靶。重複此作業預定次數可得到作為目的多層膜濾光片 20。

(11)

圖 2A、B 為上述製造方法中的在途中的製程的膜構成的剖面。圖 2A 是顯示由第一製程的  $Ta_2O_5$  構成的緩和層 4 的成膜終了了的階段。圖 2B 是顯示第二製程的重複疊層屈折率不同的兩層(低屈折率層 3 與高屈折率層 2)的製程的形成有最初的兩層的階段。以後以同樣的條件交互疊層低屈折率層 3 與高屈折率層 2，最終成為圖 1 的構成。

在多層膜濾光片 20 的製造所使用的成膜裝置中，對於緩和層 4 的形成約需 5 小時，而基板溫度在其間由初期溫度約上升  $14^{\circ}C$ ，然後穩定。基板溫度的上升動向顯示於圖 3。溫度上升的舉動若成膜裝置的運轉條件(離子束輸出、真空度、氣體流量等)為同一的話，製造習知例的多層膜濾光片 10 的情形也一樣。因基板厚度藉由此溫度上升而增加約  $0.7 \mu m$ ，故對於以透過光量測定的膜厚可預料包含最大 5% 的誤差。於此期間如習知例令各層的厚度為  $\lambda/4$  而疊層的情形，成為至少存在數層，因在各個界面中的干涉的狀況與設計值不同，故成為作為濾光片的特性大大地脫離設計值。

本發明的多層膜濾光片 20 在接連於基板的最下層具有厚度  $1.5 \mu m$  的緩和層 4。由基板厚度的變化造成的膜厚的測定誤差同樣存在，惟因該誤差隨著溫度接近穩定值而減少，故對  $1.5 \mu m$  的膜厚為約 0.1% 左右。而且，因界面不存在不引起干涉，故厚度  $1.5 \mu m$  的層即使僅其比例變動也幾乎無給予濾光片性能的影響。

比較得到的多層膜濾光片的透過特性的一例與習知例

(12)

顯示於圖 4。虛線為欲得到的多層膜濾光片的透過特性，即設計值。標示▲以及○的圖分別為習知例以及本發明的多層膜濾光片 20 的透過特性。此處，在習知例採用在圖 1 的膜構成中僅僅無緩和層 4，其他則完全相同的構成。

在習知例(▲)中，起因於上述初期的膜厚的測定誤差，波長約 5nm 長在波長側移位(shift)由設計值偏移。如果依照透過特性的模擬，▲的線大致對應假想形成於初期的數層的膜厚約變動 5%，然後如其設計值的情形的特性。另一方面，在本發明的多層膜濾光片 20(○)，波長移位收斂於 0.1nm 以內，幾乎與設計值重疊。由此結果可推算緩和層 4 上的各層的膜厚誤差進入 0.05%以內。即初期的膜厚的誤差僅在緩和層 4 發生，而且藉由設定於不影響透過特性的厚度，成為可判定實質上無來自設計值的偏移的多層膜濾光片 20。

圖 5 為使用本發明的多層膜濾光片 20 的光學零件的例子顯示組合光纖 32、透鏡 31 構成濾光片模組 30 的例子。濾光片的配置可與習知例完全一樣地進行。

參照圖面說明本發明的其他實施形態。

圖 7 是顯示成膜裝置的實施形態的構成圖。在圖中 120 為反應室，121 為形成有多層膜濾光片的透明基板(玻璃基板等)，122 為對反應室 120 內導入混入於形成的膜的預定的氣體的氣體導入裝置，123 為濺鍍槍，124 為具有在基板成膜的膜的成膜材料的靶，125 為為了提高膜質在基板 121 表面照射離子束的加速槍，126 為放射預定的波

(13)

長  $\lambda$  的測定光的光源，127 為反射由光源 126 放射的測定光透過到基板 121 的鏡子，128 為反射透過基板 121 以及形成的膜的層的測定光的鏡子，129 為測定來自鏡子 128 的測定光的光量變化的光學式監視器。

此測定光的波長是由構成多層膜濾光片的各層的波長域選擇使用與形成於基板 121 表面的初期層(包含第一層)同一的波長。

圖 6 是模式地顯示依照本發明的實施形態的多層膜濾光片的構造。如圖示在基板 121 表面配設有規則層 131(對測定光的波長  $\lambda$ ， $\lambda/4$  的自然數倍的膜厚的層由複數層構成)作為初期層。此規則層 131 為由前述複數層具有規則性的膜(對測定光的波長  $\lambda$ ， $\lambda/4$  的自然數倍的膜)構成的層。即規則層 131 為具有由欲形成的多層膜濾光片的使用波長域的波長對作為測定光而選擇的波長  $\lambda$ ，成為  $\lambda/4$  的自然數倍的膜厚的薄膜構成的層。因此，多層膜中的各層的膜厚為在形成於基板 121 表面的層的膜厚所使用的測定光的波長  $\lambda$  時，用以成為  $\lambda/4$  的整數倍而預先進行設計。

而且在圖示的例子中，規則層 131 是藉由高屈折材料(高屈折材料為  $\text{TiO}_2$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{ZrO}_2$  等)，低屈折材料(低屈折材料為  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{MgF}_2$  等)交互疊層成膜下薄膜作為複數膜的層而配設，惟使用高屈折材料或低屈折材料僅配設一層的薄膜而構成也可以。

在此規則層 131 之上配設有不規則層 132(第二成膜層)。不規則層 132 是由具有前述的不規則膜的複數層構成的



(14)

層構成。即成爲由具有對由作爲濾光片使用的波長域選擇的測定光的波長 $\lambda$ ， $\lambda/4$ 的非自然數倍的膜厚的層包含一層以上的數十層構成的複數層構成。此不規則層 132 是交互疊層高屈折材料與低屈折材料而構成。

而且，配設作爲初期層的規則層 131，並且更於不規則層 132 之上或於不規則層 132 之間至少配設一層其他規則層成三明治(sandwich)狀也可以。而且，不規則層 132 至少配設一層也可以。

如果依照上述構成，因在成膜初期的不穩定期間形成規則層 131，可令光學式監視器 129 所檢測的透過基板 121 的測定光的透過率變化的尖峰點爲成膜終了點來使用。因此，藉由本發明的多層膜濾光片的構成，在基板 121 表面中可精度佳地形成此規則層 131 的膜厚。而且，因在規則層 131 的形成後的穩定期間形成不規則層 132，故利用不規則層 132 的配合(fitting)的膜厚的預測容易，可確實地捕捉成膜終了點，可進行高精度的膜厚控制。

此外，根據各層的形成時間，使規則層 131 的膜厚或規則層 131 的層數對應製造裝置固有的不穩定期間的長度即由成膜開始到成膜狀態穩定的期間爲止的時間而設定。

其次說明適用本發明試作 GFF 的例子。

在本試作中以形成四層規則層 131 者，令各膜厚爲 $\lambda/4$ 。而且，高屈折材料使用  $Ta_2O_5$  低屈折材料使用  $SiO_2$ ，藉由離子束濺鍍裝置交互成膜。而且，膜厚的監控光使用 $\lambda = 1545\text{nm}$  的波長。各層的膜厚根據此 $\lambda$ 直接測定。

(15)

圖 8 顯示伴隨著適用本實施形態的情形的成膜的進行的基板 121 的監控光的透過率變化。

如圖示因成膜初期的不穩定性的影響使資料紊亂。但是，在此初期的階段因形成規則層 131，故可以透過率變化的尖峰點作為成膜終了點。此結果如圖 9A 所示，可製作設計時與實測時的結果非常一致的高精度的 GFF。

為了比較，顯示不使用本發明以所有層為不規則層的習知的 GFF 的試作結果於圖 9B。如圖示設計時與實測時的結果大大地偏移。解析此原因的結果判明在形成於初期的不穩定期間的層發生的 3~4%左右的膜厚誤差成為大的要因。

其次說明適用本發明試作邊緣濾波器的例子。

在本試作中令規則層 131 為一層，令膜厚為  $\lambda/4$  的 5 倍。圖 10A 是顯示試作結果。如圖示可製作設計時與實測時的結果非常一致的高精度的邊緣濾波器。

而且為了比較，顯示不使用本發明以所有層為不規則層的習知的邊緣濾波器的試作結果於圖 10B。如圖示設計時與實測時的結果偏移。解析此原因的結果判明在形成於初期的不穩定期間的層的膜厚厚地形成 2~3%左右。

如果依照上述 GFF 與邊緣濾波器的試作結果，本發明的成膜方法在上述成膜初期的不穩定的膜形成期間中，藉由令形成的層的膜厚為對測定光的波長  $\lambda$ ， $\lambda/4$  的自然數倍，可藉由尖峰點的檢測檢測出成膜的終了，可降低初期層的膜厚誤差，可非常有效地確認光學濾光片的製造。

(16)

其次說明依照本發明的實施形態的光通訊模組。

以前述多層膜濾光片為高精度 GFF 使用的光通訊模組的實施形態，可構成例如光結合 GFF 與光放大器等的光元件，構成光處理單元，在此光單元配設輸入光的入射口與被光處理的輸出光的射出口而成的光通訊模組。

再者其他實施形態，令前述多層膜濾光片為高精度的 GFF、邊緣濾波器而利用的光通訊模組的實施形態有在例如圖 11 的光通訊系統中的本局 A、B 間中介光訊號的轉發局 101。

即圖 11 的光 BPF 為在媒質貼附有多層薄膜的光 BPF114、115、116、117 而構成的帶通濾波器。例如在此光 BPF 輸入有波長  $\lambda_1 \sim \lambda_5$  的光訊號，在 BPF114、115、116、117 分離成各個波長  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 、 $\lambda_4$ 、 $\lambda_5$  的光訊號而輸出。

因此，上述光 BPF 將具有輸入的複數波長的光訊號分離成各個波長的光訊號而輸出。

而且在圖 11 中，光學濾光片的 Z 濾波器(邊緣濾波器)以及 BFF 是在進行光通訊的情形下傳送的光訊號的強度衰減時，在放大衰減的光強度的轉發局使用。

Z 濾波器 102、103、104 為預定的波長的反射率被調整者，控制各波長的光訊號的透過。例如 Z 濾波器 102 對 C 帶以及 L 帶的波長的反射率高僅 S 帶透過，使光訊號入射到纖維式放大器(fiber amplifier)(對應 S 帶的波長的光放大器)105。而且，Z 濾波器 103 對 S 帶以及 C 帶的波長

(17)

的反射率高僅使 L 帶的光訊號透過。

據此，Z 濾波器 103 對纖維式放大器 106(對應 C 帶的波長的光放大器)入射 S 帶以及 C 帶的波長的光訊號，惟因 S 帶的光藉由 Z 濾波器 102 入射到纖維式放大器 105，故實質上僅 C 帶的光訊號入射到纖維式放大器 106。

Z 濾波器 104 對 S 帶、C 帶以及 L 帶的波長的反射率高，使 S 帶、C 帶以及 L 帶的光訊號反射。此處 S 帶是顯示 1450~1485nm 的波長的頻帶的光訊號，C 帶是顯示 1530~1560nm 的波長的頻帶的光訊號，L 帶是顯示 1565~1610nm 的波長的頻帶的光訊號。

纖維式放大器 105、106、107 是分別進行 S 帶、C 帶、L 帶的波長的光訊號的放大，惟增益各因頻帶之中的波長而不同。例如如圖 13B 所示，纖維式放大器 6 的增益的特性並非平坦者，因波長而變動。因此，BFF108、109、110 為光學濾光片，如圖 13B 所示，具有與纖維式放大器 106 的增益特性相反的增益特性，用於使這些每一個纖維式放大器 105、106、107 的放大的光強度平坦。

#### 【發明的功效】

如以上所說明，本發明的多層膜濾光片 20 成膜初期發生的膜厚的測定誤差大致僅顯現於緩和層 4。即誤差的影響被緩和層 4 緩和，而且其膜厚被設定於不影響濾光片特性的範圍。其結果疊層於緩和層 4 上的各層的膜厚被設定於預定的範圍，可實現幾乎無來自設計值的偏移的濾光

(18)

片特性。

而且，本發明的多層膜濾光片的製造方法可容易且再現性良好地獲得具有幾乎無來自設計值的偏移的特性的多層膜濾光片 20。

如果依照本發明，因藉由在成膜初期的不穩定期間形成  $\lambda/4$  的自然數倍的膜厚的層，可令根據來自基板的測定的透過率(或反射率)變化的尖峰點為成膜終了點，故可精度佳地形成此層的膜厚。而且，因在之後的穩定期間形成  $\lambda/4$  的非自然數倍的膜厚的層，故利用配合的膜厚的預測容易，可進行高精度的膜厚控制。因此，如果依照本發明，可得到非常高精度的 GFF 以及邊緣濾波器。

而且，藉由令上述  $\lambda$  為多層膜濾光片使用波長域中的預定波長，可進行更高精度的成膜控制。

再者如果依照本發明，可得到具有高精度的 GFF 的光通訊模組。

#### 【圖式之簡單說明】

圖 1 是顯示本發明的實施形態的多層膜濾光片的膜構成圖。

圖 2 是顯示本發明的多層膜濾光片的製造方法的製程剖面圖。

圖 3 是顯示本發明的多層膜濾光片的製造方法中的基板溫度的變化圖。

圖 4 是顯示本發明的實施形態以及習知例的各多層膜

(19)

濾光片的透過特性圖。

圖 5 是顯示使用本發明的實施形態的多層膜濾光片的濾光片模組的構成圖。

圖 6 是顯示依照本發明的實施形態的多層膜濾光片的側面剖面圖。

圖 7 是顯示成膜裝置的實施形態的構成圖。

圖 8 是顯示伴隨著形成  $\lambda/4$  的規則層四層的情形中的成膜的進行的監控光的透過率變化的特性圖。

圖 9 是顯示適用本發明的 GFF 與不適用的 GFF 的設計時與實測時的透過率變化的特性圖。

圖 10 是顯示適用本發明的邊緣濾波器與不適用的邊緣濾波器的設計時與實測時的透過率變化的特性圖。

圖 11 是顯示使用多層膜濾光片的光通訊系統的例子の方塊圖。

圖 12 是顯示習知例的多層膜濾光片的膜構成的剖面圖。

圖 13 是顯示邊緣濾波器、GFF、BPF 的波長-透過率特性的例子的特性圖。

圖 14 是顯示具有對測定光的波長  $\lambda$ ， $\lambda/4$  的自然數倍以及非自然數倍的膜厚構成的多層膜濾光片的透過率變化的特性圖。

圖 15 是顯示在成膜初期具有對測定光的波長  $\lambda$ ， $\lambda/4$  的非自然數倍的膜厚構成的多層膜濾光片的透過率變化紊亂的特性圖。

(20)

## 【符號說明】

- 1、121: 基板
- 2、12: 高屈折率層
- 3、13: 低屈折率層
- 4: 緩和層
- 5: 多層膜
- 10: 習知例的多層膜濾光片
- 20: 本發明的多層膜濾光片
- 30: 濾光片模組
- 31: 透鏡
- 32: 光纖
- 101: 轉發局
- 102、103、104、111、112、113: 邊緣濾波器(邊緣)
- 105、106、107: 光放大器
- 108、109、110: GFF
- 114、115、116、117: BPF
- 120: 反應室
- 122: 氣體導入裝置
- 123: 濺鍍槍
- 124: 靶
- 125: 加速槍
- 126: 光源
- 127、128: 鏡子
- 129: 光學式監視器

(21)

131: 規則層

132: 不規則層



#### 肆、中文發明摘要

發明之名稱：多層膜濾光片及其製造方法與使用此多層膜濾光片的光學零件

##### 【課題】

提供具有使起因於成膜初期的基板的溫度上升的膜厚的測定誤差的影響極小化的幾乎無來自設計值的偏移的特性的多層膜濾光片。

##### 【解決手段】

一種多層膜濾光片 20，由在基板 1 上重複疊層有屈折率不同的複數個電介質材料的薄膜的多層膜 5 構成，在位於基板 1 近旁的多層膜 5 的下層部配設用以緩和起因於成膜初期的基板 1 的溫度上升的膜厚的測定誤差的影響的由單一材料構成的厚度 1 至 10  $\mu$  m 的範圍的緩和層 4。

#### 伍、英文發明摘要

發明之名稱：

陸、(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：

- |    |            |
|----|------------|
| 1  | 基板         |
| 2  | 高屈折率層      |
| 3  | 低屈折率層      |
| 4  | 緩和層        |
| 5  | 多層膜        |
| 20 | 本發明的多層膜濾光片 |

柒、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(1)

**拾、申請專利範圍**

1. 一種多層膜濾光片，其特徵為：

由基板與接連於該基板的一表面而配設的重複疊層有屈折率不同的複數個電介質材料的薄膜的多層膜構成，在位於該基板近旁的該多層膜的下部層具有用以緩和因溫度的變化造成的膜厚的測定誤差的影響的由單一材料構成的緩和層。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之多層膜濾光片，其中該緩和層的膜厚位於 1 至 10  $\mu\text{m}$  的範圍。

3. 如申請專利範圍第 2 項所述之多層膜濾光片，其中該電介質材料為兩種類，一方形成高屈折率層他方形成低屈折率層，各層交互疊層，該緩和層位於接連於該基板的最下層，由兩種類的該電介質材料之任一方構成。

4. 如申請專利範圍第 3 項所述之多層膜濾光片，其中該高屈折率層的材料為氧化鉬 ( $\text{Ta}_2\text{O}_5$ ) 或氧化鈦 ( $\text{TiO}_2$ ) 的任一方，該低屈折率層的材料為氧化矽 ( $\text{SiO}_2$ )。

5. 如申請專利範圍第 4 項所述之多層膜濾光片，其中該緩和層的光學膜厚  $d$  對入射的光的波長  $\lambda$  為

$$d=2m(\lambda/4) \quad (m \text{ 爲正的整數})。$$

6. 一種多層膜濾光片的製造方法，其特徵包含：

在基板的一面形成用以緩和因溫度的變化造成的膜厚的測定誤差的影響的緩和層的第一製程；以及

在該緩和層的頂面交互疊層屈折率不同的兩種類的電介質材料的薄膜的第二製程，其中

(2)

該第一製程是該基板的溫度由其初期值上升到略穩定值為止連續進行，該第二製程接著該第一製程在該略穩定值的溫度中進行。

7. 一種光學零件，其特徵為以申請專利範圍第 1 項所述之多層膜濾光片為構成要素。

8. 一種多層膜濾光片，由基板與形成於該基板上的多層膜構成，其特徵為：

該多層膜是由形成於該基板表面的第一成膜層與形成於此第一成膜層上的第二成膜層構成，該第一成膜層為以具有對預定的波長  $\lambda$ ， $\lambda/4$  的自然數倍的膜厚的層構成，

該第二成膜層為至少包含一個對該波長  $\lambda$ ， $\lambda/4$  的非自然數倍的膜厚的層而構成。

9. 如申請專利範圍第 8 項所述之多層膜濾光片，其中該波長  $\lambda$  為該多層膜濾光片的使用波長域內的波長。

10. 如申請專利範圍第 8 項所述之多層膜濾光片，其中該第一成膜層是由具有對該波長  $\lambda$ ， $\lambda/4$  的自然數倍的膜厚的複數的成膜層構成。

11. 一種光通訊模組，其特徵為：

具有由申請專利範圍第 8 項所述之多層膜濾光片，與光結合於該多層膜濾光片的至少一個其他光元件構成的光處理單元，配設對該光處理單元入射光的入射口，與取出輸出光的射出口。

12. 如申請專利範圍第 11 項所述之光通訊模組，其中該光元件為光放大器，藉由該多層膜濾光片平坦化該光

(3)

放大器的輸出增益。

13. 一種多層膜濾光片的製造方法，其特徵包含：

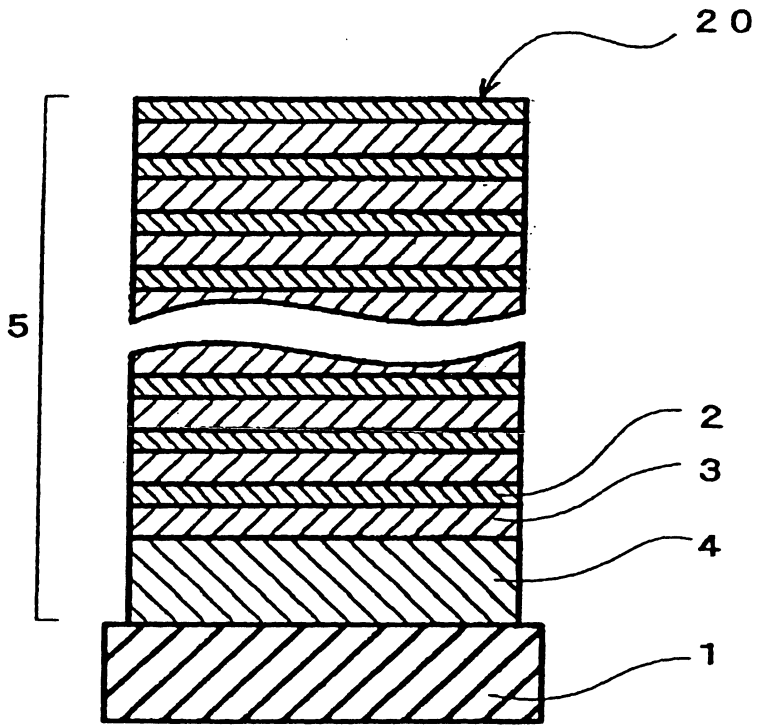
在基板上形成由具有對預定的波長  $\lambda$ ， $\lambda/4$  的自然數倍的膜厚的至少一層構成的第一成膜層的過程；以及

在該第一成膜層之上形成由具有對該波長  $\lambda$ ， $\lambda/4$  的非自然數倍的膜厚的至少一層構成的第二成膜層的過程。

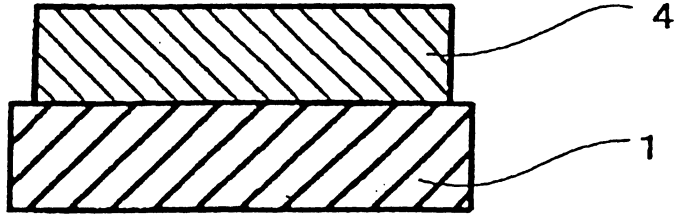
14. 如申請專利範圍第 13 項所述之多層膜濾光片的製造方法，其中該波長  $\lambda$  為該多層膜濾光片的使用波長域內的波長。

15. 如申請專利範圍第 13 項所述之多層膜濾光片的製造方法，其中以該波長  $\lambda$  的光作為監控光使用，在該各層的成膜中藉由測定來自該監控光的各層的透過光量或反射光量，求出成膜中的層的膜厚。

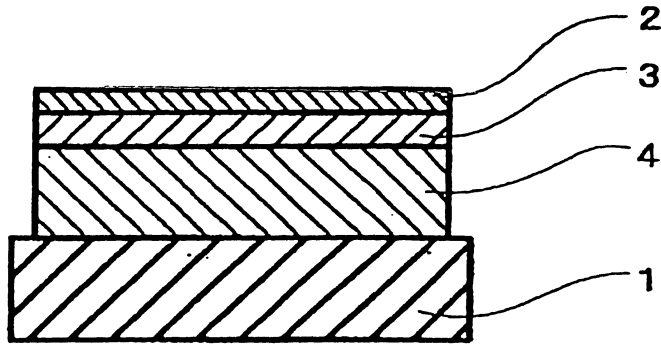
第 1 圖



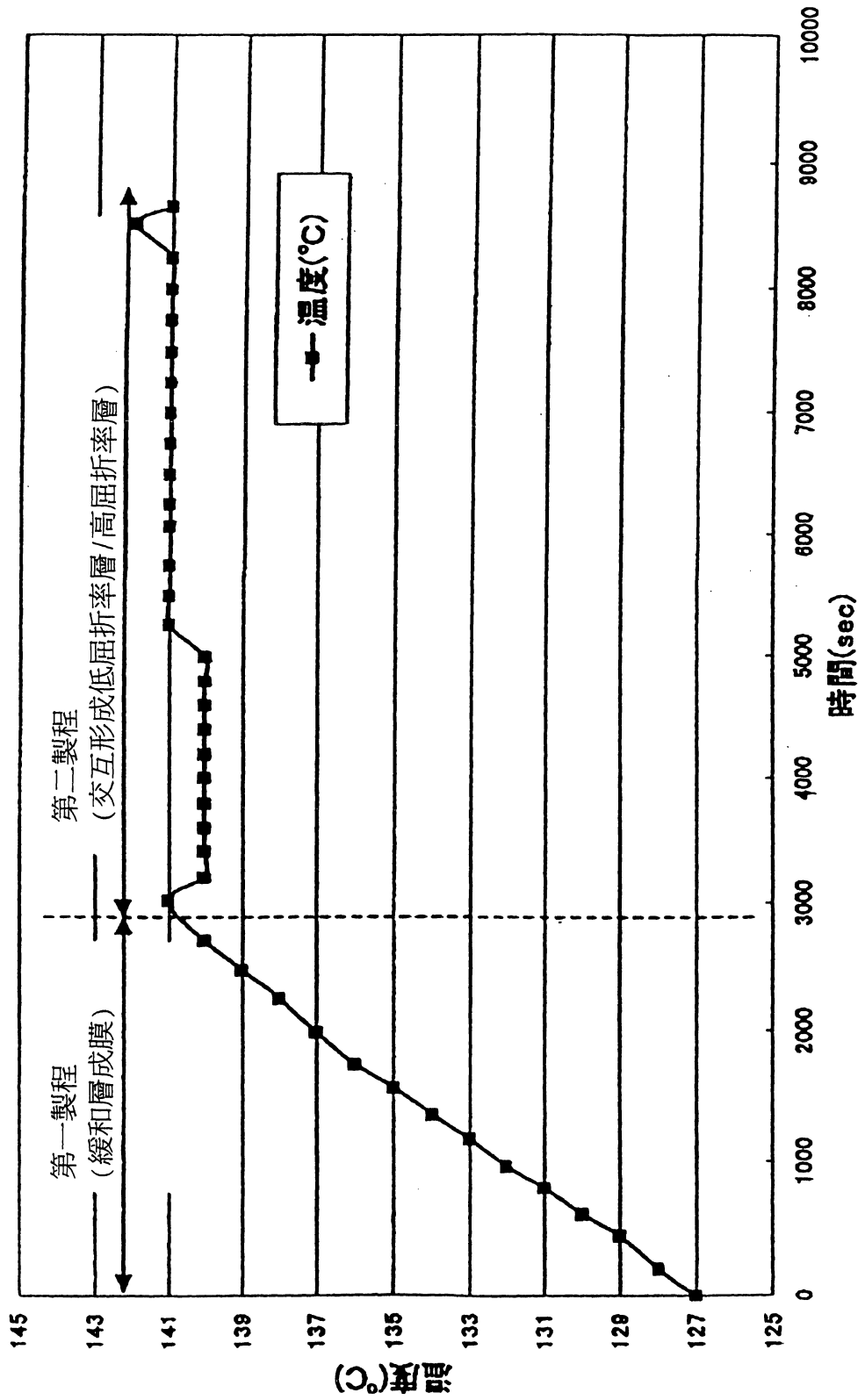
第 2A 圖



第 2B 圖

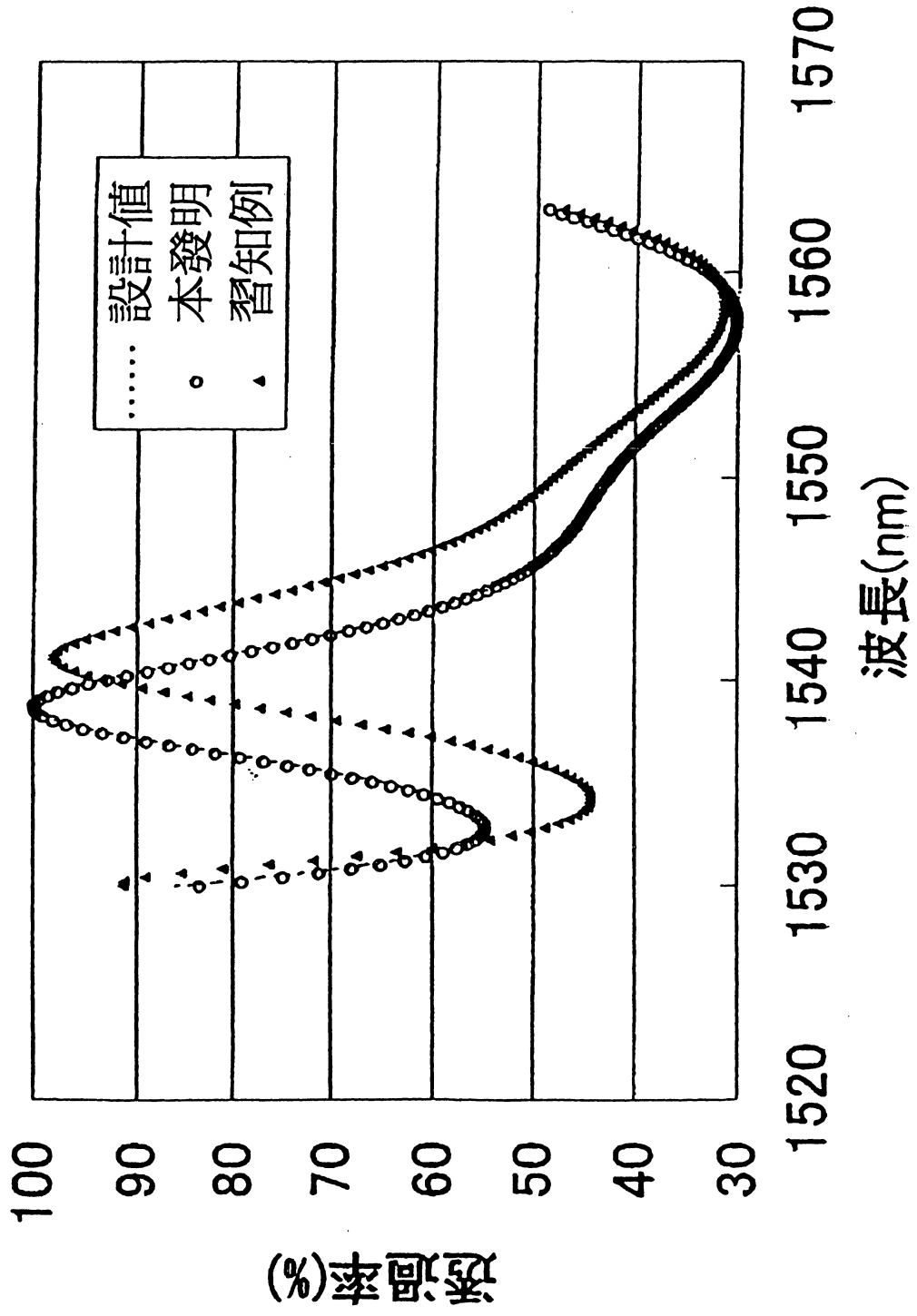


第3圖

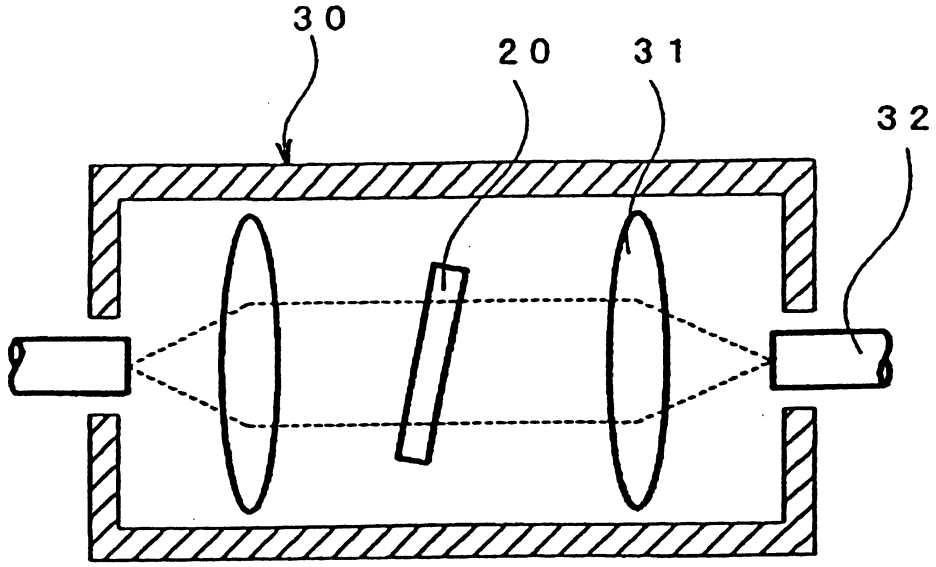




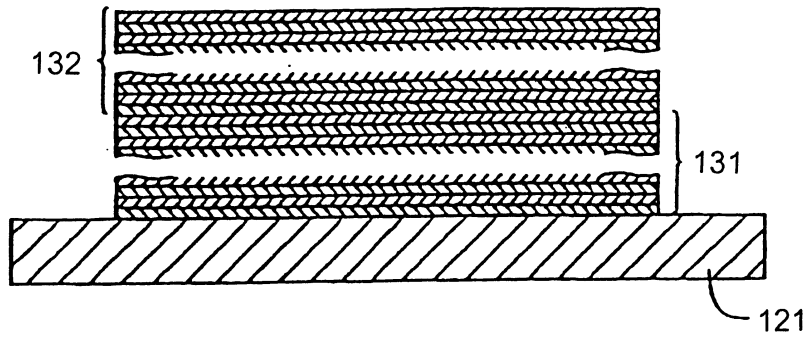
第 4 圖



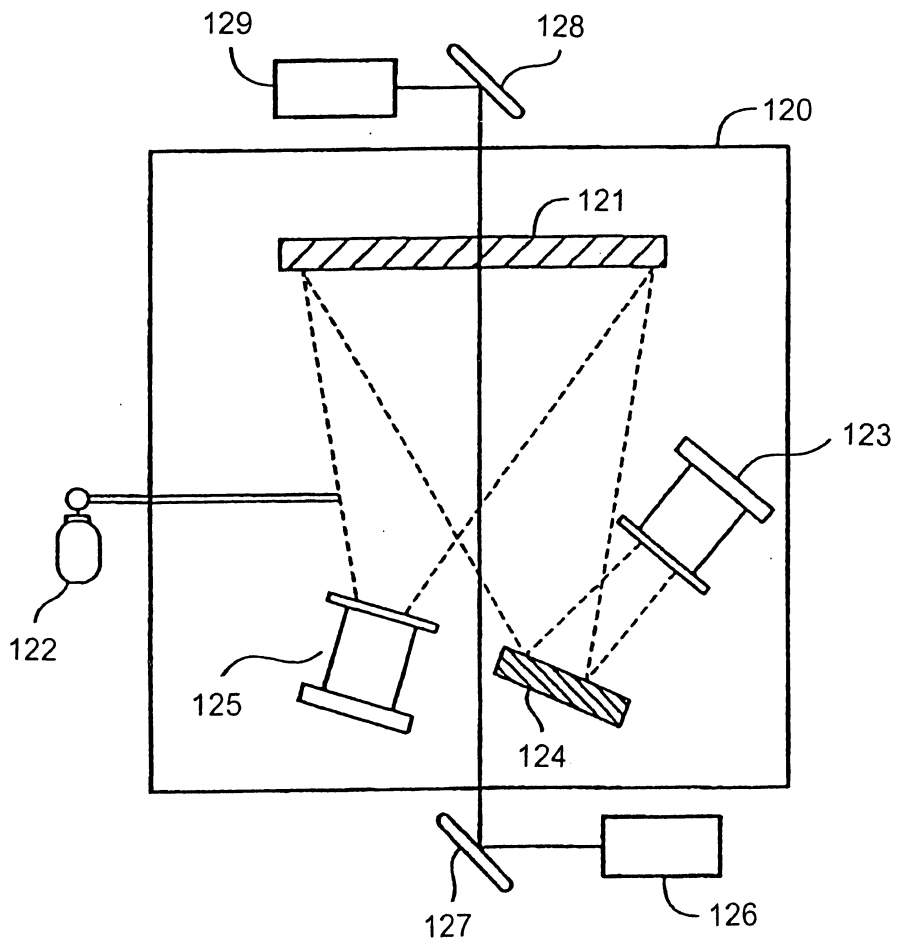
第 5 圖



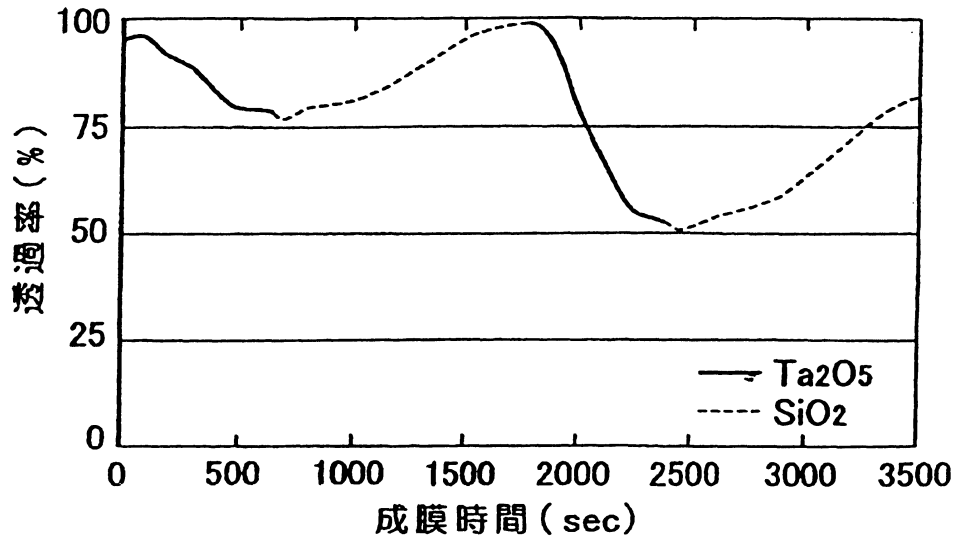
第 6 圖



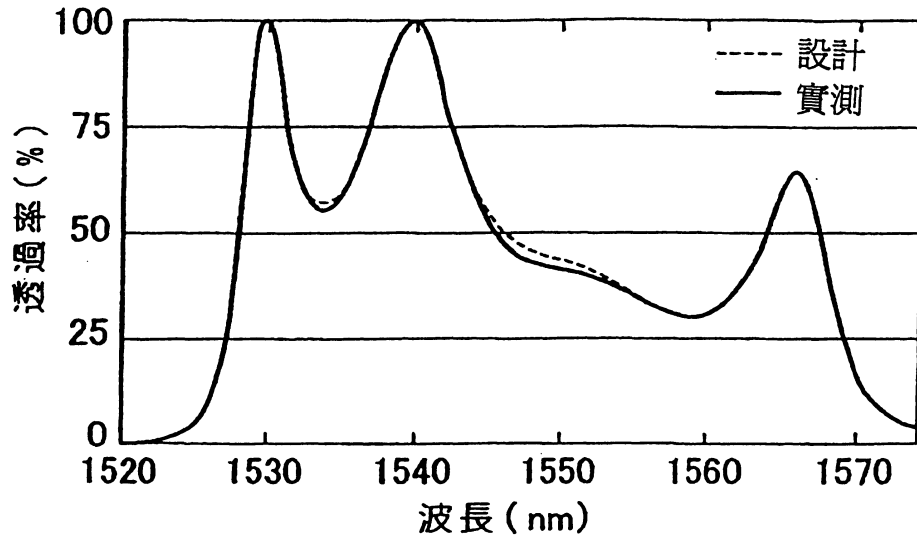
第 7 圖



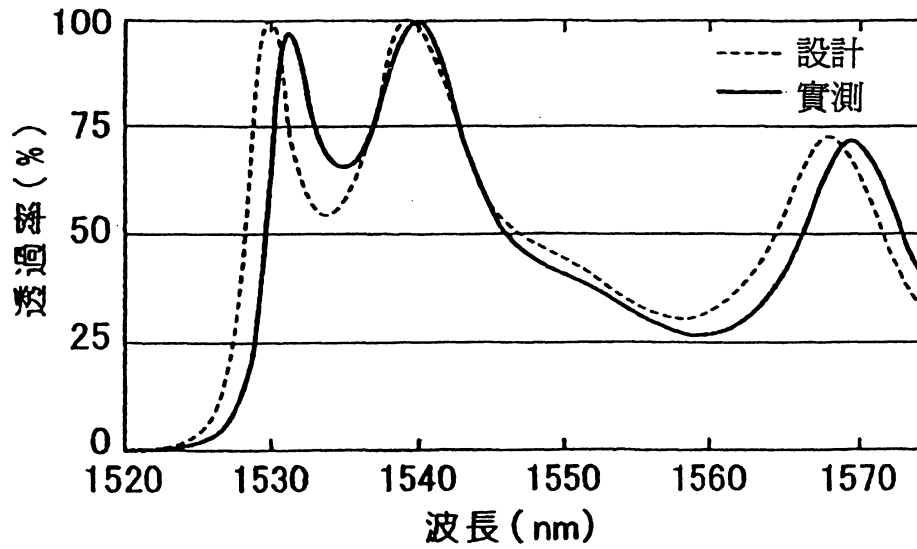
第 8 圖



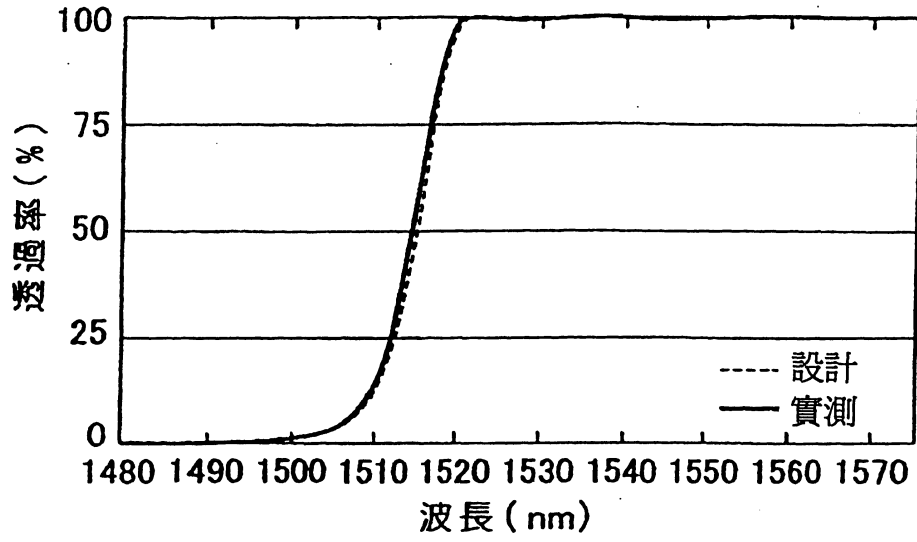
第 9A 圖



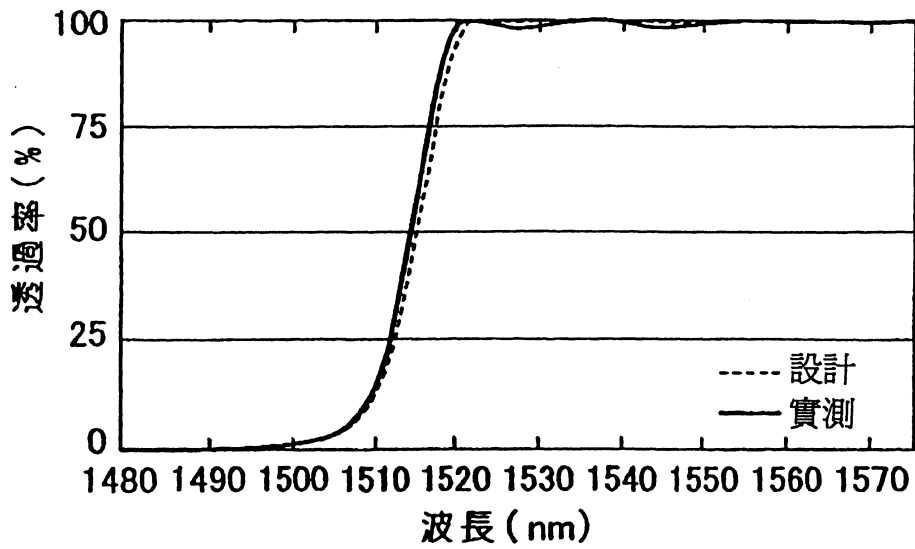
第 9B 圖



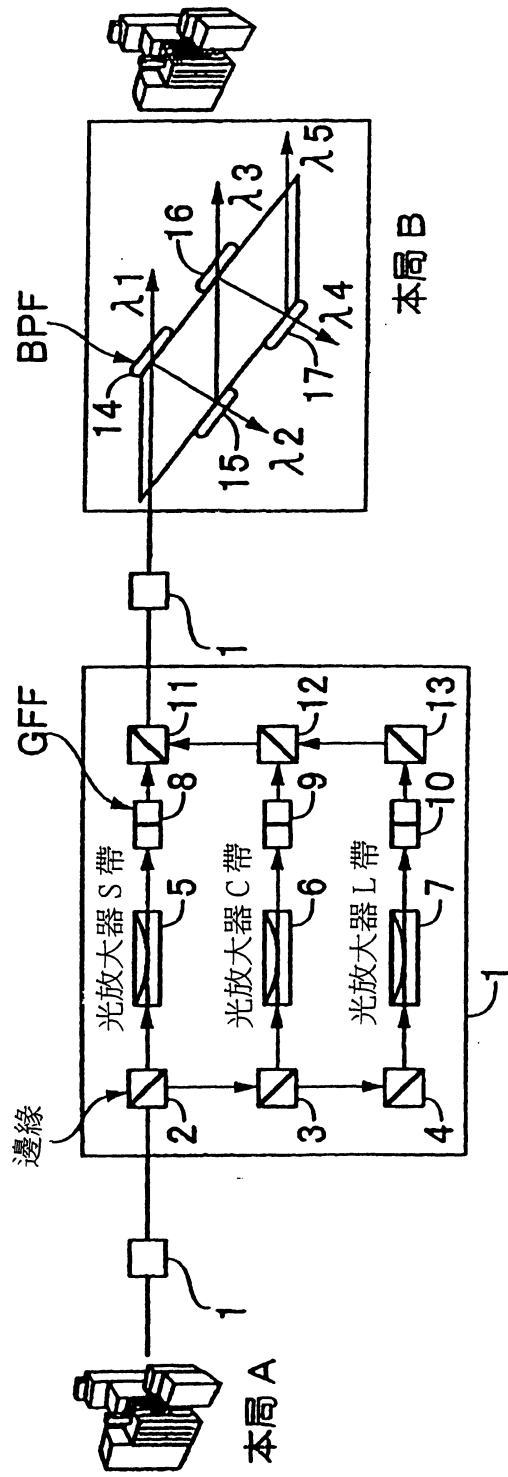
第 10A 圖



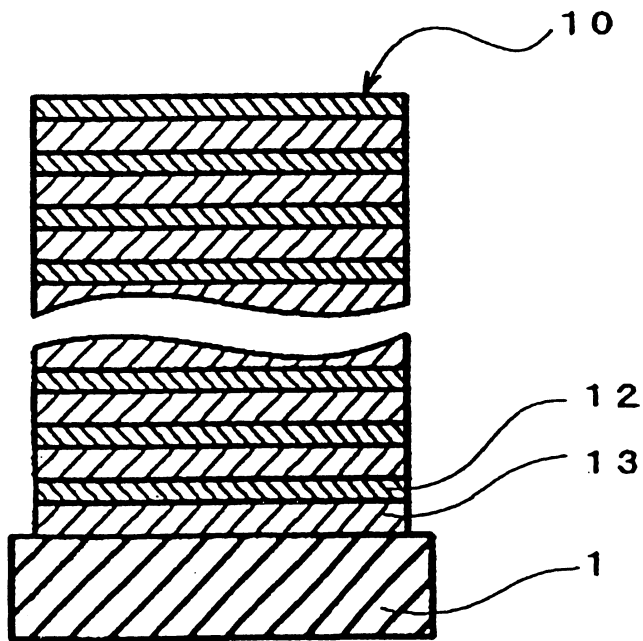
第 10B 圖



第 11 圖

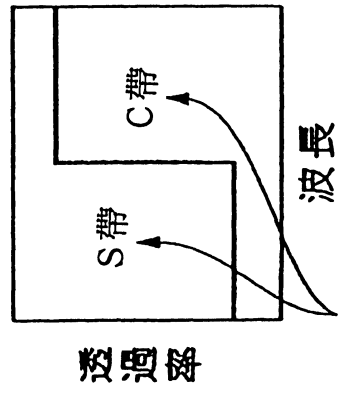


第 12 圖



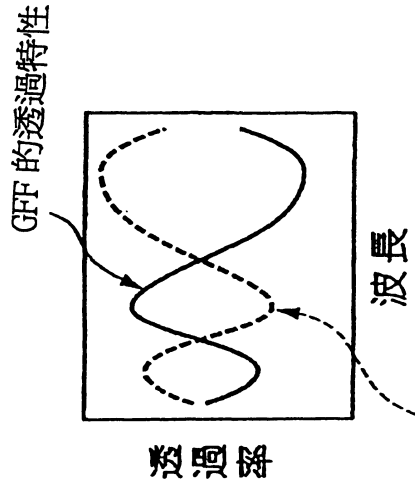


第 13A 圖



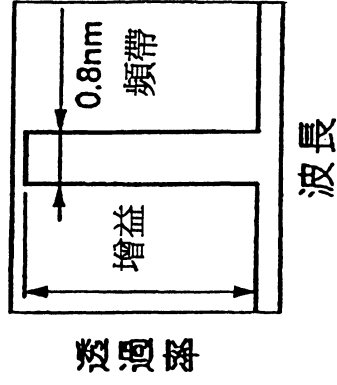
光放大器的放大頻帶

第 13B 圖

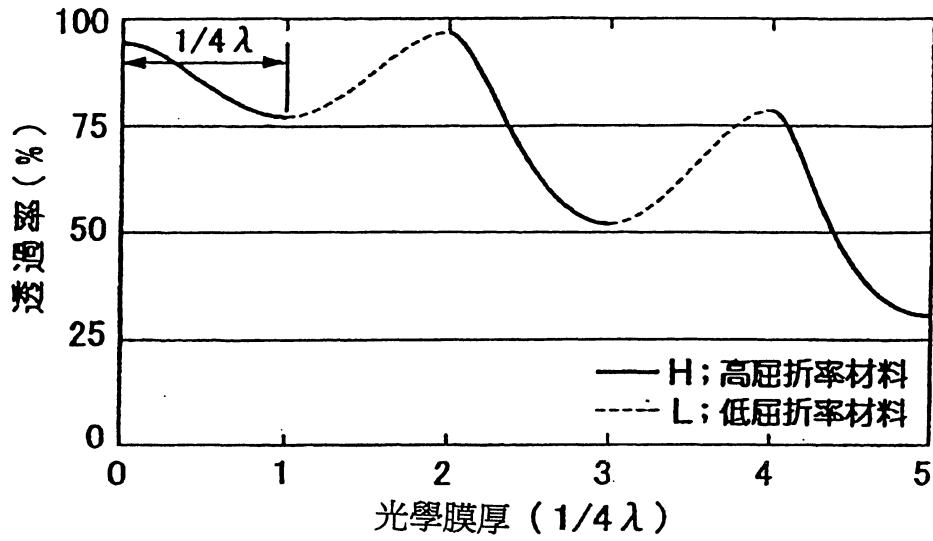


光放大器的放大增益

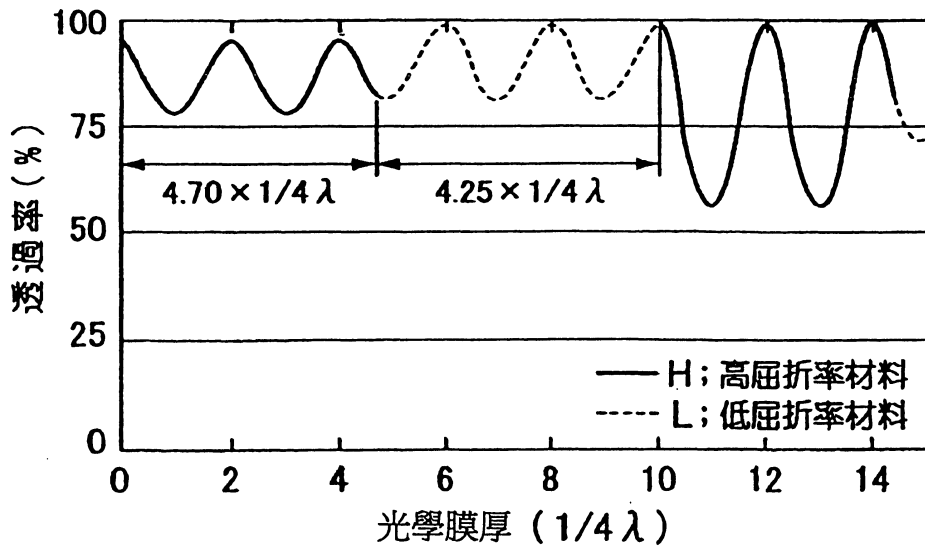
第 13C 圖



第 14A 圖



第 14B 圖



第 15 圖

