



(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

|                      |           |             |
|----------------------|-----------|-------------|
| (51) 。 Int. Cl.      | (45) 공고일자 | 2007년08월14일 |
| H04B 10/18 (2006.01) | (11) 등록번호 | 10-0749295  |
|                      | (24) 등록일자 | 2007년08월08일 |

|             |                   |             |                 |
|-------------|-------------------|-------------|-----------------|
| (21) 출원번호   | 10-2002-7013636   | (65) 공개번호   | 10-2003-0007516 |
| (22) 출원일자   | 2002년10월11일       | (43) 공개일자   | 2003년01월23일     |
| 심사청구일자      | 2005년07월26일       |             |                 |
| 번역문 제출일자    | 2002년10월11일       |             |                 |
| (86) 국제출원번호 | PCT/JP2000/008528 | (87) 국제공개번호 | WO 2001/77727   |
| 국제출원일자      | 2000년12월01일       | 국제공개일자      | 2001년10월18일     |

(81) 지정국                      국내특허 : 오스트레일리아, 캐나다, 중국, 대한민국, 인도, 인도네시아,  
  
EP 유럽특허 : 오스트리아, 벨기에, 스위스, 독일, 덴마크, 스페인, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투갈, 스웨덴, 핀란드, 사이프러스,

(30) 우선권주장                      JP-P-2000-00109730      2000년04월11일                      일본(JP)

(73) 특허권자                      스미토모덴키고교가부시킴가이샤  
일본 오사카후 오사카시 주오구 기타하마 4초메 5반33고

(72) 발명자                      카토타카토시  
일본가나가와켄요코하마시사카에쿠타야쵸1스미토모덴키고교가부시킴  
가이샤요코하마세사쿠쇼내  
  
히라노마사아키  
일본가나가와켄요코하마시사카에쿠타야쵸1스미토모덴키고교가부시킴  
가이샤요코하마세사쿠쇼내

(74) 대리인                      이병호  
장훈

|                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| (56) 선행기술조사문헌   |                 |
| KR1020010032853 | KR1020010088808 |
| KR1020020012319 | KR1020020074221 |
| KR1020020084178 | KR1020030003701 |
| US5448674       | US5995694       |

심사관 : 윤난영

전체 청구항 수 : 총 31 항

(54) 분산 보상 광 화이버, 광 전송로 및 분산 보상 모듈

## (57) 요약

본 발명은 짧은 길이로 비제로 분산 변위 광 화이버의 분산 경사 및 색채 분산을 보상할 수 있는 분산 보상 광 화이버에 관한 것이다. 상기 분산 변위 광 화이버는 그에 융합 집합된 분산 보상 광 화이버와 함께 광 전송로를 구성한다. 분산 보상 광 화이버는 1550nm의 파장에서,  $-40\text{ps/nm/km}$  이하의 색채 분산( $D_{\text{DCF}}$ )과,  $0.005/\text{nm}$  이상의 색채 분산( $D_{\text{DCF}}$ )에 대한 분산 경사( $S_{\text{DCF}}$ )의 비율( $S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$ )을 가진다.

## 대표도

도 3b

## 특허청구의 범위

### 청구항 1.

미리 결정된 축을 따라 연장되는 코어 영역과, 상기 코어 영역의 외주 둘레를 둘러싸는 클래딩(cladding) 영역을 가지는 분산 보상 광 화이버(dispersion-compensating optical fiber)에 있어서,

상기 분산 보상 광 화이버는 1550 nm의 파장에서,  $-40\text{ps/nm/km}$  또는 그 이하의 색채 분산(chromatic dispersion) ( $D_{\text{DCF}}$ )과,

$0.005/\text{nm}$  또는 그 이상의 색채 분산( $D_{\text{DCF}}$ )에 대한 분산 경사(dispersion slope)( $S_{\text{DCF}}$ )의 비율( $S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$ )의 특성을 가지는, 분산 보상 광 화이버.

### 청구항 2.

제 1 항에 있어서, 상기 분산 보상 광 화이버는 1550nm의 파장에서,

$-100\text{ps/nm/km}$  또는 그 이상,  $-40\text{ps/nm/km}$  또는 그 이하의 색채 분산( $D_{\text{DCF}}$ )과,

$0.005/\text{nm}$  또는 그 이상,  $0.015/\text{nm}$  또는 그 이하의 색채 분산( $D_{\text{DCF}}$ )에 대한 분산 경사( $S_{\text{DCF}}$ )의 비율( $S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$ )의 특성을 가지는 분산 보상 광 화이버.

### 청구항 3.

제 1 항에 있어서, 상기 분산 보상 광 화이버는 1550nm의 파장에서  $16\mu\text{m}^2$  또는 그 이상의 유효 면적을 가지는, 분산 보상 광 화이버.

### 청구항 4.

제 3 항에 있어서, 상기 분산 보상 광 화이버는 1550nm의 파장에서,  $20\mu\text{m}^2$  또는 그 이상의 유효 면적을 가지는, 분산 보상 광 화이버.

### 청구항 5.

제 1 항에 있어서, 상기 분산 보상 광 화이버는  $1.2\mu\text{m}$  또는 그 이상,  $1.8\mu\text{m}$  또는 그 이하의 컷오프(cutoff) 파장을 가지는, 분산 보상 광 화이버.

#### 청구항 6.

제 5 항에 있어서, 상기 분산 보상 광 화이버는  $1.4\mu\text{m}$  또는 그 이상,  $1.8\mu\text{m}$  또는 그 이하의 컷오프 파장을 가지는, 분산 보상 광 화이버.

#### 청구항 7.

제 1 항에 있어서, 상기 분산 보상 광 화이버는  $1550\text{nm}$ 의 파장에서  $0.5\text{dB/km}$  또는 그 이하의 전송 손실을 가지는, 분산 보상 광 화이버.

#### 청구항 8.

제 1 항에 있어서, 상기 코어 영역은 제 1 굴절 지수(refractive index)를 가지고,

상기 클래딩 영역은 상기 코어 영역 외주 둘레를 둘러싸면서 상기 제 1 굴절 지수 보다 낮은 제 2 굴절 지수를 가지는 제 1 클래딩과, 상기 제 1 클래딩의 외주 둘레를 둘러싸면서 상기 제 2 굴절 지수 보다 높은 제 3 굴절 지수를 가지는 제 2 클래딩과, 상기 제 2 클래딩의 외주를 둘러싸면서 상기 제 3 굴절 지수 보다 낮은 제 4 굴절 지수를 가지는 제 3 클래딩을 포함하는, 분산 보상 광 화이버.

#### 청구항 9.

제 8 항에 있어서, 상기 코어 영역은 상기 제 3 클래딩에 관하여,  $0.8\%$  또는 그 이상,  $2.0\%$  또는 그 이하의 상대 굴절 지수차를 가지는, 분산 보상 광 화이버.

#### 청구항 10.

제 9 항에 있어서, 상기 코어 영역은 상기 제 3 클래딩에 대하여,  $0.8\%$  또는 그 이상  $1.5\%$  또는 그 이하의 상대 굴절 지수차를 가지는, 분산 보상 광 화이버.

#### 청구항 11.

제 8 항에 있어서, 상기 제 1 클래딩은 상기 제 3 클래딩에 대하여  $-0.4\%$  또는 그 이하의 상대 굴절 지수차를 가지는, 분산 보상 광 화이버.

#### 청구항 12.

제 8 항에 있어서, 상기 비율( $S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$ )은, 상기 제 2 클래딩의 외경(outer diameter)이 2%만큼 변화할 때, 10% 또는 그 이하만큼 변화하는, 분산 보상 광 화이버.

#### 청구항 13.

제 1 항에 있어서, 상기 분산 보상 광 화이버는 1550 nm의 파장에서  $-250\text{ps/nm/km}$  또는 그 이상,  $-120\text{ps/nm/km}$  또는 그 이하의 색채 분산( $D_{\text{DCF}}$ )과,  $0.005/\text{nm}$  또는 그 이상의 색채 분산( $D_{\text{DCF}}$ )에 대한 분산 경사( $S_{\text{DCF}}$ )의 비율( $S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$ )과,  $10\mu\text{m}^2$  또는 그 이상  $20\mu\text{m}^2$  또는 그 이하의 유효 면적의 특성을 가지는, 분산 보상 광 화이버.

#### 청구항 14.

제 13 항에 있어서, 상기 색채 분산( $D_{\text{DCF}}$ )에 대한 분산 경사( $S_{\text{DCF}}$ )의 비율( $S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$ )은  $0.015/\text{nm}$  또는 그 이하인, 분산 보상 광 화이버.

#### 청구항 15.

제 13 항에 있어서, 상기 유효 면적은  $(20 - |D_{\text{DCF}}|/25)$  또는 그 이상,  $(23 - |D_{\text{DCF}}|/25)$  또는 그 이하의 범위 내에 존재하는, 분산 보상 광 화이버.

#### 청구항 16.

제 13 항에 있어서, 상기 분산 보상 광 화이버는 1550nm의 파장에서  $1.0\text{dB/km}$  또는 그 이하의 전송 손실을 가지는, 분산 보상 광 화이버.

#### 청구항 17.

제 13 항에 있어서, 상기 코어 영역은 제 1 굴절 지수를 가지고,

상기 클래딩 영역은 상기 코어 영역의 외주 둘레를 둘러싸면서 상기 제 1 굴절 지수 보다 낮은 제 2 굴절 지수를 가지는 제 1 클래딩과, 상기 제 1 클래딩의 외주 둘레를 둘러싸면서 상기 제 2 굴절 지수 보다 높은 제 3 굴절 지수를 가지는 제 2 클래딩과, 상기 제 2 클래딩의 외주를 둘러싸면서 상기 제 3 굴절 지수 보다 낮은 제 4 굴절 지수를 가지는 제 3 클래딩을 포함하는, 분산 보상 광 화이버.

#### 청구항 18.

제 17 항에 있어서, 상기 코어 영역은 상기 제 3 클래딩에 대하여 2.0% 또는 그 이상, 3.0% 또는 그 이하의 상대 굴절 지수차를 가지는, 분산 보상 광 화이버.

#### 청구항 19.

제 17 항에 있어서, 상기 제 1 클래딩은 상기 제 3 클래딩에 대하여  $-0.4\%$  또는 그 이하의 상대 굴절 지수차를 가지는, 분산 보상 광 화이버.

#### 청구항 20.

제 17 항에 있어서, 상기 비율( $S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$ )은, 상기 제 2 클래딩의 외경이 2% 만큼 변화할 때, 10% 또는 그 이하만큼 변화하는, 분산 보상 광 화이버.

## 청구항 21.

제 1 항에 따른 분산 보상 광 화이버와, 상기 제 1 항에 따른 분산 보상 광 화이버에 연결된 분산 변위 광 화이버 (dispersion-shifted optical fiber)를 포함하는 광 전송로에 있어서,

상기 분산 변위 광 화이버는, 1550nm의 파장에서, + 2ps/nm/km 또는 그 이상, + 10ps/nm/km 또는 그 이하의 색채 분산과, + 0.04ps/nm<sup>2</sup>/km 또는 그 이상, + 0.12ps/nm<sup>2</sup>/km 또는 그 이하의 분산 경사의 특성을 가지는, 광 전송로.

## 청구항 22.

제 21 항에 있어서, 상기 전체 광 전송로의 평균 색채 분산의 편차는, 1535nm 또는 그 이상, 1560nm 또는 그 이하의 파장 대역에서, 0.2ps/nm/km 또는 그 이하인, 광 전송로.

## 청구항 23.

제 22 항에 있어서, 상기 전체 광 전송로의 평균 색채 분산의 편차는 1535nm 또는 그 이상, 1600nm 또는 그 이하의 파장 대역에서, 0.2ps/nm/km 또는 그 이하인, 광 전송로.

## 청구항 24.

모듈을 형성하도록 분산 보상 광 화이버가 코일형으로 권선된 상태에서, 제 1 항에 따른 분산 보상 광 화이버를 포함하는, 분산 보상 모듈.

## 청구항 25.

제 24 항에 있어서, 상기 분산 보상 모듈은 1550nm의 파장에서 분산 보상량이 -640ps/nm일 때, 1535nm 또는 그 이상, 1565nm 또는 그 이하의 파장 대역에서 7dB 또는 그 이하의 총 손실(total loss)을 가지는, 분산 보상 모듈.

## 청구항 26.

제 25 항에 있어서, 상기 총 손실은 1535nm 또는 그 이상, 1610nm 또는 그 이하의 파장 대역에서 7dB 또는 그 이하인, 분산 보상 모듈.

## 청구항 27.

제 24 항에 있어서, 상기 분산 보상 모듈은 1550nm의 파장에서 분산 보상량이 -320ps/nm일 때, 1535nm 또는 그 이상, 1565nm 또는 그 이하의 파장 대역에서 3dB 또는 그 이하의 총 손실을 가지는, 분산 보상 모듈.

## 청구항 28.

제 27 항에 있어서, 상기 총 손실은 1535nm 또는 그 이상, 1610nm 또는 그 이하의 파장 대역에서, 3dB 또는 그 이하인, 분산 보상 모듈.

## 청구항 29.

미리 결정된 축을 따라 연장되는 코어 영역과, 상기 코어 영역의 외주 둘레를 둘러싸는 클래딩 영역을 가지는 분산 보상 광 화이버에 있어서,

상기 분산 보상 광 화이버는 1550nm의 파장에서,  $-40\text{ps/nm/km}$  또는 그 이하의 색채 분산( $D_{\text{DCF}}$ )과,

$0.005/\text{nm}$  또는 그 이상의 색채 분산( $D_{\text{DCF}}$ )에 대한 분산 경사( $S_{\text{DCF}}$ )의 비율( $S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$ ), 및

$16\mu\text{m}^2$  또는 그 이상의 유효 면적의 특성을 가지는, 분산 보상 광 화이버.

## 청구항 30.

제 29 항에 있어서, 상기 유효 면적은 1550nm의 파장에서  $20\mu\text{m}^2$  또는 그 이상인, 분산 보상 광 화이버.

## 청구항 31.

미리 결정된 축을 따라 연장되는 코어 영역과, 상기 코어 영역의 외주 둘레를 둘러싸는 클래딩 영역을 가지는 분산 보상 광 화이버에 있어서,

상기 분산 보상 광 화이버는 1550nm의 파장에서,  $-40\text{ps/nm/km}$  또는 그 이하의 색채 분산( $D_{\text{DCF}}$ )과,

$0.005/\text{nm}$  또는 이상의 색채 분산( $D_{\text{DCF}}$ )에 대한 분산 경사( $S_{\text{DCF}}$ )의 비율( $S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$ )과,

$0.5\text{dB/km}$  또는 그 이하의 전송 손실의 특성을 가지는, 분산 보상 광 화이버.

## 명세서

### 기술분야

본 발명은 분산 변위 광 화이버(dispersion-shifted optical fiber)의 색채 분산(chromatic dispersion) 및 분산 경사(dispersion slope)를 보상하는 분산 보상 광 화이버와, 이 분산 변위 광 화이버와 분산 보상 광 화이버를 포함하는 광 전송로(optical transmission line) 및, 코일형으로 이 분산 변위 광 화이버를 권선함으로써 형성된 분산 보상 모듈(module)에 관한 것이다.

### 배경기술

파장 분할 멀티플렉싱(wavelength division multiplexing)(WDM) 광전송을 수행하는 광전송 시스템에서 보다 높은 속도와 보다 큰 용량을 추가로 달성하기 위해서, 누적 색채 분산(accumulated chromatic dispersion)의 절대값이 넓은 신호 파장 대역에서 가능한 작아져야 하는 것이 중요하다. 일반적으로, 단 한 종류의 광 화이버를 사용하는 광 전송로에서 이를 달성하기가 어렵기 때문에, 복수의 종류의 광섬유가 광 전송로를 구성하도록 연결되게 되며, 따라서, 광대역내의 광 전송로에서 누적 색채 분산의 절대값을 저하시킨다.

예로서, 일본 특개평 6-11620호는  $1.3\mu\text{m}$ 의 파장 부근의 제로 분산 파장을 가지는 표준 단일 모드 광 화이버(SMF)와, 1550nm의 파장에서 이 표준 단일 모드 광 화이버의 색채 분산을 보상하는 분산 보상 광 화이버(DCF)가 서로 연결되므로,  $1.55\text{-}\mu\text{m}$  파장 대역에서 이렇게 연결된 광 화이버들에 의해 구성된 광 전송로의 누적 색채 분산의 절대값을 감소시킨다.

또한, 미국 특허 제 5,838,867호는 1550nm의 파장에서 미소한 양의(positive) 색채 분산을 가지는 비제로 분산 변위 광 화이버(NZDSF; non-zero dispersion-shifted optical fiber)와, 이 분산 변위 광 화이버의 색채 분산 및 분산 경사를 보상하는 분산 보상 광 화이버가 서로 연결되므로, 1.55- $\mu$ m 파장 대역에서, 이렇게 연결된 광 화이버들로 구성된 광 전송로의 누적 색채 분산의 절대값을 저하시킨다.

여기서, 1550nm의 파장에서 표준 단일 모드 광 화이버(SMF)의 색채 분산은  $D_{SMF}$ 라 지칭되며, 그 분산 경사는  $S_{SMF}$ 라 지칭된다. 1550nm의 파장에서 비제로 분산 변위 광 화이버(NZDSF)의 색채 분산은  $D_{DSF}$ 라 지칭되고, 그 분산 경사는  $S_{DSF}$ 라 지칭된다. 1550nm의 파장에서 분산 보상 광 화이버(DCF)의 색채 분산은  $D_{DCF}$ 라 지칭되고, 그 분산 경사는  $S_{DCF}$ 라 지칭된다. 이때, 1550nm의 파장을 포함하는 광대역의 광전송의 누적 색채 분산의 절대값을 감소시키기 위해서, 색채 분산( $D_{DCF}$ )에 대한 분산 경사( $S_{DCF}$ )의 그 비율( $S_{DCF}/D_{DCF}$ )이 단일 모드 광 화이버의 색채 분산( $D_{SMF}$ )에 대한 분산 경사( $S_{SMF}$ )의 비율( $S_{SMF}/D_{SMF}$ )과 실질적으로 동일하도록, 단일 모드 광 화이버의 색채 분산 및 분산 경사 양자 모두를 보상하기 위한 분산 보상 광 화이버(이하, "SMF용 분산 보상 광 화이버"라 지칭함)가 필요하다. 또한, 색채 분산( $D_{DCF}$ )에 대한 분산 경사( $S_{DCF}$ )의 그 비율( $S_{DCF}/D_{DCF}$ )이 분산 변위 광 화이버의 색채 분산( $D_{DSF}$ )에 대한 분산 경사( $S_{DSF}$ )의 비율( $S_{DSF}/D_{DSF}$ )과 실질적으로 동일하도록 분산 변위 광 화이버의 색채 분산 및 분산 경사 양자 모두를 보상하기 위한 분산 보상 광 화이버(이하, "DSF용 분산 보상 광 화이버"라 지칭함)도 필요하다.

본 발명자들은 종래의 광 전송로들을 상세히 연구하였으며, 그 결과로서, 하기와 같은 문제점들을 발견하였다.

표준 단일 모드 광 화이버들에 비교할 때에, 분산 변위 광 화이버들은 1550nm의 파장에서 보다 큰 비율( $S_{DSF}/D_{DSF}$ )을 가진다. 따라서, SMF용 분산 보상 광 화이버들과 비교할 때, DSF용 분산 보상 광 화이버가 1550nm의 파장에서 보다 큰 비율( $S_{DSF}/D_{DSF}$ )을 가질 필요가 있다.

일본 특개평 6-11620호에 개시된 SMF용 분산 보상 광 화이버는, 1.3 $\mu$ m 부근의 제로 분산 파장을 가지는 표준 단일 모드 광 화이버의 색채 분산과, 1550nm의 파장에서의 큰 색채 분산을 보상하며, 큰 절대값의 음의(negative) 색채 분산을 가진다. 따라서, SMF용의 이 분산 보상 광 화이버는 표준 단일 모드 광 화이버의 색채 분산을 보상하기에 적합하다. 그러나, 이 SMF용 분산 보상 광 화이버는 분산 경사를 충분히 보상하지 못한다.

한편, 미국 특허 제 5,838,867호에 개시된 DSF용 분산 보상 광 화이버는 1550nm의 파장에서 미소한 양의 색채 분산을 가지는 비제로 분산 변위 광 화이버의 분산 경사와 색채 분산 양자 모두를 보상할 수 있다. DSF용의 이 분산 보상 광 화이버가 작은 절대값을 가지는 색채 분산을 가지기 때문에, 비제로 분산 변위 광 화이버의 분산 경사 및 색채 분산의 양자 모두를 보상하기 위해서는 DSF용의 긴 분산 보상 광 화이버가 필요하다.

예로서, S. 비고(Bigo) 등의 제목이 "4x100km의 TeraLight™ 화이버를 거친 10Gbit/s에서의 1.5 테라비트(Terabit)/s WDM 전송(ECOC'99, PD, 1999)"인 문헌 1에 개시된 비제로 분산 변위 광 화이버는 1550nm의 파장에서 +0.06ps/nm<sup>2</sup>/km의 분산 경사와, +8ps/nm/km의 색채 분산을 가진다. 한편, D.W. 페크함(Peckham) 등의 제목이 "감소된 분산 경사, 비제로 분산 화이버(ECOC'98, pp.139-140, 1998)"인 문헌 2에 개시된 비제로 분산 변위 광 화이버는 1550nm의 파장에서 +0.046ps/nm<sup>2</sup>/km의 분산 경사와, +4ps/nm/km의 색채 분산을 가진다. 80km의 길이를 가진 이들 문헌들에 개시된 소정의 비제로 분산 변위 광 화이버의 색채 분산과 분산 경사 양자 모두를 보상하기 위해서, 8km 내지 16km의 길이를 가지는 DSF용 분산 보상 광 화이버가 필요하다.

한편, 미소한 굴곡시에도, 일반적인 DSF용 분산 보상 광 화이버로부터 기본모드 광이 누출되기 쉬우며, 그래서, 기본 모드 광에서 굴곡 손실이 크다. 결과적으로, DSF용 분산 보상 광 화이버가 케이블화되어 설치되거나, 코일처럼 권선된 분산 보상 모듈로 형성될 때에, 전송 손실이 보다 커지게 된다. 따라서, 서로 연결된 DSF용 분산 보상 광 화이버와 분산 변위 광 화이버에 의해 구성된 광 전송로를 통한 신호의 전파에 의해 광통신을 수행하는 광전송 시스템에서, 그 반복부가 길어질 수 없는 광 전송로에서 전송 손실이 매우 크며, 그에 의해, 보다 높은 속도와 보다 큰 용량이 광통신시 추가로 달성될 수 없다.

## 발명의 상세한 설명

상술한 문제점들을 극복하기 위해서, 본 발명의 목적은 짧은 길이로 비제로 분산 변위 광 화이버의 색채 분산 및 분산 경사를 보상할 수 있는 분산 보상 광 화이버와, 분산 보상 광 화이버 및 분산 변위 광 화이버를 포함하는 낮은 전송 손실의 광 전송로 및 분산 보상 광 화이버가 코일형으로 권선되어 있는 낮은 전송 손실의 분산 보상 모듈을 제공하는 것이다.

본 발명에 따른 분산 보상 광 화이버는 1550nm의 파장에서, 0.005/nm 이상의 색채 분산( $D_{DCF}$ )에 대한 분산 경사( $S_{DCF}$ )의 비율( $S_{DCF}/D_{DCF}$ )과, -40ps/nm/km 이하의 색채 분산( $D_{DCF}$ )을 가진다. 이 구조에 의해, 유효 면적이 쉽게 확장될 수 있기 때문에, 비선형 현상의 발생이 효과적으로 방지된다. 본 발명에 따른 분산 보상 광 화이버에서, 색채 분산( $D_{DCF}$ )은 -100ps/nm/km 이상이고, -40ps/nm/km 이하이며, 색채 분산( $D_{DCF}$ )에 대한 분산 경사( $S_{DCF}$ )의 비율( $S_{DCF}/D_{DCF}$ )은 0.005/nm 이상이고, 0.015/nm 이하인 것이 적합하다. 색채 분산( $D_{DCF}$ )이 큰 절대값을 가지는 음의 값이고, 색채 분산( $D_{DCF}$ )에 대한 분산 경사( $S_{DCF}$ )의 비율( $S_{DCF}/D_{DCF}$ )이 상술한 수치 범위내에 놓이기 때문에, 이 분산 보상 광 화이버는 짧은 거리로 1550nm의 파장을 포함하는 광대역(wide band)의 분산 보상 광 화이버의 색채 분산 및 분산 경사를 보상할 수 있다.

본 발명에 따른 분산 보상 광 화이버는 1550nm의 파장에서  $16\mu\text{m}^2$ , 보다 바람직하게는  $20\mu\text{m}^2$  이상의 유효 면적을 가지는 것이 적합하다. 이 경우에, 4-파 혼합이 발생하는 것을 제한할 수 있으며, 그를 통해 전파하는 광신호의 파형에서 열화(deterioration)를 억제할 수 있다.

본 발명에 따른 분산 보상 광 화이버는  $1.2\mu\text{m}$  이상  $1.8\mu\text{m}$  이하, 보다 바람직하게는  $1.4\mu\text{m}$  이상  $1.8\mu\text{m}$  이하의 컷오프(cutoff) 파장을 가지는 것이 적합하다. 또한, 본 발명에 따른 분산 보상 광 화이버는 1550nm의 파장에서 0.5dB/km 이하의 전송 손실을 가지는 것이 적합하다. 이 경우에, 컷오프 파장이 종래에 얻어지던 것 보다 길기 때문에, 굴곡 손실의 증가가 억제될 수 있으며, 전송 손실이 상술한 바와 같은 수치 범위내에 존재하기 때문에, 광 화이버가 케이블이나 모듈로 형성될때에도, 보다 낮은 손실이 달성된다.

본 발명에 따른 분산 변위 광 화이버는 소정 축을 따라 연장하면서 제 1 굴절 지수(refractive index)를 가지는 코어 영역과, 상기 코어 영역의 외주 둘레를 둘러싸는 클래딩(cladding) 영역을 가지는 것이 적합하다. 클래딩 영역은 상기 코어 영역 외주 둘레를 둘러싸면서 제 1 굴절 지수 보다 낮은 제 2 굴절 지수를 가지는 제 1 클래딩과, 상기 제 1 클래딩의 외주 둘레를 둘러싸면서 제 2 굴절 지수 보다 높은 제 3 굴절 지수를 가지는 제 2 클래딩과, 상기 제 2 클래딩의 외주를 둘러싸면서 제 3 굴절 지수 보다 낮은 제 4 굴절 지수를 가지는 제 3 클래딩을 포함한다. 코어 영역은 제 3 클래딩의 제 4 굴절 지수에 관하여, 0.8% 이상 2.0% 이하, 보다 바람직하게는, 0.8% 이상 1.5% 이하의 상대 굴절 지수차를 가지는 것이 적합하다. 제 1 클래딩은 제 3 클래딩의 제 4 굴절 지수에 대하여 -0.4% 이하의 상대 굴절 지수차를 가지는 것이 적합하다. 이들 경우들은 상술한 특성들을 가지는 분산 보상 광 화이버를 실현하기에 적합하다.

본 발명에 따른 분산 보상 광 화이버에서, 비율( $S_{DCF}/D_{DCF}$ )은 제 2 클래딩의 외경이 2%만큼 변화할 때, 10% 이하만큼 변화하는 것이 적합하다. 이 경우에, 양호한 색채 분산 특성을 가지는 분산 보상 광 화이버가 쉽게 제조될 수 있다.

한편, 화이버 길이를 단축시킴으로써 전송 손실을 감소시키기 위해서, 본 발명에 따른 분산 보상 광 화이버는 -250ps/nm/km 이상, -120ps/nm/km 이하의 색채 분산( $D_{DCF}$ )과, 0.005/nm 이상의 색채 분산( $D_{DCF}$ )에 대한 분산 경사( $S_{DCF}$ )의 비율( $S_{DCF}/D_{DCF}$ )과,  $10\mu\text{m}^2$  이상  $20\mu\text{m}^2$  이하, 보다 바람직하게는  $(20 - |D_{DCF}|/25)$  이상  $(23 - |D_{DCF}|/25)$  이하의 유효 면적을 가지는 것이 적합하다. 이는 분산의 절대값이 커지는 굴곡 유약부에서의 유효 면적의 크기를 감소시키는 것이 필수적이기 때문이다. 또한, 분산 보상 광 화이버는 1.0dB/km 이하의 전송 손실을 가지는 것이 적합하다. 상술한 바와 같이, 분산 보상 광 화이버는 코어 영역과, 제 1 내지 제 3 클래딩을 포함하는 클래딩 영역을 가진다. 그리고, 제 3 클래딩에 대한 코어 영역의 상대 굴절 지수차는 2.0% 이상, 3.0% 이하인 것이 적합하며, 제 3 클래딩에 대한 제 1 클래딩의 상대 굴절 지수차는 -0.4% 이하인 것이 적합하다.

본 발명에 따른 광 전송로는 상술한 분산 보상 광 화이버와 함께 배설된 반복부(repeater section)와, 분산 보상 광 화이버에 융합 접합된(fusion-spliced) 분산 변위 광 화이버를 구비한다. 분산 변위 광 화이버는 1550nm의 파장에서, +2ps/nm/km 이상 +10ps/nm/km 이하의 색채 분산과, 0.04ps/nm<sup>2</sup>/km 이상, 0.12 ps/nm<sup>2</sup>/km 이하의 분산 경사를 가진다. 분산 변위 광 화이버와 분산 보상 광 화이버가 서로 적절한 길이비로 연결될 때, 이렇게 형성된 광 전송로는 1550nm의 파장에서



전체적으로 작은 절대값을 가지는 평균 색채 분산과, 작은 절대값을 가지는 평균 분산 경사를 산출한다. 결과적으로, 이 광 전송로는 1550nm의 파장을 포함하는 넓은 파장 대역에서 전체적으로 작은 평균 전송 손실과 작은 절대 값을 가지는 평균 색채 분산을 가진다.

본 발명에 따른 광 전송로는 1535nm 이상 1560nm 이하의 파장 대역(C 대역)에서 전체적으로 0.2ps/nm/km 이하의 편차(최대값-최소값)를 가지는 평균 색채 분산을 가지는 것이 적합하다. 전체적인 평균 색채 분산은 1535nm 이상, 1600nm 이하의 파장 대역(C 대역 및 L 대역)에서 0.2ps/nm/km 이하의 편차를 가지는 것이 보다 적합하다. 이 경우에, 이런 광 전송로를 통해 신호가 전파하게 만들어 광 통신을 수행하는 광전송 시스템에서, 광 전송로는 낮은 전송 손실을 산출하며, 평균 색채 분산은 작은 절대값을 가지며, 높은 비트 전송율을 갖는 광전송이 1550nm의 파장을 포함하는 넓은 파장 대역(적어도 C 대역, 그리고, 추가로 L 대역)에서 가능하다. 따라서, 이 광전송 시스템은 반복부를 연장시킬 수 있으며, 추가로 광 통신시 보다 높은 속도와 보다 큰 용량을 달성할 수 있다.

본 발명에 따른 분산 보상 모듈은 상술한 분산 보상 광 화이버가 모듈을 형성하도록 코일형으로 권선되어 있는 것을 특징으로 한다. 분산 보상 광 화이버가 모듈로 형성되어 있는 이 분산 보상 모듈은 반복부에 배치된 분산 변위 광 화이버의 분산 경사와 색채 분산을 보상하며, 이 분산 변위 광 화이버와 분산 보상 광 화이버가 그들 사이에 적절한 길이비를 가질 때, 1550nm의 파장에서 작은 절대값을 가지는 평균 분산 경사와 작은 절대값을 가지는 평균 색채 분산을 전체적으로 산출하게 된다. 결과적으로, 분산 변위 광 화이버 및 분산 보상 모듈은 1550nm의 파장을 포함하는 넓은 파장 대역에서, 작은 평균 전송 손실과, 보다 작은 절대값을 가지는 평균 색채 분산을 가진다.

본 발명에 따른 분산 보상 모듈은 1550nm의 파장에서 -640ps/nm의 분산 보상량을 산출할 때, 1535nm 이상 1565nm 이하의 파장 대역에서 7dB 이하, 보다 바람직하게는 1535nm 이상 1610nm 이하의 파장 대역에서 7dB 이하의 총 손실을 가지는 것이 적합하다. 본 발명에 따른 분산 보상 모듈에서, 분산 보상량이 1550nm의 파장에서 -320ps/nm일 때, 총 손실은 1535nm 이상 1565nm 이하의 파장 대역에서 3dB 이하, 보다 바람직하게는 1535nm 이상 1610nm 이하의 파장 대역에서 3dB 이하인 것이 바람직하다. 이 분산 보상 모듈을 구비한 광전송 시스템에서, 그 평균 전송 손실은 작고, 그 평균 색채 분산은 작은 절대값을 가지며, 1550nm의 파장을 포함하는 넓은 파장 대역(적어도 C대역, 그리고, 추가로 L 대역을 포함하는 파장 대역)에서 높은 비트 전송율에서의 광 전송이 가능하다. 결과적으로, 이 광전송 시스템은 반복부를 연장시킬 수 있으며, 광 통신에서 추가로 보다 높은 속도 및 보다 큰 용량을 달성할 수 있다.

또한, 본 발명에 따른 분산 보상 광 화이버는 1550nm의 파장에서, -40ps/nm/km 이하의 색채 분산( $D_{DCF}$ )과, 0.005/nm 이상의 색채 분산( $D_{DCF}$ )에 대한 분산 경사( $S_{DCF}$ )의 비율( $S_{DCF}/D_{DCF}$ )과,  $16\mu m^2$  이상, 보다 바람직하게는  $20\mu m^2$  이상의 유효 면적을 가지는 것이 적합하다. 1550nm의 파장을 포함하는 넓은 파장 대역에서, 이 분산 보상 광 화이버는 짧은 거리로 분산 변위 광 화이버의 분산 경사와 색채 분산을 보상할 수 있을 뿐만 아니라, 4-파 혼합이 발생하는 것을 억제할 수 있으며, 그를 통해 전파하는 광 신호들의 파형의 열화를 억제할 수 있다.

또한, 본 발명에 따른 분산 보상 광 화이버는 1550nm의 파장에서, -40ps/nm/km 이하의 색채 분산( $D_{DCF}$ )과, 0.005/nm 이상의 색채 분산( $D_{DCF}$ )에 대한 분산 경사( $S_{DCF}$ )의 비율( $S_{DCF}/D_{DCF}$ )과, 0.5dB/km 이하의 전송 손실을 가지는 것이 적합하다. 이 분산 보상 광 화이버는 짧은 거리로 분산 변위 광 화이버의 분산 경사와 색채 분산을 보상할 수 있을 뿐만 아니라, 케이블 또는 모듈로 형성될 때에도 낮은 손실을 산출한다.

## 실시예

하기에, 본 발명을 실시하기 위한 형태들이 첨부 도면을 참조로 상세히 설명된다. 도면의 설명에서, 서로 동일한 구성 요소들은 서로 동일한 참조 부호로 표시되어 있으며, 그 중복 설명들은 반복하지 않는다.

도 1은 본 발명에 따른 광 전송로(30)를 포함하는 광전송 시스템의 개략적인 구조를 도시하는 도면이다. 이 광전송 시스템(1)에서, 광 전송로(30)는 스테이션(10; 전송 스테이션 또는 반복 스테이션)과, 스테이션(20; 수신 스테이션 또는 반복 스테이션)에 배치되어 있다. 광 전송로(30)는 분산 변위 광 화이버(31)와 분산 보상 광 화이버(32)로 구성되어 있으며, 이들은 서로 융합 접합(fusion-spliced)되어 있다. 이 광전송 시스템(1)에서, 스테이션(10)으로부터 송출된  $1.55\mu m$  파장 대역에서 복수의 파장을 가지는 신호들이 연속하는 분산 변위 광 화이버(31)와 분산 보상 광 화이버(32)에 의해 스테이션(20)에 도달하며, 스테이션(20)에 의해 수신되거나, 선택적으로, 그 하류로 추가 송출되도록 스테이션(20)에 의해 수용된다.

분산 변위 광 화이버(31)는 1550nm의 파장에서 작은 양의 색채 분산을 가지는 실리카 기반(silica-based) 광 화이버이다. 이 분산 변위 광 화이버(31)에서, 1550nm의 파장에서, 색채 분산( $D_{DSF}$ )은  $+2\text{ps/nm/km}$  내지  $+10\text{ps/nm/km}$ 이고, 분산 경사( $S_{DSF}$ )는  $+0.04\text{ps/nm}^2/\text{km}$  내지  $0.12\text{ps/nm}^2/\text{km}$ 이며, 전송 손실은 약  $0.20\text{dB/km}$ 이다.

본 발명에 따른 분산 보상 광 화이버(32)는 1550nm의 파장에서 분산 변위 광 화이버(31)의 분산 경사 및 색채 분산을 보상하는 실리카 기반 광 화이버이다. 이 분산 보상 광 화이버(32)에서, 1550nm의 파장에서, 그 색채 분산( $D_{DCF}$ )은  $-40\text{ps/nm/km}$  이하이고, 색채 분산( $D_{DCF}$ )에 대한 분산 경사( $S_{DCF}$ )의 비율( $S_{DCF}/D_{DCF}$ )은  $0.005/\text{nm}$  이상이다. 이 분산 보상 광 화이버(32)에서, 1550nm의 파장에서, 그 색채 분산( $D_{DCF}$ )은  $-100\text{ps/nm/km}$  내지  $-40\text{ps/nm/km}$ 이고, 색채 분산( $D_{DCF}$ )에 대한 분산 경사( $S_{DCF}$ )의 비율( $S_{DCF}/D_{DCF}$ )은  $0.005/\text{nm}$  내지  $0.015/\text{nm}$ 인 것이 적합하다. 또한, 분산 보상 광 화이버(32)는 1550nm의 파장에서,  $16\mu\text{m}^2$  이상, 보다 바람직하게는  $20\mu\text{m}^2$  이상의 유효 면적과,  $1.2\mu\text{m}$  내지  $1.8\mu\text{m}$ , 바람직하게는,  $1.4\mu\text{m}$  내지  $1.8\mu\text{m}$ 의 컷오프 파장 및 1550nm의 파장에서  $0.5\text{dB/km}$ 이하의 전송 손실을 가지는 것이 적합하다.

또한, 분산 보상 광 화이버(32)는 1550nm의 파장에서, 그 색채 분산( $D_{DCF}$ )은  $-250\text{ps/nm/km}$  내지  $-120\text{ps/nm/km}$ 이고, 색채 분산( $D_{DCF}$ )에 대한 분산 경사( $S_{DCF}$ )의 비율( $S_{DCF}/D_{DCF}$ )은  $0.005/\text{nm}$  이상이며, 1550nm의 파장에서  $10\mu\text{m}^2$  내지  $20\mu\text{m}^2$ 의 유효 면적을 가질 수 있다. 또한, 이 분산 보상 광 화이버는 1550nm의 파장에서  $1.2\mu\text{m}$  내지  $1.8\mu\text{m}$ , 바람직하게는,  $1.4\mu\text{m}$  내지  $1.8\mu\text{m}$ 의 컷오프 파장 및 1550nm의 파장에서  $1.0\text{dB/km}$  이하의 전송 손실을 가진다.

색채 분산( $D_{DCF}$ )과 분산 경사( $S_{DCF}$ )가 상술한 그 수치 범위들내에 존재하기 때문에, 이런 특성들을 가지는 분산 보상 광 화이버(32)는 짧은 거리로 1550nm의 파장을 포함하는 광대역의 분산 변위 광 화이버(31)의 분산 경사 및 색채 분산을 보상할 수 있다. 또한, 분산 보상 광 화이버(32)가 상술한 그 수치 범위내의 색채 분산과 충분한 유효 면적을 가지기 때문에, 이는 4-파 혼합의 발생을 억제할 수 있고, 그를 통해 전파하는 신호들의 파형의 열화를 억제할 수 있다. 또한, 분산 보상 광 화이버(32)에서, 컷오프 파장이 상술한 그 수치 범위내에 존재하기 때문에, 굴곡 손실이 증가하는 것이 억제될 수 있으며, 전송 손실이 상술한 그 수치 범위내에 존재하기 때문에, 광 전송로(30)가 케이블로 형성되는 경우에도 보다 낮은 손실을 유지할 수 있다.

분산 변위 광 화이버(31)와 분산 보상 광 화이버(32)가 적절한 길이비로 서로 융합 접합되어 있는 광 전송로(30)는 1550nm의 파장에서 전체적으로, 작은 절대값을 가지는 평균 분산 경사와 작은 절대값을 가지는 평균 색채 분산을 가진다. 결과적으로, 광 전송로(30)는 전체적으로, 1550nm의 파장을 포함하는 광대역에서 보다 작은 절대값을 가지는 평균 색채 분산을 가진다. 또한, 광 전송로(30)는 전체적으로 작은 평균 전송 손실을 가진다. 전체 광 전송로(30)의 평균 색채 분산의 편차는 1535nm 내지 1560nm의 파장 대역(C 대역)에서  $0.2\text{ps/nm/km}$  이하, 보다 바람직하게는 1535nm 내지 1600nm의 파장 대역(C 및 L 대역)에서  $0.2\text{ps/nm/km}$  이하인 것이 적합하다. 광 전송로(30)를 통해 신호들을 전파하게 함으로써 광 전송을 수행하는 광전송 시스템(1)에서, 광 전송로(30)의 평균 전송 손실은 작고, 평균 색채 분산의 절대값이 작으며, 1550nm의 파장을 포함하는 넓은 파장 대역(적어도 C 대역, 그리고, 추가로 L 대역을 포함)에서 높은 비트 전송율의 광전송이 가능하다. 따라서, 광전송 시스템(1)은 반복부를 길게할 수 있으며, 또한, 광통신시 추가로 보다 높은 속도 및 보다 큰 용량을 달성할 수 있다.

도 2는 분산 변위 광 화이버(31)가 광 전송로로서 배설되어 있고, 분산 보상 광 화이버(32)가 스테이션(20)내의 분산 보상 모듈로서 배치되어 있는 광전송 시스템(2)의 개략적인 구조를 도시하는 도면이다. 이 광전송 시스템(2)에서, 분산 변위 광 화이버(31)가 스테이션(전송 스테이션 또는 반복 스테이션)(10)과 스테이션(수신 스테이션 또는 반복 스테이션)(20) 사이의 반복부에 광 전송로로서 배설되어 있다. 광전송 시스템(2)에서, 스테이션(10)으로부터 송출된  $1.55\text{--}\mu\text{m}$  파장 대역에서 복수의 파장들을 가지는 신호가 광 전송로로서 작용하는 분산 변위 광 화이버(31)에 의해 스테이션(20)에 도달한다. 스테이션(20)에서, 신호들은 광 증폭기(21)에 의해 광학적으로 증폭되고, 그 분산이 분산 보상 광 화이버(32)에 의해 보상되며, 신호들은 광 증폭기(22)에 의해 광학적으로 증폭되며, 그 후 수신되거나, 그 하류로 추가로 송출된다.

도 2의 광전송 시스템(2)에서 광 전송로로서 사용된 분산 변위 광 화이버(31)는 도 1의 광전송 시스템(1)의 광 전송로의 일부로서 사용되는 분산 변위 광 화이버(31)와 유사한 특성들을 가진다. 또한, 도 2의 광전송 시스템(2)에서, 분산 보상 모듈로서 사용된 분산 보상 광 화이버(32)는 도 1의 광전송 시스템(1)의 광 전송로의 일부로서 사용된 분산 보상 모듈(32)과 유사한 특성을 가진다. 그러나, 도 2에 도시된 광전송 시스템(2)에서, 분산 보상 광 화이버(32)는 모듈을 형성하도록 보빈(bobbin) 둘레에 코일형으로 권선되어 스테이션(20)내에 배치되어 있다.

색채 분산( $D_{DCF}$ )과 분산 경사( $D_{DCF}$ )가 상술한 그 수치 범위내에 존재하기 때문에, 상술한 특성들을 가지는 분산 보상 광 화이버(32)는 짧은 거리로 1550nm의 파장을 포함하는 광대역의 분산 변위 광 화이버(31)의 분산 경사 및 색채 분산을 보상할 수 있다. 또한, 분산 보상 광 화이버(32)가 상술한 그 수치 범위내의 색채 분산과, 충분한 유효 면적을 가지기 때문에, 이는 4-파 혼합의 발생을 억제할 수 있고, 그를 통해 전파하는 신호들의 파형의 열화를 억제할 수 있다. 또한, 분산 보상 광 화이버(32)는 컷오프 파장이 상술한 그 수치 범위내에 있기 때문에, 굴곡 손실이 증가하는 것을 억제할 수 있으며, 전송 손실이 마찬가지로 상술한 그 수치 범위내에 존재하기 때문에, 모듈로 형성될때에도, 보다 낮은 손실을 달성할 수 있다.

분산 보상 모듈로서의 분산 보상 광 화이버(32)와 광 전송로로서의 분산 변위 광 화이버(31) 전체는 전체적으로, 그것들이 각각의 적절한 길이를 가질 때, 1550nm의 파장에서 작은 절대값을 가지는 평균 분산 경사와 작은 절대값을 가지는 평균 색채 분산을 가진다. 결과적으로, 분산 변위 광 화이버(31)와 분산 보상 광 화이버(32) 전체는 1550nm의 파장을 포함하는 광대역에서 보다 작은 절대값을 가지는 평균 색채 분산과, 작은 평균 전송 손실을 가진다.

그 총 평균 색채 분산의 편차는 1535nm 내지 1560nm의 파장 대역(C 대역)에서 0.2ps/nm/km 이하, 보다 바람직하게는 1535nm 내지 1600nm의 파장 대역(C 대역 및 L 대역)에서 0.2ps/nm/km 이하인 것이 적합하다.

한편, 분산 보상 모듈로서의 분산 보상 광 화이버(32)는 1550nm의 파장에서 -640ps/nm의 분산 보상량을 산출할 때, 1535nm 내지 1565nm의 파장 대역(C 대역)에서 7dB 이하의 총 손실, 보다 바람직하게는 1535nm 내지 1610nm의 파장 대역(C 및 L 대역)에서 7dB 이하의 총 손실을 가지는 것이 적합하다. 또한, 분산 보상 모듈로서의 분산 보상 광 화이버(32)는 1550nm의 파장에서 -320ps/nm의 분산 보상량을 산출할 때, 1535nm 내지 1565nm의 파장 대역(C 대역)에서 3dB 이하의 총 손실, 보다 바람직하게는 1535nm 내지 1610nm의 파장 대역(C 및 L 대역)에서 3dB 이하의 총 손실을 가지는 것이 적합하다.

광전송 시스템(2)에서, 평균 전송 손실은 작고, 평균 색채 분산의 절대값이 작으며, 1550nm의 파장을 포함하는 넓은 파장 대역(적어도 C 대역 및 추가로 L 대역을 포함)에서 높은 비트 전송율의 광전송이 가능하다. 따라서, 광전송 시스템(2)은 반복부를 길게할 수 있으며, 광통신시 보다 높은 속도와 보다 큰 용량을 추가로 달성할 수 있다.

도 3a 및 도 3b는 본 발명에 따른 분산 보상 광 화이버의 단면 구조와 그 굴절 지수 프로파일을 각각 도시하는 도면이다.

도 3a에 도시된 광 화이버(100)는 분산 보상 광 화이버(32)에 대응하며, 소정 축을 따라 연장하는 코어 영역(110)과, 상기 코어 영역(110)의 외주를 둘러싸도록 제공된 클래딩 영역(120)을 포함한다. 코어 영역(110)은 굴절 지수( $n_1$ )와 2a의 외경을 가진다. 또한, 클래딩 영역(120)은 제 2 굴절 지수( $n_2$ )( $< n_1$ )와 외경(2b)을 가지는 제 1 클래딩(121)과, 제 1 클래딩(121)의 외주를 둘러싸도록 제공되며 제 3 굴절 지수( $n_3$ )( $> n_2$ ,  $< n_1$ )와 외경(2c)을 가지는 제 2 클래딩(122)과, 제 2 클래딩(122)의 외주를 둘러싸도록 제공되며 제 4 굴절 지수( $n_4$ )( $< n_3$ ,  $> n_2$ )를 가지는 제 3 클래딩(123)을 포함한다.

도 3b에 도시된 굴절 지수 프로파일(profile)(150)은 도 3a의 선 L1상의 개별 부분에서의 각 굴절 지수들을 나타내며, 굴절 지수 프로파일(150)의 영역들(151, 152, 153 및 154)은 코어 영역(110), 제 1 클래딩(121), 제 2 클래딩(122) 및 제 3 클래딩(123)의 선 L1상의 개별 부분들의 굴절 지수들을 각각 나타낸다.

도 3a 및 도 3b의 분산 보상 광 화이버(100)에서, 기준 영역으로서 작용하는 제 3 클래딩(123)에 대하여, 코어 영역(110)의 상대 굴절 지수차( $\Delta n_1$ ), 제 1 클래딩(121)의 상대 굴절 지수차( $\Delta n_2$ ) 및 제 2 클래딩(122)의 상대 굴절 지수차( $\Delta n_3$ )는 하기의 각 수학적식들에 의해 주어진다.

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

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

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

여기서,  $n_1$ 은 코어 영역(110)의 굴절 지수,  $n_2$ 는 제 1 클래딩(121)의 굴절 지수,  $n_3$ 는 제 2 클래딩(122)의 굴절 지수,  $n_4$ 는 기준 영역으로서 작용하는 제 3 클래딩(123)의 굴절 지수이다. 본 명세서에서, 각 부분의 상대 굴절 지수차는 백분율로 표현되며, 상술한 수식들내의 개별 파라미터들은 고정된 차수로 배치될 수 있다. 따라서, 제 3 클래딩(123)(기준 영역) 보다 낮은 굴절 지수를 가지는 유리 영역의 상대 굴절 지수는 음의 값으로 표현된다.

여기서, 분산 보상 광 화이버(100)에서, 제 3 클래딩(123)의 굴절 지수( $n_4$ )에 대하여, 코어 영역(110)은 0.8% 내지 2.0%, 보다 바람직하게는, 0.8% 내지 1.5%의 상대 굴절 지수차( $\Delta n_1$ )를 가지며, 제 1 클래딩(121)은 -0.4% 이하의 상대 굴절 지수차( $\Delta n_2$ )를 가지는 것이 적합하다.

분산 보상 광 화이버(100)가 이런 굴절 지수 프로파일을 가지기 때문에, 그 색채 분산( $D_{DCF}$ ), 비율( $S_{DCF}/D_{DCF}$ ), 유효 영역(effective area), 컷오프 파장 및 전송 손실(transmission loss)이 상술한 각 수치 범위내에 위치된다. 이런 굴절 지수 프로파일을 가지는 분산 보상 광 화이버(100)에 대하여, 베이스로서 실리카 유리(silica glass)가 사용되고, 그 코어 영역(110)이  $GeO_2$ 로 도핑되고, 그 제 1 클래딩(121)은 F 원소로 도핑되며, 그 제 2 클래딩(122)은  $GeO_2$ 로 도핑되는 것이 적합하다. 결과적으로, 도 3b에 도시된 굴절 지수 프로파일이 실현될 수 있고, 1550nm의 파장에서의 분산 보상 광 화이버(100)의 전송 손실이 저하될 수 있다.

다음에, 본 발명에 따른 분산 보상 광 화이버(32)의 실시예들이 설명될 것이다. 하기에 설명된 제 1 내지 제 7 실시예에 각각 따르는 분산 보상 광 화이버들(DCF1~DCF7) 각각은 도 3b의 굴절 지수 프로파일(150)과 도 3a의 단면 구조를 가진다.

#### 제 1 실시예

제 1 실시예에 따른 분산 보상 광 화이버(DCF1)에서, 제 3 클래딩(123)에 대하여, 코어 영역(110)의 상대 굴절 지수차( $\Delta n_1$ )는 1.2%이고, 제 1 클래딩(121)의 상대 굴절 지수차( $\Delta n_2$ )는 -0.50%이고, 제 2 클래딩(122)의 상대 굴절 지수차( $\Delta n_3$ )는 0.20%이며, 코어 영역(110)과 제 2 클래딩(122) 각각의 외경의 비율( $2a/2c$ )은 0.30이며, 제 1 클래딩(121)과 제 2 클래딩(122)의 각 외경의 비율( $2b/2c$ )은 0.60이다. 제 2 클래딩(122)의 외경( $2c$ )이 17.7 $\mu m$  일 때, 1550nm의 파장에서, 제 1 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF1)는 -62.4ps/nm/km의 색채 분산( $D_{DCF}$ )과, -0.44ps/nm<sup>2</sup>/km의 분산 경사( $S_{DCF}$ )와, 24.4 $\mu m^2$ 의 유효 면적과, 20mm의 굴곡 직경에서의 10dB/m의 굴곡 손실 및 0.30dB/km의 전송 손실을 나타낸다. 또한, 그 컷오프 파장은 1224nm이며, 1550nm의 파장에서의 비율( $S_{DCF}/D_{DCF}$ )은 0.0071/nm이다.

#### 제 2 실시예

제 2 실시예에 따른 분산 보상 광 화이버(DCF2)에서, 제 3 클래딩(123)에 대하여, 코어 영역(110)의 상대 굴절 지수차( $\Delta n_1$ )는 1.3%이고, 제 1 클래딩(121)의 상대 굴절 지수차( $\Delta n_2$ )는 -0.50%이고, 제 2 클래딩(122)의 상대 굴절 지수차( $\Delta n_3$ )는 0.23%이며, 코어 영역(110)과 제 2 클래딩(122) 각각의 외경의 비율( $2a/2c$ )은 0.27이며, 제 1 클래딩(121)과 제 2 클래딩(122)의 각 외경의 비율( $2b/2c$ )은 0.55이다. 제 2 클래딩(122)의 외경( $2c$ )이 19.0 $\mu m$  일 때, 1550nm의 파장에서, 제 2 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF2)는 -80.4ps/nm/km의 색채 분산( $D_{DCF}$ )과, -0.59ps/nm<sup>2</sup>/km의 분산 경사( $S_{DCF}$ )와, 23.9 $\mu m^2$ 의 유효 면적과, 20mm의 굴곡 직경에서의 4dB/m의 굴곡 손실 및 0.33dB/km의 전송 손실을 나타낸다. 또한, 그 컷오프 파장은 1576nm이며, 1550nm의 파장에서의 비율( $S_{DCF}/D_{DCF}$ )은 0.0073/nm이다.

#### 제 3 실시예

제 3 실시예에 따른 분산 보상 광 화이버(DCF3)에서, 제 3 클래딩(123)에 대하여, 코어 영역(110)의 상대 굴절 지수차( $\Delta n_1$ )는 1.7%이고, 제 1 클래딩(121)의 상대 굴절 지수차( $\Delta n_2$ )는 -0.50%이고, 제 2 클래딩(122)의 상대 굴절 지수차( $\Delta n_3$ )는 0.25%이며, 코어 영역(110)과 제 2 클래딩(122) 각각의 외경의 비율( $2a/2c$ )은 0.23이며, 제 1 클래딩(121)과 제 2 클래딩(122)의 각 외경의 비율( $2b/2c$ )은 0.53이다. 제 2 클래딩(122)의 외경( $2c$ )이 18.7 $\mu m$  일 때, 1550nm의 파장에서,

제 3 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF3)는  $-83.7\text{ps/nm/km}$ 의 색채 분산( $D_{\text{DCF}}$ )과,  $-0.66\text{ps/nm}^2/\text{km}$ 의 분산 경사( $S_{\text{DCF}}$ )와,  $17.2\mu\text{m}^2$ 의 유효 면적과, 20mm의 굴곡 직경에서의 0.2dB/m의 굴곡 손실 및 0.39dB/km의 전송 손실을 나타낸다. 또한, 그 컷오프 파장은 1696nm이며, 1550nm의 파장에서의 비율( $S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$ )은 0.0079/nm이다.

도 4는 1550nm의 파장에서 제 1 내지 제 3 실시예의 각 분산 보상 광 화이버의 분산 경사와 색채 분산 사이의 관계를 도시하는 그래프이다. 도 4에서, G110은 제 1 실시예의 곡선을 나타내고, G210은 제 2 실시예의 곡선을 나타내며, G310은 제 3 실시예의 곡선을 나타낸다. 여기에 도시된 것은 제 2 클래딩(122)의 외경(2c)이 변화될 때, 이들 실시예들의 각 분산 보상 광 화이버의 분산 경사( $S_{\text{DCF}}$ )와 색채 분산( $D_{\text{DCF}}$ ) 사이의 관계이다. 도 4의 그래프로부터 볼 수 있는 바와 같이, 제 2 클래딩(122)의 외경(2c)이 변화될때에도 색채 분산( $D_{\text{DCF}}$ )이 실질적으로  $-60\text{ps/nm/km}$  내지  $-10\text{ps/nm/km}$  내에 존재하는 경우에, 분산 보상 광 화이버(DCF1 내지 DCF3) 각각에서 색채 분산( $D_{\text{DCF}}$ )에 대한 분산 경사( $S_{\text{DCF}}$ )의 비율( $S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$ )이 작다. 제 1 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF1)에서, 제 2 클래딩(122)의 외경(2c)이 2%만큼 변화할 때 비율( $S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$ )은 2.5% 이하만큼 변화하며, 추가로, 비율( $S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$ )이 10% 이하로 유지되는 경우에, 색채 분산( $D_{\text{DCF}}$ )의 범위는  $-68\text{ps/nm/km}$  내지  $-17\text{ps/nm/km}$ 이다. 제 2 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF2)에서, 제 2 클래딩(122)의 외경(2c)이 2%만큼 변화할 때, 비율( $S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$ )은 9.0% 이하만큼 변화하며, 추가로, 비율( $S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$ )이 10% 이하로 유지되는 경우에, 색채 분산( $D_{\text{DCF}}$ )의 범위는  $-81\text{ps/nm/km}$  내지  $-30\text{ps/nm/km}$ 이다. 제 3 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF3)에서, 제 2 클래딩(122)의 외경(2c)이 2%만큼 변화할 때, 비율( $S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$ )은 4.0% 이하만큼 변화하며, 추가로, 비율( $S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$ )이 10% 이하로 유지되는 경우에, 색채 분산( $D_{\text{DCF}}$ )의 범위는  $-115\text{ps/nm/km}$  내지  $-62\text{ps/nm/km}$ 이다. 마찬가지로 제 2 클래딩(122)의 외경(2c)이 2%만큼 변화할 때, 비율( $S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$ )의 변화는 10% 이하이며, 이때, 양호한 색채 분산 특성을 가지는 분산 보상 광 화이버가 쉽게 제조될 수 있다.

도 5는 140mm의 굴곡 직경에서, 제 1 내지 제 3 실시예의 각 분산 보상 광 화이버의 굴곡 손실의 파장 의존도를 도시하는 그래프이다. 도 5에서, G120은 제 1 실시예에 대한 곡선을 나타내고, G220은 제 2 실시예에 대한 곡선을 나타내고, G320은 제 3 실시예에 대한 곡선을 나타낸다. 제 1 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF1)에서 제 2 클래딩(122)의 외경(2c)은  $17.7\mu\text{m}$ 이고, 제 2 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF2)에서 제 2 클래딩(122)의 외경(2c)은  $19.0\mu\text{m}$ 이고, 제 3 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF3)에서 제 2 클래딩(122)의 외경(2c)은  $18.7\mu\text{m}$ 이다. 도 5의 그래프에서 볼 수 있는 바와 같이, 각 분산 보상 광 화이버(DCF1 내지 DCF3)는 파장이 1610nm 이하인 범위에서 낮은 굴곡 손실을 가진다.

따라서, 각 분산 보상 광 화이버(DCF1 내지 DCF3)는 도 1에 도시된 광전송 시스템(1)내의 광 전송로(30)의 일부를 구성하는 분산 보상 광 화이버(32)로서 적절히 사용될 수 있을 뿐만 아니라, 도 2에 도시된 광전송 시스템(2)내의 분산 보상 모듈을 형성하는 분산 보상 광 화이버(32)로서도 적절히 사용될 수 있으며, 그에 의해, C 대역에서 뿐만 아니라, L 대역에서도 낮은 손실로 색채 분산을 보상할 수 있다.

도 6은 제 1 내지 제 3 실시예의 각 분산 보상 광 화이버의 색채 분산의 파장 의존도를 도시하는 그래프이다. 도 6에서, G130은 제 1 실시예에 대한 곡선을 나타내고, G230은 제 2 실시예에 대한 곡선을 나타내고, G330은 제 3 실시예에 대한 곡선을 나타내며, G1000은 상술한 문헌 1에 개시된 비제로 분산 변위 광 화이버(NZDSF)를 위한 곡선을 나타낸다. 여기서, 역시, 제 1 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF1)의 제 2 클래딩(122)의 외경(2c)은  $17.7\mu\text{m}$ 이고, 제 2 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF2)의 제 2 클래딩(122)의 외경(2c)은  $19.0\mu\text{m}$ 이고, 제 3 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF3)의 제 2 클래딩(122)의 외경(2c)은  $18.7\mu\text{m}$ 이다.

도 7은 제 1 내지 제 3 실시예의 각 분산 보상 광 화이버와 분산 변위 광 화이버가 서로 연결되어 만들어진 각 조립체의 전체적인 평균 색채 분산의 파장 의존도를 나타내는 그래프이다. 도 7에서, G140은 제 1 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF1)와 도 6의 분산 변위 광 화이버(NZDSF)가 서로 연결되어 있는 조립체에 대한 곡선을 나타내고, G240은 제 2 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF2)와 도 6의 분산 변위 광 화이버(NZDSF)가 서로 연결되어 있는 조립체에 대한 곡선을 나타내고, G340은 제 3 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF3)와 도 6의 분산 변위 광 화이버(NZDSF)가 서로 연결되어 있는 조립체에 대한 곡선을 나타낸다. 도 6에 도시된 색채 분산 특성과 80km의 길이를 가지는 분산 변위 광 화이버(NZDSF)의 1550nm의 파장에서의 색채 분산을 보상하기 위해서, 제 1 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF1)에서는 10.3km의 길이가 필요하고, 제 2 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF2)에서는 8.0km의 길이가 필요하고, 제 3 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF3)에서는 7.5km의 길이가 필요하다.

제 1 실시예의 분산 보상 광 화이버(DSF1)와 분산 변위 광 화이버(NZDSF)가 서로 연결되어 있는 조립체에서, 총 평균 색채 분산은 1535nm 내지 1600nm의 파장 대역(C 및 L 대역)에서, 0.2ps/nm/km 이하의 편차를 가진다. 제 2 실시예의 분산 보상 광 화이버(DSF2)와 분산 변위 광 화이버(NZDSF)가 서로 연결되어 있는 조립체에서, 총 평균 색채 분산은 1535nm 내지 1560nm의 파장 대역(C 대역)에서, 0.2ps/nm/km 이하의 편차를 가진다. 또한, 제 3 실시예의 분산 보상 광 화이버(DSF3)와 분산 변위 광 화이버(NZDSF)가 서로 연결되어 있는 조립체에서, 총 평균 색채 분산은 1535nm 내지 1560nm의 파장 대역(C 대역)에서, 0.2ps/nm/km 이하의 편차를 가진다. 결과적으로, 40Gb/s의 비트 전송율에서, 400km의 거리에 걸쳐 광전송을 할 수 있다.

도 8은 본 발명에 따른 분산 보상 광 화이버를 포함하는 분산 보상 모듈의 개략적인 구조를 도시하는 도면이다. 분산 보상 광 화이버(100)(분산 보상 광 화이버(32)에 대응)는 입력 및 출력 커넥터(310)를 구비한 케이스(300)내에 수용된다. 광 화이버(100)의 두 단부는 각각 접속 손실을 감소시키기 위해, 피그테일(pigtail) 화이버(320)에 용합 접합된다. 10.3km의 길이를 가지는 제 1 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF1)가 분산 보상 모듈을 형성하도록 140mm의 굴곡 직경으로 권선되어 있을 때, 1550nm의 파장에서 분산 보상량은 -640ps/nm이고, 총 손실은 4.1dB(1550nm의 파장에서)이다. 8.0km의 길이를 가지는 제 2 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF2)가 분산 보상 모듈을 형성하도록 140mm의 굴곡 직경으로 권선되어 있을 때, 1550nm의 파장에서 분산 보상량은 -640ps/nm이고, 총 손실은 4.4dB(1550nm의 파장에서)이다. 또한, 7.5km의 길이를 가지는 제 3 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF3)가 분산 보상 모듈을 형성하도록 140mm의 굴곡 직경으로 권선되어 있을 때, 1550nm의 파장에서 분산 보상량은 -640ps/nm이고, 총 손실은 4.1dB(1550nm의 파장에서)이다.

또한, 분산 보상 모듈을 형성하도록 140mm의 굴곡 직경으로 제 1 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF1)가 권선되어 있고, 1550nm의 파장에서의 분산 보상량이 -320ps/nm일 때, 총 손실은 2.3dB(1550nm의 파장에서)이다. 분산 보상 모듈을 형성하도록 140mm의 굴곡 직경으로 제 2 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF2)가 권선되어 있고, 1550nm의 파장에서의 분산 보상량이 -320ps/nm일 때, 총 손실은 2.5dB(1550nm의 파장에서)이다. 또한, 분산 보상 모듈을 형성하도록 140mm의 굴곡 직경으로 제 3 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF3)가 권선되어 있고, 1550nm의 파장에서의 분산 보상량이 -320ps/nm일 때, 총 손실은 2.7dB(1550nm의 파장에서)이다.

따라서, 분산 보상 광 화이버(DCF1 내지 DCF3) 각각은 1550nm의 파장을 포함하는 넓은 파장 대역에서 낮은 손실을 갖는 짧은 거리로 분산 변위 광 화이버(NZDSF)의 분산 경사와 색채 분산을 보상할 수 있다.

#### 제 4 실시예

제 4 실시예에 따른 분산 보상 광 화이버(DCF4)에서, 제 3 클래딩(123)에 대하여, 코어 영역(110)의 상대 굴절 지수차( $\Delta n_1$ )는 1.6%이고, 제 1 클래딩(121)의 상대 굴절 지수차( $\Delta n_2$ )는 -0.50%이고, 제 2 클래딩(122)의 상대 굴절 지수차( $\Delta n_3$ )는 0.24%이며, 코어 영역(110)과 제 2 클래딩(122) 각각의 외경의 비율( $2a/2c$ )은 0.23이며, 제 1 클래딩(121)과 제 2 클래딩(122)의 각 외경의 비율( $2b/2c$ )은 0.55이다. 제 2 클래딩(122)의 외경( $2c$ )이 19.2 $\mu$ m 일 때, 1550nm의 파장에서, 제 4 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF4)는 -85.1ps/nm/km의 색채 분산( $D_{DCF}$ )과, -0.83ps/nm<sup>2</sup>/km의 분산 경사( $S_{DCF}$ )와, 18.1 $\mu$ m<sup>2</sup>의 유효 면적과, 20mm의 굴곡 직경에서의 0.9dB/m의 굴곡 손실 및 0.38dB/km의 전송 손실을 나타낸다. 또한, 그 컷오프 파장은 1638nm이며, 1550nm의 파장에서의 비율( $S_{DCF}/D_{DCF}$ )은 0.0098/nm이다.

도 9는 1550nm의 파장에서 제 4 실시예의 분산 보상 광 화이버의 분산 경사와 색채 분산 사이의 관계를 도시하는 그래프이다. 도 9에서, G410은 제 4 실시예의 곡선을 나타낸다. 여기에 도시된 것은 제 2 클래딩(122)의 외경( $2c$ )이 변화될 때, 이 실시예의 분산 보상 광 화이버의 분산 경사( $S_{DCF}$ )와 색채 분산( $D_{DCF}$ ) 사이의 관계이다. 도 9의 그래프로부터 볼 수 있는 바와 같이, 제 2 클래딩(122)의 외경( $2c$ )이 변화될때에도 색상 분산( $D_{DCF}$ )이 실질적으로 -102ps/nm/km 내지 -71ps/nm/km 내에 존재하는 경우에, 분산 보상 광 화이버(DCF4)에서 색채 분산( $D_{DCF}$ )에 대한 분산 경사( $S_{DCF}$ )의 비율( $S_{DCF}/D_{DCF}$ )이 10% 이하로 유지된다. 제 4 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF4)에서, 제 2 클래딩(122)의 외경( $2c$ )이 2%만큼 변화할 때 비율( $S_{DCF}/D_{DCF}$ )은 5.8% 이하만큼 변화한다. 마찬가지로 제 2 클래딩(122)의 외경( $2c$ )이 2%만큼 변화할 때, 비율( $S_{DCF}/D_{DCF}$ )이 10% 이하로 유지되는 경우에, 이때, 양호한 색채 분산 특성을 가지는 분산 보상 광 화이버가 쉽게 제조될 수 있다.

도 10은 140mm의 굴곡 직경에서, 제 4 실시예의 각 분산 보상 광 화이버의 굴곡 손실의 파장 의존도를 도시하는 그래프이다. 도 10에서, G420은 제 5 실시예에 대한 곡선을 나타낸다. 제 4 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF4)에서 제 2 클래딩(122)의 외경(2c)은 17.2 $\mu$ m이다. 도 10의 그래프에서 볼 수 있는 바와 같이, 분산 보상 광 화이버(DCF4)는 파장이 1610nm 이하인 범위에서 낮은 굴곡 손실을 가진다.

따라서, 분산 보상 광 화이버(DCF4)는 도 1에 도시된 광전송 시스템(1)내의 광 전송로(30)의 일부를 구성하는 분산 보상 광 화이버(32)로서 적절히 사용될 수 있을 뿐만 아니라, 도 2에 도시된 광전송 시스템(2)내의 분산 보상 모듈을 형성하는 분산 보상 광 화이버(32)로서도 적절히 사용될 수 있으며, 그에 의해, C 대역에서 뿐만 아니라, L 대역에서도 낮은 손실로 색채 분산을 보상할 수 있다.

도 11은 제 4 실시예의 각 분산 보상 광 화이버의 색채 분산의 파장 의존도를 도시하는 그래프이다. 도 11에서, G430은 제 1 실시예에 대한 곡선을 나타내며, G1000은 4ps/nm/km 이하의 분산과 0.046ps/nm<sup>2</sup>/km 이하의 분산 경사를 가지는, 상술한 문헌 1에 개시된 비체로 분산 변위 광 화이버(NZDSF)를 위한 곡선을 나타낸다. 여기서, 역시, 제 4 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF4)의 제 2 클래딩(122)의 외경(2c)은 19.2 $\mu$ m이다.

도 12는 제 4 실시예의 각 분산 보상 광 화이버와 분산 변위 광 화이버가 서로 연결되어 만들어진 각 조립체의 전체적인 평균 색채 분산의 파장 의존도를 나타내는 그래프이다. 도 12에서, G440은 제 4 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF4)와 도 11에 도시된 분산 변위 광 화이버(NZDSF)가 서로 연결되어 있는 조립체에 대한 곡선을 나타낸다. 도 11에 도시된 색채 분산 특성과 80km의 길이를 가지는 분산 변위 광 화이버(NZDSF)의 1550nm의 파장에서의 색채 분산을 보상하기 위해서, 제 1 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF1)에서는 10.3 Km의 길이가 필요하며, 제 4 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF4)에서는 4.4km의 길이가 필요하다.

제 4 실시예의 분산 보상 광 화이버(DSF4)와 분산 변위 광 화이버(NZDSF)가 서로 연결되어 있는 조립체에서, 총 평균 색채 분산은 1535nm 내지 1600nm의 파장 대역(C 및 L 대역)에서, 0.2ps/nm/km 이하의 편차를 가진다. 결과적으로, 40Gb/s의 비트 전송율에서, 400km의 거리에 걸쳐 광전송을 할 수 있다.

4.4km의 길이를 가지는 제 4 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF4)가 분산 보상 모듈을 형성하도록 140mm의 굴곡 직경으로 권선되었을 때, 1550nm의 파장에서 분산 보상량은 -640ps/nm이고, 총 손실은 3.9dB(1550nm의 파장에서)이다. 또한, 분산 보상 모듈을 형성하도록 140mm의 굴곡 직경으로 제 4 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF4)가 권선되어 있고, 1550nm의 파장에서의 분산 보상량이 -320ps/nm일 때, 총 손실은 2.5dB(1550nm의 파장에서)이다.

따라서, 분산 보상 광 화이버(DCF4)는 1550nm의 파장을 포함하는 넓은 파장 대역에서 낮은 손실을 갖는 짧은 거리로 분산 변위 광 화이버(NZDSF)의 분산 경사와 색채 분산을 보상할 수 있다.

## 제 5 실시예

제 5 실시예에 따른 분산 보상 광 화이버(DCF5)에서, 제 3 클래딩(123)에 대하여, 코어 영역(110)의 상대 굴절 지수차( $\Delta n_1$ )는 2.1%이고, 제 1 클래딩(121)의 상대 굴절 지수차( $\Delta n_2$ )는 -0.50%이고, 제 2 클래딩(122)의 상대 굴절 지수차( $\Delta n_3$ )는 0.20%이며, 코어 영역(110)과 제 2 클래딩(122) 각각의 외경의 비율(2a/2c)은 0.18이며, 제 1 클래딩(121)과 제 2 클래딩(122)의 각 외경의 비율(2b/2c)은 0.49이다. 제 2 클래딩(122)의 외경(2c)이 19.4 $\mu$ m 일 때, 1550nm의 파장에서, 제 5 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF5)는 -160.7ps/nm/km의 색채 분산( $D_{DCF}$ )과, -1.63ps/nm<sup>2</sup>/km의 분산 경사( $S_{DCF}$ )와, 15.7 $\mu$ m<sup>2</sup>의 유효 면적과, 20mm의 굴곡 직경에서의 1.8dB/m의 굴곡 손실 및 0.49dB/km의 전송 손실을 나타낸다. 또한, 그 컷오프 파장은 1566nm이며, 1550nm의 파장에서의 비율( $S_{DCF}/D_{DCF}$ )은 0.0101/nm이다.

## 제 6 실시예

제 6 실시예에 따른 분산 보상 광 화이버(DCF6)에서, 제 3 클래딩(123)에 대하여, 코어 영역(110)의 상대 굴절 지수차( $\Delta n_1$ )는 2.4%이고, 제 1 클래딩(121)의 상대 굴절 지수차( $\Delta n_2$ )는 -0.50%이고, 제 2 클래딩(122)의 상대 굴절 지수차( $\Delta n_3$ )는 0.40%이며, 코어 영역(110)과 제 2 클래딩(122) 각각의 외경의 비율(2a/2c)은 0.20이며, 제 1 클래딩(121)과 제 2 클래딩(122)의 각 외경의 비율(2b/2c)은 0.65이다. 제 2 클래딩(122)의 외경(2c)이 16.0 $\mu$ m 일 때, 1550nm의 파장에서,

제 6 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF6)는  $-181.6\text{ps/nm/km}$ 의 색채 분산( $D_{\text{DCF}}$ )과,  $-1.87\text{ps/nm}^2/\text{km}$ 의 분산 경사( $S_{\text{DCF}}$ )와,  $13.8\mu\text{m}^2$ 의 유효 면적과, 20mm의 굴곡 직경에서의 0.5dB/m의 굴곡 손실 및 0.61dB/km의 전송 손실을 나타낸다. 또한, 그 컷오프 파장은 1660nm이며, 1550nm의 파장에서의 비율( $S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$ )은 0.0103/nm이다.

## 제 7 실시예

제 7 실시예에 따른 분산 보상 광 화이버(DCF7)에서, 제 3 클래딩(123)에 대하여, 코어 영역(110)의 상대 굴절 지수차( $\Delta n_1$ )는 2.7%이고, 제 1 클래딩(121)의 상대 굴절 지수차( $\Delta n_2$ )는 -0.50%이고, 제 2 클래딩(122)의 상대 굴절 지수차( $\Delta n_3$ )는 0.40%이며, 코어 영역(110)과 제 2 클래딩(122) 각각의 외경의 비율( $2a/2c$ )은 0.19이며, 제 1 클래딩(121)과 제 2 클래딩(122)의 각 외경의 비율( $2b/2c$ )은 0.67이다. 제 2 클래딩(122)의 외경( $2c$ )이  $15.2\mu\text{m}$  일 때, 1550nm의 파장에서, 제 6 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF6)는  $-215.8\text{ps/nm/km}$ 의 색채 분산( $D_{\text{DCF}}$ )과,  $-2.12\text{ps/nm}^2/\text{km}$ 의 분산 경사( $S_{\text{DCF}}$ )와,  $13.1\mu\text{m}^2$ 의 유효 면적과, 20mm의 굴곡 직경에서의 1.3dB/m의 굴곡 손실 및 0.75dB/km의 전송 손실을 나타낸다. 또한, 그 컷오프 파장은 1514nm이며, 1550nm의 파장에서의 비율( $S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$ )은 0.0097/nm이다.

도 13은 1550nm의 파장에서 제 5 내지 제 7 실시예의 각 분산 보상 광 화이버의 분산 경사와 색채 분산 사이의 관계를 도시하는 그래프이다. 도 13에서, G510은 제 5 실시예의 곡선을 나타내고, G610은 제 6 실시예의 곡선을 나타내며, G710은 제 7 실시예의 곡선을 나타낸다. 여기에 도시된 것은 제 2 클래딩(122)의 외경( $2c$ )이 변화될 때, 이들 실시예들의 각 분산 보상 광 화이버의 분산 경사( $S_{\text{DCF}}$ )와 색채 분산( $D_{\text{DCF}}$ ) 사이의 관계이다. 도 13의 그래프로부터 볼 수 있는 바와 같이, 제 2 클래딩(122)의 외경( $2c$ )이 변화될때에도 색채 분산( $D_{\text{DCF}}$ )이 실질적으로  $-200\text{ps/nm/km}$  내지  $-120\text{ps/nm/km}$  내에 존재하는 경우에, 분산 보상 광 화이버(DCF5 내지 DCF7) 각각에서 색채 분산( $D_{\text{DCF}}$ )에 대한 분산 경사( $S_{\text{DCF}}$ )의 비율( $S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$ )이 작다. 제 5 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF5)에서, 제 2 클래딩(122)의 외경( $2c$ )이 2%만큼 변화할 때 비율( $S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$ )은 7.7% 이하만큼 변화하며, 추가로, 비율( $S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$ )이 10% 이하로 유지되는 경우에, 색채 분산( $D_{\text{DCF}}$ )의 범위는  $-192\text{ps/nm/km}$  내지  $-135\text{ps/nm/km}$ 이다. 제 6 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF6)에서, 제 2 클래딩(122)의 외경( $2c$ )이 2%만큼 변화할 때, 비율( $S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$ )은 4.6% 이하만큼 변화하며, 추가로, 비율( $S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$ )이 10% 이하로 유지되는 경우에, 색채 분산( $D_{\text{DCF}}$ )의 범위는  $-226\text{ps/nm/km}$  내지  $-146\text{ps/nm/km}$ 이다. 제 7 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF7)에서, 제 2 클래딩(122)의 외경( $2c$ )이 2%만큼 변화할 때, 비율( $S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$ )은 4.9% 이하만큼 변화하며, 추가로, 비율( $S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$ )이 10% 이하로 유지되는 경우에, 색채 분산( $D_{\text{DCF}}$ )의 범위는  $-173\text{ps/nm/km}$  내지  $-269\text{ps/nm/km}$ 이다. 마찬가지로 제 2 클래딩(122)의 외경( $2c$ )이 2%만큼 변화할 때, 비율( $S_{\text{DCF}}/D_{\text{DCF}}$ )의 변화는 10% 이하이며, 이때, 양호한 색채 분산 특성을 가지는 분산 보상 광 화이버가 쉽게 제조될 수 있다.

도 14는 140mm의 굴곡 직경에서, 제 5 내지 제 7 실시예의 각 분산 보상 광 화이버의 굴곡 손실의 파장 의존도를 도시하는 그래프이다. 도 14에서, G520은 제 5 실시예에 대한 곡선을 나타내고, G620은 제 6 실시예에 대한 곡선을 나타내고, G720은 제 7 실시예에 대한 곡선을 나타낸다. 제 5 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF5)에서 제 2 클래딩(122)의 외경( $2c$ )은  $19.4\mu\text{m}$ 이고, 제 6 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF6)에서 제 2 클래딩(122)의 외경( $2c$ )은  $16.0\mu\text{m}$ 이고, 제 7 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF7)에서 제 2 클래딩(122)의 외경( $2c$ )은  $15.2\mu\text{m}$ 이다. 도 14의 그래프에서 볼 수 있는 바와 같이, 각 분산 보상 광 화이버(DCF5 내지 DCF7)는 파장이 1610nm 이하인 범위에서 낮은 굴곡 손실을 가진다.

따라서, 각 분산 보상 광 화이버(DCF5 내지 DCF7)는 도 1에 도시된 광전송 시스템(1)내의 광 전송로(30)의 일부를 구성하는 분산 보상 광 화이버(32)로서 적절히 사용될 수 있을 뿐만 아니라, 도 2에 도시된 광전송 시스템(2)내의 분산 보상 모듈을 형성하는 분산 보상 광 화이버(32)로서도 적절히 사용될 수 있으며, 그에 의해, C 대역에서 뿐만 아니라, L 대역에서도 낮은 손실로 색채 분산을 보상할 수 있다.

도 15는 제 5 내지 제 7 실시예의 각 분산 보상 광 화이버의 색채 분산의 파장 의존도를 도시하는 그래프이다. 도 15에서, G530은 제 5 실시예에 대한 곡선을 나타내고, G630은 제 6 실시예에 대한 곡선을 나타내고, G730은 제 7 실시예에 대한 곡선을 나타낸다. 여기서, 역시, 제 5 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF5)의 제 2 클래딩(122)의 외경( $2c$ )은  $19.4\mu\text{m}$ 이고, 제 6 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF6)의 제 2 클래딩(122)의 외경( $2c$ )은  $16.0\mu\text{m}$ 이고, 제 7 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF7)의 제 2 클래딩(122)의 외경( $2c$ )은  $15.2\mu\text{m}$ 이다.



도 16은 제 5 내지 제 7 실시예의 각 분산 보상 광 화이버와 문헌 2에 개시되어 있는 4ps/nm/km 이하의 분산과, 0.046ps/nm<sup>2</sup>/km 이하의 분산 경사를 가지는 비분산 변위 광 화이버가 서로 연결되어 만들어진 각 조립체의 전체적인 평균 색채 분산의 파장 의존도를 나타내는 그래프이다. 도 16에서, G540은 제 5 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF5)와 문헌 2의 분산 변위 광 화이버(NZDSF)가 서로 연결되어 있는 조립체에 대한 곡선을 나타내고, G640은 제 6 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF6)와 문헌 2의 분산 변위 광 화이버(NZDSF)가 서로 연결되어 있는 조립체에 대한 곡선을 나타내고, G740은 제 7 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF7)와 문헌 2의 분산 변위 광 화이버(NZDSF)가 서로 연결되어 있는 조립체에 대한 곡선을 나타낸다. 80km의 길이를 가지는 분산 변위 광 화이버(NZDSF)의 1550nm의 파장에서의 색채 분산을 보상하기 위해서, 제 5 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF5)에서는 2.2km의 길이가 필요하고, 제 6 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF6)에서는 1.9km의 길이가 필요하고, 제 7 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF7)에서는 1.7km의 길이가 필요하다.

제 5 실시예의 분산 보상 광 화이버(DSF5)와 분산 변위 광 화이버(NZDSF)가 서로 연결되어 있는 조립체에서, 총 평균 색채 분산은 1535nm 내지 1560nm의 파장 대역(C 대역)에서, 0.2ps/nm/km 이하의 편차를 가진다. 제 6 실시예의 분산 보상 광 화이버(DSF6)와 분산 변위 광 화이버(NZDSF)가 서로 연결되어 있는 조립체에서, 총 평균 색채 분산은 1535nm 내지 1600nm의 파장 대역(C 및 L 대역)에서, 0.2ps/nm/km 이하의 편차를 가진다. 또한, 제 7 실시예의 분산 보상 광 화이버(DSF7)와 분산 변위 광 화이버(NZDSF)가 서로 연결되어 있는 조립체에서, 총 평균 색채 분산은 1535nm 내지 1600nm의 파장 대역(C 및 L 대역)에서, 0.2ps/nm/km 이하의 편차를 가진다. 결과적으로, 40Gb/s의 비트 전송율에서 400km의 거리에 걸쳐 광전송을 할 수 있다.

도 8에 도시된 바와 같이, 2.2km의 길이를 가지는 제 5 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF5)가 분산 보상 모듈을 형성하도록 140mm의 굴곡 직경으로 권선되어 있을 때, 1550nm의 파장에서 분산 보상량은 -640ps/nm이고, 총 손실은 3.0dB(1550nm의 파장에서)이다. 1.9km의 길이를 가지는 제 6 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF6)가 분산 보상 모듈을 형성하도록 140mm의 굴곡 직경으로 권선되어 있을 때, 1550nm의 파장에서 분산 보상량은 -640ps/nm이고, 총 손실은 2.7dB(1550nm의 파장에서)이다. 또한, 1.7km의 길이를 가지는 제 7 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF7)가 분산 보상 모듈을 형성하도록 140mm의 굴곡 직경으로 권선되어 있을 때, 1550nm의 파장에서 분산 보상량은 -640ps/nm이고, 총 손실은 2.5dB(1550nm의 파장에서)이다.

또한, 분산 보상 모듈을 형성하도록 140mm의 굴곡 직경으로 제 5 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF5)가 권선되어 있고, 1550nm의 파장에서의 분산 보상량이 -320ps/nm일 때, 총 손실은 2.0dB(1550nm의 파장에서)이다. 분산 보상 모듈을 형성하도록 140mm의 굴곡 직경으로 제 6 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF6)가 권선되어 있고, 1550nm의 파장에서의 분산 보상량이 -320ps/nm일 때, 총 손실은 1.9dB(1550nm의 파장에서)이다. 또한, 분산 보상 모듈을 형성하도록 140mm의 굴곡 직경으로 제 7 실시예의 분산 보상 광 화이버(DCF7)가 권선되어 있고, 1550nm의 파장에서의 분산 보상량이 -320ps/nm일 때, 총 손실은 1.7dB(1550nm의 파장에서)이다.

따라서, 분산 보상 광 화이버(DCF5 내지 DCF7) 각각은 1550nm의 파장을 포함하는 넓은 파장 대역에서 낮은 손실을 갖는 짧은 거리로 분산 변위 광 화이버(NZDSF)의 분산 경사와 색채 분산을 보상할 수 있다.

## 비교예

상술한 제 1 내지 제 7 실시예 각각의 분산 보상 광 화이버와의 비교를 위해, 비교예의 분산 보상 광 화이버가 설명된다. 도 17a와 도 17b는 비교예에 따른 분산 보상 광 화이버의 단면 구조와 그 굴절 지수 프로파일을 각각 도시하는 도면이다. 이 비교예(200)는 소정 축을 따라 연장하는 코어 영역(210)과, 코어 영역(210)의 외주를 둘러싸도록 제공된 클래딩 영역(220)을 포함한다. 코어 영역(210)은 굴절지수( $n_1$ )와 2a의 외경을 가진다. 또한, 클래딩 영역(220)은 제 2 굴절 지수( $n_2$ )( $< n_1$ )와 외경(2b)을 가지는 제 1 클래딩(221)과, 제 1 클래딩(221)의 외주를 둘러싸도록 제공되며 제 3 굴절 지수( $n_3$ )( $> n_2$ ,  $< n_1$ )를 가지는 제 2 클래딩(222)을 포함한다.

도 17b에 도시된 굴절 지수 프로파일(250)은 도 17a의 선 L2상의 개별 부분에서의 각 굴절 지수들을 나타내며, 굴절 지수 프로파일(250)의 영역들(251, 252 및 253)은 코어 영역(210), 제 1 클래딩(221), 및 제 2 클래딩(222)의 선 L2상의 개별 부분들의 굴절 지수들을 각각 나타낸다.

도 17a 및 도 17b의 비교예(200)에서, 기준 영역으로서 작용하는 제 2 클래딩(222)에 대하여, 코어 영역(210)의 상대 굴절 지수차( $\Delta n_1$ ), 제 1 클래딩(221)의 상대 굴절 지수차( $\Delta n_2$ )는 하기의 각 수학적식들에 의해 주어진다.

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

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

여기서,  $n_1$ 은 코어 영역(210)의 굴절 지수,  $n_2$ 는 제 1 클래딩(221)의 굴절 지수,  $n_3$ 는 기준 영역으로서 작용하는 제 2 클래딩(222)의 굴절 지수이다. 본 명세서에서, 각 부분의 상대 굴절 지수차는 백분율로 표현되며, 상술한 수학적식들내의 개별 파라미터들은 고정된 차수로 배치될 수 있다. 따라서, 제 2 클래딩(222)(기준 영역) 보다 낮은 굴절 지수를 가지는 유리 영역의 상대 굴절 지수는 음의 값으로 표현된다.

여기서, 비교예(200)에서, 제 2 클래딩(222)의 굴절 지수( $n_3$ )에 대하여, 코어 영역(210)은 1.2%의 상대 굴절 지수차( $\Delta n_1$ )를 가지며, 제 1 클래딩(221)은 -0.36% 이하의 상대 굴절 지수차( $\Delta n_2$ )를 가지는 것이 적합하다. 또한, 제 1 클래딩(221)의 외경에 대한 코어 영역(210)의 외경(2a)의 비율( $R_a=2a/2b$ )은 0.50이다.

도 18은 1550nm의 파장에서 비교예의 분산 보상 광 화이버의 색채 분산과 분산 경사 사이의 관계를 도시하는 그래프이다. 여기에 도시된 것은 제 1 클래딩(221)의 외경(2b)이 변화될 때, 비교예의 분산 경사( $S_{DCF}$ )와 색채 분산( $D_{DCF}$ ) 사이의 관계이다. 색채 분산이 -40ps/nm/km 이하인 범위에서, 비교예는 바람직하지 못한 굴곡 특성을 가지며, 따라서, 이는 사용될 수 없다. 제 2 클래딩(222)의 외경(2c)이 현저히 변화하는 경우에, 이때, 색채 분산( $D_{DCF}$ )에 대한 분산 경사( $S_{DCF}$ )의 비율( $S_{DCF}/D_{DCF}$ )은 크게 변화된다. 예로서, 제 1 클래딩(221)의 외경(2b)이 10.0 $\mu$ m일 때, 이때, 색채 분산( $D_{DCF}$ )은 -28ps/nm/km(도 18의 지점 A에 대응하는 상태)이며, 여기서, 분산 경사( $S_{DCF}$ )는 -0.081ps/nm/km이다. 또한, 제 1 클래딩(221)의 외경(2b)이 9.8 $\mu$ m일 때, 이때, 색채 분산( $D_{DCF}$ )은 -22ps/nm/km(도 18의 지점 B에 대응하는 상태)이며, 여기서, 분산 경사( $S_{DCF}$ )는 -0.056ps/nm<sup>2</sup>/km이다. 외경(2b)이 2%만큼 이 값으로부터 변화하는 경우에, 비율( $S_{DCF}/D_{DCF}$ )은 17%만큼 변화한다. 결과적으로, 양호한 색채 분산 특성을 가지는 분산 보상 광 화이버는 제조가 곤란하다.

비교예의 분산 보상 광 화이버에 비교할 때, 실시예에 따른 분산 보상 광 화이버(제 1 내지 제 7 실시예의 분산 보상 광 화이버를 포함)는 양호한 굴곡 특성을 가지며, 또한, 상술한 바와 같이, 색채 분산이 -40ps/nm/km 이하인 범위에서 사용될 수 있다. 또한, 제 2 클래딩의 외경(2c)이 변화할때에도, 색채 분산( $D_{DCF}$ )에 대한 분산 경사( $S_{DCF}$ )의 비율( $S_{DCF}/D_{DCF}$ )의 변화는 색채 분산( $D_{DCF}$ )이 소정 범위내에 있는 경우에, 본 발명에 따른 분산 보상 광 화이버에서 작다. 따라서, 본 발명에 따른 분산 보상 광 화이버를 양호한 색채 분산 특성으로 제조하는 것이 쉽다.

### 산업상 이용 가능성

상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 분산 보상 광 화이버는 1550nm의 파장에서, -40ps/nm/km 이하(바람직하게는 -100ps/nm/km 내지 -40ps/nm/km 또는 -250ps/nm/km 내지 -120ps/nm/km)이고, 색채 분산( $D_{DCF}$ )에 대한 분산 경사( $S_{DCF}$ )의 비율( $S_{DCF}/D_{DCF}$ )은 0.005/nm 이상(바람직하게는 0.005/nm 내지 0.015/nm)이다. 본 발명에 따른 분산 보상 광 화이버가 이런 특성들을 가지기 때문에, 짧은 길이로 1550nm의 파장을 포함하는 넓은 파장 대역의 분산 변위 광 화이버의 색채 분산과 분산 경사를 보상할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명에 따른 광 전송로를 포함하는 광전송 시스템의 개략적 구조를 도시하는 도면.

도 2는 분산 변위 광 화이버가 광 전송로로서 배설되고 분산 보상 광 화이버가 분산 보상 모듈로서 스테이션내에 배치된 광전송 시스템의 개략적인 구조를 도시하는 도면.

도 3a 및 도 3b는 본 발명에 따른 분산 보상 광 화이버의 단면 구조와 그 굴절 지수 프로파일을 각각 도시하는 도면.

도 4는 1550nm의 파장에서 제 1 내지 제 3 실시예에 따른 분산 보상 광 화이버의 분산 경사와 색채 분산 사이의 관계를 도시하는 그래프.

도 5는 제 1 내지 제 3 실시예에 따른 분산 보상 광 화이버의 140mm의 굴곡 직경에서 굴곡 손실의 파장 의존도를 도시하는 그래프.

도 6은 제 1 내지 제 3 실시예에 따른 분산 보상 광 화이버의 색채 분산의 파장 의존도를 도시하는 그래프.

도 7은 제 1 내지 제 3 실시예 각각에 따른 분산 보상 광 화이버와, 분산 변위 광 화이버가 서로 융합 접합(fusion-spliced)되어 있는 각 조립체의 전체적인 평균 색채 분산의 파장 의존도를 도시하는 그래프.

도 8은 본 발명에 따른 분산 보상 모듈의 개략적인 구조를 도시하는 도면.

도 9는 1550nm의 파장에서 제 4 실시예에 따른 분산 보상 광 화이버의 분산 경사와 색채 분산 사이의 관계를 도시하는 그래프.

도 10은 제 4 실시예에 따른 분산 보상 광 화이버의 140nm의 굴곡 직경에서의 굴곡 손실의 파장 의존도를 도시하는 그래프.

도 11은 제 4 실시예에 따른 분산 보상 광 화이버의 색채 분산의 파장 의존도를 도시하는 그래프.

도 12는 제 4 실시예에 따른 분산 보상 광 화이버와 분산 변위 광 화이버가 서로 융합 접합되어 있는 각 조립체의 전체적인 평균 색채 분산의 파장 의존도를 도시하는 그래프.

도 13은 1550nm의 파장에서 제 5 내지 제 7 실시예에 따른 분산 보상 광 화이버의 색채 분산과 분산 경사 사이의 관계를 도시하는 그래프.

도 14는 제 5 내지 제 7 실시예에 따른 분산 보상 광 화이버의 140nm의 굴곡 직경에서의 굴곡 손실의 파장 의존도를 도시하는 그래프.

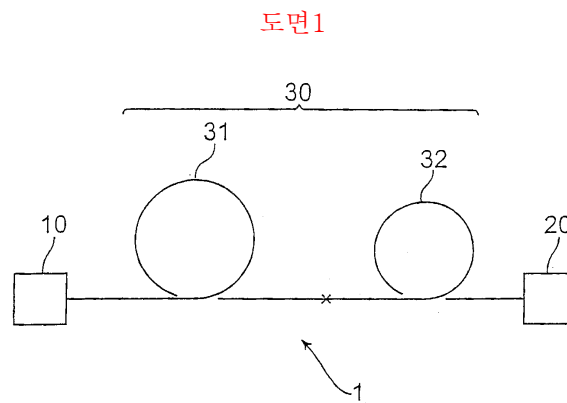
도 15는 제 5 내지 제 7 실시예에 따른 분산 보상 광 화이버의 색채 분산의 파장 의존도를 도시하는 그래프.

도 16은 제 5 내지 제 7 실시예 각각에 따른 분산 보상 광 화이버와 분산 변위 광 화이버가 서로 융합 접합되어 있는 각 조립체의 전체적인 평균 색채 분산의 파장 의존도를 도시하는 그래프.

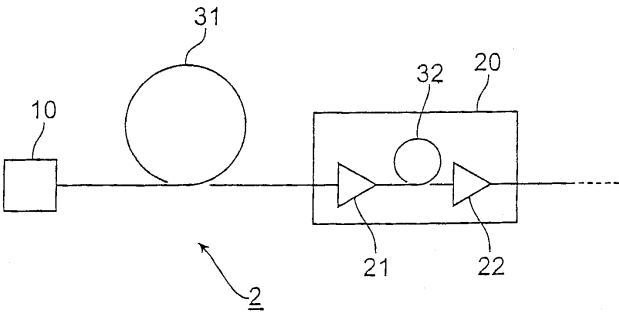
도 17a 및 도 17b는 비교예에 따른 분산 보상 광 화이버의 단면 구조와 그 굴절률 프로파일을 각각 도시하는 도면.

도 18은 1550nm의 파장에서 비교예에 따른 분산 보상 광 화이버의 분산 경사와 색채 분산 사이의 관계를 도시하는 그래프.

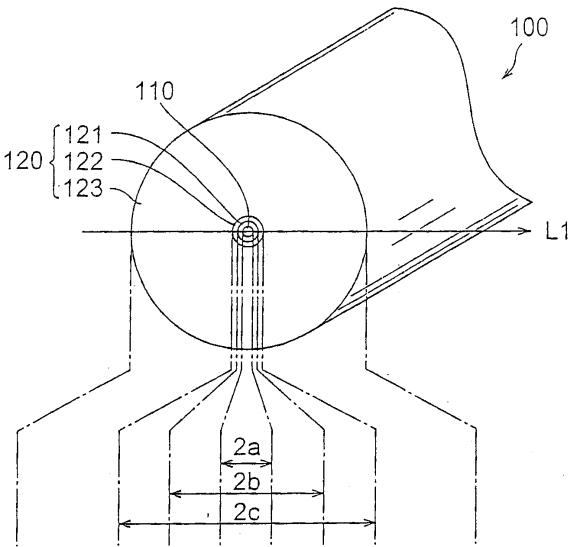
## 도면



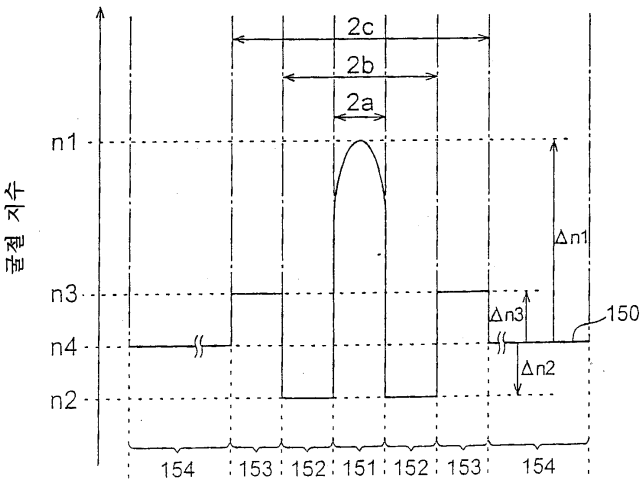
도면2



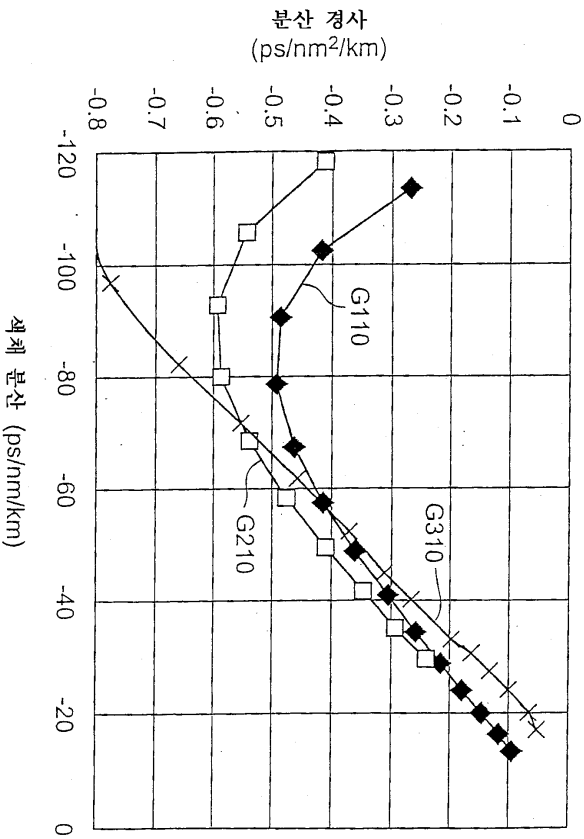
도면3a



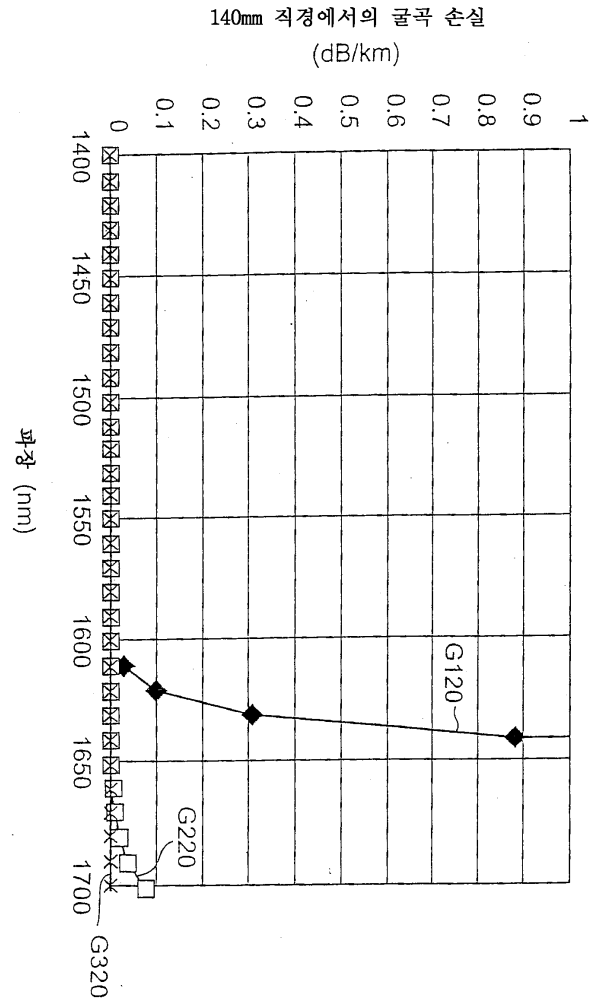
도면3b



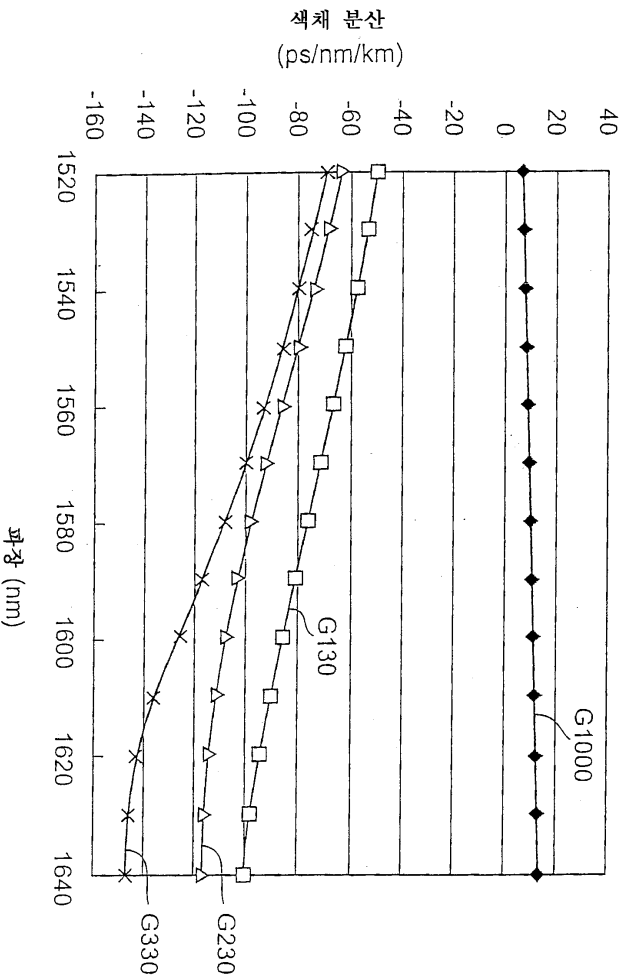
도면4



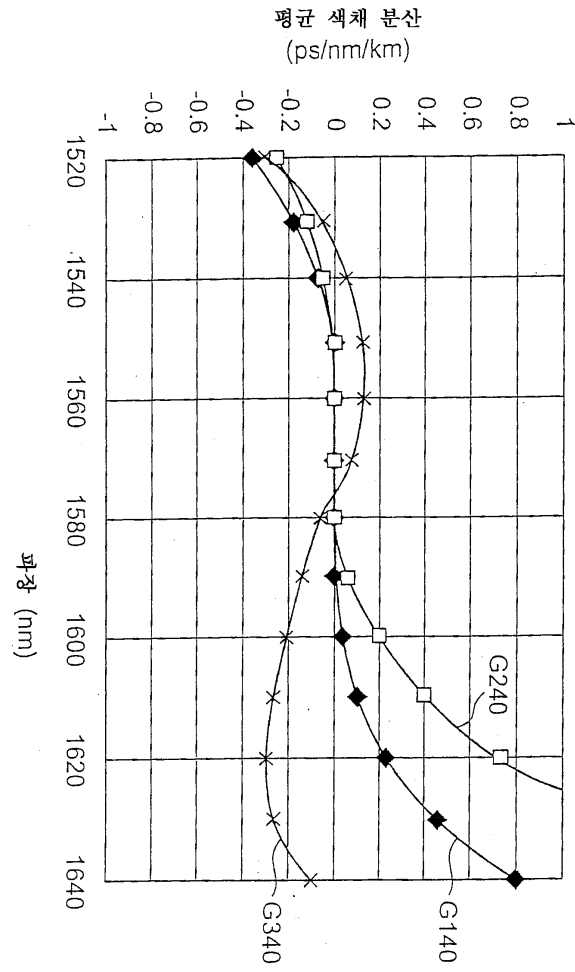
도면5



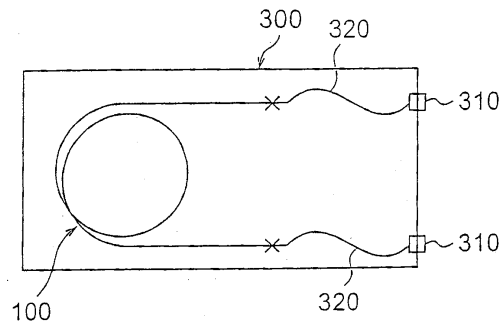
도면6



도면7

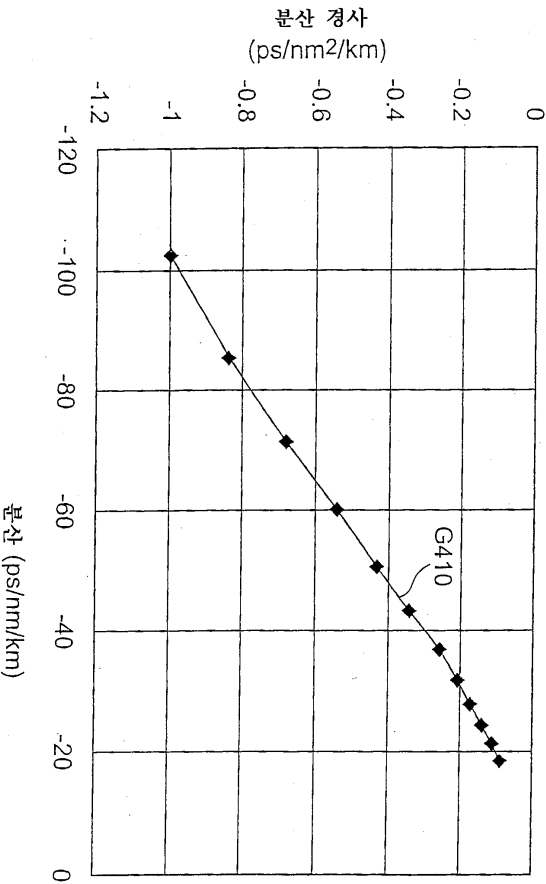


도면8

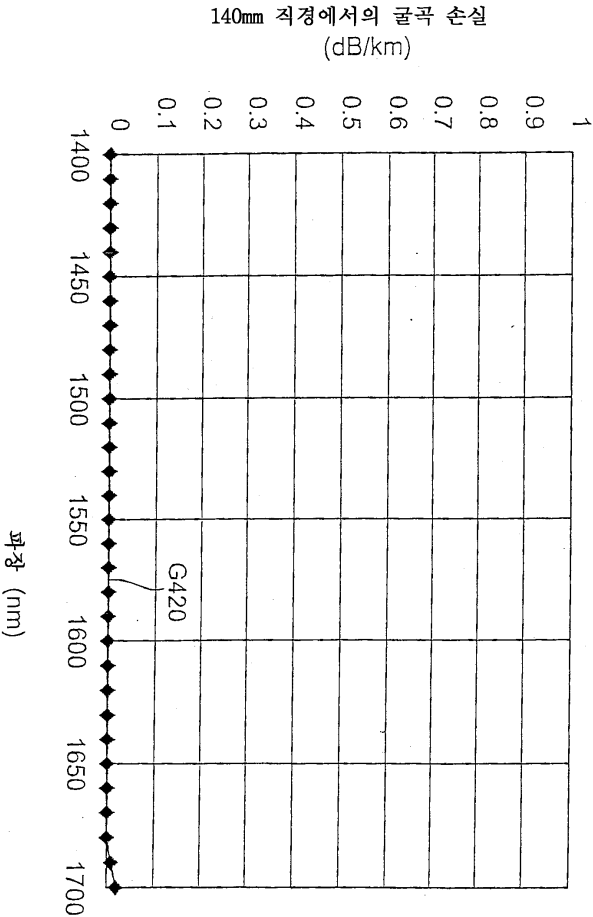




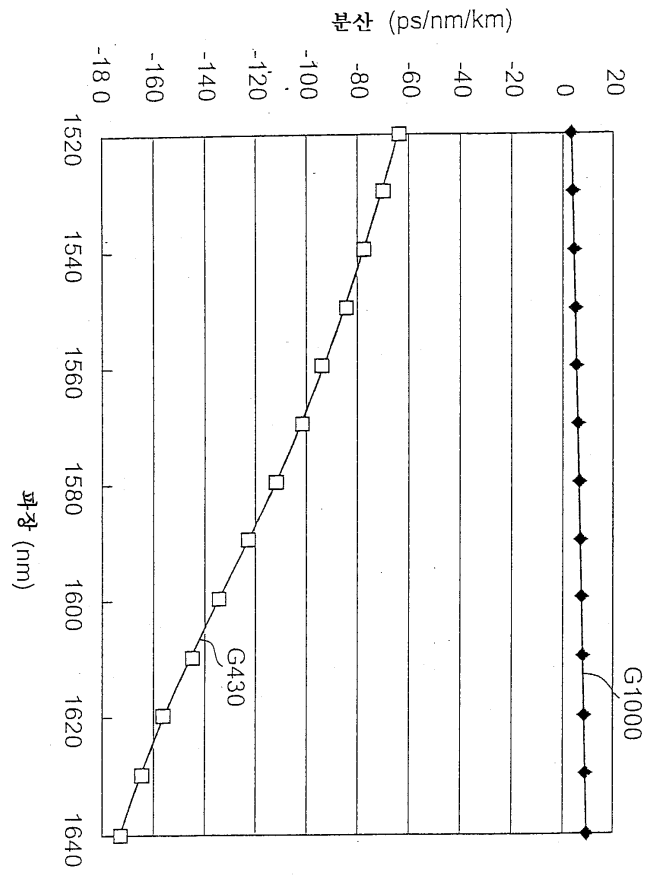
도면9



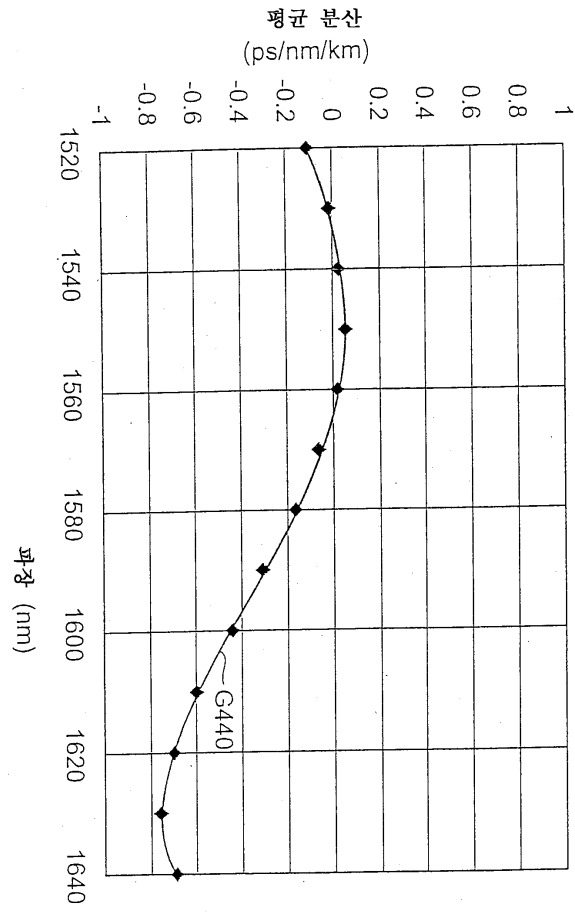
도면10



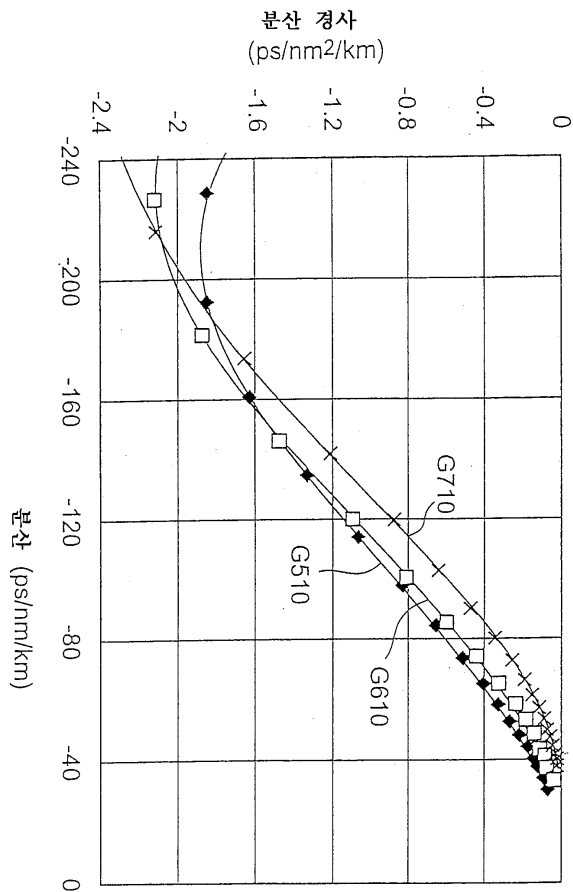
도면11



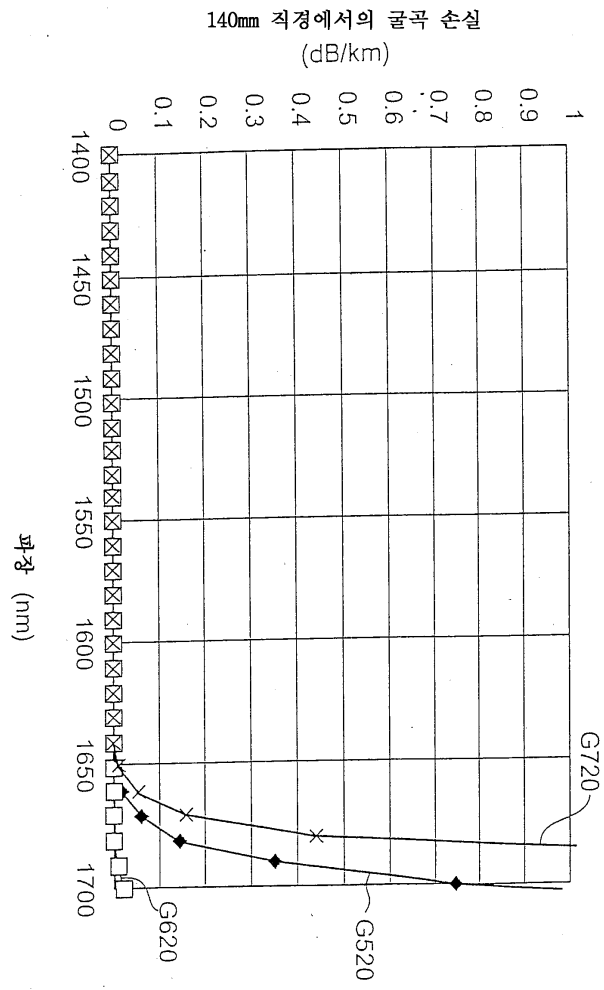
도면12



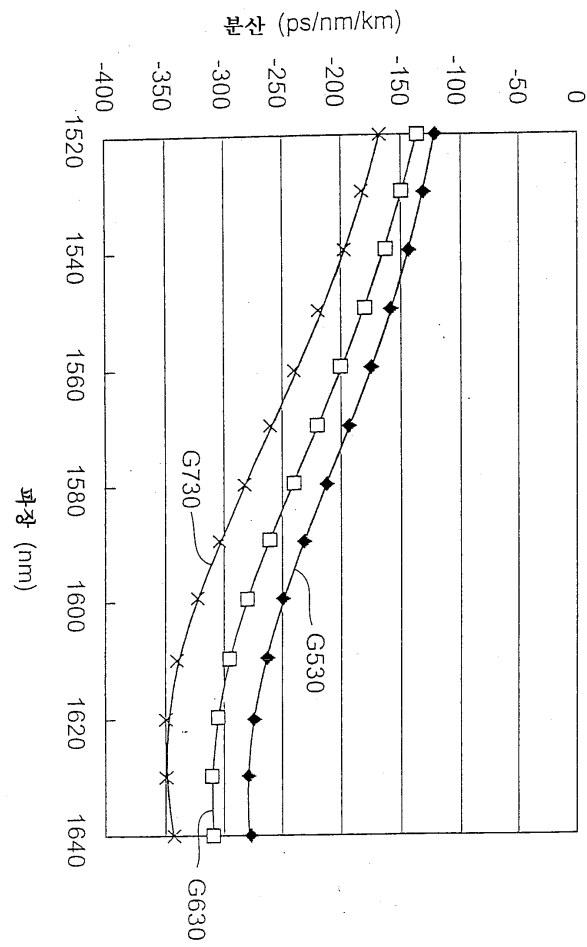
도면13



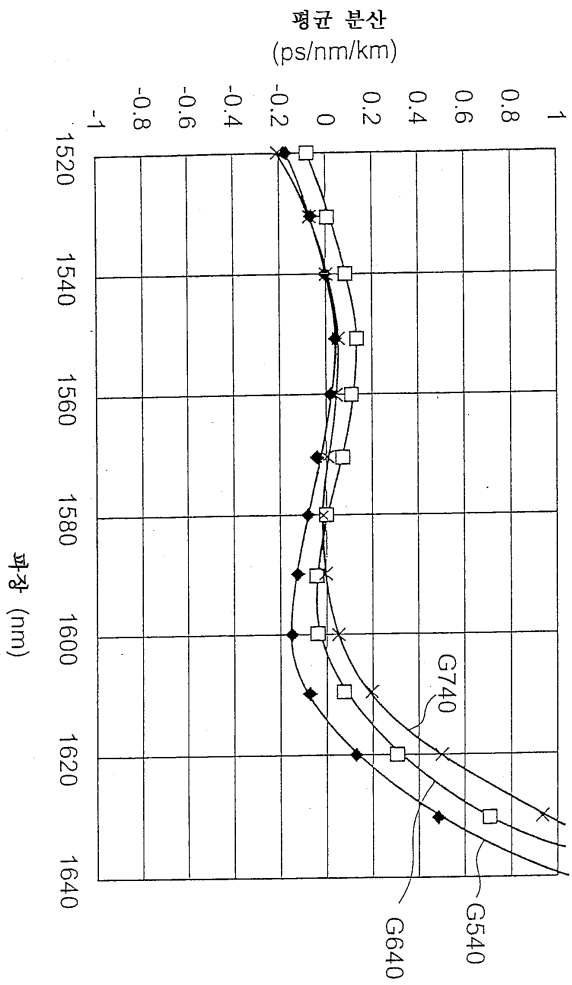
도면14



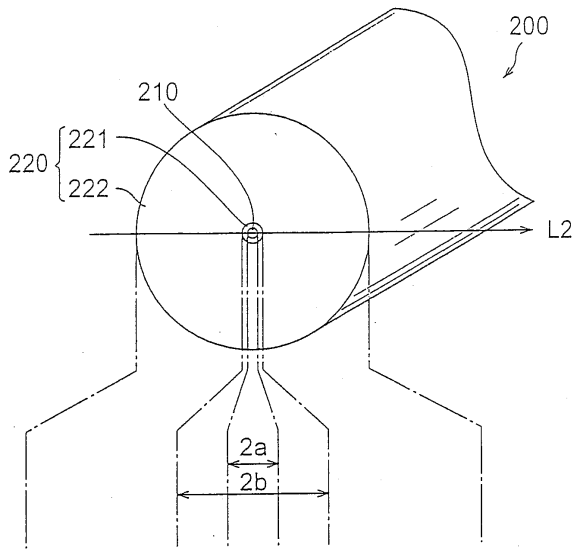
도면15



도면16

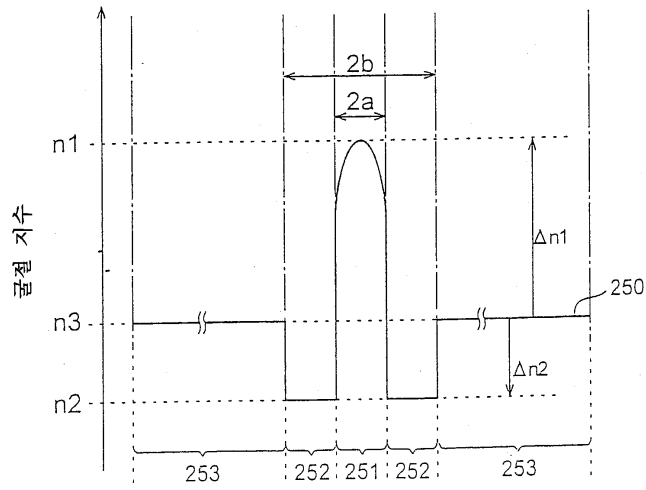


도면17a





도면17b



도면18

