

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.⁶
G02B 6/16

(11) 공개번호 특1999-0077274
(43) 공개일자 1999년10월25일

(21) 출원번호	10-1998-0705420	(87) 국제공개번호	WO 1997/26572
(22) 출원일자	1998년07월 15일	(87) 국제공개일자	1997년07월24일
번역문제출일자	1998년07월 15일		
(86) 국제출원번호	PCT/US1996/13062		
(86) 국제출원출원일자	1996년08월07일		
(81) 지정국	EP 유럽특허 : 오스트리아 벨기에 스위스 독일 덴마크 스페인 프랑스 영국 그리스 이탈리아 룩셈부르크 모나코 네덜란드 포르투갈 스웨덴		
	국내특허 : 아일랜드 오스트레일리아 캐나다 중국 일본 대한민국		
(30) 우선권 주장	60/010,058 1996년01월16일 미국(US)		
(71) 출원인	코닝 인코포레이티드 알프레드 엘. 미첼슨		
	미국 뉴욕 (우편번호 14831) 코닝 원 리버프론트 플라자		
(72) 발명자	비올, 조지, 에이치.		
	미국, 14814 뉴욕, 빅 플래츠, 우드랜드 드라이브106		
	웨이드맨, 데이빗, 엘.		
	미국, 14830 뉴욕, 코닝, 업퍼 드라이브 17		
(74) 대리인	이인실, 이철, 영승윤		

심사청구 : 없음

(54) 불투열 광학 디바이스

요약

본 발명은 불투열 광학디바이스와, 불투열 광섬유 반사 격자(20)와 같은 디바이스의 제조방법에 관한 것이다. 상기 불투열 광섬유 반사 격자 디바이스(20)는 음의 팽창기판(22), 상기 기판(22)표면에 설치된 광섬유(24) 및 상기 광섬유(24) 내부에 한정된 격자(26)로 구성된다. 불투열 광섬유 반사 격자(20) 디바이스의 제조방법은 음의 팽창기판(22)을 제공하는 단계, 내부에 적어도 하나의 반사격자(26)가 한정된 광섬유(24)를 기판(20)의 상부표면에 설치하는 단계 및 상기 광섬유(24)를 기판(22)의 적어도 두 개의 이격된 위치(30,32)에 고정하는 단계로 구성된다.

대표도

도1

명세서

발명의 분야

본 발명은 온도 보상 불투열 광학 디바이스에 관한 것이고, 더욱 상세하게는 불투열 광섬유 반사격자 디바이스를 제조하기 위해 음(negative)의 팽창 베타-유크립타이트(beta-eucryptite) 기판을 이용한 광섬유 반사격자 디바이스(device) 및 상기 불투열 광섬유 반사격자 디바이스를 제조하는 방법에 관한 것이다.

발명의 배경

UV광에 의해 유도되는 굴절률의 변화는 필터(filter) 및 채널 애드/드롭 디바이스(channel add/drop device)와 같은 복잡하고 협소한 대역의 광학소자를 제조하는데 유용하다. 이러한 디바이스들은 다중-파장 통신시스템의 주요부가 될 수 있다. 원형의 감광성 디바이스(prototypical photosensitive device)는 협소한 파장 대역에 걸쳐 빛을 반사하는 반사격자(또는 브래그 격자(Bragg grating))이다. 통상적으로, 이러한 디바이스들은 나노미터(nanometer)로 측정되는 채널 간격(channel spacing)을 갖는다.

파장 선택 여과를 위해 브래그 효과를 이용하는 광학 필터들의 다양한 제조가 이미 알려져 있다. 미합중국 특허 제 4,725,110호에는 서로 180°로 보충되는 섬유축에 관하여 두 각에서 광섬유를 향하는 두 개의 자외선 빔의 간섭 패턴(interference pattern)으로 클래딩(cladding)을 통해 코어(core)를 노출시켜, 광섬유의 코어에서 적어도 하나의 주기성 격자를 각인시키는 필터를 제조하기 위한 하나의 방법이 개시되어 있다. 이것은 섬유축에 직각인 반사격자를 초래한다. 명확하게 정의된 관계에서, 일체된 격자 필터를 갖는 상기 광섬유에 의해 반사된 빛의 주파수는 격자 영역이 받는 변형 또는 격자 영역의 온도의 어느 하나가 변하는 격자 간격에 관계되고, 이것은 이러한 변수들의 어느 하나에 실질적으로 선형이다.

유효 굴절률 n 및 팽창률 a 를 갖는 섬유에서, 간격 L 을 갖는 균일한 격자에 있어서, 중심 반사파장의 변

$$d1_r/dT=2L[dn/dT+na]$$

화, 1_r 은

로 주어진다.

실리카 및 게르마니아-실리카 섬유 반사 격자들에서, 중심 파장의 변화는 온도에 따른 굴절률의 변화인, 대괄호 안의 제 1항에 의해 좌우된다. 상기 팽창률의 항은 전체 변화의 10%미만으로 영향을 미친다.

$$d1_r/dT$$

1550nm에서 피트 반사율을 갖는 격자에 있어서

는 통상적으로 0.01nm/℃이다.

이러한 격자들을 이용하는데 하나의 실질적인 어려움은 온도에 따른 그들의 변화이다. 섬유 격자에 의해 반사되는 빛의 주파수가 상기 격자 영역의 온도에 따라 변하는 것과 같이, 이러한 기본적인 필터는 반사된 빛의 주파수가 온도에 독립적이어야 하는 응용분야에서는 사용될 수 없다. 상기 섬유 반사 격자를 불투열화시키는 방법은 상기 격자의 응용분야를 증가시킬 것이다.

섬유 반사 격자를 불투열화시키는 하나의 방법은 활성적으로 조절된 열안정화 시스템을 갖는 격자의 주변 환경을 열적으로 조절하는 것이다. 상기 열안정화는 장비 및 동력에 비용이 많이 들고, 이것의 복잡성은 신뢰성 문제를 일으킨다.

두 번째 불투열화의 방법은 dn/dT 를 보상하는 음(negative)의 팽창을 생성시키는 것이다. 요구되는 음의 팽창을 달성하기 위해 다른 양(positive)의 열팽창을 갖는 물질을 이용하는 디바이스들은 잘 알려져 있다.

미합중국 특허 제 5,042,898호에는 광섬유 격자를 갖는, 온도 보상의, 매입된 격자(embedded grating)인, 광도파관 광 필터링 디바이스(optical waveguide light filtering device)가 개시되어 있다. 상기 섬유의 각 말단은 서로 관계하는 상기 열팽창계수를 갖는 물질로 이루어진 두 개의 보상 부품들중의 다른 하나에 부착되고, 상기 섬유의 세로 변형에 적용되도록 섬유의 물질의 다른 하나에 부착되는데, 이것의 크기는 세로 변형의 변화가 실질적으로 격자의 온도변화의 영향을 수반하는 방법과 같이 온도에 따라 변한다.

0FC'95 Technical Digest, paper W14에 발표된 Yoffe, G. W. et al.의 '온도-보상 광-섬유 브래그 격자들'에는 온도가 상승함에 따라 광섬유의 장착 위치들 사이의 거리를 감소시키고, 격자의 변형을 감소시키는 다른 열팽창들을 갖는 금속의 기계적인 배열을 갖는 디바이스를 개시하고 있다.

상기 디바이스들은 몇 개의 바람직하지 않은 특성을 갖는다. 첫째로, 상기 디바이스에서는 상기 섬유를 신뢰성있는 결합시키는 것이 어렵다. 둘째로, 상기 디바이스들의 기계적인 결합 및 조정으로 제조하는데 비용이 많이 든다. 또한, 이러한 시스템은 반복되는 열순환의 조건하에서 성능의 감소를 초래하는 이력 현상(hysteresis)을 나타낸다. 마지막으로, 상기 시도들의 일부는 몇 센티미터정도의 길이일 수 있는 격자가 기계적 쇼크 및 진동에 대한 둔감성과 같은 비활성 디바이스의 다른 필요조건들과 불일치하도록 서스펜드(suspend)되는 것을 필요로 한다.

예상될 수 있는 음의 팽창을 이용하는 또 다른 방법은 고유의 음의 팽창계수를 갖는 물질로부터 제조되고, 상부에 광섬유 격자를 장착하기 위한 기판을 제공하는 것이다.

미합중국 특허 제 4,209,229호에는 리튬-알루미나-실리카 유형의 세라믹성 유리들이 기재되어 있는데, 특히 상기 물질은 몰비 기준으로 1 Li₂O: 0.5~1.5 Al₂O₃: 3.0~4.5 SiO₂의 범위의 화학양론성을 갖고, 이것은 특히 광섬유 도파관 부품을 위한 용융된 실리카 및 다른 클래딩 물질들에 있어서 보호 외층으로서 사용하기 위해 사용된다. 이러한 리튬 알루미노실리케이트(lithium aluminosilicate) 유리들이 소성, 즉 핵결정을 제조하기 위해 열처리 할 때, 발달된 상기 미세한 결정상(crystal phase)은 베타-유크립타이트 또는 베타-석영 고용체(beta-quartz solid solution) 중의 하나이다. TiO₂ 및 ZrO₂ 와 같은 핵제(nucleating agents)는 상기 유리의 결정화를 개시하는데 사용된다. 이러한 방법으로 제조된 상기 유리들은 0~600℃의 범위에서 평균 $-1.4 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 의 음의 팽창계수를 갖는다. 이러한 리튬 알루미노실리케이트 유리의 얇은 층은 1분을 초과하지 않는 시간동안 700~1400℃에서 코팅된 필라멘트(coated filament)를 열처리하여 미세한 입자를 가진 결정상으로 발달시키기 위해 소성될 수 있다. 상기 냉각된 외부층은 상기 코팅된 섬유상에 압축 응력을 가한다.

미합중국 특허 제 5,426,714호에는 고분자성 수지용 충전제로서 낮거나 음의 열팽창계수를 갖는 베타-유크립타이트 리튬 알루미노실리케이트를 이용하는 광섬유 커플러가 기재되어 있다. 상기 유리-세라믹은 1650℃에서 백금 도가니에서 상기 조성물을 용융시켜 얻었다. 그리고나서, 상기 유리는 드라이게이지(drigaged)되고, 소성되어 파우더로 연마된다. -40℃ 내지 +80℃사이에서 측정된 $-86 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 의 음의 열팽창계수를 갖는 15.56중량% Li₂O, 53.125중량% Al₂O₃, 31.305중량% SiO₂의 베타-유크립타이트 조성물이 개시되어 있다(col. 4, 24~28행).

본 발명의 목적은 불투열 디바이스인 온도 보상 광학 디바이스를 제공하는데 있다.

본 발명의 목적은 불투열 디바이스인 온도 보상 광섬유 반사격자 디바이스를 제공하는데 있다.

본 발명의 목적은 쇼크 및 진동에 내성을 갖는 온도 보상 광섬유 반사격자 디바이스를 제공하는데 있다.

본 발명의 목적은 상기 섬유의 격자 영역이 일직선인 온도 보상 광섬유 반사격자 디바이스를 제공하는데 있다.

발명의 요약

간단히 말해, 본 발명은 상부표면을 갖는 음의 팽창기판을 제공하는 단계; 상기 기판의 상부표면에 열적으로 민감한 양(positive)의 팽창 광학소자를 장착하는 단계; 및 기판의 적어도 두 이격된 위치에 상기 소자를 고정시키는 단계를 포함하는 불투열 광학 디바이스를 제조하는 방법을 제공한다.

본 발명의 또 다른 관점에서, 본 발명은 상부표면을 갖는 음의 팽창기판; 상기 기판의 표면에 적어도 두 이격된 위치에 고정된 열적으로 민감한 양의 팽창 광학소자를 포함하는 불투열 광학 디바이스를 제공한다.

본 발명의 또 다른 관점에서, 본 발명은 상부표면과 제 1 및 제 2의 말단을 갖는 음의 팽창기판을 제공하는 단계; 각 말단사이 및 각 말단으로부터의 일정거리에 상기 격자가 놓이도록 상기 기판의 상부표면 안에서 한정된 적어도 하나의 격자를 갖는 광섬유를 장착하는 단계; 및 상기 기판의 적어도 두 이격된 위치에 광섬유를 고정시키는 단계를 포함하는 불투열 광섬유 격자 디바이스를 제조하는 방법을 제공한다.

본 발명의 또 다른 관점에서, 본 발명은 상부표면과 제 1 및 제 2의 말단을 갖는 음의 팽창기판; 상기 기판의 적어도 두 이격된 위치에 광섬유를 고정시킨 광섬유; 및 각 말단사이 및 각 말단으로부터의 일정 거리에 한정된 격자를 포함하는 불투열 광섬유 격자 디바이스를 제공한다.

본 발명의 상기 신규한 관점들은 첨부된 청구의 범위에서 상세히 설명되어 있다. 본 발명의 그 이상의 목적 및 효과와 함께, 본 발명 그 자체는 첨부된 도면과 관련하여 실시된 본 발명의 바람직한 실시예의 하기 상세한 설명에서 더욱 완전히 이해될 것이다.

도면의 간단한 설명

- 도 1은 불투열 광섬유 격자 디바이스의 실시예의 개략도,
- 도 2는 불투열 광섬유 격자 디바이스의 제 2 실시예의 개략도,
- 도 3은 불투열 광섬유 격자 디바이스의 제 3 실시예의 개략도,
- 도 4는 도 3에 도시된 고정채널의 확대도,
- 도 5는 불투열 광섬유 격자 디바이스의 제 4 실시예의 개략도,
- 도 6은 베타-유크립타이트 유리-세라믹의 열팽창 그래프,
- 도 7은 베타-유크립타이트 유리-세라믹의 열팽창 그래프,
- 도 8은 불투열화된 격자 중심 파장의 그래프,
- 도 9는 불투열 광섬유 용융된 커플러 디바이스의 실시예의 개략도,
- 도 10은 불투열 평면 도파관 디바이스의 실시예의 개략도이다.

발명의 상세한 설명

본 발명의 열적으로 민감한 광학 디바이스들은 광도파관, UV광 유도섬유 격자 및 광섬유 커플러를 포함한다. 본 발명의 디바이스에 사용되는 광섬유 반사격자는 예를 들어 브래그 유형의 UV광 유도 격자로 당업자들에게 알려져 있다.

본 발명에서, 사용된 불투열화 시도는 온도변화에 따라 광섬유의 굴절률이 양의 값으로 변화하는 것을 보상하는 음의 팽창을 생성하는 것이다. $-50 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 정도 또는 응력-광학 효과 때문에 그보다 약간 높은 정도의 열팽창계수가 요구된다. 이러한 시도에서, 상기 격자를 포함하는 섬유는, 바람직하게 인장하에서, 섬유에 음의 열팽창을 주는 기판위에 장착될 것이다. 따라서, 온도가 상승함에 따라, 인장력은 감소되지만, 상기 섬유는 압축되지 않는다(기계적으로 불안정한 바와 같이).

예를 들어 게르마니아-실리카 섬유와 같은 광섬유는 고유의 음의 팽창계수를 갖는 기판에 고정된다. 대부분 열드리프트(thermal drift)에 의해 생기는 섬유의 굴절률 증가는 음의 기계적 팽창으로 보상된다. 고유의 음의 팽창계수를 갖는 실리콘을 기초로한 유리-세라믹을 기초로 하는 물질로부터 제조되는 기판에 의해 상기 음의 팽창이 영향을 받는다. 고온, 예를 들어 약 1300°C 에서 가열할 때 재구성된 위상변화를 겪는 유리-세라믹에서 최소 결정들을 유도하여 음의 팽창을 얻어, 높은 차수의 베타-유크립타이트(즉, 스테르프드(stuffed) 베타-석영)를 제조한다.

기판용으로 적합한 물질인 베타-유크립타이트는 크리프(creep)에 대해 기계적으로 강하고 최소의 열적 이력현상을 나타내는 넓은 온도범위, 예를 들어 -40°C 내지 $+85^\circ\text{C}$ 에서 보상을 제공하는 것으로 알려져 있다. 일부 응용분야에서는, 더 넓은 온도 범위도 견딜 수 있다. 상기 베타-유크립타이트 물질은 본질적으로 알루미늄 및 리튬을 함유하는 베타-석영의 스테르프드 유도체인 높은 차수의 리튬 알루미늄실리케이트 유리-세라믹을 기초로 한다. 또한, 결정입도(grain size)를 최소화시키고 내부 과립상 미세균열(inner granular micro cracking)에 의한 이력현상을 감소시키기 위해 고용체를 결정화시키기 위한 핵제로서, 예를 들어 >2중량%의 중요한 티타니아가 존재하도록 요구된다.

바람직한 베타-유크립타이트 고용체는 화학양론적으로 $\text{LiAlSiO}_4(\text{Li}_2\text{O}:\text{Al}_2\text{O}_3: 2\text{SiO}_2=1:1:2)$ 및 $\text{Li}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{Li}_2\text{O}:\text{Al}_2\text{O}_3:3\text{SiO}_2=1:1:3)$ 사이에 놓이고, 핵제 TiO_2 , 및 선택적으로 ZrO_2 ,는 부속 위상(assessory phase) Al_2TiO_5 또는 ZrTiO_4 를 제조하기 위한 방법으로 첨가되고, 바람직하게 전자는 가장 낮은 열팽창계수를 갖는다.

이러한 유리-세라믹은 하나의 축, c-축을 따라 강하게, 다른 축, a-축을 따라 약하게 양(positive)으로,

확실한 음의 팽창 최소 결정상을 갖고, 이력현상 또는 물질적인 특성의 감소를 거의 보이지 않으며, 넓은 온도 범위에서 기계적으로 안정하다.

중량%로, 적합한 유리-세라믹 조성물의 범위는 다음과 같다:

SiO_2 43~55%, Al_2O_3 31~42%, Li_2O 8~11%, TiO_2 2~6%, 및 ZrO_4 0~4%.

본 발명의 베타-유크립타이트 기판은 $-30 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ 내지 $-90 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$, 더욱 바람직하게는 $-50 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ 내지 $-75 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$, 더욱 바람직하게는 $-55 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ 의 열팽창계수를 갖는 물질이 바람직하다.

이 정도의 음의 팽창값을 갖는 물질을 제조하기 위해, 베타-유크립타이트는 교류의(alternating) AlO_4 및 SiO_4 테트라히드라(tetrahedra)를 형성하도록 매우 높게 차수되어야 한다. 이것은 결정화된 위상을 적어도 3시간, 바람직하게는 약 4시간동안 1300°C 부근의 최고 온도에서 가열하여 달성된다. 유리의 균열을 막기 위해, 5×10^{10} 포이즈(poise) 부근에서 결정화시키는 동안 바람직한 점도를 유지시켜 새김(sagging) 또는 균열을 배제하는 온도범위에서 유리를 가열하도록 요구하는 열적 일정(thermal schedule)이 사용된다.

종래의 상기 베타-유크립타이트 물질들은 슬랩(slab) 형태로 얻어지지 않고, 그보다는 얇은 코팅물 또는 분쇄된 파우더로 제조되었다. 바람직한 크기(잠재적으로 수 센티미터 길이)의 유리-세라믹 기판을 제조하기 위해, 다소 안정성있는 유리가 요구된다. 상기 용융된 유리는 급속냉각을 실시하기 위해서 금속 테이블(metal table) 또는 몰드(mold)상에, 예를 들어 <0.5 in. 두께의 얇은 슬랩으로 주조되어야 한다. 그리고 나서, 상기 유리는 몇시간동안 약 $700 \sim 800^\circ\text{C}$ 에서 어닐링(anneal)시킨 후, 바람직하지 못한 응력을 피하기 위해 천천히 냉각시킨다.

베타-유크립타이트 조성물의 실시예

실시예 1

50.3중량%의 SiO_2 , 36.7중량%의 Al_2O_3 , 9.7중량%의 Li_2O 및 3.3중량%의 TiO_2 를 함유하는 조성물을 도가니에서 1600°C 에서 용융시킨 후, 상기 유리를 차가운 철판위에서 주조시켜 약 0.25 내지 0.5in 두께의 디스크(disc)를 제조한다. 그리고 나서, 상기 슬랩은 바(bar)로 절단하여 300°C/hr 로 715°C 까지 가열하고, 140°C/hr 로 765°C 까지 가열하고, 300°C/hr 로 1300°C 까지 가열하고, 4시간동안 상기 온도에서 유지시킨 후 몇 시간동안 약 100°C 미만의 냉각속도로 서서히 퍼네이스(furnace)에서 냉각시킨다.

도 6은 $-78 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ 의 평균 음의 팽창계수($25 \sim 150^\circ\text{C}$ 사이에서 측정됨)를 갖는 실시예 1의 물질 조성물의 2인치(10mm) 샘플(sample)의 열팽창의 측정값 및 매우 유사한 가열 및 냉각곡선에 의해 증명되는 바와 같이 현저한 정도의 이력현상을 도시한다.

실시예 2

49.0중량%의 SiO_2 , 37.1중량%의 Al_2O_3 , 9.6중량%의 Li_2O 및 4.3중량%의 TiO_2 를 함유하는 조성물을 도가니에서 1600°C 에서 용융시킨 후, 상기 유리를 차가운 철판위에서 주조시켜 약 0.25 내지 0.5in(6.3mm 내지 12.7mm)두께의 디스크를 제조한다. 그리고 나서, 상기 슬랩은 바(bar)로 절단하여 300°C/hr 로 715°C 까지 가열하고, 140°C/hr 로 765°C 까지 가열하고, 300°C/hr 로 1300°C 까지 가열하고, 4시간동안 상기 온도에서 유지시킨 후, 몇시간동안 약 100°C 미만의 냉각속도로 퍼네이스에서 서서히 냉각시킨다. 이력현상을 최소화시키기 위해 냉각된 바를 800°C 로 재가열하고 대기온도로 냉각시키는 과정을 4회 반복한다.

실시예 3

실시예 2와 같은 조성물을 냉각전에 0.5시간동안만 1300°C 에서 유지시킨 것을 제외한 동일한 조건으로 처리하였으며, 더 이상의 가열 순환을 실시하지 않았다.

도 7은 실시예 2 및 3의 물질의 조성물의 열팽창 측정값을 나타낸다. 실시예 2는 $-52.8 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ ($25 \sim 150^\circ\text{C}$ 사이에서 측정됨)의 평균 음의 열팽창계수를 나타내고, 매우 유사한 가열 및 냉각 곡선에 의해 증명되는 바와 같이 필수적으로 이력현상이 없다. 실시예 3은 이력현상은 없이 동일한 온도범위에서 0의 열팽창계수를 나타낸다.

바람직한 정도의 음의 팽창값을 얻기 위해서, 상기 조성물을 약 3 내지 4시간동안 1300°C 에서 최고 온도로 유지시켜 높은 차수의 결정 위상을 얻도록 함이 바람직하다. 단지 0.5시간동안 1300°C 로 유지시킨 실시예 3의 물질은 0의 팽창계수를 갖고, 비교적 더 불안정함이 증명되었다.

만족할 만한 이력현상을 달성하기 위해 가열 반복단계들이 필수적인 것은 아니다. 그러나, 1 내지 4회의 가열 반복단계들이 유익할 수 있다. 상기 가열속도는 시간당 약 300°C 이고, 상기 바는 각 회마다 약 1시간동안 800°C 에서 유지된다.

도 1을 참조하면, 본 발명의 제 1의 실시예가 도시되어 있다. 상기 광섬유 반사격자 디바이스(20)는 베타-유크립타이트와 같은 음의 팽창 물질의 평평한 블록(block)으로 형성된 기판(22)을 갖는다. 도 1에 기재된 적어도 하나의 UV-유도 반사 격자(26)를 갖는 광섬유(24)는 표면(28)위에 장착되고, 상기 표면의 말단에 있는 점(30 및 32)에서 부착된다. 상기 섬유가 항상 일직선이고 음의 팽창으로 인해 압축되지 않아서, 상기 섬유는 일반적으로 인장하에서 장착된다는 것이 중요하다. 부착전에, 상기 섬유는 개략적으로 도시된 바와 같이 추(34)를 사용하여 조절된 인장하에서 놓인다. 인장력을 적절히 선택하는 것은 상기 섬유가 모든 예상되는 사용 온도에서 압축되지 않음을 보장한다. 그러나, 상기 섬유는 모든 예상되는 사용 온도에서는 인장될 수 있다. 특정 응용분야에서 음의 팽창을 보상하기 위한 요구되는 인장의 정도는 당업자들에 의해 용이하게 계산될 수 있다.

상기 부착 물질은 예를 들어 예폭시 시멘트와 같은 유기고분자, 예를 들어 유리가루, 세라믹, 또는 유리-

세라믹 물질, 또는 금속과 같은 무기 플릿(frit)일 수 있다. 하나의 실시예에서, 상기 섬유는 UV-경화 에폭시 접착제로 기판에 부착된다. 또한, 상기 섬유를 부착시키기 위해 기계적인 수단이 사용될 수도 있다.

일반적으로, 광섬유 반사 격자에는 섬유를 둘러싸는 코팅 물질이 공급될 수 있다. 바람직한 패키징(packaging) 방법에서, 상기 섬유의 격자 영역에서의 코팅은 그대로인 반면, 상기 기판 부착 영역에서의 격자의 각 말단에서는 제거된다. 그러나, 상기 디바이스는 부착 위치 사이에서 완전히 제거된 코팅을 갖는다. 상기 코팅의 제거는 두 개의 방법들 중 하나에 의해 달성될 것이다: 비-접촉, 비-화학적 스트리핑 메커니즘(non-chemical stripping mechanism) 또는 통상적인 화학 스트리핑.

또 다른 실시예인 도 2에서, 상기 섬유는 상기 기판에 직접 부착되지는 않는다. 예를 들어 유리 또는 세라믹과 같은 기판과 다른 물질로 제조된 결합 패드(bonding pad)(40, 42)는 기판의 각 말단에 부착된다. 상기 섬유(26)는 상기 패드의 점(44, 46)에서 장착된다. 이러한 패드들은 열팽창 부정합(mismatch)이 크기 때문에 기판에서 직접 섬유로 달성될 수 있는 부착특성보다 상기 패드에서 섬유로 더 나은 부착특성을 준다. 적합한 패드 물질들은 예를 들어 -50 내지 $+5 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 인 섬유와 기판의 열팽창계수의 중간인, 바람직하게 약 $-20 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 의 열팽창계수를 갖는다. 선택적으로, 상기 패드는 상기 섬유의 팽창계수와 매우 근사한 팽창계수를 갖는 용융된 실리카(fused silica)일 수 있다. 상기 패드는 섬유의 열적 부정합 및 인장에 의해 유도되는 상기 결합(joint)의 응력이 균열 및 분리되는 기회를 줄이면서 더 넓은 면적에 걸쳐 미치게 한다. 상기 섬유와 패드의 결합을 위한 부착물질은 기판에 직접 상기 섬유를 장착할 때 사용되는 것과 유사하고, 예를 들어 에폭시 시멘트(epoxy cement) 및 연마된 유리, 세라믹 또는 유리-세라믹 물질 또는 금속과 같은 무기 플릿을 들 수 있다.

또 다른 실시예인 도 3에서, 음의 팽창의 기판 물질(22)은 섬유에 클램핑력(clamping force)을 생성하는데 사용된다. 부착의 특징은 상기 기판의 용기부(54, 56)에서 구멍 또는 채널(50, 52)이 있다는 것으로, 실온에서 상기 섬유보다 약간 작은 갭(gap)을 갖는 기판에 있다. 도 4를 참조하면, 예상 사용 온도보다 더 낮은 지점까지 온도를 낮추는 것에 의해, 상기 기판이 팽창되고, 상기 섬유(24)가 채널(50)로 삽입될 수 있다. 그리고 나서, 기판을 따뜻하게 함으로써 기판수축을 일어나게 하여, 채널에서 섬유를 고정시키기 위한 클램핑력을 생성시킨다.

또 다른 실시예인 도 5에서, 상기 섬유(24)는 기판의 점(30, 32)에서 부착되고,中间的의 섬유 길이(60)는 낮은 탄성계수의 진동억제(damping) 물질(62)에 의해 충격을 완화시킨다. 상기 섬유와 기판사이에서, 예를 들어 상기 섬유를 둘러싸는 실리콘 고무 코팅물 또는 실리콘 고무(silicone rubber), 천연 또는 합성 고무 또는 이들의 혼합물인 이러한 낮은 탄성계수 물질은 기계적인 충격 또는 진동과 같은 외부 섭동(perturbation)에 대해 섬유 반사 격자를 보호한다. 또한 상기 섬유의 보우잉(bowing)도 최소화시킨다. 하나의 실시예에서, 상기 낮은 탄성계수의 물질이 상기 섬유 및 상기 기판에 접착식으로 부착된다.

인장력하에서 상기 섬유를 장착하는 것은 상기 디바이스의 광학적 특성(예를 들어, 격자의 중심 파장)을 변화시킬 것이다. 이것은 상기 인장력을 설명하기 위해 내부에 새겨진 반사 격자를 갖는 디바이스를 한 쪽으로 기울이거나, 인장력하에서 내부에 새겨진 반사 격자없이 예를 들어 게르마니아로 도핑된 실리콘 섬유와 같은 섬유를 장착한 후, 인시튜(insitu)로 상기 디바이스에 격자를 제조하기 위해 UV광에 상기 섬유를 노출시킴으로써 이루어질 수 있다.

본 발명의 통상적인 실시예에서, 상기 중심 파장의 온도 민감성은 약 $0.0125 \text{ nm}/^{\circ}\text{C}$ 이고, 중심 파장의 응력 민감성은 9g의 인장에 대하여 0.125 nm 의 이동이며, 벗겨진 섬유는 125μ 의 직경을 갖고, 코팅된 섬유는 250μ 의 직경을 갖는다. 상기 섬유의 강도는 $>200 \text{ kpsi}$ 이고 따라서 매우 높은 신뢰성을 갖는다.

베타-유크립타이트 기판상의 불투열 격자의 실시예

상기 격자는 광굴절성 광광성 섬유인 코닝 SMF-228 섬유로 기재되었으며, 상기 섬유는 일주일동안 수소 챔버에서 100기압으로 수소를 함유하였다. 수소 챔버에서 섬유를 제거한 후에, 대략 30mm의 코팅을 기계적 박피술로 제거시키고, 상기 섬유는 240nm 레이저 방사선(laser irradiation)에 노출시켜 격자를 형성하였다. 그리고 나서, 상기 섬유는 10kpsi 인장하에서 UV-경화성 에폭시 접착제를 이용하여, 실시예 2의 방법에 따라 필수적으로 준비된 베타-유크립타이트의 기판에 장착되었다. 상기 조립된 격자를 2시간동안 125°C 에서 가열하여, 잔류 수소를 발산시켜 저안정성 UV-유도 트랩(trap)을 제거하였다. 상기 섬유를 -40°C 와 $+125^{\circ}\text{C}$ 사이에서 열순환시켰다. 비교섬유는 기판에 부착시키지 않는 것을 제외하고는 완전히 동일한 방법으로 처리하였다. 상기 격자의 중심 파장(도 8)은 -40°C 와 $+125^{\circ}\text{C}$ 사이에서 기판에 부착되지 않았을 때 대략 1.9 nm 로 변했지만, 기판에 부착되었을 때는 단지 0.2 nm 가 변하였다.

본 발명이 UV 광 유도 격자에 대해서 설명하였지만, 다른 열적 민감성 디바이스의 패키징(packaging)에도 적용될 수 있다. 예를 들어, 광섬유 커플러 및 광도파관이 음의 팽창 기판에 부착되어 불투열화될 수 있다.

광섬유 용융 커플러는 길이를 따라 하나 또는 그 이상의 위치에서 함께 용융된 둘 또는 그 이상의 섬유들을 가지며, 기판상에 장착된다. 상기 커플러는 열적으로 민감하여 소정의 열적 불안정성을 일으킨다. 특히, 간섭효과가 사용되는 이중 원뿔꼴의 테이퍼드(tapered)된 커플러, 예를 들어 마하-젠더 간섭계가 민감하다. 상기 커플러는 상기 실시예 2에서 설명한 베타-유크립타이트와 같은 음의 팽창 기판에 장착되어 불투열화될 수 있다. 도 9를 참조하면, 두 섬유(74, 76)가 장착된 음의 팽창 기판(72)을 포함하는 용융된 이중 원뿔형 커플러 디바이스(fused biconical coupler device)(70)가 도시되어 있다. 상기 섬유는 영역(78, 80)에서 함께 용융된다. 상기 섬유는 광섬유 반사 격자에 대하여 전술한 바와 같이 동일한 방법으로 기판의 말단 주위의 위치(82, 84)에서 부착된다.

도파관은 예를 들어 광섬유 또는 평면 기판으로 한정될 수 있다. 상기 도파관은 열적으로 민감하여 소정의 열적 불안정성을 일으킨다. 상기 도파관은 상기 실시예 2에서 설명한 베타-유크립타이트와 같은 음의 팽창기판에 장착되어 불투열화될 수 있다. 도 10을 참조하면, 당업자들에게 기판위에 공지의 방법으로 제조된 평면 도파관(96)의 물질(94)의 층이 접착식으로 장착된 음의 팽창 기판(92)을 포함하는 평면 도파

관 디바이스(90)를 도시한다. 상기 도파관 물질은 예를 들어 게르마니아 실리케이트와 같은 도핑된 실리카, 다른 적당한 유리 조성물, 고분자 및 레이저 다이오드(laser diode)와 같은 이득(gain)을 갖는 반도체를 포함하는 반도체일 수 있다.

본 발명의 디바이스는 완전히 수동 시스템이고, 기계적으로 간단하며, 불투열성을 나타낸다. 상기 디바이스의 제조방법은 충격 및 진동을 견디고 열적으로 안정한 온도 보상 광학 디바이스를 제공하기 때문에 유익하다.

본 발명이 이의 바람직한 실시예와 관련하여 설명되었지만 당업자라면 본 발명의 사상과 범위를 벗어남이 없이 다양한 변경과 변형이 이루어질 수 있음을 알 수 있을 것이며 따라서 본 발명은 첨부된 청구범위에 의해서만 한정될 것이다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

상부표면을 갖는 음의 팽창기판을 제공하는 단계;

상기 기판의 상부표면상에 열적으로 민감한 양의 팽창 광학소자를 설치하는 단계; 및

기판의 적어도 두 개의 이격된 위치에 상기 소자를 고정시키는 단계로 구성된 것을 특징으로 하는 불투열 광학 디바이스 제조방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 기판은 베타-유클립타이트 유리-세라믹으로 구성된 것을 특징으로 하는 불투열 광학 디바이스 제조방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 베타-유클립타이트는 43~55중량%의 SiO_2 , 31~42중량%의 Al_2O_3 , 8~11중량%의 Li_2O , 2~6중량%의 TiO_2 , 0~4중량%의 ZrO_2 로 구성된 것을 특징으로 하는 불투열 광학 디바이스 제조방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 소자는 부착물질층에 의해 고정된 것을 특징으로 하는 불투열 광학 디바이스 제조방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서, 상기 부착물질은 중합체, 프린트 및 금속중 하나인 것을 특징으로 하는 불투열 광학 디바이스 제조방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서, 상기 광학소자는 광섬유 격자인 것을 특징으로 하는 불투열 광학 디바이스 제조방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서, 상기 광학소자는 광섬유 커플러이고, 커플러는 길이를 따라 하나 또는 그이상의 위치에서 서로 용융된 적어도 두 개의 광섬유로 구성된 것을 특징으로 하는 불투열 광학 디바이스 제조방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서, 상기 광학소자는 도파관인 것을 특징으로 하는 불투열 광학 디바이스 제조방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서, 상기 도파관은 평면 도파관인 것을 특징으로 하는 불투열 광학 디바이스 제조방법.

청구항 10

상부표면 및 제 1 및 제 2의 말단을 갖는 음의 팽창기판을 제공하는 단계;

각 말단사이 및 각 말단으로부터의 일정거리에 격자가 놓이도록 광섬유 내부에 한정된 적어도 하나의 격자를 갖는 광섬유를 상기 기판의 상부표면상에 설치하는 단계; 및

상기 기판의 적어도 두 개의 이격된 위치에 광섬유를 고정시키는 단계로 구성된 것을 특징으로 하는 불투열 광섬유 격자 디바이스 제조방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서, 상기 방법은 예상되는 모든 사용 온도에서의 인장력에 섬유를 유지하기 위하여 상기 고정단계 이전에 충분한 인장력을 광섬유에 가하는 단계를 더욱 구성함을 특징으로 하는 불투열 광섬유 격자 디바이스 제조방법.

청구항 12

제 10 항에 있어서, 상기 광섬유는 격자와 제 1 말단 사이의 위치 및 격자와 제 2 말단 사이의 위치에서 상기 기판의 상부표면에 고정되는 것을 특징으로 하는 불투열 광섬유 격자 디바이스 제조방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서, 상기 섬유는 부착물질층에 의해 고정되는 것을 특징으로 하는 불투열 광섬유 격자 디바이스 제조방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서, 상기 부착물질은 중합체, 프린트 및 금속층 하나인 것을 특징으로 하는 불투열 광섬유 격자 디바이스 제조방법.

청구항 15

제 14 항에 있어서, 상기 중합체는 에폭시 접착제인 것을 특징으로 하는 불투열 광섬유 격자 디바이스 제조방법.

청구항 16

제 12 항에 있어서, 상기 고정단계는 상기 섬유와 기판의 팽창계수의 중간값을 갖는 물질의 패드를 상부 기판표면의 각 고정위치에 접착하는 단계; 및 상기 섬유를 각 패드에 고정시키는 단계로 구성된 것을 특징으로 하는 불투열 광섬유 격자 디바이스 제조방법.

청구항 17

제 12 항에 있어서, 상기 섬유는 상기 고정위치 사이의 섬유 전체 길이를 따라 낮은 계수의 뎀핑 물질에 의해 받쳐지는 것을 특징으로 하는 불투열 광섬유 격자 디바이스 제조방법.

청구항 18

제 12 항에 있어서, 상기 기판은 일반사용 온도범위에서 섬유를 고정하고 디바이스의 예상되는 사용보다 낮은 온도에서 섬유를 수용하기 위한 크기로 상부표면의 각 고정위치에 형성된 채널을 가지며,

상기 기판을 더 낮은 온도로 냉각하는 단계;

상기 섬유를 각 채널에 삽입하는 단계; 및

상기 섬유를 고정하기 위해 상기 기판을 일반사용 온도로 가열하는 단계로 더욱 구성된 것을 특징으로 하는 불투열 광섬유 격자 디바이스 제조방법.

청구항 19

제 10 항에 있어서, 상기 기판은 베타-유클립타이트 유리-세라믹으로 구성된 것을 특징으로 하는 불투열 광섬유 격자 디바이스 제조방법.

청구항 20

제 19 항에 있어서, 상기 베타-유클립타이트는 43~55중량%의 SiO_2 , 31~42중량%의 Al_2O_3 , 8~11중량%의 Li_2O , 2~6중량%의 TiO_2 , 0~4중량%의 ZrO_4 로 구성된 것을 특징으로 하는 불투열 광섬유 격자 디바이스 제조방법.

청구항 21

상부표면 및 제 1 및 제 2의 말단을 갖는 음의 팽창기판을 제공하는 단계;

광굴절 및 광감성 광섬유를 상기 기판의 상부표면상에 설치하는 단계;

예상되는 모든 사용온도에서의 인장력에 상기 섬유를 유지하기 위하여 광섬유에 충분한 인장력을 가하는 단계; 및

상기 설치 단계 이전 또는 이후에 상기 격자가 각 말단으로부터 떨어진 위치 및 사이에 놓이도록 광섬유의 내부에 적어도 하나의 광학 격자를 한정하기 위하여 광섬유를 UV광에 노출시키는 단계로 구성된 것을 특징으로 하는 불투열 광섬유 격자 디바이스 제조방법.

청구항 22

제 21 항에 있어서, 상기 기판은 베타-유클립타이트 유리-세라믹으로 구성된 것을 특징으로 하는 불투열 광섬유 격자 디바이스 제조방법.

청구항 23

상부표면을 갖는 음의 팽창기판; 및

상기 기판의 적어도 두 개의 이격된 위치에 고정되며 열적으로 민감한 양의 팽창 광학소자로 구성된 것을 특징으로 하는 불투열 광학 디바이스.

청구항 24

제 23 항에 있어서, 상기 기판은 베타-유클립타이트 유리-세라믹으로 구성된 것을 특징으로 하는 불투열 광학 디바이스.

청구항 25

제 24 항에 있어서, 상기 베타-유클립타이트는 43~55중량%의 SiO_2 , 31~42중량%의 Al_2O_3 , 8~11중량%의 Li_2O ,

2~6중량%의 TiO_2 , 0~4중량%의 ZrO_4 로 구성된 것을 특징으로 하는 불투열 광학 디바이스.

청구항 26

제 23 항에 있어서, 상기 광학소자는 광섬유 격자인 것을 특징으로 하는 불투열 광학 디바이스.

청구항 27

제 23 항에 있어서, 상기 광학소자는 광섬유 커플러이고, 커플러는 길이를 따라 하나 또는 그이상의 위치에서 서로 융융된 적어도 두 개의 광섬유로 구성된 것을 특징으로 하는 불투열 광학 디바이스.

청구항 28

제 23 항에 있어서, 상기 광학소자는 도파관인 것을 특징으로 하는 불투열 광학 디바이스.

청구항 29

제 28 항에 있어서, 상기 도파관은 평면 도파관인 것을 특징으로 하는 불투열 광학 디바이스.

청구항 30

상부표면 및 제 1 및 제 2의 말단을 갖는 음의 팽창기판;

상기 기판의 적어도 두 개의 이격된 위치에 고정된 광섬유; 및

상기 각 기판의 말단에서 떨어진 위치 및 사이에 있는 광섬유에 한정된 격자로 구성된 것을 특징으로 하는 불투열 광섬유 격자 디바이스.

청구항 31

제 30 항에 있어서, 상기 광섬유는 제 1 및 제 2 이격된 위치에서 기판 상부표면에 고정되고, 상기 제 1 위치는 격자와 제 1 기판 말단사이이고, 상기 제 2 위치는 격자와 제 2 기판 말단사이인 것을 특징으로 하는 불투열 광섬유 격자 디바이스.

청구항 32

제 30 항에 있어서, 상기 섬유는 부착물질층에 의해 고정된 것을 특징으로 하는 불투열 광섬유 격자 디바이스.

청구항 33

제 32 항에 있어서, 상기 부착물질은 중합체, 프린트 및 금속중 하나인 것을 특징으로 하는 불투열 광섬유 격자 디바이스.

청구항 34

제 33 항에 있어서, 상기 중합체는 에폭시 접착제인 것을 특징으로 하는 불투열 광섬유 격자 디바이스.

청구항 35

제 31 항에 있어서, 상기 디바이스는 상기 광섬유와 상기 기판 사이의 제 1 및 제 2 위치 각각에 장착되는 상기 기판과 섬유의 팽창계수의 중간값을 갖는 접착 패드로 더 구성되고, 상기 광섬유는 각 접착패드에 접착되며 각 접착패드는 상기 기판에 고정되는 것을 특징으로 하는 불투열 광섬유 격자 디바이스.

청구항 36

제 31 항에 있어서, 상기 디바이스는 상기 고정위치 사이에 있는 광섬유 전체 길이에 연결된 낮은 계수의 열팽창물질로 더욱 구성되는 것을 특징으로 하는 불투열 광섬유 격자 디바이스.

청구항 37

제 31 항에 있어서, 상기 각 고정위치는 보통 사용온도에서 섬유를 고정하고 디바이스의 예상되는 사용보다 낮은 온도에서 섬유를 수용하는 크기인 채널로 구성되는 것을 특징으로 하는 불투열 광섬유 격자 디바이스.

청구항 38

제 30 항에 있어서, 상기 기판은 베타-유클립타이트 유리-세라믹으로 구성된 것을 특징으로 하는 불투열 광섬유 격자 디바이스.

청구항 39

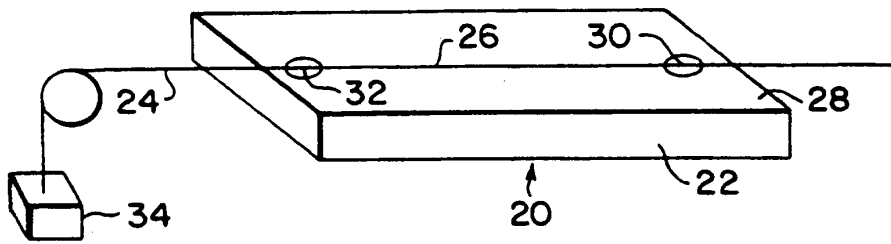
제 38 항에 있어서, 상기 베타-유클립타이트는 43~55중량%의 SiO_2 , 31~42중량%의 Al_2O_3 , 8~11중량%의 Li_2O , 2~6중량%의 TiO_2 , 0~4중량%의 ZrO_4 로 구성된 것을 특징으로 하는 불투열 광섬유 격자 디바이스.

청구항 40

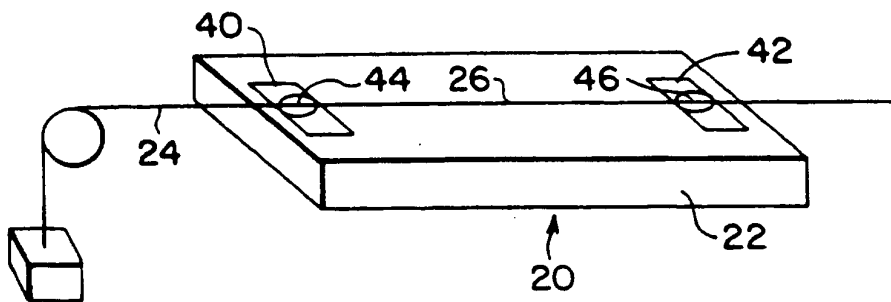
제 39 항에 있어서, 상기 베타-유클립타이트는 $-30 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ 내지 $-90 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ 사이의 음의 열팽창 계수를 갖는 것을 특징으로 하는 불투열 광섬유 격자 디바이스.

도면

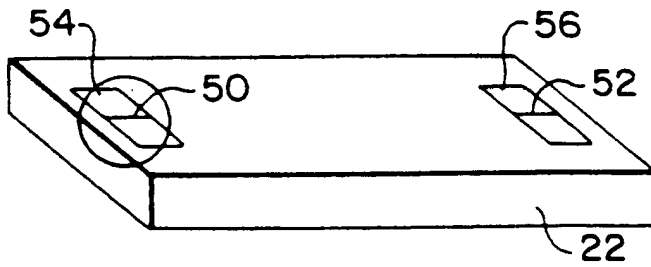
도면1



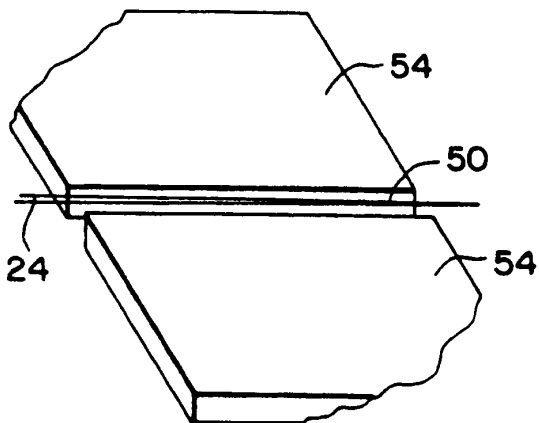
도면2



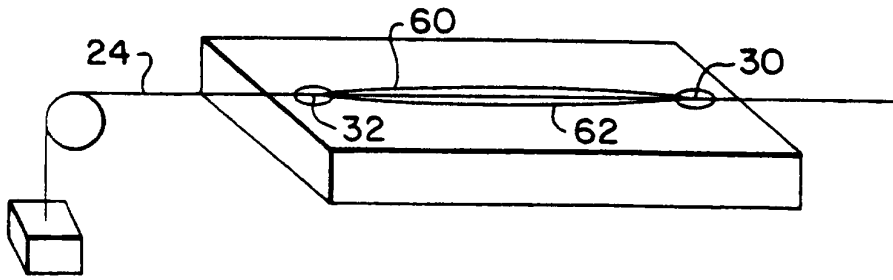
도면3



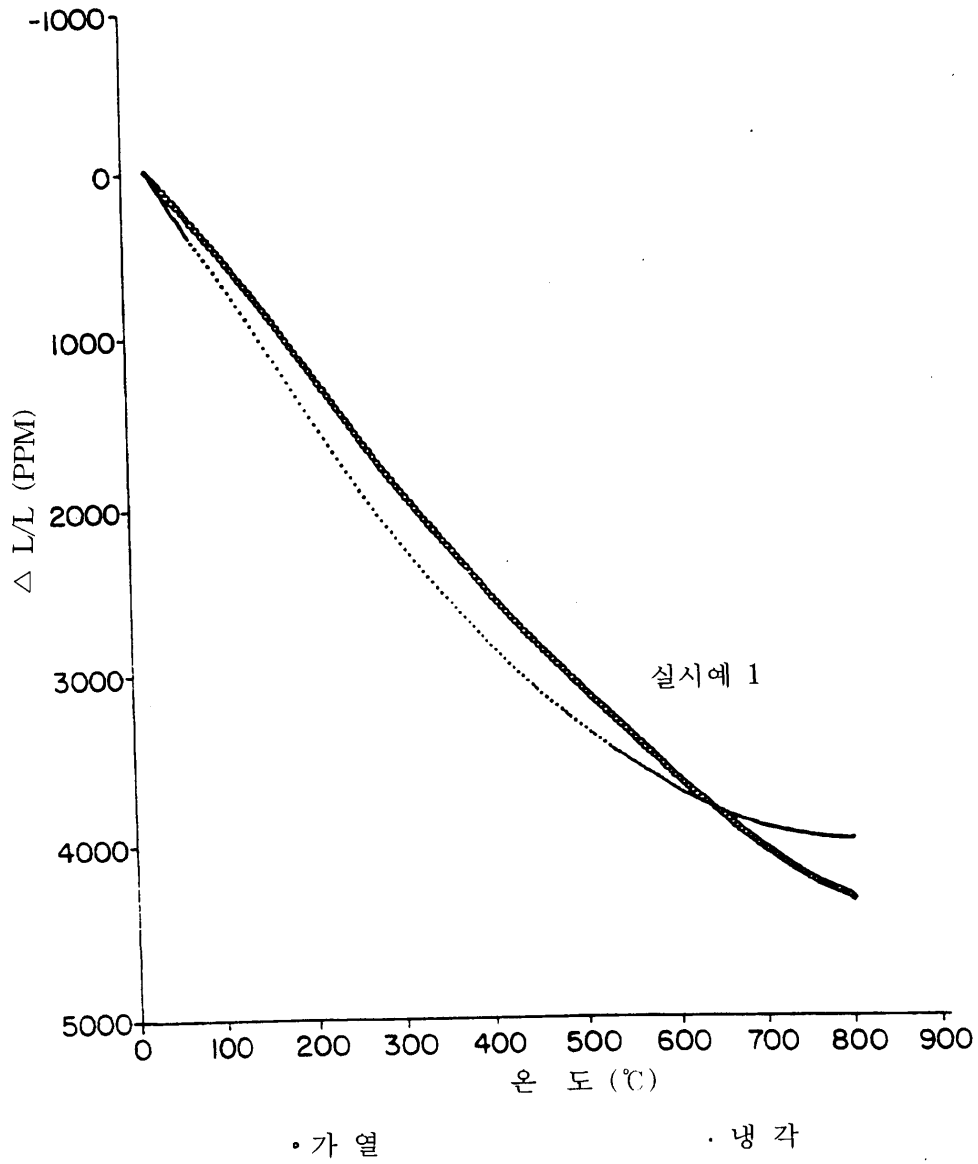
도면4



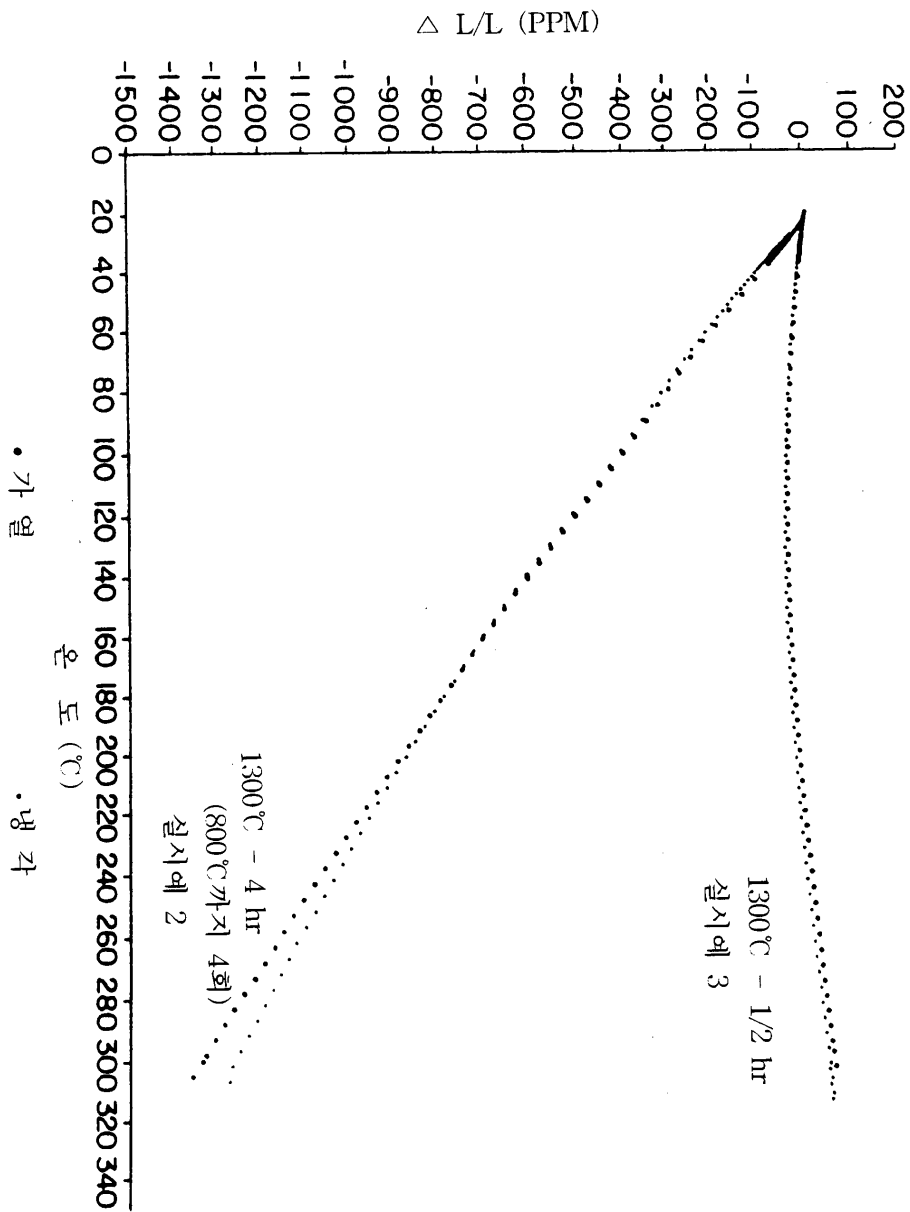
도면5



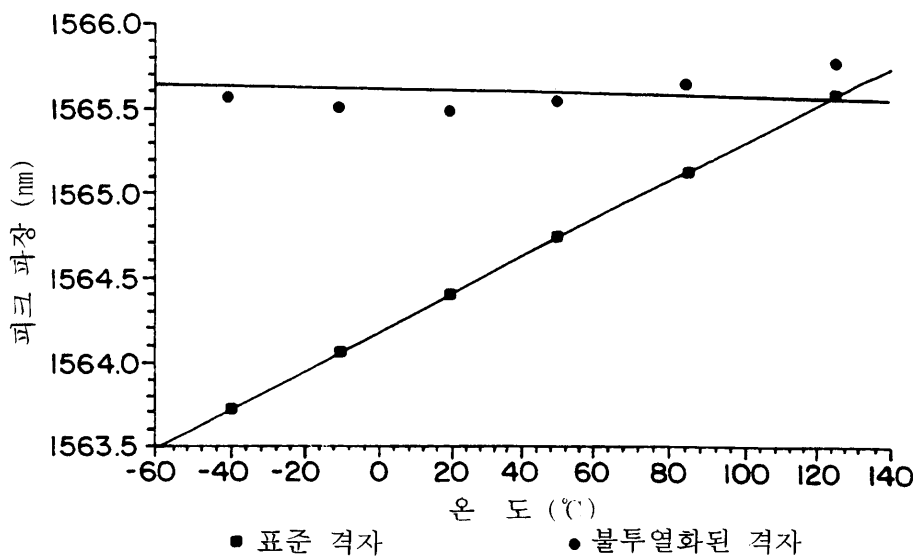
도면6



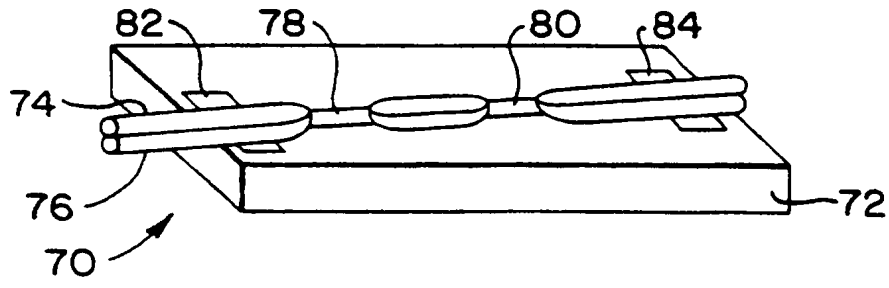
도면7



도면8



도면9



도면10

