

公 告 本

申請日期	2000. 12. 19
案 號	89127199
類 別	G02B6/16

A4
C4

452663

(以上各欄由本局填註)

TP14520

發 明 專 利 說 明 書

一、發明 名稱	中 文	色散補償光纖以及含有該色散補償 光纖之光學傳輸線及色散補償模組
	英 文	DISPERSION-COMPENSATING OPTICAL FIBER, AND, OPTICAL TRANSMISSION LINE AND DISPERSION-COMPENSATING MODULE RESPECTIVELY INCLUDING THE SAME
二、發明 創作人	姓 名	1. 加藤考利 2. 平野正晃
	國 籍	1. 日本 2. 日本
	住、居所	1. 神奈川縣横浜市榮區田谷町 1 番地 住友電氣工業株式會社 横浜製作所內 2. 同上
三、申請人	姓 名 (名稱)	住友電氣工業股份有限公司 (住友電氣工業株式會社)
	國 籍	日 本
	住、居所 (事務所)	大阪府大阪市中央區北浜四丁目 5 番 33 號
	代 表 人 姓 名	岡山紀男

裝

訂

線

452663

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大類：
IPC分類：

A6

B6

本案已向：

日本 國(地區) 申請專利，申請日期： 案號： ，☒有 ☐無主張優先權

2000 年 4 月 11 日特願 2000-109730

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)

發明背景

發明領域

本發明係有關一種用於補償色散-偏移光纖之單色光色散以及色散斜率的色散補償光纖，包含色散-偏移光纖及色散補償光纖之光學傳輸線，以及藉由像線圈般纏繞色散-偏移光纖而形成的色散補償模組。

相關技術說明

爲了在用來施行波長分割倍增(WDM)式光學傳輸之光學傳輸系統中進一步達成更高速率及更大容量，重要的是使寬信號波長能帶內所累積之單色光色散的絕對值愈小愈好。一般而言，由於這很難於只使用一種光纖之光學傳輸線中達成，故已連接許多光纖以建進一種光學傳輸線，因此於該寬能帶內降低了光學傳輸線所累積之單色光色散的絕對值。

例如，日本公開專利申請案第平 6-11620 號文件中揭示了一種技術，其中係使具有靠近 1.3 微米波長之零-色散波長的標準單-模光纖(SMF)與在 1550 奈米波長上用來補償這種標準單-模光纖之單色光色散的色散補償光纖(DCF)相互連接，以便於 1.55 微米之波長能帶內降低了藉由如是連接光纖而建造之光學傳輸線上所累積之單色光色散的絕對值。

同時，美國專利第 5,838,867 號文件中揭示了一種技術，其中係使在 1550 奈米波長上具有很小之正單色光色散的非零-色散-偏移光纖(NZDSF)與用來補償這種色散-

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

換

五、發明說明(2)

偏移光纖之色散斜率之色散補償光纖相互連接，以便於 1.55 微米之波長能帶內降低了藉由如是連接光纖而建造之光學傳輸線上所累積之單色光色散的絕對值。

這裡，將 1550 奈米波長上標準單-模光纖之單色光色散稱爲 D_{SMF} ，並將其色散斜率稱爲 S_{SMF} ，將 1550 奈米波長上非零-色散-偏移光纖(NZDSF)之單色光色散稱爲 DDM，並將其色散斜率稱爲 S_{DMF} 。將 1550 奈米波長上色散補償光纖(DCF)之單色光色散稱爲 DDCF，並將其色散斜率稱爲 S_{DCF} 。然後，爲了在包含 1.55 微米之波長的寬能帶內降低光學傳輸線上所累積之單色光色散的絕對值，需要於色散補償光纖(以下稱爲「SMF 用色散補償光纖」)內同時作單-模光纖之單色光色散及色散斜率補償，使其色散斜率 S_{DCF} 對單色光色散 D_{DCF} 之比值(S_{DCF}/D_{DCF})實質上等於單-模光纖之色散斜率 S_{DMF} 對單色光色散 DDM 之比值(S_{DMF}/DDM)。同時，需要於色散補償光纖(以下稱爲「DSF 用色散補償光纖」)內同時作色散-偏移光纖之單色光色散及色散斜率補償，使其色散斜率 S_{DCF} 對單色光色散 D_{DCF} 之比值(S_{DCF}/D_{DCF})實質上等於色散-偏移光纖(DSF)之色散斜率 S_{DSF} 對單色光色散 D_{DSF} 之比值(S_{DSF}/D_{DSF})。

發明概述

本發明的發明人已對習知光學傳輸線作了詳細的研究，結果發現了下列問題。

較之標準單-模光纖，色散-偏移光纖會在 1550 奈米波

五、發明說明 (3)

長上具有較大的比值 (S_{DSF}/D_{DSF})。因此，必需使 DSF 用色散補償光纖比 SMF 用色散補償光纖在 1550 奈米波長上具有較大的比值 (S_{DSF}/D_{DSF})。

日本公開專利申請案第平 6-11620 號文件中所揭示的 SMF 用色散補償光纖會在具有靠近 1.3 微米波長之零-色散波長的標準單-模光纖 (SMF) 上補償其單色光色散並在 1550 奈米波長上使之具有很大的單色光色散，且含有具較大絕對值之負單色光色散。因此，這種 SMF 用色散補償光纖係適用對標準單-模光纖進行單色光色散的補償。不過，這種 SMF 用色散補償光纖不足以補償其色散斜率。

另一方面，美國專利第 5,838,867 號文件中所揭示的 DSF 用色散補償光纖能夠同時為在 1550 奈米波長上具有很小之正單色光色散的非零-色散-偏移光纖作單色光色散及色散斜率的補償。由於這種 DSF 用色散補償光纖含有具較小絕對值之負單色光色散，故需要很長的 DSF 用色散補償光纖以便同時對非零-色散-偏移光纖進行單色光色散及色散斜率的補償。

例如，於 S.Bingo 等人發表於 EOCC'99, PD(1999) 標題為「在 10 Gbit/s 下跨越 4×100 公里之 TeraLig15t (商標名) 光纖之 150 通路 1.5 Terabit/s 的 WDM 傳輸 (1.5 Terabit/s WDM Transmission of 150 channels at 10 Gbit/s over 4×100 km of TeraLig15t™ Fibre)」之文件 1 中揭示了一種非零-色散-偏移光纖，係在 1550

五、發明說明（⁴）

奈米波長上含有+8 微微秒/奈米/公里 (ps/nm/km) 的單色光色散以及+0.06 微微秒/平方奈米/公里 (Ps/nm²/km) 的色散斜率。另一方面，D.W.Peck15am 等人發表於 EOCC'98, pp.139-140(1998) 標題為「減小色散斜率的非零-色散-偏移光纖 (Reduced dispersion slope, non-zero dispersion fibre)」之文件 2 中揭示了一種非零-色散-偏移光纖，係在 1550 奈米波長上含有+4ps/nm/km 的單色光色散以及+0.046 ps/nm²/km 的色散斜率。為了同時對這些文件中所揭示任意一種長度為 80 公里之非零-色散-偏移光纖進行單色光色散及色散斜率的補償，需要其長度為 8 到 16 公里之 DSF 用色散補償光纖。

期間，一般而言即使在微量彎折下也會有基礎-模式的光從 DSF 用色散補償光纖洩漏出來，以致在基礎-模式的光上出現很大的彎折耗損。必然地，當依電纜方式放置 DSF 用色散補償光纖或是依像纏繞線圈的方式形成色散補償模組時其傳輸耗損會變得很大。因此，在使信號透過藉由使色散-偏移光纖與 DSF 用色散補償光纖相互連接所建造之光學傳輸線而傳播以施行光通信的光學傳輸系統中，光學傳輸線上的傳輸耗損會太大以致無法延長其重發器區段，因此無法進一步在光通信上達成更高速率及更大容量。

為了克服上述問題，本發明的目的在於提供一種能夠以很短長度同時為非零-色散-偏移光纖進行單色光色散及色散斜率補償的色散補償光纖，一種具有低傳輸耗損

五、發明說明 (5)

而包含色散-偏移光纖及色散補償光纖的光學傳輸線，以及將色散補償光纖纏繞成像線圈的色散補償模組。

根據本發明的色散補償光纖會在 1550 奈米波長上含有 -40ps/nm/km 或更低的單色光色散 D_{DCF} 以及 $0.005/\text{奈米}$ 或更高的色散斜率 S_{DCF} 對單色光色散 D_{DCF} 之比值 ($S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$)。藉由這種結構，因為能夠很容易地擴充其有效面積而有效地防止了非線性現象的發生。較佳地，在根據本發明的色散補償光纖中，其單色光色散 D_{DCF} 為 -100ps/nm/km 或更高但是為 -40ps/nm/km 或更低，而其色散斜率 S_{DCF} 對單色光色散 D_{DCF} 之比值 ($S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$) 為 $0.005/\text{奈米}$ 或更高但是為 0.015 或更低。由於其單色光色散 D_{DCF} 是具有極大絕對值的負值，且其色散斜率 S_{DCF} 對單色光色散 D_{DCF} 之比值 ($S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$) 會落在上述範圍之內，這種色散補償光纖能夠以很短長度在包含 1550 奈米波長的寬能帶內同時進行單色光色散及色散斜率的補償。

根據本發明的色散補償光纖會在 1550 奈米波長上含有 16 平方微米的有效面積，較佳的是含有 20 平方微米或更大的有效面積。此例中，能夠限制而不致發生四波混合作用並抑制對其中所傳播光信號之波形的破壞。

較佳的是根據本發明的色散補償光纖的截止波長為 1.2 微米或更長但是為 1.8 微米或更短，更佳的是其截止波長為 1.4 微米或更長但是為 1.8 微米或更短。同時較佳地，根據本發明的色散補償光纖在 1550 奈米波長上具有 0.5 分貝/公里 (dB/km) 的傳輸耗損。在此例中，由於其截止

五、發明說明（⁶）

波長是比習知設計中所得到的截止波長更長故能夠限制其彎折耗損的增加，且由於其傳輸耗損落在上述數值範圍之內的緣故即使在使光纖形成電纜或模組時也能夠得到較低的耗損。

較佳的是，根據本發明的色散補償光纖含有沿預定軸延伸且具有第一折射係數的核心區域以及圍繞於該核心區域外圍的色層區域。該色層區域包含圍繞於該核心區域外圍且具有低於該第一折射係數之第二折射係數的第一包層、圍繞於該第一包層外圍且具有高於該第二折射指數之第三折射係數的第二包層、圍繞於該第二包層外圍且具有低於該第三折射係數之第四折射係數的第三包層。該核心區域在參照第三包層之第四折射係數時，較佳的是具有 0.8% 或更大但是為 2.0% 或更小的相對折射指數差，更佳的是具有 0.8% 或更大但是為 1.5% 或更小的相對折射係數差。該第一包層在參照第三包層區域之第四折射係數時，較佳的是具有 -0.4% 或更小的相對折射係數差。這類例子都是適合用於履行具有上述特徵之色散補償光纖。

在根據本發明的色散補償光纖中，較佳的是當該第二包層之外徑改變 2% 時其比值 (S_{DCF}/D_{DCF}) 改變了 10% 或更少。在此例中，能夠很容易地製作出具有想要單色光色散特徵之色散補償光纖。

另一方面，為了藉由縮短光纖長度而降低傳輸耗損及光纖的非線性，根據本發明的色散補償光纖較佳的是具有

五、發明說明 (7)

-250ps/nm/km 或更高但是為 -120ps/nm/km 或更低的單色光色散 D_{DCF} 、0.005/奈米或更高的色散斜率 S_{DCF} 對單色光色散 D_{DCF} 之比值 (S_{DCF}/D_{DCF})、以及 10 平方微米或更大但是為 20 平方微米或更小的有效面積，更佳的是 (20- $|D_{DCF}|/25$) 或更大但是為 (23- $|D_{DCF}|/25$) 或更小。

因為必需在色散絕對值變得很大的彎折部分上減小其有效面積的尺寸。同時，該色散補償光纖較佳的是具有 1.0dB/km 或更小的傳輸耗損。如上所述，該色散補償光纖含有核心區域以及包含第一到第三包層的色層區域。同時，該核心區域相對於第三包層之相對折射係數差為 2.0% 或更大但是為 3.0% 或更小，而該第一包層相對於第三包層之相對折射係數差為 -0.4% 或更小。

根據本發明的光學傳輸線含有與上述色散補償光纖放置在一起的重發器區段；以及與該色散補償光纖熔合疊接在一起的色散-偏移光纖。該色散-偏移光纖在 1550 奈米波長上含有 +2ps/nm/km 或更高但是為 +10ps/nm/km 或更低的單色光色散以及 +0.04ps/nm²/km 或更高但是為 +0.12ps/nm²/km 的色散斜率。當使色散-偏移光纖與色散補償光纖以適當長度比相互連接時，如是形成的光學傳輸線整體而言會在 1550 奈米波長上產生具有很小絕對值之平均單色光色散以及具有很小絕對值之平均色散斜率。結果，這種光學傳輸線整體而言會在包含 1550 奈米波長之寬波長能帶內產生具有很小絕對值之平均單色光色散以及很小的傳輸耗損。

五、發明說明(8)

根據本發明的光學傳輸線，整體而言較佳的是會在 1535 奈米或更長但是為 1600 奈米或更短之波長能帶(C 和 L 能帶)內含有 0.2ps/nm/km 或更低的偏移量。該光學傳輸系統係藉由使信號透過此例中的這種光學傳輸線而傳播以施行光通信，該光學傳輸線會產生很低的平均傳輸耗損、具有很小絕對值之平均單色光色散、且能夠於包含 1550 奈米波長的寬能帶(包含至少 C 能帶且進一步包含 L 能帶)內產生高位元速率的光學傳輸。因此，這種光學傳輸系統能夠拉長重發器區段且進一步在光通信上達成更高的速率以及更大的容量。

根據本發明之色散補償模組的特徵是依像線圈的方式纏繞上述色散補償光纖而形成該模組。該色散補償模組中，係將色散補償光纖形成一種用來對放在重發器區段內之色散-偏移光纖之單色光色散及色散斜率進行補償的模組，且整體而言當色散-偏移光纖與色散補償光纖之間具有適當長度比時，會在 1550 奈米波長上產生具有很小絕對值之平均單色光色散以及具有很小絕對值之平均色散斜率。結果，整體而言該色散-偏移光纖以及該色散補償模組會在包含 1550 奈米波長之寬波長能帶內產生具有很小絕對值之平均單色光色散以及很小的傳輸耗損。

當根據本發明的色散補償模組在 1550 奈米波長上產生其量額為 -640ps/nm 之色散補償時，較佳的是會在 1535 奈米或更長但是為 1565 奈米或更短之波長能帶內具有 7 分貝或更少的總耗損，更佳的是會在 1535 奈米或更長但是為

五、發明說明(9)

1610 奈米或更短之波長能帶內具有 7 分貝或更少的總耗損。於根據本發明的色散補償模組中，當在 1550 奈米波長上產生其量額為 -320ps/nm 之色散補償時，較佳的是會在 1535 奈米或更長但是為 1565 奈米或更短之波長能帶內具有 3 分貝或更少的總耗損，更佳的是會在 1535 奈米或更長但是為 1610 奈米或更短之波長能帶內具有 3 分貝或更少的總耗損。於含有這種色散補償模組的光學傳輸系統中，其平均傳輸耗損是很小的、其平均單色光色散具有很小的絕對值、且能夠於包含 1550 奈米波長的寬能帶(包含至少 C 能帶且進一步包含 L 能帶)內產生高位元速率的光學傳輸。結果，這種光學傳輸系統能夠拉長重發器區段且進一步在光通信上達成更高的速率以及更大的容量。

此外根據本發明的色散補償光纖，較佳的是在 1550 奈米波長上含有 -40ps/nm/km 或更低的單色光色散 D_{DCF} 、 $0.005/\text{奈米}$ 或更高的色散斜率 S_{DCF} 對單色光色散 D_{DCF} 之比值($S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$)、以及 16 平方微米或更大且更佳的是 20 平方微米或更大的有效面積。於包含 1550 奈米波長的寬能帶內，這種色散補償光纖不僅能夠以很短的長度補償色散-偏移光纖的單色光色散及色散斜率，而且能夠限制而不致發生四波混合作用並抑制對其中所傳播光信號之波形的破壞。

另外根據本發明的色散補償光纖，較佳的是在 1550 奈米波長上含有 -40ps/nm/km 或更低的單色光色散 D_{DCF} 、 $0.005/\text{奈米}$ 或更高的色散斜率 S_{DCF} 對單色光色散 D_{DCF} 之

五、發明說明 (10)

比值 (S_{DCF}/D_{DCF})、以及 0.5dB/km 或更少的傳輸耗損。

這種色散補償光纖不僅能夠以很短的長度補償色散-偏移光纖的單色光色散及色散斜率，而且即使當形成電纜或模組時也能夠產生很低的耗損。

能夠從以下參照各附圖的詳細說明對本發明有更完整的了解，其中各附圖都是件顯示用而不能將之認定為本發明的極限。

從以下的詳細說明而使對本發明作進一步應用的架構變得更明顯。不過，應該了解詳細說明及依較佳實施例加以顯示之各特定實例僅供顯示之用，由於熟悉習用技術的人應該能在不偏離本發明所附申請專利範圍之精神及架構下作各種改變及修正的緣故。

圖式之簡單說明

第 1 圖顯示的是一種含有根據本發明光學傳輸線之光學傳輸系統的簡略結構圖。

第 2 圖顯示的是一種光學傳輸系統的簡略結構，其中係依光學傳輸線的方式放置色散-偏移光纖，並依色散補償模組的方式將色散補償光纖配置於站臺內。

第 3A 和 3B 圖顯示的分別是一種根據本發明之色散補償光纖的截面結構以及其折射係數的剖面圖。

第 4 圖顯示的是根據本發明實施例 1 到實施例 3 之色散補

償光纖在 1550 奈米波長上單色光色散與色散斜率之間關係的曲線圖。

五、發明說明 (11)

第 5 圖顯示的是根據本發明實施例 1 到實施例 3 之色散補償光纖在 140 毫米之彎折直徑上其彎折耗損之波長關聯性的曲線圖。

第 6 圖顯示的是根據本發明實施例 1 到實施例 3 之色散補償光纖中單色光色散之波長波長關聯性的曲線圖。

第 7 圖顯示的是每一個使根據本發明實施例 1 到實施例 3 之色散補償光纖與色散-偏移光纖相互融合疊接的整體配件中平均單色光色散之波長波長關聯性的曲線圖。

第 8 圖顯示的是一種根據本發明之色散補償模組的簡略結構圖。

第 9 圖顯示的是根據本發明實施例 4 之色散補償光纖在 1550 奈米波長上單色光色散與色散斜率之間關係的曲線圖。

第 10 圖顯示的是根據本發明實施例 4 之色散補償光纖在 140 毫米之彎折直徑上其彎折耗損之波長關聯性的曲線圖。

第 11 圖顯示的是根據本發明實施例 4 之色散補償光纖中單色光色散之波長波長關聯性的曲線圖。

第 12 圖顯示的是每一個使根據本發明實施例 4 之色散補償光纖與色散-偏移光纖相互融合疊接的整體配件中平均單色光色散之波長波長關聯性的曲線圖。

第 13 圖顯示的是根據本發明實施例 5 到實施例 7 之色散補償光纖在 1550 奈米波長上單色光色散與色散斜率之間

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

裝

五、發明說明 (12)

關係的曲線圖。

第 14 圖顯示的是根據本發明實施例 5 到實施例 7 之色散補償光纖在 140 毫米之彎折直徑上其彎折耗損之波長關聯性的曲線圖。

第 15 圖顯示的是根據本發明實施例 5 到實施例 7 之色散補償光纖中單色光色散之波長波長關聯性的曲線圖。

第 16 圖顯示的是每一個使根據本發明實施例 5 到實施例 7 之色散補償光纖與色散-偏移光纖相互熔合疊接的整體配件中平均單色光色散之波長波長關聯性的曲線圖。

第 17A 和 17B 圖顯示的分別是一種根據比較用實例之色散補償光纖的截面結構以及其折射係數的剖面圖。

第 18 圖顯示的是根據比較用實例之色散補償光纖在 1550 奈米波長上單色光色散與色散斜率之間關係的曲線圖。

較佳實施例的詳細說明

以下，將參照各附圖而詳細地解釋用於實施本發明的各模式。於對各附圖的解釋中，相互間完全相同的組成將會在不重複其重疊的說明下標示為全相同的符號。

第 1 圖顯示的是一種含有根據本發明光學傳輸線 30 之光學傳輸系統的簡略結構圖。在這種光學傳輸系統 1 中，係將該光學傳輸線 30 放置於站臺(發射器站臺或重發器站臺)10 與站臺(接收器站臺或重發器站臺)20 之間的重發器區段內。該光學傳輸線 30 係藉由相互熔合疊接在一起的色散-偏移光纖 31 與色散補償光纖 32 建造而成的。這種光

五、發明說明 (13)

學傳輸系統 1 中，從站臺 10 送出含有許多落在 1550 奈米波

長能帶內之波長的信號會接續經由色散-偏移光纖 31 和色散補償光纖 32 而抵達站臺 20，且為站臺 20 所接收或是為站臺 20 所放大以便進一步送到其下游。

色散-偏移光纖 31 是一種在 1550 奈米波長上具有很小之正單色光色散的矽石基光纖。於色散-偏移光纖 31 中，在 1550 奈米波長上其單色光色散 D_{DSF} 為 $+2\text{ps/nm/km}$ 到 $+10\text{ps/nm/km}$ ，其色散斜率 S_{DSF} 為 $+0.04\text{ps/nm}^2/\text{km}$ 到 $+0.12\text{ps/nm}^2/\text{km}$ ，而其傳輸耗損是大約 0.2 分貝。

根據本發明的色散補償光纖 32 是一種在 1550 奈米波長上用來補償該色散-偏移光纖 31 之單色光色散及色散斜率的矽石基光纖。於該色散補償光纖 32 中，在 1550 奈米波長上其單色光色散 D_{DSF} 為 -40ps/nm/km 或更小，其色散斜率 S_{DCF} 對單色光色散 D_{DCF} 之比值 (S_{DCF}/D_{DCF}) 為 0.005/奈米或更高。較佳的是於該色散補償光纖 32 中，在 1550 奈米波長上其單色光色散 D_{DSF} 為 -100ps/nm/km 到 -40ps/nm/km ，其色散斜率 S_{DCF} 對單色光色散 D_{DCF} 之比值 (S_{DCF}/D_{DCF}) 為 0.005/奈米到 0.015/奈米。同時，該色散補償光纖 32 具有 16 平方微米的有效面積，較佳的是在 1550 奈米波長上具有 20 平方微米或更大的有效面積；1.2 微米到 1.8 微米之截止波長，較佳的是在 1550 奈米波長上有 1.4 微米到 1.8 微米之截止波長；以及在 1550 奈米波長上

五、發明說明 (14)

有 0.5 分貝 / 公里或更少的傳輸耗損。

此外，該色散補償光纖 32 可能在 1550 奈米波長上含有 -250ps/nm/km 到 -120ps/nm/km 的單色光色散 D_{DSF} ，0.005/奈米或更高的色散斜率 S_{DCF} 對單色光色散 D_{DCF} 之比值 (S_{DCF}/D_{DCF})，以及 10 平方微米到 20 平方微米之有效面積。同時，該色散補償光纖 32 在 1550 奈米波長上具有 1.2 微米到 1.8 微米且較佳的是 1.4 微米到 1.8 微米之截止波長，以及 1.0 分貝 / 公里或更少的傳輸耗損。

由於其單色光色散 D_{DCF} 及色散斜率 S_{DCF} 係落在上述數值範圍之內，具有這種特徵的色散補償光纖 32 能夠藉由很短的長度在包含 1550 奈米波長的寬能帶內補償該色散 - 偏移光纖 31 的單色光色散及色散斜率。同時，由於該色散補償光纖 32 含有落在上述數值範圍之內的單色光色散以及足夠的有效面積，故能夠限制而不致發生四波混合作用並抑制對其中所傳播光信號之波形的破壞。此外，在該色散補償光纖 32 中，由於其截止波長係落在上述數值範圍之內故能夠限制其彎折耗損的增加，且由於其傳輸耗損也會落在上述數值範圍之內故即使在形成電纜時也能夠使其光學傳輸線 30 得到更低的耗損。

由具有適當長度比之色散 - 偏移光纖與色散補償光纖相互熔合疊接在一起而形成的光學傳輸線 30，整體而言會在 1550 奈米波長上產生具有很小絕對值之平均單色光色散以及具有很小絕對值之平均色散斜率。結果，這種光

五、發明說明 (15)

學傳輸線 30 整體而言會在包含 1550 奈米波長之寬波長能帶內產生具有很小絕對值之平均單色光色散以及很小的傳輸耗損。同時，該光學傳輸線 30 整體而言具有很小的平均在傳輸耗損。整個光學傳輸線 30 之平均單色光色散的偏移量，較佳的是於 1535 奈米到 1560 奈米之波長能帶 (C 能帶) 內為 0.2ps/nm/km 或更小，佳的是於 1535 奈米到 1600 奈米之波長能帶 (C 和 L 能帶) 內為 0.2ps/nm/km 或更小。於藉由使信號透過該光學傳輸線 30 而傳播以施行光通信的光學傳輸系統 1 中，該光學傳輸線 30 之平均傳輸耗損是很小的，其平均單色光色散之絕對值是很小的，且能夠在包含 1550 奈米波長的寬能帶 (包含至少 C 能帶且進一步包含 L 能帶) 內產生高位元速率的光學傳輸。因此，這種光學傳輸系統 1 能夠拉長重發器區段且進一步在光通信上達成更高的速率以及更大的容量。

第 2 圖顯示的是一種光學傳輸系統 2 的簡略結構，其中係依光學傳輸線的方式放置色散-偏移光纖 31，並依色散補償模組的方式將色散補償光纖 32 配置於站臺 20 內。在這種光學傳輸系統 2 中，係將該色散-偏移光纖 31 當作光學傳輸線放置於站臺 (發射器站臺或重發器站臺) 10 與站臺 (接收器站臺或重發器站臺) 20 之間的重發器區段內。於該光學傳輸系統 2 中，從站臺 10 送出含有許多落在 1550 奈米波長能帶內之波長的信號會經由扮演著光學傳輸線角色的色散-偏移光纖 31 而抵達站臺 20。在該站臺 20 中，各信號會受到光學放大器 21 的光學放大並由色散

五、發明說明 (16)

補償光纖 32 補償其色散，且各信號會受到光學放大器 22 的光學放大然後再加以接收或進一步傳送到其下游。

第 2 圖光學傳輸系統 2 中用來當作光學傳輸線之色散-偏移光纖 31 具有類似於第 1 圖光學傳輸系統 1 中用來當作部分光學傳輸線之色散-偏移光纖 31 的特徵。同時，第 2 圖光學傳輸系統 2 中用來當作色散補償模組之色散補償光纖 32 具有類似於第 1 圖光學傳輸系統 1 中用來當作部分光學傳輸線之色散補償光纖 32 的特徵。不過在如第 2 圖所示的光學傳輸系統 2 中，該色散補償光纖 32 係依像線圈的方式纏繞線軸以形成模組而配置於該站臺 20 內。

由於其單色光色散 D_{DCF} 及色散斜率 S_{DCF} 係落在上述數值範圍之內，具有這種特徵的色散補償光纖 32 能夠藉由很短的長度在包含 1550 奈米波長的寬能帶內補償該色散-偏移光纖 31 的單色光色散及色散斜率。同時，由於該色散補償光纖 32 含有落在上述數值範圍之內的單色光色散以及足夠的有效面積，故能夠限制而不致發生四波混合作用並抑制對其中所傳播光信號之波形的破壞。此外在該色散補償光纖 32 中，由於其截止波長係落在上述數值範圍之內故能夠限制其彎折耗損的增加，且由於其傳輸耗損也會落在上述數值範圍之內故即使在形成電纜時也能夠使其光學傳輸線 30 得到更低的耗損。

整個用來當作光學傳輸線之色散-偏移光纖 31 以及用來當作色散補償模組之色散補償光纖 32，整體而言當它們具有個別的適當長度時會在 1550 奈米波長上產生具有很

(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)

小絕對值之平均單色光色散以及具有很小絕對值之平均色散斜率。結果，整個色散-偏移光纖 31 及色散補償光纖 32 會在包含 1550 奈米波長之寬波長能帶內產生具有很小絕對值之平均單色光色散以及很小的傳輸耗損。它們的總平均單色光色散的偏移量，較佳的是於 1535 奈米到 1560 奈米之波長能帶 (C 能帶) 內為 0.2ps/nm/km 或更小，更佳的是於 1535 奈米到 1600 奈米之波長能帶 (C 和 L 能帶) 內為 0.2ps/nm/km 或更小。

另一方面，用來當作色散補償模組之色散補償光纖 32 會在 1550 奈米波長上產生其量額為 -640ps/nm 之色散補償時，較佳的是會在 1535 奈米或更長但是為 1565 奈米或更短之波長能帶內具有 7 分貝或更少的總耗損，更佳的是會在 1535 奈米或更長但是為 1610 奈米或更短之波長能帶內具有 7 分貝或更少的總耗損。同時，用來當作色散補償模組之色散補償光纖 32 會在 1550 奈米波長上產生其量額為 -320ps/nm 之色散補償時，較佳的是會在 1535 奈米或更長但是為 1565 奈米或更短之波長能帶內具有 3 分貝或更少的總耗損，更佳的是會在 1535 奈米或更長但是為 1610 奈米或更短之波長能帶內具有 3 分貝或更少的總耗損。

在該光學傳輸系統中，其平均傳輸耗損是很小的、其平均單色光色散具有很小的絕對值、且能夠於包含 1550 奈米波長的寬能帶 (包含至少 C 能帶且進一步包含 L 能帶) 內產生高位元速率的光學傳輸。因此，該光學傳輸系統 2 能夠拉長重發器區段且進一步在光通信上達成更高的速

五、發明說明 (18)

率以及更大的容量。

第 3A 和 3B 圖顯示的分別是一種根據本發明之色散補償光纖的截面結構以及其折射係數的剖面圖。

如第 3A 圖所示之光纖 100 係對應到色散補償光纖 32 且包括沿預定軸延伸的核心區域 110 以及圍繞於該核心區域外圍的色層區域 120。該核心區域 110 具有第一折射係數 n_1 ，以及外徑 $2a$ 。此外，該色層區域 120 包括具有第二折射指數 $n_2 (< n_1)$ 以及外徑 $2b$ 的第一包層 121、圍繞於該第一包層 121 外圍且具有第三折射係數 $n_3 (> n_2, < n_1)$ 以及外徑 $2c$ 的第二包層 122、以及圍繞於該第二包層 122 外圍且具有第三折射係數 $n_4 (< n_3, > n_2)$ 以及外徑 $2d$ 的第三包層 123。

如第 3B 圖所示之折射係數剖面 150 係用來標示出第 3A 圖

中線段 L1 上例如該折射係數剖面 150 內面積 151、152、153、和 154 之類各單獨部位的折射係數，而分別代表核心區域 110、第一包層 121、第二包層 122、以及第三包層 123 內線段 L1 上各單獨部位的折射係數。

於如第 3A 和 3B 圖所示之光纖 100 內，相對於扮演著參考

區域角色的第三包層 123，該核心區域 110 的相對折射指數差 Δn_1 、該第一包層 121 的相對折射係數差 Δn_2 、及該第二包層 122 的相對折射係數差 Δn_3 係由下列個別表現式給出：

五、發明說明 (19)

$$\Delta n_1 = (n_1 - n_4) / n_4$$

$$\Delta n_2 = (n_2 - n_4) / n_4$$

$$\Delta n_3 = (n_3 - n_4) / n_4$$

其中 n_1 是該核心區域 110 的折射係數， n_2 是該第一包層 121 的折射係數， n_3 是該第二包層 122 的折射係數， n_4 是該第三包層 123 的折射係數。於這種規格中，每一個部位的折射係數都是依百分比方式表出的，且可依固定順序放置上述表現式的各單獨參數。因此，其折射係數低於該第三包層 123 (參考區域) 之玻璃區域的相對折射指數差是表為負值。

此處，在光纖 100 內，參照該第三包層 123 的折射係數 n_4 ，該核心區域 110 具此 15 具有較佳的是 0.8% 到 2.0% 且更佳的是 0.8% 到 1.5% 的相對折射係數差 Δn_1 ，而該第一包層 121 具有 -0.4% 或更低的相對折射係數差 Δn_2 。

由於該光纖 100 具有這樣的折射係數剖面，其單色光色散 D_{DCF} 色散斜率 S_{DCF} 對單色光色散 D_{DCF} 之比值 (S_{DCF} / D_{DCF})、有效面積、截止波長、及傳輸耗損都會落在上述數值範圍之內。對具有這種折射係數剖面的光纖 100 而言，較佳的是使用矽石玻璃當作基底、使其核心區域 150 摻雜有二氧化銻、使其第一包層 121 摻雜有氟元素、並使其第二包層 122 摻雜有二氧化銻。結果，實現了如第 3B 圖所示之折射係數剖面，且能夠在 1550 奈米波長上降低該色散補償光纖 100 的傳輸耗損。

接下來，將要解釋根據本發明之色散補償光纖 32 的各

五、發明說明 (20)

實施例。以下將要解釋根據本發明實施例 1 到實施例 7 之色散補償光纖 DCF1 到 DCF7，分別都具有如第 3A 圖所示之截面結構以及如第 3B 圖所示之折射係數剖面。

實施例 1

在根據本發明實施例 1 之色散補償光纖 DCF1 中，相對於第三包層 123 其核心區域 110 的相對折射係數差 Δn_1 為 1.2%/第一包層 121 的相對折射係數差 Δn_2 為 -0.5%，而第二包層 122 的相對折射係數差 Δn_3 為 0.2%，該核心區域 110 與該第二包層 122 之個別外徑的比值 ($2a/2c$) 為 0.3/而第一包層 121 該與第二包層 122 之個別外徑的比值 ($2b/2c$) 為 0.60。當該第二包層 122 之外徑 $2c$ 為 17.7 微米時，實施例 1 之色散補償光纖 DCF1 會在 1550 奈米波長上呈現出 -62.4ps/nm/km 的單色光色散 D_{DCF} ，-0.44ps/nm²/km 的色散斜率 S_{DCF} ，24.4 平方微米的有效面積，在 20 毫米之彎折直徑上 10dB/m 的彎折耗損，以及 0.3dB/km 的傳輸耗損。同時，其截止波長為 1224 奈米，且在 1550 奈米波長上的比值 (S_{DCF}/D_{DCF}) 為 0.0071/奈米。

實施例 2

在根據本發明實施例 2 之色散補償光纖 DCF2 中，相對於第三包層 123 其核心區域 110 的相對折射係數差 Δn_1 為 1.3%，第一包層 121 的相對折射係數差 Δn_2 為 -0.5%，而第二包層 122 的相對折射係數差 Δn_3 為 0.23%，該核心區域 110 與該第二包層 122 之個別外徑的比值 ($2a/2c$) 為 0.27、而第一包層 121 該與第二包層 122 之個別外徑的比值 ($2b$

(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)

/2c) 爲 0.15。當該第二包層 122 之外徑 2c 爲 19.0 微米時，實施例 2 之色散補償光纖 DCF2 會在 1550 奈米波長上呈現出 -80.4 ps/nm/km 的單色光色散 D_{DCF} ， $-0.59 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 的色散斜率 S_{DCF} ，23.9 平方微米的有效面積，在 20 毫米之彎折直徑上 4dB/m 的彎折耗損、以及 0.33dB/km 的傳輸耗損。同時，其截止波長爲 1576 奈米，且在 1550 奈米波長上的比值 ($S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$) 爲 0.0073/奈米。

實施例 3

在根據本發明實施例 3 之色散補償光纖 DCF3 中，相對於第三包層 123 其核心區域 110 的相對折射係數差 Δn_1 爲 1.7%，第一包層 121 的相對折射係數差 Δn_2 爲 -0.5%，而第二包層 122 的相對折射係數差 Δn_3 爲 0.25%，該核心區域 110 與該第二包層 122 之個別外徑的比值 ($2a/2c$) 爲 0.23，而第一包層 121 該與第二包層 122 之個別外徑的比值 ($2b/2c$) 爲 0.53。當該第二包層 122 之外徑 2c 爲 18.7 微米時，實施例 3 之色散補償光纖 DCF3 會在 1550 奈米波長上呈現出 -83.7 ps/nm/km 的單色光色散 D_{DCF} ， $-0.66 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 的色散斜率 S_{DCF} ，17.2 平方微米的有效面積、在 20 毫米之彎折直徑上 0.2dB/m 的彎折耗損、以及 0.39dB/km 的傳輸耗損。同時，其截止波長爲 1696 奈米，且在 1550 奈米波長上的比值 ($S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$) 爲 0.0079/奈米。

第 4 圖顯示的是根據本發明實施例 1 到實施例 3 之色散補償光纖在 1550 奈米波長上單色光色散與色散斜率之間關係的曲線圖。

五、發明說明 (22)

於第 4 圖中，G110 標示的是用於實施例 1 的曲線，G210 標示的是用於實施例 2 的曲線，G310 標示的是用於實施例 3 的曲線。這裡顯示的是這類實施例中每一個色散補償光纖在改變其第二包層 122 之外徑 $2c$ 時其單色光色散 D_{DCF} 與色散斜率 S_{DCF} 之間的關係。從第 4 圖的曲線圖可以看出，若單色光色散 D_{DCF} 大概落在 -60ps/nm/km 到 -10ps/nm/km 的範圍之內，則即使當第二包層 122 之外徑 $2c$ 改變時，每一個色散補償光纖 DCF1 到 DCF3 內色散斜率 S_{DCF} 對單色光色散 D_{DCF} 之比值 (S_{DCF}/D_{DCF}) 的變化都是很小的。於實施例 1 的色散補償光纖 DCF1 中，當第二包層 122 之外徑 $2c$ 改變了 2% 時比值 (S_{DCF}/D_{DCF}) 會改變 2.5% 或更少，另外將比值 (S_{DCF}/D_{DCF}) 保持在 10% 或更少時其單色光色散 D_{DCF} 的範圍是 -68ps/nm/km 到 -17ps/nm/km 。於實施例 2 的色散補償光纖 DCF2 中，當第二包層 122 之外徑 $2c$ 改變了 2% 時比值 (S_{DCF}/D_{DCF}) 會改變 9.0% 或更少，另外將比值 (S_{DCF}/D_{DCF}) 保持在 10% 或更少時其單色光色散 D_{DCF} 的範圍是 -81ps/nm/km 到 -30ps/nm/km 。於實施例 3 的色散補償光纖 DCF3 中，當第二包層 122 之外徑 $2c$ 改變了 2% 時比值 (S_{DCF}/D_{DCF}) 會改變 4.0% 或更少，另外將比值 (S_{DCF}/D_{DCF}) 保持在 10% 或更少時其單色光色散 D_{DCF} 的範圍是 -115ps/nm/km 到 -62ps/nm/km 。若當第二包層 122 之外徑 $2c$ 改變了 2% 時其比值 (S_{DCF}/D_{DCF}) 改變了 10% 或更少，則能夠很容易地製作出具有想要單色光色散特徵的色散補償光纖。

(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)

第 5 圖顯示的是根據本發明實施例 1 到實施例 3 之色散補償光纖在 140 毫米之彎折直徑上其彎折耗損之波長關聯性的曲線圖。於第 5 圖中，G120 標示的是用於實施例 1 的曲線，G220 標示的是用於實施例 2 的曲線，G320 標示的是用於實施例 3 的曲線。實施例 1 之色散補償光纖 DCF1 中第二包層 122 之外徑 $2c$ 為 17.7 微米，實施例 2 之色散補償光纖 DCF2 中第二包層 122 之外徑 $2c$ 為 19.0 微米，實施例 3 之色散補償光纖 DCF3 中第二包層 122 之外徑 $2c$ 為 18.7 微米。從第 4 圖的曲線圖可以看出，每一個色散補償光纖 DCF1 到 DCF3 都會在 1610 奈米或更短的波長範圍內具有彎折耗損。

因此，每一個色散補償光纖 DCF1 到 DCF3 不僅適合用作於第 1 圖光學傳輸系統 1 中構成部分光學傳輸線 30 之色散補償光纖 32，同時也適合用作於第 2 圖光學傳輸系統 2 中形成色散補償模組之色散補償光纖 32，因此不僅能夠於 C 能帶內而且能夠於 L 能帶內以低耗損補償其單色光色散。

第 6 圖顯示的是根據本發明實施例 1 到實施例 3 之色散補償光纖中單色光色散之波長關聯性的曲線圖。於第 6 圖中，G130 標示的是用於實施例 1 的曲線，G230 標示的是用於實施例 2 的曲線，G330 標示的是用於實施例 3 的曲線，G1000 標示的是用於上述文件 1 中所揭示之色散偏移光纖 NZDSF 的曲線。這裡同樣地，實施例 1 之色散補償光纖 DCF1 中第二包層 122 之外徑 $2c$ 為 17.7 微米，實施例 2 之色散補償光纖 DCF2 中第二包層 122 之外徑 $2c$ 為 19.0 微

(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)

米，實施例 3 之色散補償光纖 DCF3 中第二包層 122 之外徑 2c 為 18.7 微米。

第 7 圖顯示的是每一個使根據本發明實施例 1 到實施例 3 之色散補償光纖與色散-偏移光纖相互熔合疊接的整體配件中平均單色光色散之波長波長關聯性的曲線圖。於第 7 圖中，G140 標示的是用於由實施例 1 之色散補償光纖 DCF1 和第 6 圖之色散偏移光纖 NZDSF 相互連接而構成之配件的曲線，G240 標示的是用於由實施例 2 之色散補償光纖 DCF2 和第 6 圖之色散偏移光纖 NZDSF 相互連接而構成之配件的曲線，G340 標示的是用於由實施例 3 之色散補償光纖 DCF3 和第 6 圖之色散偏移光纖 NZDSF 相互連接而構成之配件的曲線。為了在 1550 奈米波長上對具有如第 6 圖所示之單色光色散特徵且長度為 80km 之色散偏移光纖 NZDSF 進行單色光色散的補償，需要其長度為 10.3km 之實施例 1 色散補償光纖 DCF1，需要其長度為 8.0km 之實施例 2 色散補償光纖 DCF2，需要其長度為 7.5km 之實施例 3 色散補償光纖 DCF3。

於由實施例 1 之色散補償光纖 DCF1 和色散偏移光纖 NZDSF 相互連接而構成之配件中，其於 1535 奈米到 1600 奈米之波長能帶 (C 和 L 能帶) 內之總平均單色光色散具有 0.2ps/nm/km 或更少的偏移量。於由實施例 2 之色散補償光纖 DCF2 和色散偏移光纖 NZDSF 相互連接而構成之配件中，其於 1535 奈米到 1560 奈米之波長能帶 (C 能帶) 內之整體平均單色光色散具有 0.2ps/nm/km 或更少的偏移量

五、發明說明 (25)

。此外，由實施例 3 之色散補償光纖 DCF3 和色散偏移光纖 NZDSF 相互連力接而構成之配件中，其於 1535 奈米到 1560 奈米之波長能帶 (C 能帶) 內之整體平均單色光色散具有 0.2ps/nm/km 或更少的偏移量。結果，能夠在 40 Gb/s 的位元速率下進行跨越 400km 的光學傳輸。

第 8 圖顯示的是一種包含根據本發明色散補償光纖之色散補償模組的簡略結構圖。該色散補償光纖 100 (對應於色散補償光纖 32) 是裝在具有輸入-和輸出-連接器 310 的外殼 300 內。分別將光纖 100 的兩端熔合疊接於豬尾光纖 320 上以降低其連接耗損。當依 140 毫米之彎折直徑纏繞長度為 10.3km 之實施例 1 色散補償光纖 DCF1 以形成色散補償模組時，在 1550 奈米波長上的色散補償量額為 -640ps/nm/km ，而其總耗損為 4.1dB (在 1550 奈米波長上)。當依 140 毫米之彎折直徑纏繞長度為 8.0km 之實施例 2 色散補償光纖 DCF2 以形成色散補償模組時，在 1550 奈米波長上的色散補償量額為 -640ps/nm/km ，而其總耗損為 4.4dB (在 1550 奈米波長上)。此外，當依 140 毫米之彎折直徑纏繞長度為 7.5km 之實施例 3 色散補償光纖 DCF3 以形成色散補償模組時，在 1550 奈米波長上的色散補償量額為 -640ps/nm/km ，而其總耗損為 4.1dB (在 1550 奈米波長上)。

同時，當依 140 毫米之彎折直徑纏繞實施例 1 色散補償光纖 DCF1 以形成色散補償模組時，在 1550 奈米波長上的色散補償量額為 -320ps/nm/km ，而其總耗損為 2.3dB (在

(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)

1550 奈米波長上)。當依 140 毫米之彎折直徑纏繞實施例 2 色散補償光纖 DCF2 以形成色散補償模組時，在 1550 奈米波長上的色散補償量額為 -320ps/nm/km ，而其總耗損為 2.3dB (在 1550 奈米波長上)。此外，當依 140 毫米之彎折直徑纏繞實施例 3 色散補償光纖 DCF3 以形成色散補償模組時，在 1550 奈米波長上的色散補償量額為 -640ps/nm/km ，而其總耗損為 2.7dB (在 1550 奈米波長上)。

因此，每一個色散補償光纖 DCF1 到 DCF3 都能夠於包含 1550 奈米波長之寬能帶內以很短長度補償該色散偏移光纖 NZDSF 的單色光色散及色散斜率。

實施例 4

在根據本發明實施例 4 之色散補償光纖 DCF4 中，相對於第三包層 123 其核心區域 110 的相對折射係數差 Δn_1 為 1.6% ，第一包層 121 的相對折射係數差 Δn_2 為 -0.5% ，而第二包層 122 的相對折射係數差 Δn_3 為 0.24% ，該核心區域 150 與該第二包層 122 之個別外徑的比值 $(2a/2c)$ 為 0.23% ，而第一包層 121 該與第二包層 122 之個別外徑的比值 $(2b/2c)$ 為 0.55 。當該第二包層 122 之外徑 $2c$ 為 19.2 微米時，實施例 4 之色散補償光纖 DCF4 會在 1550 奈米波長上呈現出 -85.1ps/nm/km 的單色光色散 D_{DCF} ， $-0.83\text{ps/nm}^2/\text{km}$ 的色散斜率 S_{DCF} ， 18.1 平方微米的有效面積、在 20 毫米之彎折直徑上 0.9dB/m 的彎折耗損，以及 0.38dB/km 的傳輸耗損。同時，其截止波長為 1638 奈米，且在 1550 奈米波長上的比值 $(S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}})$ 為 $0.0098/\text{奈米}$ 。

五、發明說明 (27)

第 9 圖顯示的是根據本發明實施例 4 之色散補償光纖在 1550 奈米波長上單色光色散與色散斜率之間關係的曲線圖。於第 9 圖中，G410 標示的是用於實施例 4 的曲線。這裡顯示的是本實施例中每一個色散補償光纖在改變其第二包層 122 之外徑 $2c$ 時其單色光色散 D_{DCF} 與色散斜率 S_{DCF} 之間的關係。從第 9 圖的曲線圖可以看出，若單色光色散 D_{DCF} 大概落在 -102ps/nm/km 到 -71ps/nm/km 的範圍之內，則即使當第二包層 122 之外徑 $2c$ 改變了 2% 時，也能夠使該色散補償光纖 DCF4 內色散斜率 S_{DCF} 對單色光色散 D_{DCF} 之比值 (S_{DCF}/D_{DCF}) 的變化保持是 10% 或更小。於實施例 4 之色散補償光纖 DCF4 中，當第二包層 122 之外徑 $2c$ 改變了 2% 時比值 (S_{DCF}/D_{DCF}) 會改變 5.8% 或更少。若當第二包層 122 之外徑 $2c$ 改變了 2% 時其比值 (S_{DCF}/D_{DCF}) 改變了 10% 或更少，則能夠很容易地製作出具有想要單色光色散特徵之色散補償光纖。

第 10 圖顯示的是根據本發明實施例 4 之色散補償光纖在 140 毫米之彎折直徑上其彎折耗損之波長關聯性的曲線圖。於第 10 圖中，G420 標示的是用於實施例 4 的曲線。實施例 4 之色散補償光纖 DCF4 中第二包層 122 之外徑 $2c$ 為 17.2 微米。從第 10 圖的曲線圖可以看出，該色散補償光纖 DCF4 都會在 1610 奈米或更短的波長範圍內具有彎折耗損。

因此，該色散補償光纖 DCF4 不僅適合用作於第 1 圖光學傳輸系統 1 中構成部分光學傳輸線 30 之色散補償光纖 32，同時也適合用作於第 2 圖光學傳輸系統 2 中形成色散補償

(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)

模組的色散補償光纖 32，因此不僅能夠於 C 能帶內而且能夠於 L 能帶內以低耗損補償其單色光色散。

第 11 圖顯示的是根據本發明實施例 4 之色散補償光纖中單色光色散之波長波長關聯性的曲線圖。於第 11 圖中，G430 標示的是用於實施例 4 的曲線，而 G1000 標示的是用於上述文件 1 中所揭示其色散為 4ps/nm/km 而其色散斜率為 $0.046\text{ps/nm}^2/\text{km}$ 之色散偏移光纖 NZDSF 的曲線。此處該色散補償光纖 DCF4 中第二包層 122 之外徑 $2c$ 亦為 19.2 微米。

第 12 圖顯示的是每一個使根據本發明實施例 4 之色散補償光纖與色散-偏移光纖相互熔合疊接的整體配件中平均單色光色散之波長波長關聯性的曲線圖。在第 12 圖中，G440 標示的是用於由實施例 4 之色散補償光纖 DCF4 和色散偏移光纖 NZDSF 相互連接而構成之配件中，其於 1535 奈米到 1600 奈米之波長能帶 (C 和 L 能帶) 內之總平均單色光色散具有 0.2ps/nm/km 或更少的偏移量。結果，能夠在 40Gb/s 的位元速率下進行跨越 400km 的光學傳輸。

當依 140 毫米之彎折直徑纏繞長度為 4.4km 之實施例 4 色散補償光纖 DCF4 以形成色散補償模組時，在 1550 奈米波長上的色散補償量額為 -640ps/nm/km ，而其總耗損為 3.9dB (在 1550 奈米波長上)。當依 140 毫米之彎折直徑纏繞實施例 4 色散補償光纖 DCF4 以形成色散補償模組時，在 1550 奈米波長上的色散補償量額為 -320ps/nm/km ，而其總耗損為 2.5dB (在 1550 奈米波長上)。

五、發明說明 (29)

因此，該色散補償光纖 DCF4 能夠於包含 1.55 微米波長之寬能帶內以很短長度補償該色散偏移光纖 NZDSF 的單色光色散及色散斜率。

實施例 5

在根據本發明實施例 5 之色散補償光纖 DCF5 中，相對於第三包層 123 其核心區域 110 的相對折射係數差 Δn_1 為 2.1%、第一包層 121 的相對折射係數差 Δn_2 為 -0.5%、而第二包層 122 的相對折射係數差 Δn_3 為 0.2%，該核心區域 110 與該第二包層 122 之個別外徑的比值 ($2a/2c$) 為 0.18、而第一包層 121 該與第二包層 122 之個別外徑的比值 ($2b/2c$) 為 0.49。當該第二包層 122 之外徑 $2c$ 為 19.4 微米時，實施例 5 之色散補償光纖 DCF5 會在 1550 奈米波長上呈現出 -160.7ps/nm/km 的單色光色散 D_{DCF} ，-1.63ps/nm²/km 的色散斜率 S_{DCF} ，15.7 平方微米的有效面積、在 20 毫米之彎折直徑上 1.8dB/m 的彎折耗損 γ 以及 0.4gdB/km 的傳輸耗損。同時，其截止波長為 1566 奈米，且在 1550 奈米波長上的比值 (S_{DCF}/D_{DCF}) 為 0.0101/奈米。

實施例 6

在根據本發明實施例 6 之色散補償光纖 DCF6 中，相對於第三包層 123 其核心區域 110 的相對折射係數差 Δn_1 為 2.4%，第一包層 121 的相對折射係數差 Δn_2 為 -0.5%，而第二包層 122 的相對折射係數差 Δn_3 為 0.4%，該核心區域 110 與該第二包層 122 之個別外徑的比值 ($2a/2c$) 為 0.2、而第一包層 121 該與第二包層 122 之個別外徑的比值

(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)

(2b/2c) 爲 0.65。當該第二包層 122 之外徑 2c 爲 16.0 微米時，實施例 6 之色散補償光纖 DCF6 會在 1550 奈米波長上呈現出 -181.6 ps/nm/km 的單色光色散 D_{DCF} 、 $-1.87 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 的色散斜率 S_{DCF} 、13.8 平方微米的有效面積、在 20 毫米之彎折直徑上 0.5dB/m 的彎折耗損、以及 0.61dB/km 的傳輸耗損。同時，其截止波長爲 1638 奈米，且在 1150 奈米波長上的比值 ($S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$) 爲 0.0103/奈米。

實施例 7

在根據本發明實施例 7 之色散補償光纖 DCF7 中，相對於第三包層 123 其核心區域 150 的相對折射係數差 Δn_1 爲 2.7%、第一包層 121 的相對折射係數差 Δn_2 爲 -0.5%，而第二包層 122 的相對折射係數差 Δn_3 爲 0.40%，該核心區域 110 與該第二包層 122 之個別外徑的比值 (2a/2c) 爲 0.19，而第一包層 121 該與第二包層 122 之個別外徑的比值 (2b/2c) 爲 0.67。當該第二包層 122 之外徑 2c 爲 15.2 微米時，實施例 7 之色散補償光纖 DCF7 會在 1550 奈米波長上呈現出 -215.8 ps/nm/km 的單色光色散 D_{DCF} 、 $-2.12 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 的色散斜率 S_{DCF} 、13.1 平方微米的有效面積，在 20 毫米之彎折直徑上 1.3dB/m 的彎折耗損，以及 0.75dB/km 的傳輸耗損。同時，其截止波長爲 1514 奈米，且在 1550 奈米波長上的比值 ($S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$) 爲 0.0097/奈米。

第 13 圖顯示的是根據本發明實施例 5 到實施例 7 之色散補償光纖在 1550 奈米波長上單色光色散與色散斜率之間關係的曲線圖。在第 13 圖中，G510 標示的是用於實施例

五、發明說明 (31)

5 的曲線，G610 標示的是用於實施例 6 的曲線，G710 標示的是用於實施例 7 的曲線。此處顯示的是這類實施例中每一個色散補償光纖在改此 15 變其第二包層 122 之外徑 $2c$ 時其單色光色散 D_{DCF} 與色散斜率 S_{DCF} 之間的關係。從第 13 圖的曲線圖可以看出，若單色光色散 D_{DCF} 大概落在 -200ps/nm/km 到 -120ps/nm/km 的範圍之內，則即使當第二包層 122 之外徑 $2c$ 改變時，每一個色散補償光纖 DCF5 到 DCF7 內色散斜率 S_{DCF} 對單色光色散 D_{DCF} 之比值 (S_{DCF}/D_{DCF}) 的變化都是很小的。在實施例 5 的色散補償光纖 DCF5 中，當第二包層 122 之外徑 $2c$ 改變了 2% 時比值 (S_{DCF}/D_{DCF}) 會改變 7.7% 或更少，另外將比值 (S_{DCF}/D_{DCF}) 保持在 10% 或更少時其單色光色散 D_{DCF} 的範圍是 -192ps/nm/km 到 -135ps/nm/km 。於實施例 6 的色散補償光纖 DCF6 中，當第二包層 122 之外徑 $2c$ 改變了 2% 時比值 (S_{DCF}/D_{DCF}) 會改變 4.6% 或更少，另外將比值 (S_{DCF}/D_{DCF}) 保持在 10% 或更少時其單色光色散 D_{DCF} 的範圍是 -226ps/nm/km 到 -146ps/nm/km 。於實施例 7 的色散補償光纖 DCF7 中，當第二包層 122 之外徑 $2c$ 改變了 2% 時比值 (S_{DCF}/D_{DCF}) 會改變 4.9% 或更少，另外將比值 (S_{DCF}/D_{DCF}) 保持在 10% 或更少時其單色光色散 D_{DCF} 的範圍是 -173ps/nm/km 到 -269ps/nm/km 。若當第二包層 122 之外徑 $2c$ 改變了 2% 時其比值 (S_{DCF}/D_{DCF}) 改變了 10% 或更少，則能夠很容易地製作出具有想要單色光色散特徵的色散補償光纖。

第 14 圖顯示的是根據本發明實施例 5 到實施例 7 之色散

五、發明說明 (32)

補償光纖在 140 毫米之彎折直徑上其彎折耗損之波長關聯性的曲線圖。在第 14 圖中，G520 標示的是用於實施例 5 的曲線，G620 標示的是用於實施例 6 的曲線，G720 標示的是用於實施例 7 的曲線。實施例 5 的色散補償光纖 DCF5 中第二包層 122 之外徑 $2c$ 為 19.4 微米，實施例 6 的色散補償光纖 DCF6 中第二包層 122 之外徑 $2c$ 為 16.0 微米，實施例 7 的色散補償光纖 DCF7 中第二包層 122 之外徑 $2c$ 為 15.2 微米。從第 14 圖的曲線圖可以看出，每一個色散補償光纖 DCF5 到 DCF7 都會在 1610 奈米或更短的波長範圍內具有彎折耗損。

因此，每一個色散補償光纖 DCF5 到 DCF7 不僅適合用作於第 1 圖光學傳輸系統 1 中構成部分光學傳輸線 30 的色散補償光纖 32，同時也適合用作於第 2 圖光學傳輸系統 2 中形成色散補償模組的色散補償光纖 32，因此不僅能夠於 C 能帶內而且能夠於 L 能帶內以低耗損補償其單色光色散。

第 15 圖顯示的是根據本發明實施例 5 到實施例 7 之色散補償光纖中單色光散之波長關聯性的曲線圖。在第 15 圖中，G530 標示的是用於實施例 5 的曲線，G630 標示的是用於實施例 6 的曲線，而 G730 標示的是用於實施例 7 的曲線。這裡同樣地，實施例 5 的色散補償光纖 DCF5 中第二包層 122 之外徑 $2c$ 為 19.4 微米，實施例 6 的色散補償光纖 DCF6 中第二包層 122 之外徑 $2c$ 為 16.0 微米，實施例 7 的色散補償光纖 DCF7 中第二包層 122 之外徑 $2c$ 為 15.2 微米。

五、發明說明（³³）

第 16 圖顯示的是每一個使根據本發明實施例 5 到實施例 7 之色散補償光纖與色散-偏移光纖相互熔合疊接的整體配件中平均單色光色散之波長波長關聯性的曲線圖。於第 16 圖中，G540 標示的是用於由實施例 5 之色散補償光纖 DCF5 和文件 2 之色散偏移光纖 NZDSF 相互連接而構成之配件的曲線，G640 標示的是用於由實施例 6 之色散補償光纖 DCF6 和文件 2 之色散偏移光纖 NZDSF 相互連接而構成之配件的曲線，G740 標示的是用於由實施例 7 之色散補償光纖 DCF7 和文件 2 之色散偏移光纖 NZDSF 相互連接而構成之配件的曲線。為了在 1550 奈米波長上對其長度為 80km 之色散偏移光纖 NZDSF 進行單色光色散的補償，需要其長度為 2.2km 之實施例 5 色散補償光纖 DCF5，需要其長度為 1.9km 之實施例 6 色散補償光纖 DCF6，需要其長度為 1.7km 之實施例 7 色散補償光纖 DCF7。

於由實施例 5 色散補償光纖 DCF5 和色散偏移光纖 NZDSF 相互連接而構成之配件中，其於 1535 奈米到 1560 奈米之波長能帶（C 能帶）內之總平均單色光色散具有 0.2ps/nm/km 或更少的偏移量。於由實施例 6 色散補償光纖 DCF6 和色散偏移光纖 NZDSF 相互連接而構成之配件中，其於 1535 奈米到 1600 奈米之波長能帶（C 和 L 能帶）內之整體平均單色光色散具有 0.2ps/nm/km 或更少的偏移量。此外，在由實施例 7 色散補償光纖 DCF7 和色散偏移光纖 NZDSF 相互連接而構成之配置中，其於 1535 奈米到 1600 奈米之波長能帶（C 和 L 能帶）內之整體平均單色光色散具有 0.2ps/nm/km

五、發明說明 (34)

或更少的偏移量。結果，能夠在 40Gb/s 的位元速率下進行跨越 400km 的光學傳輸。

如第 8 圖所示，當依 140 毫米之彎折直徑纏繞長度為 2.2km 之實施例 5 色散補償光纖 DCF5 以形成色散補償模組時，在 1550 奈米波長上的色散補償量額為 -640ps/nm/km，而其總耗損為 3.0dB(在 1550 奈米波長上)。當依 140 毫米之彎折直徑纏繞長度為 1.9km 之實施例 6 色散補償光纖 DCF6 以形成色散補償模組時，在 1550 奈米波長上的色散補償量額為 -640ps/nm/km，而其總耗損為 2.7dB(在 1550 奈米波長上)。此外，當依 140 毫米之彎折直徑纏繞長度為 1.7km 之實施例 7 色散補償光纖 DCF7 以形成色散補償模組時，在 1550 奈米波長上的色散補償量額為 -640ps/nm/km，而其總耗損為 2.5dB(在 1550 奈米波長上)。

同時，當依 140 毫米之彎折直徑纏繞實施例 5 色散補償光纖 DCF5 以形成色散補償模組時，在 1550 奈米波長上的色散補償量額為 -320ps/nm/km，而其總耗損為 2.0dB(在 1550 奈米波長上)。當依 140 毫米之彎折直徑纏繞實施例 6 色散補償光纖 DCF6 以形成色散補償模組時，在 1550 奈米波長上的色散補償量額為 -320ps/nm/km，而其總耗損為 1.9dB(在 1550 奈米波長上)。此外，當依 140 毫米之彎折直徑纏繞實施例 7 色散補償光纖 DCF7 以形成色散補償模組時，在 1550 奈米波長上的色散補償量額為 -640ps/nm/km，而其總耗損為 1.7dB(在 1550 奈米波長上)。

因此，每一個色散補償光纖 DCF5 到 DCF7 都能夠於包含

五、發明說明 (35)

1550 奈米波長之寬能帶內以很短長度補償該色散偏移
光纖 NZDSF 的單色光色散及色散斜率。

比較用實例

爲了與上述實施例 1 到實施例 7 中每一個色散補償光纖作比較，現在將要解釋一種比較用實例之色散補償光纖。第 17A 和 17B 圖顯示的分別是一種根據比較用實例之色散補償光纖的截面結構以及其折射係數的剖面圖。這種比較用實例之色散補償光纖 200 包括沿預定軸延伸的核心區域 210 以及圍繞於該核心區域外圍之色層區域 220。該核心區域 210 具有第一折射係數 n_1 以及外徑 $2a$ 。此外，該色層區域 220 包括具有第二折射係數 $n_2 (< n_1)$ 以及外徑 $2b$ 的第一包層 221、以及圍繞於該第一包層 221 外圍且具有第三折射係數 $n_3 (> n_2, < n_1)$ 以及外徑 $2c$ 的第二包層 222。

如第 17B 圖所示之折射係數剖面 250 係用來標示出第 17A 圖中線段 L2 上例如該折射係數剖面 150 內面積 215、252、和 253 之類各單獨部位的折射係數，而分別代表核心區域 210，第一包層 221，以及第二包層 222 內線段 L2 上各單獨部位的折射係數。

於如第 17A 和 17B 圖所示之光纖 200 內，相對於扮演著參考區域角色的第二色層 222，該核心區域 210 的相對折射係數差 Δn_1 及該第一包層 221 的相對折射指數差 Δn_2 係由下列個別的表示式給出：

$$\Delta n_1 = (n_1 - n_3) / n_3$$

五、發明說明 (36)

$$\Delta n_2 = (n_2 - n_3) / n_3$$

其中 n_1 是該核心區域 210 的折射係數， n_2 是該第一包層 221 的折射係數，而 n_3 是該第二包層 222 的折射係數。於這種規格中，每一個部位的折射係數都是依百分比方式表示出的，且可能依固定順序放置上述表現式的各單獨參數。因此，其折射係數低於該第二包層 222 (參考區域) 之玻璃區域的相對折射係數差是表為負值。

這裡於光纖 100 內，參照該第二包層 222 的折射係數 n_3 ，該核心區域 210 具有較佳的是 1.2% 的相對折射係數差 Δn_1 ，而該第一包層 121 具有 -0.36% 的相對折射係數差 Δn_2 。同時，該核心區域 210 之外徑 $2a$ 與該第一包層 221 之外徑 $2b$ 的比值 $Ra(2a/2b)$ 是 0.50。

第 18 圖顯示的是根據比較用實例之色散補償光纖在 1550 奈米波長上單色光色散與色散斜率之間關係的曲線圖。這裡顯示的是這類實施例中每一個色散補償光纖在改變其第一包層 221 之外徑 $2b$ 時其單色光色散 D_{DCF} 與色散斜率 S_{DCF} 之間的關係。於 -40 ps/nm/km 或更小的單色光色散範圍內，比較用實例具有這種無法使用而不受歡迎的彎折特徵。若大幅地改變該第二包層 222 之外徑 $2c$ ，則其色散斜率 S_{DCF} 對單色光色散 D_{DCF} 之比值 (S_{DCF}/D_{DCF}) 將會出現極大的改變。例如，當該第一包層 221 之外徑 $2b$ 為 10.0 微米時其單色光色散 D_{DCF} 為 -28 ps/nm/km (對應於第 18 圖中的 A 點)，因此其色散斜率 S_{DCF} 為 -0.081 ps/nm²/km。同時，當該第一包層 221 之外徑 $2b$ 為 9.8 微米時其單色光色散

五、發明說明 (37)

D_{DCF} 為 -22ps/nm/km (對應於第 18 圖中的 B 點)，因此其色散斜率 S_{DCF} 為 $-0.056\text{ps/nm}^2/\text{km}$ 。若使外徑 $2b$ 從這個數值改變了 2%，則其比值 (S_{DCF}/D_{DCF}) 將會出現 17% 那麼大的改變。結果，很難地製作出具有想要單色光色散特徵的色散補償光纖。

較之比較用實例之色散補償光纖，根據本發明實施例之色散補償光纖 (包含實施例 1 到實施例 7 之色散補償光纖) 具有絕佳的彎折特徵且如上所述能夠用於 -40ps/nm/km 或更低的單色光色散範圍內。同時，即使當該第二包層 222 之外徑 $2c$ 改變時，若其單色光色散 D_{DCF} 落在預定範圍之內，則在根據本發明之色散補償光纖中其色散斜率 S_{DCF} 對單色光色散 D_{DCF} 之比值 (S_{DCF}/D_{DCF}) 上的改變也是很小的。因此，能夠很容易地根據本發明製作出具有想要單色光色散特徵的色散補償光纖。

如同前述說明中所詳細解釋的，根據本發明之色散補償光纖會在 1550 奈米波長上含有 -40ps/nm/km 或更低 (較佳的是 -100ps/nm/km 到 -40ps/nm/km 或是 -250ps/nm/km 到 -120ps/nm/km) 的單色光色散 D_{DCF} 以及 $0.005/\text{奈米}$ 或更高 (較佳的是 $0.005/\text{奈米}$ 到 $0.015/\text{奈米}$) 的色散斜率 S_{DCF} 對單色光色散 D_{DCF} 之比值 (S_{DCF}/D_{DCF})。由於根據本發明之色散補償光纖具有這種特徵，故能夠於包含 1550 奈米波長之寬能帶內以很短長度補償一種色散偏移光纖的單色光色散及色散斜率。

若根據本發明之色散補償光纖會在 1550 奈米波長上含

五、發明說明 ()

有 16 平方微米的有效面積，較佳的是含有 20 平方微米或更大的有效面積，期能夠限制而不致發生四波混合作用並抑制對其中所傳播光信號之波形的破壞。較佳的是其截止波長為 1.2 微米到 1.8 微米(更佳的是 1.4 微米到 1.8 微米)，且較佳的是在 1550 奈米波長上其傳輸耗損為 0.5 dB/km 或更低。此例中，由於其截止波長是比習知設計中所得到的截止波長更長故能夠限制其彎折耗損的增加，且由於其傳輸耗損落在上述數值範圍之內的緣故即使在使光纖形成電纜或模組時也能夠得到較低的耗損。

較佳的是，根據本發明的色散補償光纖含有沿預定軸延伸且具有第一折射係數的核心區域，圍繞於該核心區域外圍且具有低於該第一折射係數之第二折射係數的第一包層，圍繞於該第一包層外圍且具有高於該第二折射係數之第三折射係數的第二包層/圍繞於該第二包層外圍且具有低於該第三折射係數之第四折射係數的第三包層。該核心區域在參照第三包層之第四折射係數時，較佳的是具有 0.8%到 2.0%(更佳的是 0.8%到 1.5%)的相對折射係數差；且該第一包層在參照第三包層區域之第四折射係數時，較佳的是具有 -0.4%或更小的相對折射係數差。此例中，能夠很容易地履行具有上述特徵之色散補償光纖。較佳的是當該第二色層之外徑改變 2%時其比值(S_{DCF}/D_{DCF})改變了 10%或更少。此例中，能夠很容易地製作出具有想要單色光色散特徵之色散補償光纖。

根據本發明的光學傳輸線含有與色散-偏移光纖放置

五、發明說明⁽³⁹⁾

在一起的重發器區段；以及與該色散-偏移光纖熔合疊接在一起根據本發明的色散補償光纖。該色散-偏移光纖在 1550 奈米波長上含有 $+2\text{ps/nm/km}$ 或更高但是為 150ps/nm/km 或更低的單色光色散以及 $+0.04\text{ps/nm}^2/\text{km}$ 或更高但是為 $+0.12\text{ps/nm}^2/\text{km}$ 的色散斜率。當使色散-偏移光纖與色散補償光纖以適當長度比相互連接時，如是形成的光學傳輸線整體而言會在 1550 奈米波長上產生具有很小絕對值之平均單色光色散以及具有很小絕對值之平均色散斜率。結果，這種光學傳輸線整體而言會在包含 1550 奈米波長之寬波長能帶內產生具有很小絕對值之平均單色光色散以及很小的傳輸耗損。

根據本發明的光學傳輸線，整體而言較佳的是會在 1535 奈米到 1560 奈米之波長能帶(C 能帶)內含有 0.2ps/nm/km 或更低的偏移量，更佳的是在 1535 奈米到 1600 奈米之波長能帶(C 和 L 能帶)內含有 0.2ps/nm/km 或更低的偏移量。該光學傳輸系統係藉由使信號透過此例中的這種光學傳輸線而傳播以施行光通信，該光學傳輸線會產生很低的平均傳輸耗損、具有很小絕對值之平均單色光色散、且能夠於包含 10% 奈米波長的寬能帶(包含至少 C 能帶且進一步包含 L 能帶)內產生高位元速率的光學傳輸。因此，這種光學傳輸系統能夠拉長重發器區段且進一步在光通信上達成更高的速率以及更大的容量。

根據本發明之色散補償模組的特徵是依像線圈的方式纏繞上述色散補償光纖而形成該模組。該色散補償模組

五、發明說明(40)

中，係將色散補償光纖形成一種用來對放在重發器區段內之色散-偏移光纖之單色光色散及色散斜率進行補償的模組，且整體而言當色散-偏移光纖與色散補償光纖之間具有適當長度比時，會在 1550 奈米波長上產生具有很小絕對值之平均單色光色散以及具有很小絕對值之平均色散斜率。結果，整體而言該色散-偏移光纖以及該色散補償模組會在包含 1550 奈米波長之寬波長能帶內產生具有很小絕對值之平均單色光色散以及很小的傳輸耗損。

當根據本發明的色散補償模組在 1550 奈米波長上產生其量額為 -640ps/nm 之色散補償時，較佳的是會在 1535 奈米到 1565 奈米之波長能帶內具有 7 分貝或更少的總耗損，更佳的是會在 1535 奈米到 1610 奈米之波長能帶內具有 7 分貝或更少的總耗損。在根據本發明的色散補償模組中，當在 1550 奈米波長上產生其量額為 -320ps/nm 之色散補償時，較佳的是會在 1535 奈米到 1565 奈米之波長能帶內具有 3 分貝或更少的總耗損，更佳的是會在 1535 奈米到 1610 奈米或更短之波長能帶內具有 3 分貝或更少的總耗損。於含有這種色散補償模組的光學傳輸系統中，其平均傳輸耗損是很小的，其平均單色光色散具有很小的絕對值，且能夠於包含 1550 奈米波長的寬能帶(包含至少 C 能帶且進一步包含 L 能帶)內產生高位元速率的光學傳輸。結果，這種光學傳輸系統能夠拉長重發器區段且進一步在光通信上達成更高的速率以及更大的容量。

五、發明說明 (⁴¹)

從如是說明的本發明，很明顯的能夠依很多方式改變本發明的各實施例。這類改變不能當作偏離本發明之精神及架構，且對熟悉習用技術的人而言很明顯的是這類修正係涵蓋於本發明所附申請專利範圍之架構下。

符號之說明

- 1, 2.....光學傳輸系統
- 10, 20.....站臺
- 21, 22.....光學放大器
- 30.....光學傳輸線
- 31.....色散-偏移光纖
- 32, 100, 200.....色散補償光纖
- 110, 210.....核心區域
- 120, 220.....包層區域
- 121, 221.....第一包層
- 122, 222.....第二包層
- 123.....第三包層
- 150, 250.....折射係數剖面
- 151, 152, 153, 154, 252, 253.....面積
- 300.....外殼
- 310.....輸入／輸出連接器
- 320.....豬尾光纖

四、中文發明摘要(發明之名稱：

)

色散補償光纖以及含有該色散補償
光纖之光學傳輸線及色散補償模組

本發明係針對一種能夠以很短長度同時為非零-色散-
偏移光纖進行單色光色散及色散斜率補償的色散補償光
纖，該色散-偏移光纖的組成有光學傳輸線連同熔合疊
接其上之色散補償光纖，該色散補償光纖會在 1550 奈米
波長上含有 -40ps/nm/km 或更低的單色光色散 D_{DCF} 以及
 $0.005/\text{奈米}$ 或更高的色散斜率 S_{DCF} 對單色光色散 D_{DCF} 之
比值 ($S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$)。

英文發明摘要(發明之名稱：

DISPERSION-COMPENSATING OPTICAL FIBER, AND,
OPTICAL TRANSMISSION LINE AND DISPERSION-
COMPENSATING MODULE RESPECTIVELY INCLUDING THE
SAME)

The invention is directed to a dispersion-compensating
optical fiber which can compensate for the chromatic
dispersion and dispersion slope of a non-zero
dispersion-shifted optical fiber by a short length. The
dispersion-shifted optical fiber constitutes an optical
transmission line together with a dispersion-compensating
optical fiber fusion-spliced thereto. The
dispersion-compensating optical fiber has, at a wavelength
of 1550 nm, a chromatic dispersion D_{DCF} of -40ps/nm/km or
less and a ratio ($D_{\text{DCF}}/S_{\text{DCF}}$) of dispersion slope S_{DCF} to the
chromatic dispersion D_{DCF} of $0.005/\text{nm}$ or more.

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

1. 一種色散補償光纖，其具有沿預定軸延伸的核心區域以及圍繞於該核心區域外圍的包層區域，該色散補償光纖會在 1550 奈米波長上含有下列特徵：
- 40ps/nm/km 或更低的單色光色散 D_{DCF} ；以及
0.005/奈米或更高的色散斜率 S_{DCF} 對單色光色散 D_{DCF} 之比值 (S_{DCF}/D_{DCF})。
2. 如申請專利範圍第 1 項之色散補償光纖，其中該色散補償光纖會在 1550 奈米波長上含有下列特徵：其單色光色散 D_{DCF} 為 -100ps/nm/km 或更高但是為 -40ps/nm/km 或更低，而其色散斜率 S_{DCF} 對單色光色散 D_{DCF} 之比值 (S_{DCF}/D_{DCF}) 為 0.005/奈米或更高但是為 0.015 或更低。
3. 如申請專利範圍第 1 項之色散補償光纖，其中該色散補償光纖會在 1550 奈米波長上含有 16 平方微米或更大的有效面積。
4. 如申請專利範圍第 3 項之色散補償光纖，其中該色散補償光纖會在 1550 奈米波長上含有 20 平方微米或更大的有效面積。
5. 如申請專利範圍第 1 項之色散補償光纖，其中該色散補償光纖的截止波長為 1.2 微米或更長但是為 1.8 微米或更短。
6. 如申請專利範圍第 5 項之色散補償光纖，其中該色散補償光纖的截止波長為 1.4 微米或更長但是為 1.8 微米或更短。

(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

7.如申請專利範圍第1項之色散補償光纖，其中該色散補償光纖會在1550奈米波長上含有0.5dB/km或更少的傳輸耗損。

8.如申請專利範圍第1項之色散補償光纖，其中該核心區域具有第一折射係數；以及

其中該包層區域包含圍繞於該核心區域外圍且具有低於該第一折射係數之第二折射係數的第一包層，圍繞於該第一包層外圍且具有高於該第二折射係數之第三折射係數的第二包層，圍繞於該第二包層外圍且具有低於該第三折射係數之第四折射係數的第三包層。

9.如申請專利範圍第8項之色散補償光纖，其中該核心區域在參照第三包層之第四折射係數時，具有0.8%或更大但是為2.0%或更小的相對折射係數差。

10.如申請專利範圍第9項之色散補償光纖，其中該核心區域在參照第三包層之第四折射係數時，具有0.8%或更大但是為1.5%或更小的相對折射係數差。

11.如申請專利範圍第8項之色散補償光纖，其中該第一包層在參照第三包層區域之第四折射係數時，較佳的是具有-0.4%或更小的相對折射係數差。

12.如申請專利範圍第8項之色散補償光纖，其中當該第二包層之外徑改變2%時，其比值(S_{DCF}/D_{DCF})改變了10%或更少。

13.如申請專利範圍第1項之色散補償光纖，其中該色散

(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

補償光纖會在 1550 奈米波長上含有下列特徵：

- 具有 -250ps/nm/km 或更高但是為 -120ps/nm/km 或更低的單色光色散 D_{DCF} ； $0.005/\text{奈米}$ 或更高的色散斜率 S_{DCF} 對單色光色散 D_{DCF} 之比值 ($S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$)；以及 10 平方微米或更大但是為 20 平方微米或更小的有效面積。
14. 如申請專利範圍第 13 項之色散補償光纖，其中該色散斜率 S_{DCF} 對單色光色散 D_{DCF} 之比值 ($S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$) 是 $0.015/\text{奈米}$ 或更低。
15. 如申請專利範圍第 13 項之色散補償光纖，其中該有效面積是落在 $(20 - |D_{\text{DCF}}|/25)$ 或更大但是為 $(23 - |D_{\text{DCF}}|/25)$ 或更小的範圍之內。
16. 如申請專利範圍第 13 項之色散補償光纖，其中色散補償光纖會在 1550 奈米波長上含有 1.0dB/km 或更小的傳輸耗損。
17. 如申請專利範圍第 13 項之色散補償光纖，其中該核心區域具有第一折射指數；且
- 其中該色層區域包含圍繞於該核心區域外圍且具有低於該第一折射係數之第二折射係數的第一包層，圍繞於該第一包層外圍且具有高於該第二折射係數之第三折射係數的第二包層，圍繞於該第二包層外圍且具有低於該第三折射係數之第四折射係數的第三包層。
18. 如申請專利範圍第 17 項之色散補償光纖，其中該核心區域相對於第三包層之相對折射係數差為 2.0% 或更

(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

大但是為 3.0%或更小。

19.如申請專利範圍第 17 項之色散補償光纖，其中該第一包層相對於第三包層之相對折射係數差為 -0.4%或更小。

20.如申請專利範圍第 17 項之色散補償光纖，其中當該第二包層之外徑改變 2%時其比值 (S_{DCF}/D_{DCF}) 改變了 10%或更少。

21.一種光學傳輸線，包括：

如申請專利範圍第 1 項之色散補償光纖；以及

連接到如申請專利範圍第 1 項之色散補償光纖上的色散-偏移光纖，該色散-偏移光纖在 1550 奈米波長上含有下列特徵：

+2ps/nm/km 或更高但是為 +10ps/nm/km 或更低的單色光色散；以及

+0.04ps/nm²/km 或更高但是為 +0.12ps/nm²/km 的色散斜率。

22.如申請專利範圍第 21 項之光學傳輸線，其中整個光學傳輸線會在 1535 奈米或更長但是為 1560 奈米或更短之波長能帶內含有 0.2ps/nm/km 或更低的偏移量。

23.如申請專利範圍第 22 項之光學傳輸線，其中整個光學傳輸線會在 1535 奈米或更長但是為 1600 奈米或更短之波長能帶內含有 0.2ps/nm/km 或更低的偏移量。

24.一種色散補償模組，係包含如申請專利範圍第 1 項之

(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

色散補償光纖，其狀態是依像纏繞線圈的方式使色散-偏移光纖形成一種模組。

25. 如申請專利範圍第 24 項之色散補償模組，其中當該色散補償模組在 1550 奈米波長上產生其量額為 -640ps/nm 之色散補償時，會在 1535 奈米或更長但是為 1565 奈米或更短之波長能帶內具有 7 分貝或更少的總耗損。
26. 如申請專利範圍第 25 項之色散補償模組，其中會於在 1535 奈米或更長但是為 1610 奈米或更短之波長能帶內具有 7 分貝或更少的總耗損。
27. 如申請專利範圍第 24 項之色散補償模組，其中當該色散補償模組在 1550 奈米波長上產生其量額為 -320ps/nm 之色散補償時，會在 1535 奈米或更長但是為 1565 奈米或更短之波長能帶內具有 3 分貝或更少的總耗損。
28. 如申請專利範圍第 27 項之色散補償模組，其中會於在 1535 奈米或更長但是為 1610 奈米或更短之波長能帶內具有 3 分貝或更少的總耗損。
29. 一種色散補償光纖，係含有沿預定軸延伸的核心區域以及圍繞於該核心區域外圍的包層區域，該色散補償光纖會在 1550 奈米波長上含有下列特徵：
 - 40ps/nm/km 或更低的單色光色散 D_{DCF} ；
 - $0.005/\text{奈米}$ 或更高的色散斜率 S_{DCF} 對單色光色散 D_{DCF} 之比值 ($S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$)；以及
 - 16 平方微米或更大的有效面積。

六、申請專利範圍

30. 如申請專利範圍第 29 項之色散補償光纖，其中會在 1550 奈米波長上含有 20 平方微米或更大的有效面積。

31. 一種色散補償光纖，係含有沿預定軸延伸的核心區域以及圍繞於該核心區域外圍的包層區域，該色散補償光纖會在 1550 奈米波長上含有下列特徵：

-40ps/nm/km 或更低的單色光色散 D_{DCF} ；

0.005/奈米或更高的色散斜率 S_{DCF} 對單色光色散 D_{DCF} 之比值 (S_{DCF}/D_{DCF})；以及

0.5dB/km 或更少的傳輸耗損。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

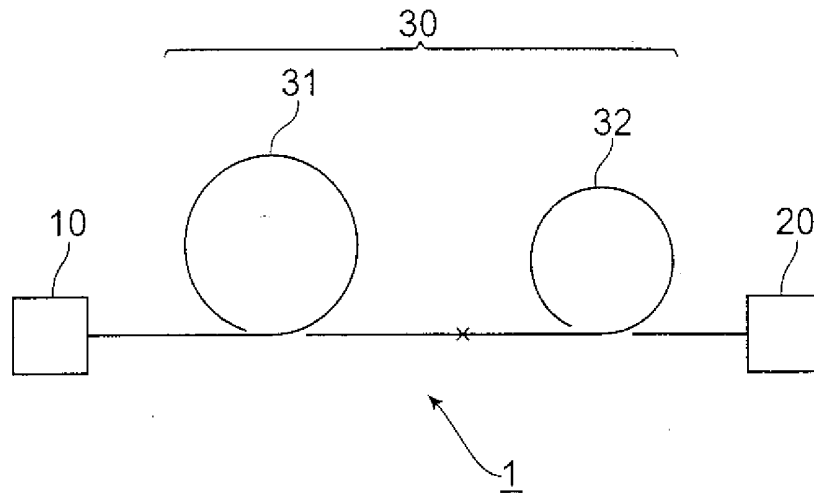
訂

線

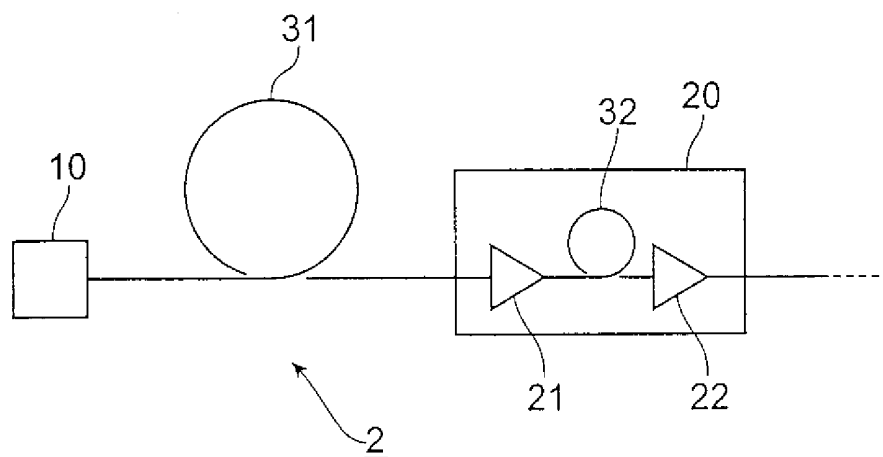
452663

891271Pf

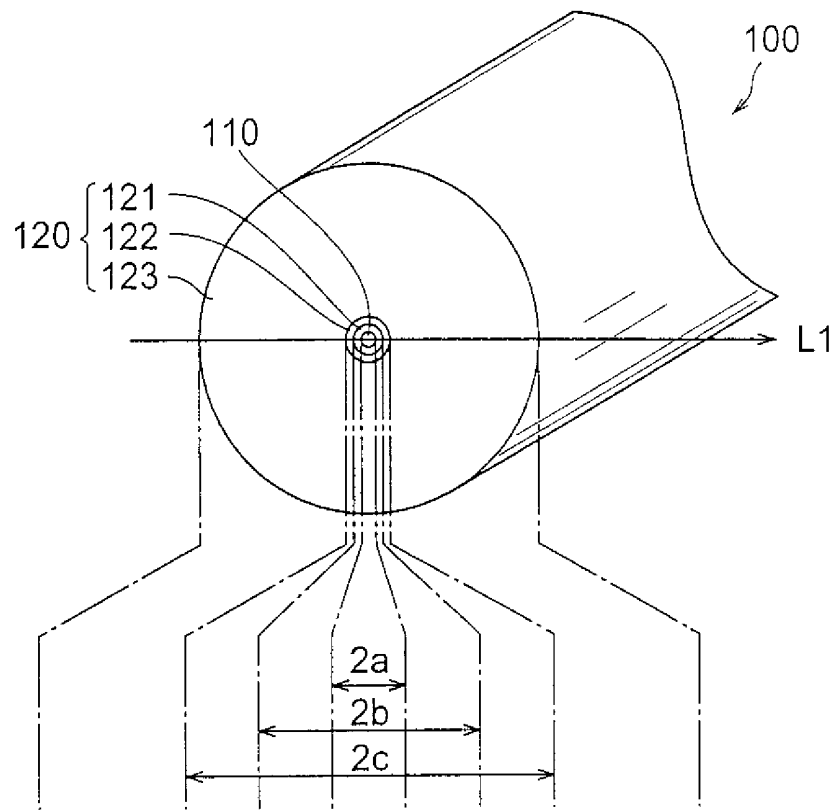
FP00-0099-00



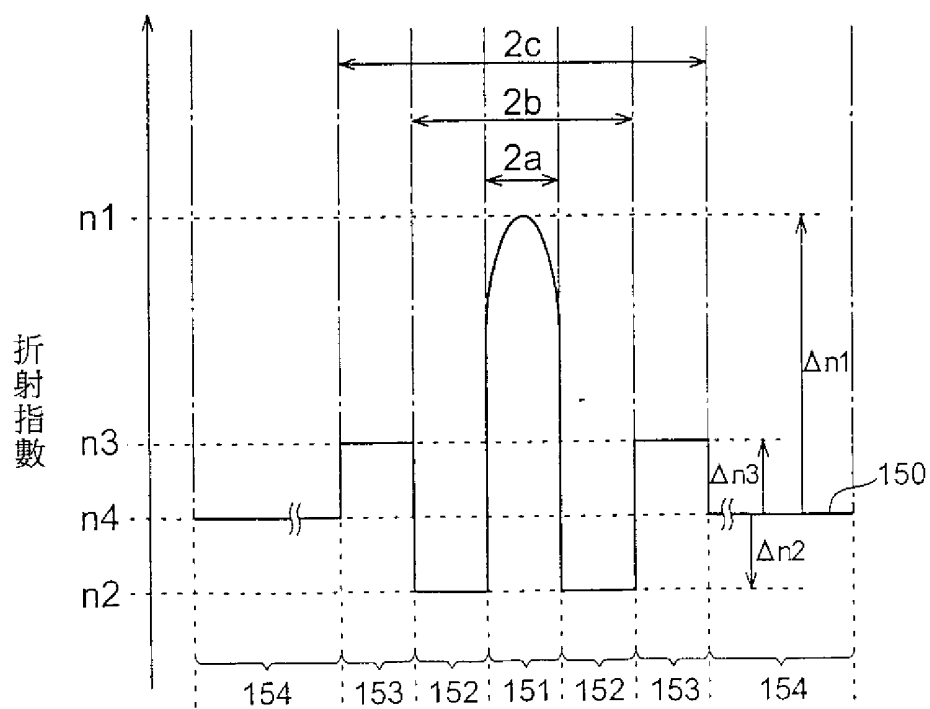
第1圖



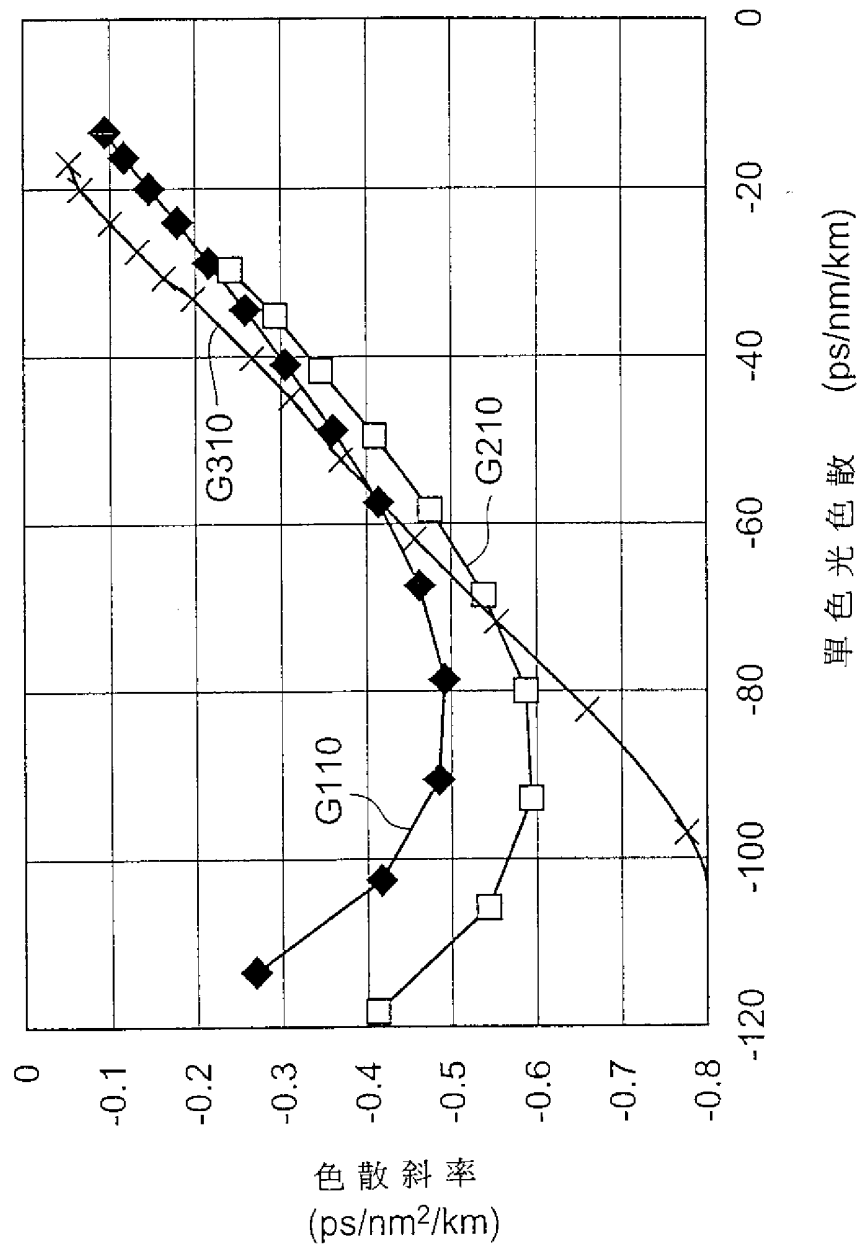
第2圖



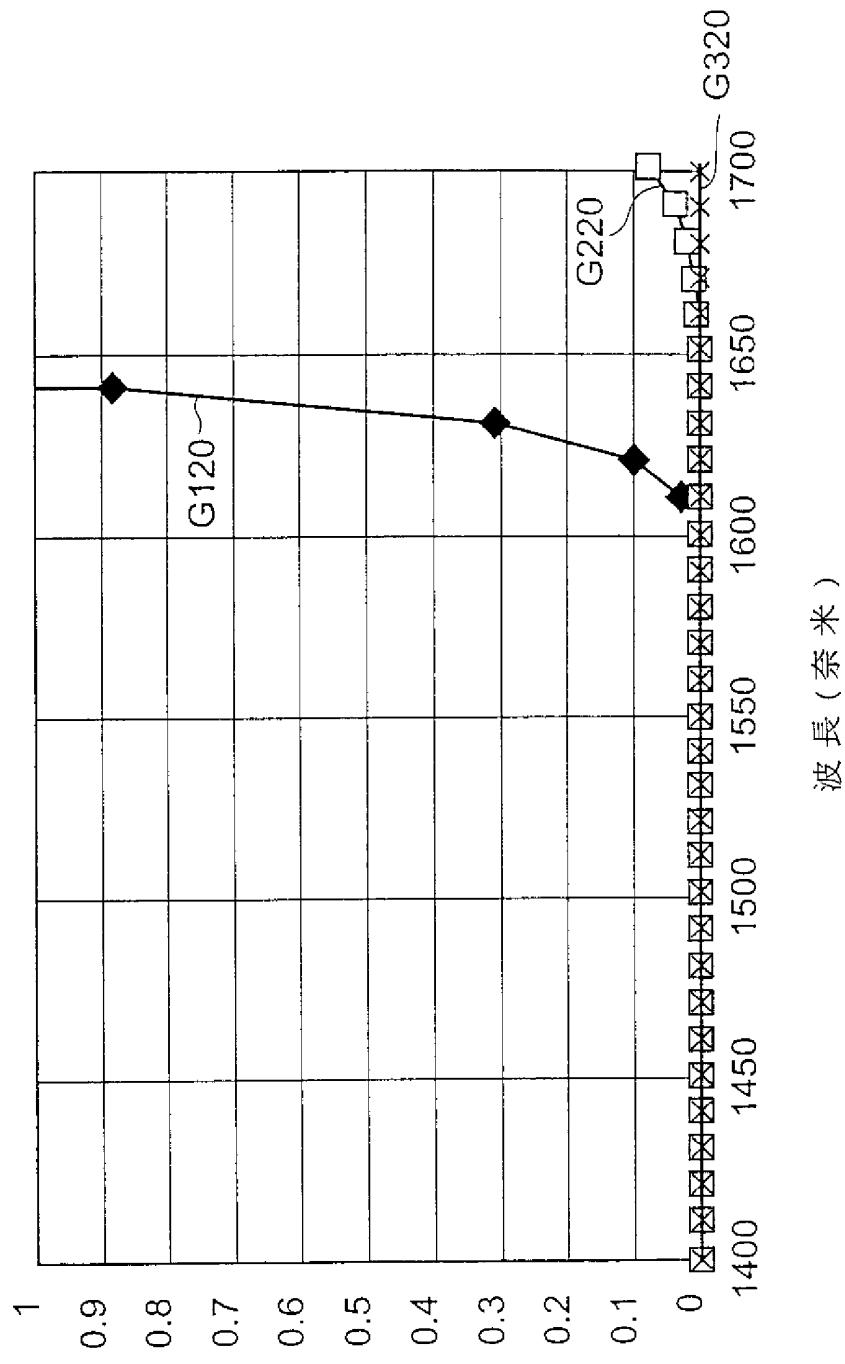
第 3A 圖



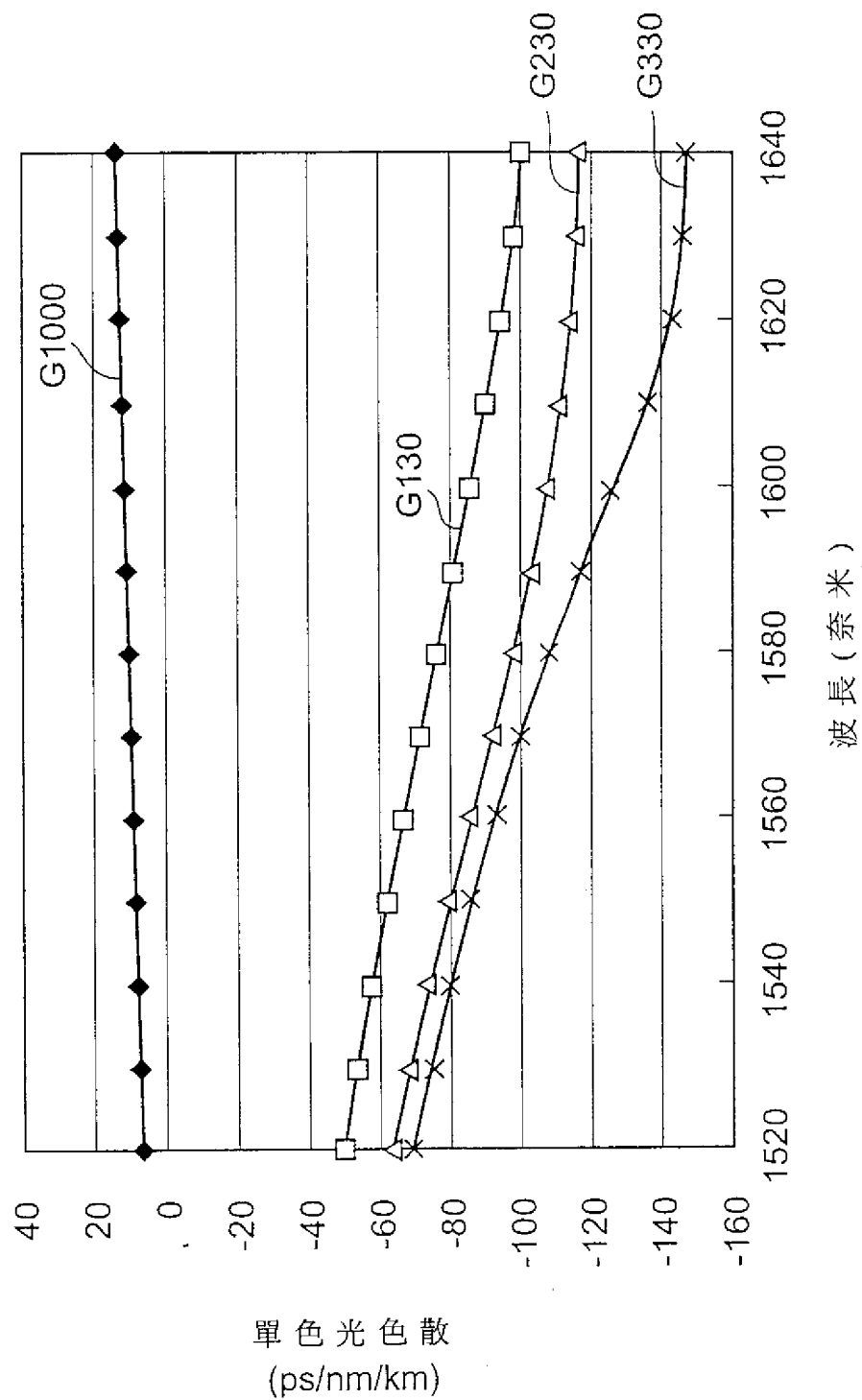
第 3B 圖



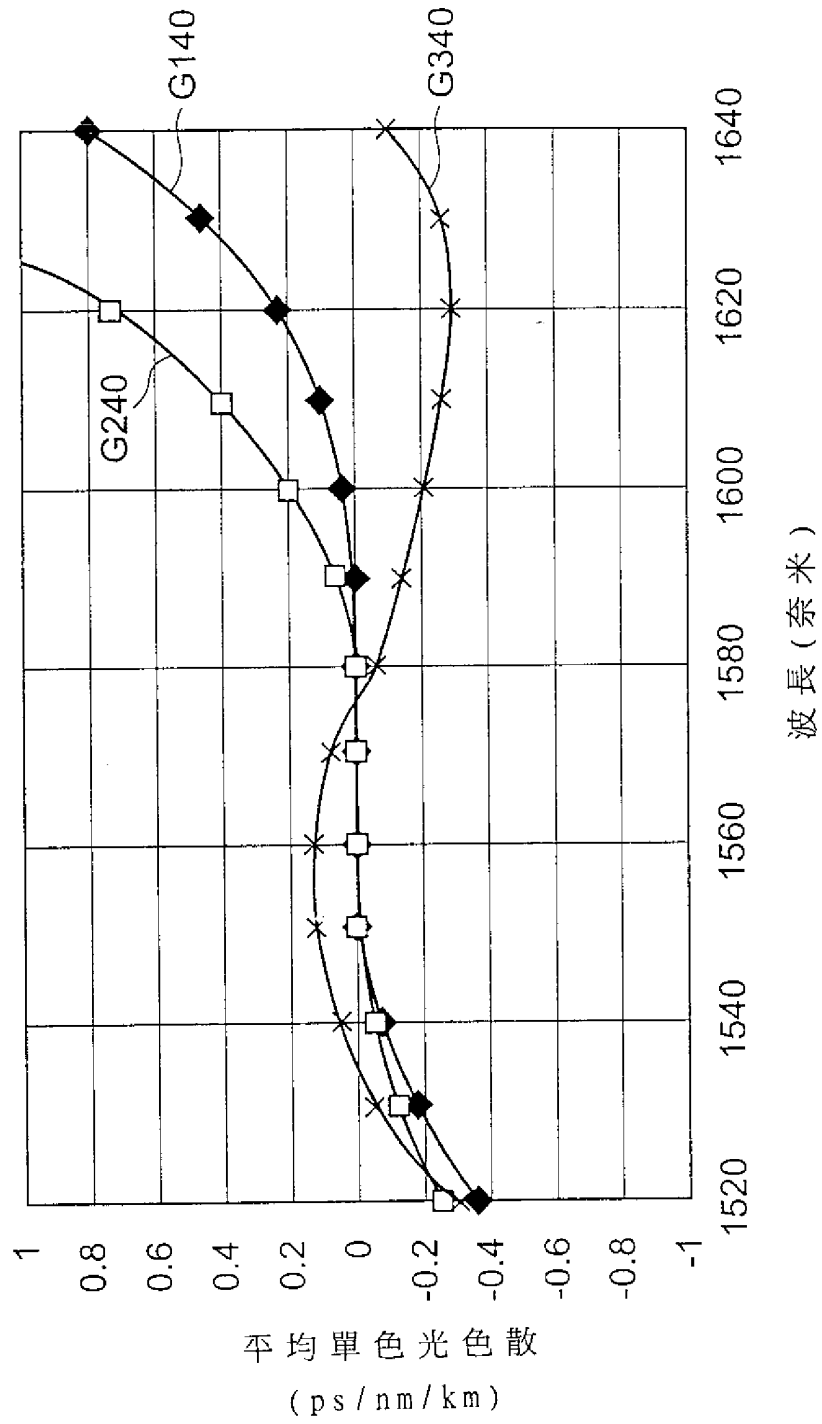
第4圖



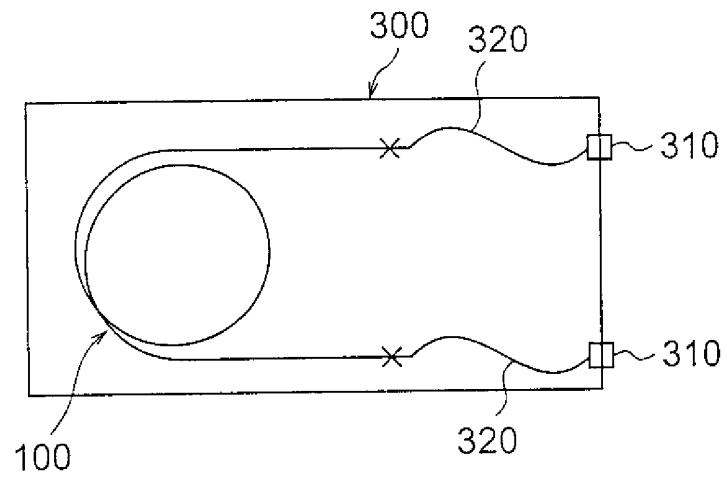
在 140 毫米直徑上的彎折耗損(分貝/公里)



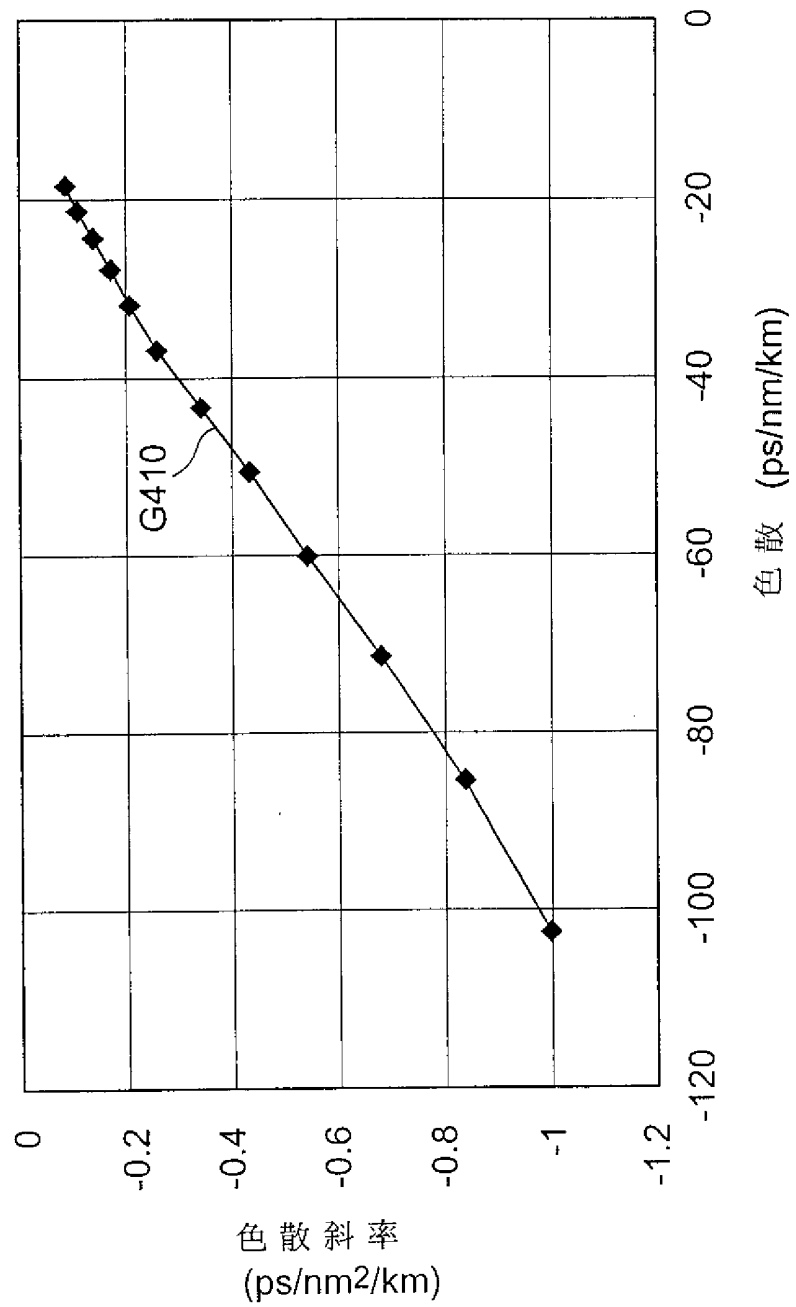
第6圖



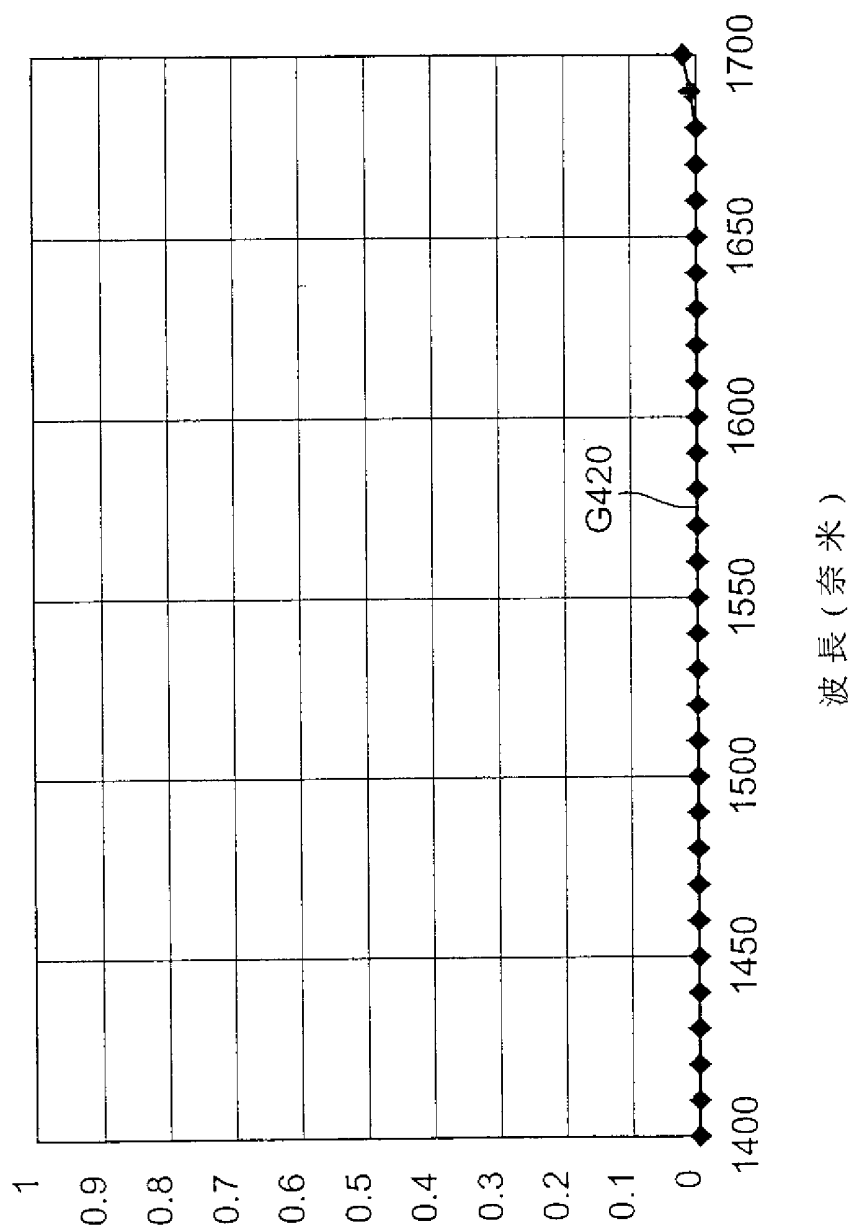
第7圖



第8圖

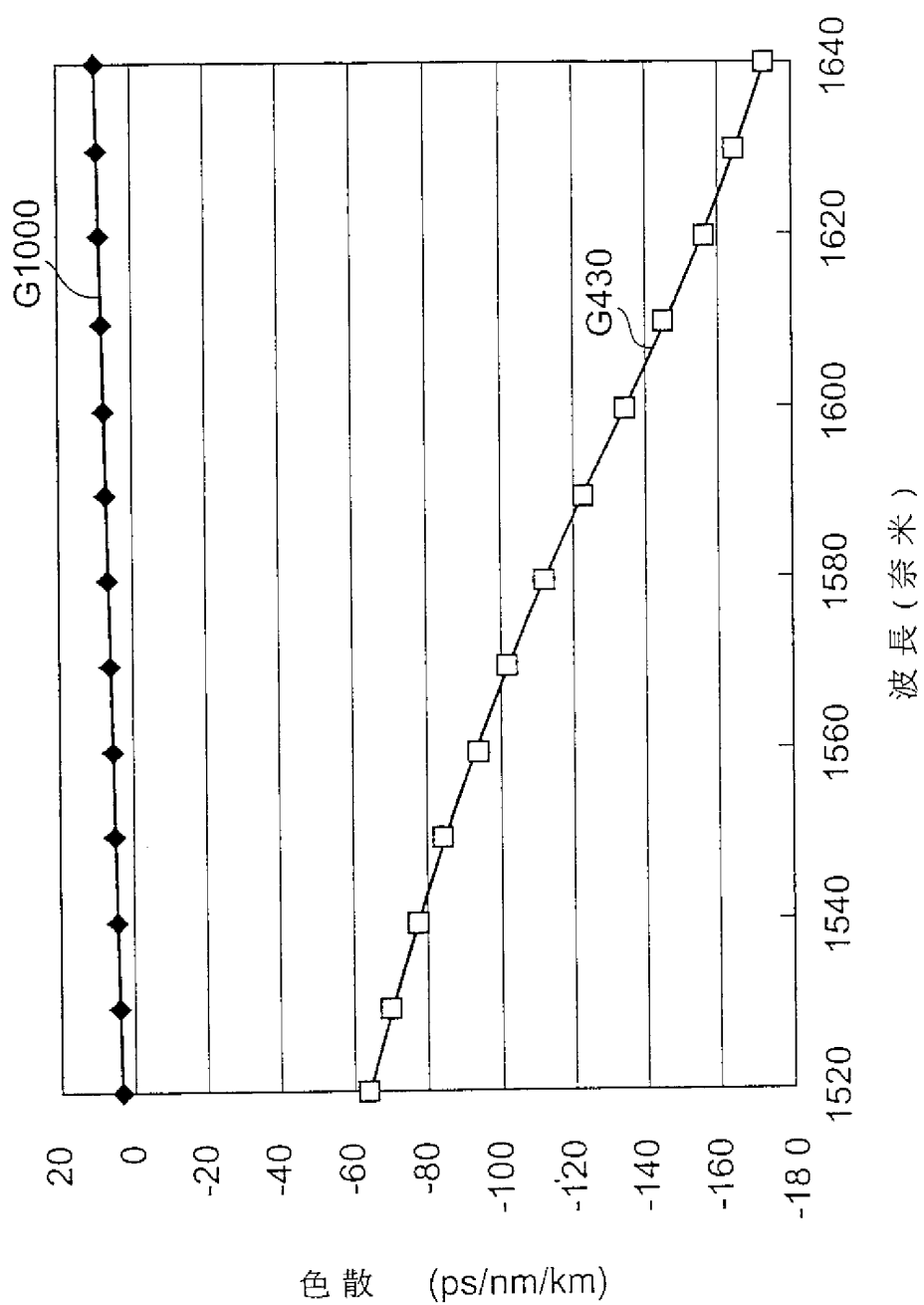


第9圖



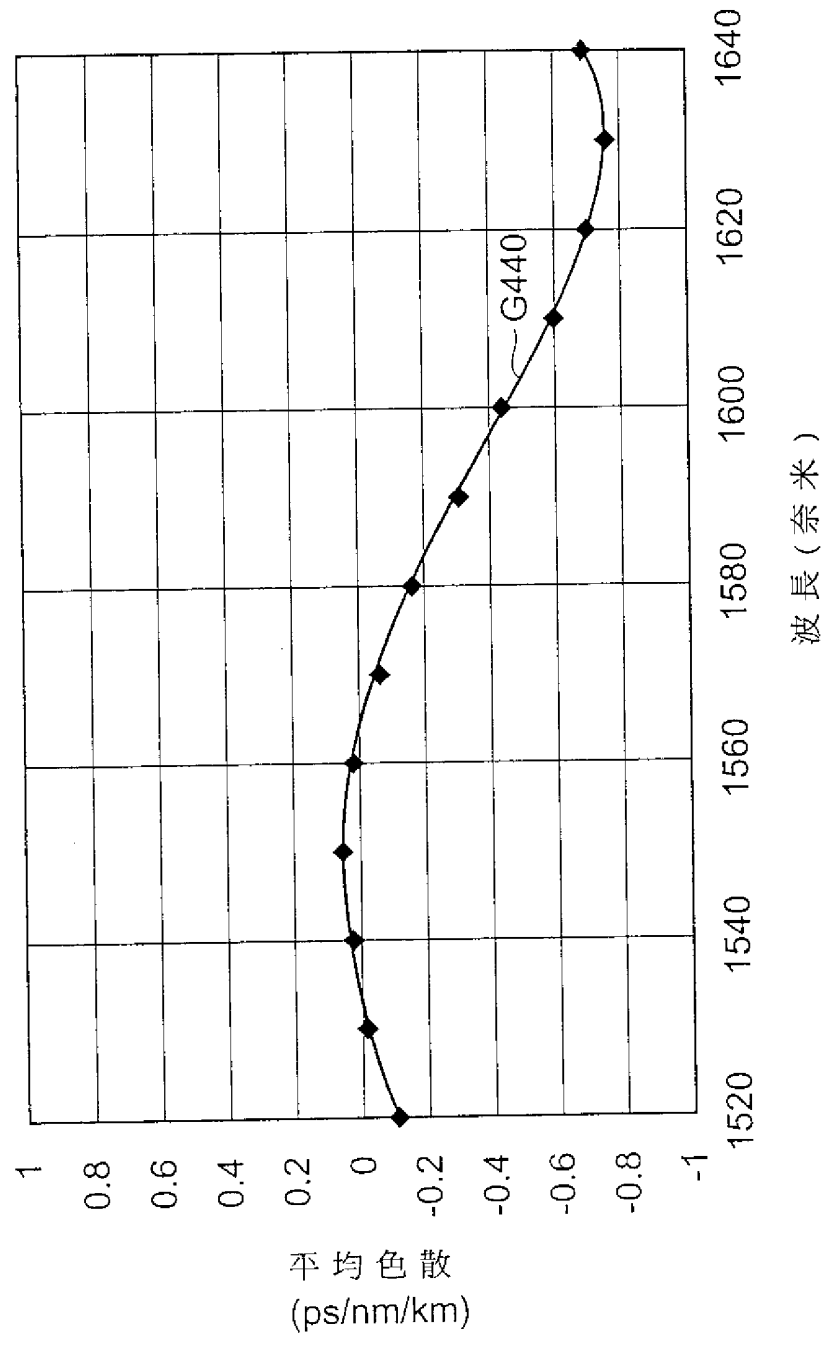
在 140 毫米直徑上的彎折耗損 (分貝 / 公里)

第10圖

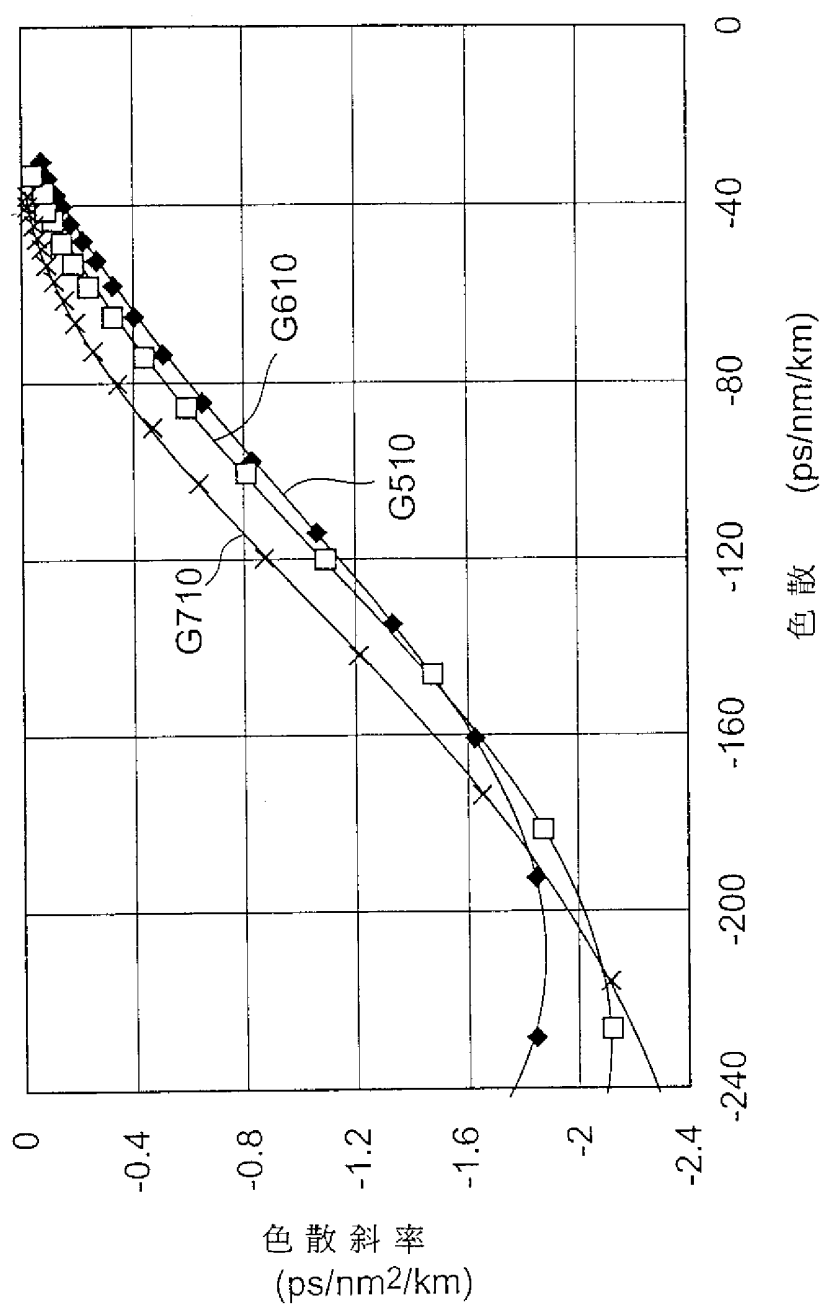


452663

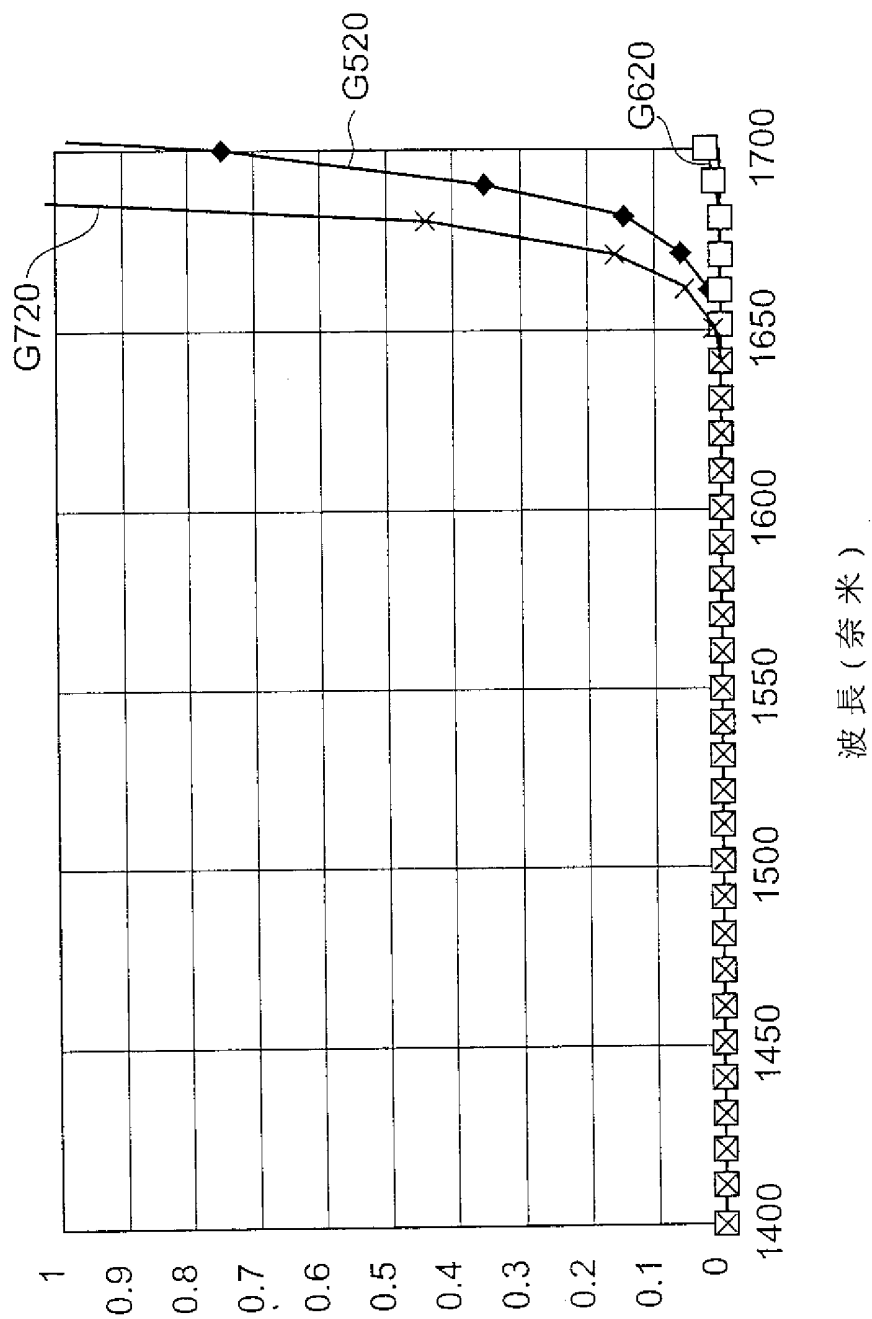
FP00-0099-00



第12圖



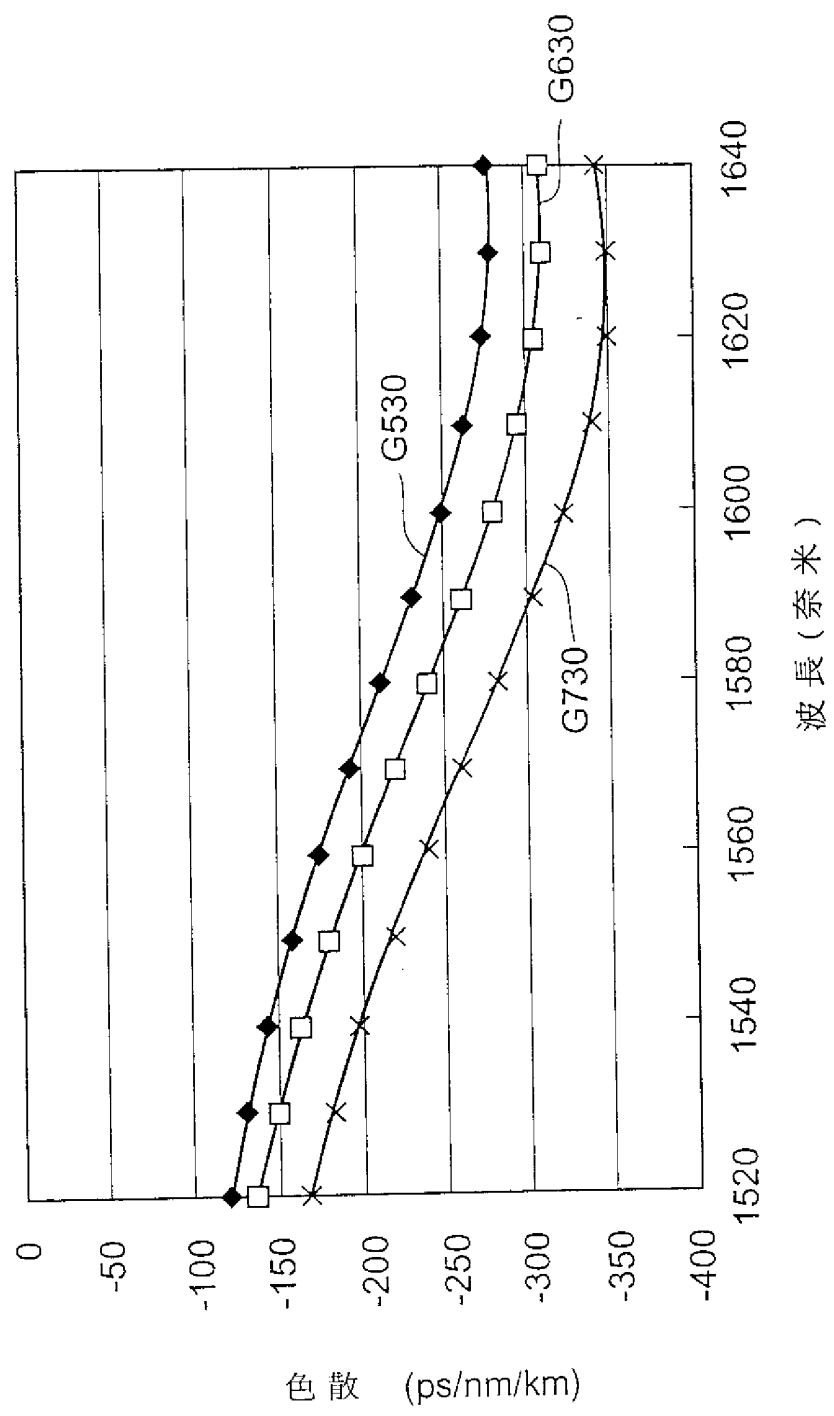
第13圖



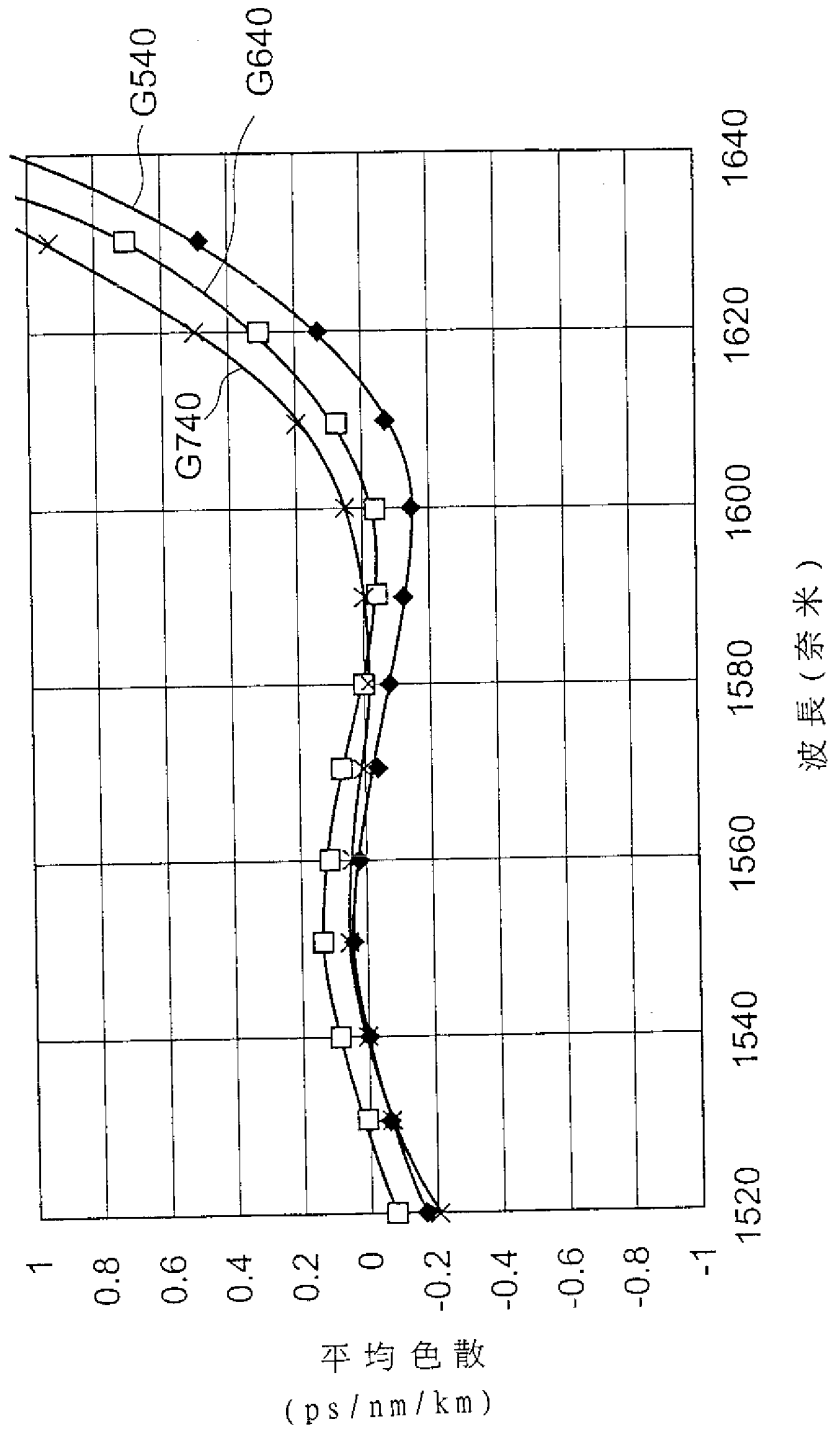
在 140 毫米直徑上的彎
折耗損 (分貝 / 公里)

波長 (奈米)

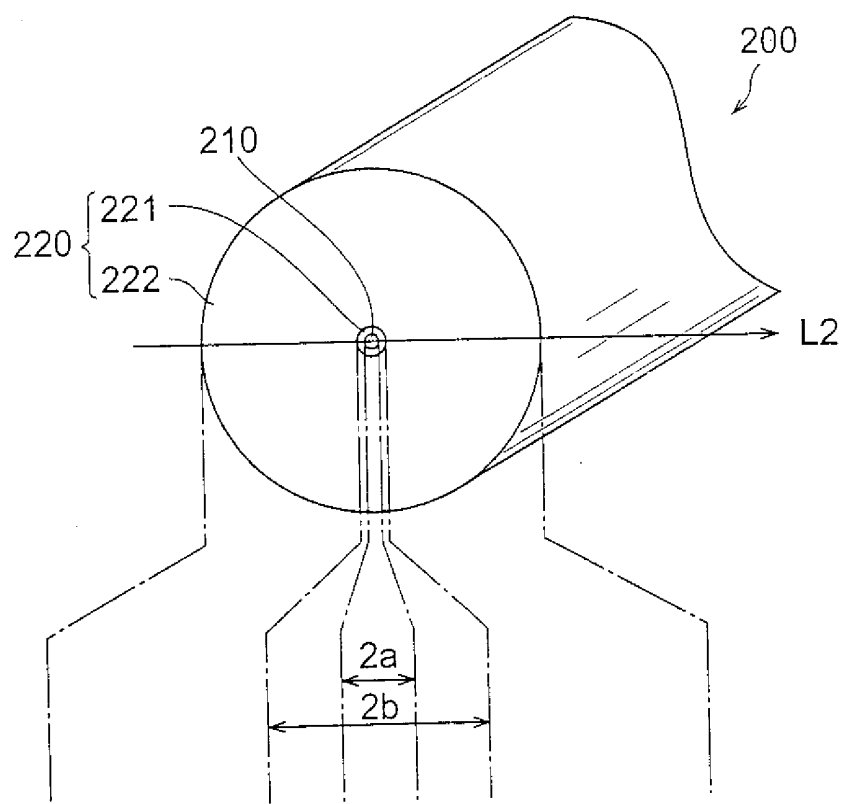
第14圖



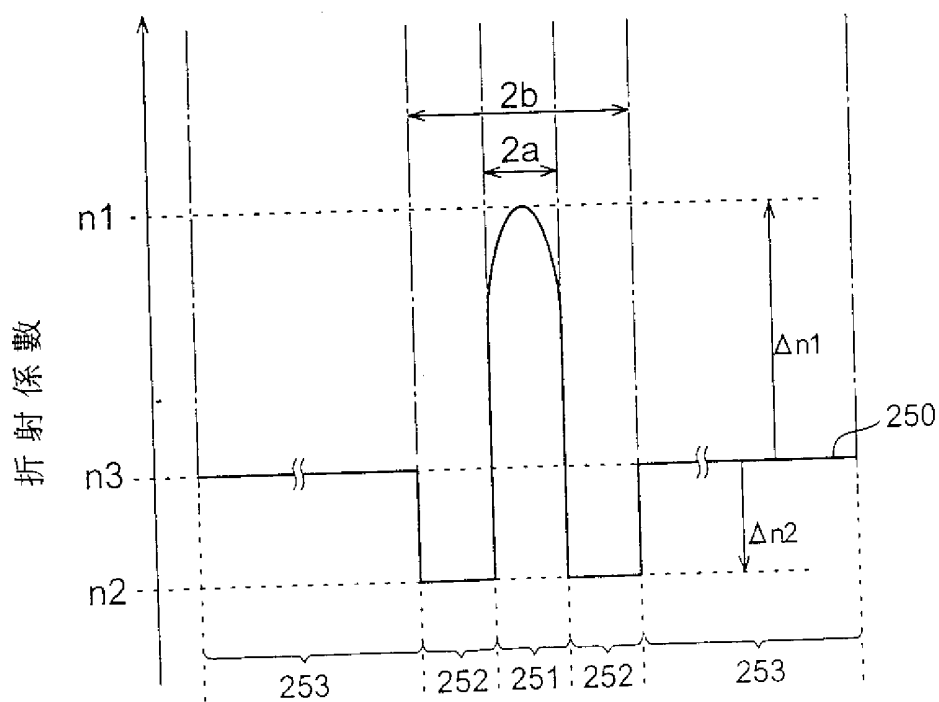
第15圖



第16圖



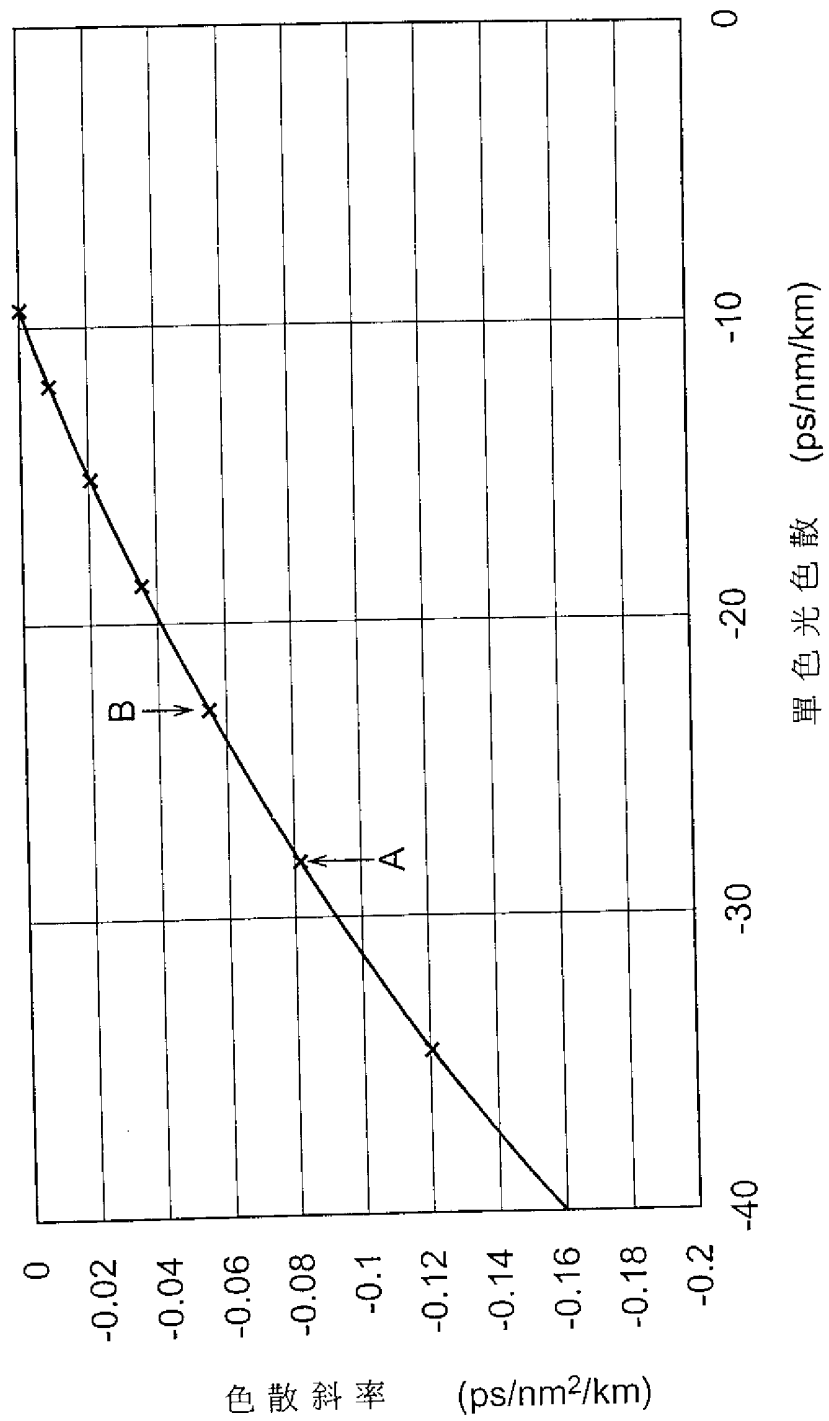
第 17A 圖



第 17B 圖

452663

FP00-0099-00



第18圖