《연구논문》 Hankook Kwanghak Hoeji Volume 8, Number 2, April 1997
(Journal of the Optical Society of Korea - Korean Edition)

분산이 적은 광 아이솔레이터에 관한 연구

연 제 세
주성전문대학

(1996년 10월 9일 받음)

분산이 적은 새로운 형태의 광 아이솔레이터 광학계를 제안 하였으며, 이의 성능을 이론 및 실험적으로 검증하였다. 본 논문에서 제안한 광 아이솔레이터의 광학계는 2개의 쐐기 형상의 복굴절 소자와 패러데이 회전자, COLLIMATING UNIT, FOCUSING UNIT로 이루어졌다. 파장 1550 nm에서 성능시험 결과 아이솔레이션 40 dB이상, 삽입손실 0.55 dB이하, 분산 0.02 ps이하의 결과를 얻었다.

I. 서 론

광 아이솔레이터는 빛을 순방향으로는 통과하게 하고 역방향으로는 차단 하게하는 부품이다. 광아이솔레이터에는 기능상 두가지 종류로 분류할수 있는데, 하나는 통과하는 빛이 일정한 편광 방향을 가질 경우에만 아이솔레이션 기능을 하는 편광 의존형 타입과 통과하는 빛이 편광 방향에 관계없이 아이솔레이션 기능을 하는 편광 무의존형 광 아이솔레이터가 있다. 편광 의존형 광 아이솔레이터는 레이저 다이오드등에 많이 사용되며, 편광 무의존형 광 아이솔레이터는 광 증폭기와 같이 빛의 편광 방향이 일정하지 않은 곳에서 순 방향으로만 빛을 통과 시킬 경우에 사용된다. 본 논문에서는 편광 무의존형 광 아이솔레이터에 관하여 연구 하였다. 편광 무의존형 광 아이솔레이터는 T. MATSUMOTO등에 의하여 연구된, 복굴절 재료에서 이상광선이 WALK OFF되는 현상을 응용한 타입과,[1-4] M. SHIRASAKI등에 의하여 연구되어 온 것으로 복굴절 재료의 형상을 쐐기(WEDGE)형상으로하여 굴절율의 차이에 따라 빛의 경로가 바뀌는 현상을 이용한 아이솔레이터로[5-9] 분류할 수 있다. 그런데 지금까지 아이솔레이터에서 중요한 성능항목으로는 삽입손실, 아이솔레이션, 반사손실, 편광손실등이 중요 인자로 취급되어 아이솔레이터가 발전되어 왔다

그러나 초고속 광통신의 필요에 의해 데이터 전송 속도가 수십 GIGA BITS/S에서 TERA BITS/S가 요구됨에 따라 아이솔레이터의 성능항목중 분산이 중요한 인자로 취급받게 되었다.[6] 분산은 파장의 차이에 의한 색분산(CHROMATIC DISPERSION)과 편광상태에 따른 편광 모드 분산(POLARIZATION MODE DISPERSION)으로 분류할수 있는데, 이들에 의하여 데이터의 최대 전송 속도가 제약을 받게 된다. 분산을 최소화 하기 위한 연구를 보면 SWAN AND CLARENCE BURKE와 M. AKIHIRO등은 M. SHIRASAKI에 의한 연구결과에 분산 보정판을 첨가하여 보정을 하였다.[6,7] 그러나 이 방법은 부품수의 증가로 인하여 삽입효율의 저하 현상을 가져오고 이 보정판의 두께를 정밀가공하고, 조립시 각도를 맞춰야 되는 어려움이 있다. 그래서 본 연구에서는 분산 보정판이 없어도 분산 현상을 나타내지 않고 조립도 쉽도록 한 광아이솔레이터를 제안하였으며, 이를 이론 및 실험적으로 검증하였다.

II. 분산이 적은 광아이솔레이터의 광학계

2.1. 광학계 구조

그림 1은 SWAN AND CLARENCE BURKE와 M. AKIHORO[6,7] 등이 제안한 광학계로 현재 후지쓰등에서 상품화 되어 판매되고 있다. SWAN등이 제안한 기본 아이디어는 M. SHIRASAKI[1]등이 제안한 광 아이솔레이터에 분산 보정판(16)을 추가한 것이다. 레이저 광이 복굴절 소자 (13)과 (15)를 통하여 진행하는 동안, 광축에 수직방향으로 진동하는 빛(정

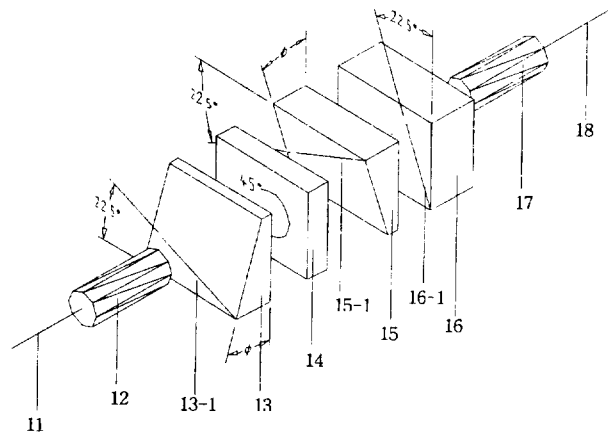

그림 1. SWAN제안 아이솔레이터 광학계
11 : 단일 모드 광섬유
12 : COLLIMATING 렌즈(GRIN 렌즈사용)
13 : 복굴절 소자(birefringent crystal)
13-1 : 복굴절 소자의 광축(optic axis)방향
14 : 45° 패러데이회전자(비가역성임)
15 : 복굴절 소자(birefringent crystal)
15-1 : 복굴절 소자의 광축(optic axis)방향
16 : 복굴절 소자(birefringent crystal) : 분산 보정판
16-1 : 복굴절 소자의 광축(optic axis) 방향
17 : FOCUSING 렌즈(GRIN 렌즈사용)
18 : 단일 모드 광섬유

상광선)과 이 정상광선에 수직방향으로 진동하는 빛(이상광선) 사이에는 속도 차이가 존재하며, 이 속도 차이로 인하여 복굴절 소자 (13)과 (15)의 두께에 비례하여 분산이 발생한다. 그래서 SWAN은 (13)과 (15)를 통하여 발생한 시간 차이를 복굴절 소자 (16)을 통하면 보정이 되도록 광축 방향(16-1)을 (15)의 광축 방향(15-1)과 수직으로 배치 하였으며, (16)의 두께도 (13)과 (15)의 두께의 합이 되도록 설계 하였다. 그런데 본 광학계의 단점은 부품수 증가에 따른 삽입효율 감소 이외에 분산 보정판(16)의 두께를 정밀 가공해야 되고 광축방향(16-1)을 (15)의 광축 방향(15-1)과 90°가 되도록 조정 해야 하는 어려움이 있다.

본 연구에서는 분산 보정판을 사용하지 않고도 분산이 자체 보정되도록 하는 광 아이솔레이터를 제안 하였다. 그림 2는 본 연구에서 제안한 광 아이솔레이터의 기본 광학계이다. 이 광학계의 기본 개념은 복굴절 소자(23)을 통과 할때 광축방향(23-1)에 수직 방향으로 진동하는 빛(정상광선)은 복굴절 소자(25)를 통과할 때는 광축방향(25-1)으로 빛이 진동하도록 하였으며, 복굴절 소자(23)을 통과 할때 광축 방향(23-1)으로 진동하는 빛은 복굴절 소자 (25)를 통과할때는 광축(25-1)과 수직 방향으로 진동하도록 하였다. 본 연구 광학계(그림 2)의 구성을 설명하면 다음과 같다. 부품(21)은 레이저 빛을 전송하는 단일모드 광섬유 이고, 부품(22)는 광섬유를 통하여 전송되어온 빛을 평행광으로 만들어주는 COLLIMATING 렌즈이다. 부품(23)은 쐐기형상의 복굴절 소자로서 경사각이 Φ이다. 이의 광축방향(23-1)은 빛의 진행 방향에 수직이며 밑면을 기준으로 22.5°의 양만큼 기울어져 있다. 이 부품(23)의 역할은 빛을 정상광선(광축에 수직 방향으로 진동)과 이상광선(정상광선에 수직방향으로 진동)으로 분리하며, 부품의 형상이

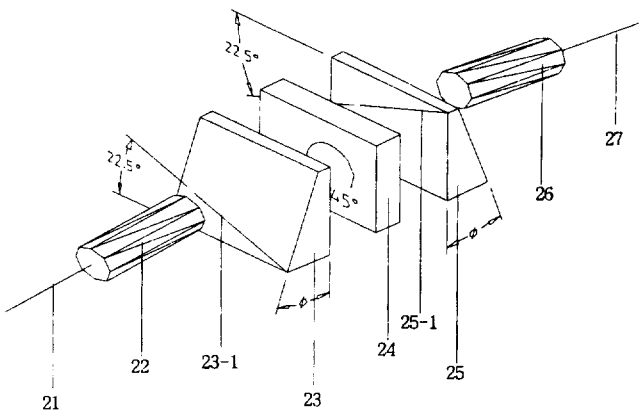

그림 2. 본 연구 제안 아이솔레이터 광학계
21 : 단일 모드 광섬유
22 : COLLIMATING 렌즈(GRIN 렌즈사용)
23 : 복굴절 소자(birefringent crystal)
23-1 : 복굴절 소자의 광축(optic axis)방향
24 : 45°패러데이회전자(비가역성임)
25 : 복굴절 소자(birefringent crystal)
25-1 : 복굴절 소자의 광축(optic axis)방향
26 : FOCUSING 렌즈(GRIN 렌즈사용)
27 : 단일 모드 광섬유

쐐기 형상이고 두 광선의 속도가 다르므로 경계면에서 굴절각도가 다르게 되어 빛의 경로를 두갈래로 분리한다. 부품(24)는 패러데이회전자이다. 이 부품의 기능은 빛의 진동 방향을 시계방향으로 45도 회전시켜 준다. 또한 가장 중요한 기능중의 하나인 비가역성을 제공해주어 빛이 역 방향으로 진행시에는 순방향시의 회전 방향과 반대방향으로 회전되도록 해준다. 부품(25)는 복굴절 소자로서 Φ°경사진 방향이 부품(23)과 대칭을 이루도록 배치되었으며, 광축방향(25-1)이 (23-1)에서 반시계 방향으로 45도 회전된 방향에 위치하고 있다. 그런데 패러데이회전자는 빛의 진동 방향을 시계방향으로 45도 회전 시키도록 배치하였으므로 부품(23)을 통과할때 정상광선은 부품(25)를 통과할 때는 이상광선으로 되며, 부품(23)을 통과할 때 이상광선은 부품(25)를 통과할 때는 정상광선이 되게된다. 부품(26)은 평행광을 광섬유(27)에 결상시켜 주는 역할을 하는 FOCUSING 렌즈 이다.

2.2. 본 제안 광학계(그림 2)의 해석

본 연구에서 제안한 광학계(그림 2)가 아이솔레이터의 기능을 수행할 수 있는지를 검토해 보기 위해 다음과 같이 해석해 보도록한다. 해석할 항목은 입사효율, 아이솔레이션, 분산 이다. 본 연구에서 취급하는 부분은 각도가 충분히 작아서 테일러의 급수 전개에서 1차 항만으로 근사해를 구하여 광경로를 해석한다. 즉 $\sin\theta=\theta$, $\cos\theta=1$로 가정하고 광 경로를 해석하겠다.

2개의 복굴절 소자(23, 25)와 1개의 패러데이회전자(24)로 이루어진 부분에서, 순 방향시의 빛의 경로(그림 3, 4)와 역방향시의 빛의 경로(그림 5)를 해석하도록 한다. 해석할 항목은 다음과 같다.

빛이 순방향으로 진행시(그림 3, 4)

①두개의 광경로에서 빛의 출사각(c4, c14)이 같다.(그림 3)

②두개의 광경로(그림 4의 광선41, 42)에서 소요되는 시간이 같다. 빛이 역방향으로 진행시(그림 5)

③ 순방향시의 출사각(c4, c14)과 동일 각도(c20)로 입사할

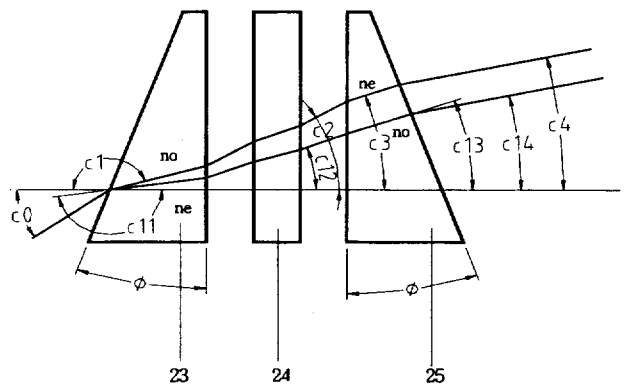

그림 3. 빛이 순방향으로 진행시 빛의 경로
23, 25 : 복굴절 소자
24 : 패러데이회전자
no : 정상 광선의 굴절율
ne : 비정상 광선의 굴절율

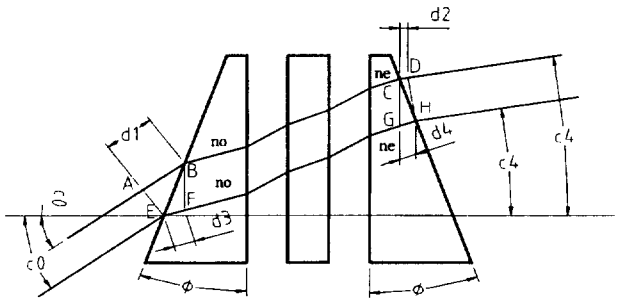

그림 4. 빛이 순방향으로 진행시 시간차 해석

때 역 방향시의 출사각(c24, c34)은 순방향시의 입사각(c0)과 다르다. 위 3가지(①②③)를 해석함으로써 본 광학계(그림 2)에 대하여 얻고자 하는 결론은 다음과 같다.

① 빛이 순방향으로 진행시 입사효율에 문제가 없다.

② 분산이 없다.

③ 아이솔레이션 기능(역방향으로 진행시 빛의 차단)에 이상이 없다.

그러면 ①항목으로서 c4및 c14의 각도에 대하여 살펴보도록 한다. 이때 c0 및 θ의 각도가 충분히 작으면(본 연구에서는 c0=4°, Φ=3°) SINΦ=Φ, SIN(c0)=c0등으로 가정할수 있으므로 광학계 굴절면에서 적용하는 스넬스 법칙(n*sinΦ=일정)을 n*Φ=일정으로 적용토록 한다. 그리고 정상광선의 굴절율을 no, 이상광선의 굴절율을 ne로 표현하도록 한다.

그림 3에서 부품(23)의 양쪽 경계면에서 스넬스 법칙을 적용하면 다음과 같이 표현 된다. 이 때 패러데이회전자는 평행하므로 이 부품(24)의 전과 후의 빛의 진행 각도는 동일하다.

$$c2=c0-(no-1)*\Phi \quad (1)$$

$$c12=c0-(ne-1)*\Phi \quad (2)$$

부품(25)의 양쪽 경계면에서 스넬스 법칙을 적용하면 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$c4=c2-(ne-1)*\Phi \quad (3)$$

$$c14=c12-(no-1)*\Phi \quad (4)$$

위에서 식 (1),(3)과 식(2), (4)에 의하여

$$c4=c0-(ne+no-2)*\Phi=c14 \quad (6)$$

로 됨을 알수 있다.

즉 식(6)에 의하여 c4와 c14의 각도는 같으며, 이는 순방향으로 빛이 진행시 FOCUSING렌즈에 의해 빛을 광섬유에 집속 할수 있음을 의미한다.

②번 항목의 분산에 대하여 해석하기 위해, 쐐기 형상의 상, 하를 지날때(그림 4. 광선41, 42) 두 광선의 시간차에 대하여 조사해 보도록 한다. 두 광선의 시간차는 광선 41의 AD 구간과 광선42의 EH구간 사이의 광학적 경로의 길이를 비교하면 알 수 있다. 그런데 광선41의 BC구간과 광선42의 FG구간의 광학적 경로의 길이가 같으므로, 광선41의 AB, CD구간 과 광선42의 EF, GH구간을 비교 하겠다. 이때 BE선분의 길이 및 CH선분의 길이를 L로 표기하도록 한다. 광선 41의 AB,

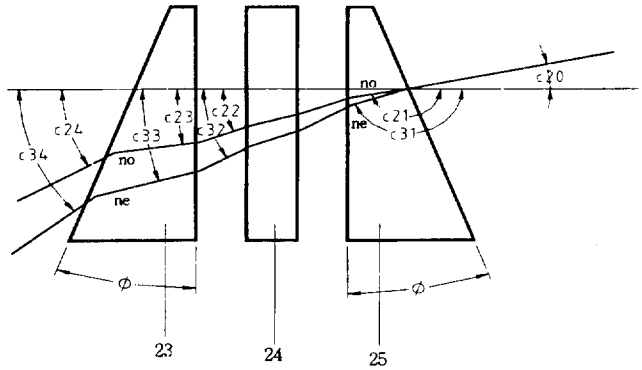

그림 5. 빛이 역방향으로 진행시 경로

CD구간의 광학적 경로길이를 δ41이라 하면

$$\delta 41=d1+d2=L*(c0+\Phi)+L*(\Phi-c4) \quad (7)$$

식(7)에서 변수 c4에 식(6)의 결과를 대입하여 정리하면

$$\delta 41=L*(ne+no)*\Phi \quad (8)$$

광선 42의 EF, FH구간의 광학적 경로길이를 δ42이라 하면

$$\delta 42=no*d3+ne*d4=no*L*\Phi+ne*L*\Phi \quad (9)$$

식(8)과 식(9)에서 광선41과 광선42의 광학적 경로의 길이가 같음을 알수 있다. 즉 쐐기 형상의 상하의 두께가 달라도 빛이 진행하는데 걸리는 시간은 같게 된다.

그러면 ③번 항목으로서 역 방향으로 빛이 진행시의 아이솔레이션 기능에 대하여 점검해 보도록 한다. 그림 5에서 c20으로 입사하는 빛은 부품(25), (24), (23)을 통과하여 진행하게 되는데, 패러데이회전자의 비가역성으로 인해 부품(25)에서 정상광선으로 통과한 빛은 부품(23)에서도 정상광선이 되며, 부품(25)에서 이상광선으로 통과한 빛은 부품(23)에서도 이상광선이 된다. 그러면 입사각도 c20과 출사각도 c24, c34에 대하여 분석해 본다. 부품 (25)의 전과 후에서 스넬스 법칙을 적용하면 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$c22=c20+(no-1)*\Phi \quad (10)$$

$$c32=c20+(ne-1)*\Phi \quad (11)$$

또한 부품(23)의 전과 후에서 스넬스 법칙을 적용하면 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$c24=c22+(no-1)*\Phi \quad (12)$$

$$c34=c32+(ne-1)*\Phi \quad (13)$$

식 (10),(12)와 식 (11),(13)에 의하여 다음과 같이 표현된다.

$$c24=c20+2*(no-1)*\Phi \quad (14)$$

$$c34=c20+2*(ne-1)*\Phi \quad (15)$$

위 식에서 c20을 순방향시의 출사각도(c4)로 대치할 경우, 역 방향시의 출사각도(c24, c34)와 순방향시의 입사각도를 비교해 보도록 한다. c20대신에 c4를 대입하면 식(6), (14),

(15)에 의해 다음과 같이 정리된다.

$$c24=c4+2*(no-1)*\Phi=c0+(no-ne)*\Phi \quad (16)$$

$$c34=c4+2*(ne-1)*\Phi=c0-(no-ne)*\Phi \quad (17)$$

위 식에서 역 방향시의 출사각도 c24, c34와 순방향시의 입사각도 c0 사이에는 (no-ne)*Φ각도 만큼의 차가 있으며, 이 값에 의해 빛이 역 방향으로 진행시 광섬유로 입사하는 것을 차단 할 수 있다. 즉 아이솔레이션 기능을 할 수 있다.

III. 광 아이솔레이터의 설계

광 아이솔레이터는 다른 광 통신부품과 같이 삽입손실을 최소로 하는것이 가장 중요한 항목중의 하나이다. 그러므로 빛이 통과하는 경로에 있는 광학부품을 최적 위치에 조립하는 것이 매우 중요하다. 그러면 광학 부품의 조립오차가 삽입손실에 어느정도 영향을 미치는가를 살펴보겠다.

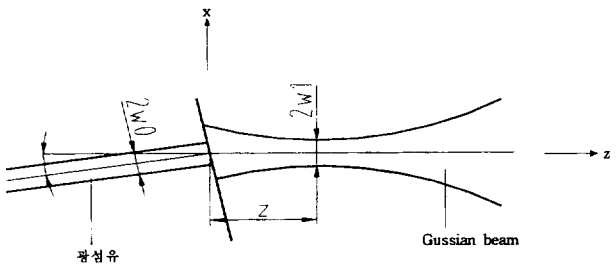

그림 6. 광섬유와 Gaussian beam과의 결합 효율

표 1. Z값과 삽입손실과의 관계(x=0, θ=0인 경우)

Z(μu)	삽입손실(η)
0 μm	0 dB
5 μm	0.009 dB
10 μm	0.035 dB
20 μm	0.137 dB
30 μm	0.301 dB

표 2. X값과 삽입손실과의 관계(z=0, θ=0인 경우)

Z(μu)	삽입손실(η)
0 μm	0 dB
0.5 μm	0.039 dB
1 μm	0.158 dB
2 μm	0.630 dB
3 μm	1.418 dB

표 3. θ값과 삽입손실과의 관계(z=0, x=0인 경우)

θ(rad)	삽입손실(η)
0 rad	0 dB
0.005 rad	0.012 dB
0.01 rad	0.049 dB
0.02 rad	0.195 dB
0.03 rad	0.443 dB

3.1. 광학부품의 조립오차와 삽입손실과의 관계

M. Saruwatari의 식에 의하면[10] 손실 η는

$$\eta=-10LOG\,[k*exp\,[-k\{x^2(1/w_1^2+1/w_0^2)/2+\pi^2\delta^2(w_1^2(z)+w_0^2)/2\lambda^2-x\delta z/w_1^2\}]][dB] \quad (18)$$

여기서 $k=4w_1^2w_0^2/[(w_1^2+w_0^2)^2+\lambda^2z^2/\pi^2]$

$w_1^2(z)=w_1^2[1+(\lambda z/\pi w_1^2)^2]$

x : 광 경로의 수직방향으로의 벗어남

z : 광 경로 방향으로의 벗어남

θ : 각도의 틀어짐 량

식(18)과 본 실험에서 사용한 부품의 규격(w_0=5.25 μm, λ=1.55 μm)에 의하여 조립오차와 삽입 손실과의 관계를 계산 하면 다음과 같다. 이때 w_1은 삽입효율의 향상을 위하여 w_0와 같도록 COLLIMATING UNIT 와 FOCUSING UNIT의 규격을 같게한다. 즉 w_1=5.25 μm가 되도록 한다.

위 데이터 에서 보는 바와 같이 광경로에 수직방향으로의 오차(x)는 광경로 방향으로의 오차(z)에 비하여 20배 정도 민감함을 알 수 있다. 광경로의 수직 방향으로의 오차의 영향을 최소화하기 위한 방법이 COLLIMATING 렌즈를 이용하는 것이다. 즉 평행광을 사용할 경우 평행광의 광 경로의 수직방향으로의 이동(x)은 광섬유에서는 θ=x/f의 양만큼 각도의 오차로 나타난다. 즉 렌즈의 f값이 클수록 평행광 내에서의 오차가 삽입 손실에 미치는 영향이 적게 된다. 본 실험에서는 f=1929 μm렌즈를 사용하였다. 이 렌즈를 사용할 경우 평행광 내에서 빛이 수직방향으로 9.6 μm를 이동해도 θ값은 0.005가 되어 삽입손실은 0.012 dB이다.

3.2. 광학 부품 설계

① 페룰 : 광섬유를 지지하는 부분으로 광섬유와 열 팽창계수가 유사하고 녹이 슬지 않으며 가공이 쉬운 스테인레스 스틸, 유리, 세라믹등을 사용한다. 페룰의 끝면은 매우 정밀하게 POLISHING 가공을 해야 한다. 이 부분에서 빛이 산란 되거나 반사되면 삽입손실 및 반사손실에 직접적인 영향을 미치기 때문에 표면거칠기가 0.01 μm이하가 되도록 했다. 단면은 반사되는 빛이 되돌아가지 않도록 경사지게 했다. 본 연구에서는 8°경사 지게했고 재질은 세라믹을 사용했다.

② 렌즈 : 렌즈는 GRIN 렌즈를 사용하며 한쪽 단면은 8°경사 지게하고 다른 한쪽은 경사가 없도록 했다. 렌즈의 길이는 0.25 PITCH에서 조정여유를 위하여 40 μm짧게 했다. f=1929 μm이다.

③ 복굴절소자 : 정상광선과 비정상광선의 굴절율의 차가 큰 RUTILE을 사용했다(no=2.451, ne=2.709 at 1530 nm)경

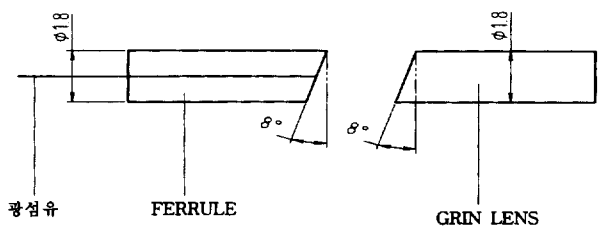

그림 7. FERRULE과 렌즈

사각도(Φ)는 아이솔레이션 기능 및 가공공차를 고려하여 3°로 결정했다. 이 때 역방향으로 진행시 광섬유와 레이저 빛의 결상 위치와의 벗어남은 식(16), (17)에 의해 (ne-no)*Φ*f = 26.058 μm가 되며, 이때 식(18)에 의하여 x=26.058 μm일 경우 아이솔레이션 값을 구하면 -106.99dB 가 되어 충분하다. 광축 방향은 한쪽면 기준으로 22.5°로 하여 부품 (23)과 (25)를 공용할수 있게 하였다. 두께는 가공성 및 경사각(Φ)등을 고려하여 0.5 mm로 했다. 복굴절소자의 경사각과 아이솔레이션 값을 식(18)을 이용하여 계산 정리하면 표 4와 같다.

④ 패러데이회전자 : 비가역성의 45°회전자

⑤ 광섬유 : 단일 모드 광섬유(w=5.25 μm, cutoff length= 1.27 μm)

⑥ 사용파장 : 1.55 μm

3.3. 조립도 설계

본 연구에서는 빛의 입사각 c0(그림 3 참조)를 4°로 하였으며, 이때 출사각은 식 (6)에 의하여 -5.48°가 된다. 빛의 입사각을 4°로 하기 위하여 COLLIMATOR 지지대(91)의 내경을 외경에 대하여 4°경사지게 가공했다. 또한 FOCUSING UNIT 지지대(93)는 내경을 외경에 대하여 -5.48°경사지게 가공을 하였다. FOCUSING UNIT 지지대(93)는 빛의 출사각(그림 3의 c4)에 정확히 조정할수 있도록 하기 위하여, 프레임(92)과의 틈새를 0.2-0.3 mm두었다. 복굴절소자(83, 85)는 패러데이회전자 양면에 부착을 하였다. 복굴절소자(83, 85)와 GRIN렌즈와의 틈새는 0.5 mm이내가 되도록 했다.

표 4. 복굴절소자의 경사각과 아이솔레이션값

복굴절소자 경사각(Φ)	결상의 벗어남 (X)	아이솔레이션 (dB)
1°	8.686 μm	11.89
2°	17.372 μm	47.55
2.5°	21.715 μm	74.30
3°	26.058 μm	106.99

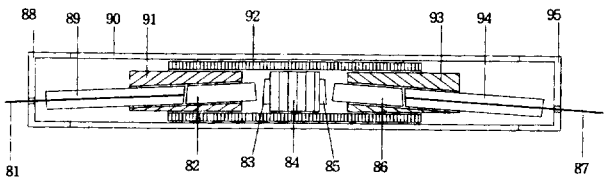

그림 8. 아이솔레이터의 조립도
81 : 광섬유
82 : GRIN 렌즈
83 : 복굴절소자
84 : 패러데이회전자
85 : 복굴절소자
86 : GRIN 렌즈
87 : 광섬유
88, 90, 95 : 캡(CAP)
89, 94 : 페룰(FERRULE : 81, 87 지지)
91 : COLLIMATOR 지지대(89, 82 고정)
92 : 프레임(FRAME : 91, 84, 93 고정)
93 : FOCUSING UNIT 지지대(86, 94 고정)

IV. 성능시험

본 연구에서 제안한 광학계를 기본으로 광 아이솔레이터를 설계 및 제작하여 성능 시험을 했다. 이때 사용한 측정설비는 다음과 같다.

LD : 1550 nm(E-TEK사)

Tunable LD : 1520-1570 nm(E-TEK사)

POWER METER(ANRITSU사) : 아이솔레이션, 삽입손실

OMT(SANTEC사) : PDL(POLARIZATION DEPENDENT LOSS : 편파의존손실) 측정

RETURN LOSS(HP사)측정기

분산 (HP사) 측정기

위 설비를 사용한 측정계 블록도는 다음과 같다.

삽입손실은 그림 9와 같이 CUT BACK 방법에 의하여 측정 하였다.[11] 여기서 삽입손실은 -10LOG(P2/P1) [dB]이다. 아이솔레이션은 그림 10과 같이 순방향으로 접속시와 역방향으로 접속시의 파워의 비로 표시된다. 아이솔레이션 값은 -10LOG(P2/P1) [dB]이다. 반사손실 측정은 그림 11과 같은 방법으로 측정한다. 즉 피측정물을 접속한 상태에서의 반사량(P2)과 피측정물이 없이 매칭오일에 바로 접속한 상태에서의

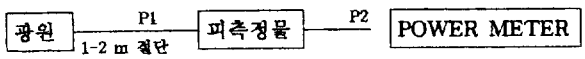

그림 9. 삽입 효율 측정계 블록도

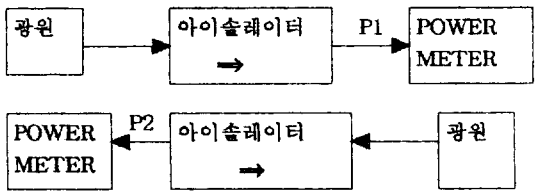

그림 10. 아이솔레이션 측정계 블록도

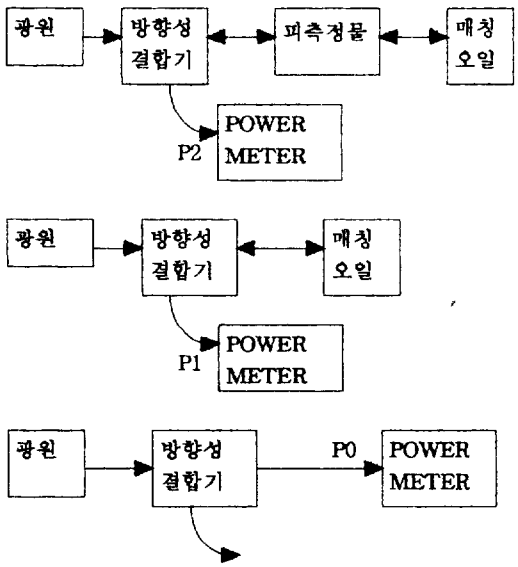

그림 11. 반사손실(RETURN LOSS) 측정계 블록도

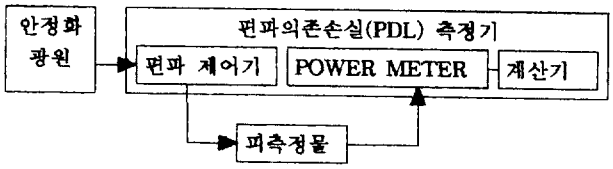

그림 12. 편파의존손실(PDL) 측정계 블록도

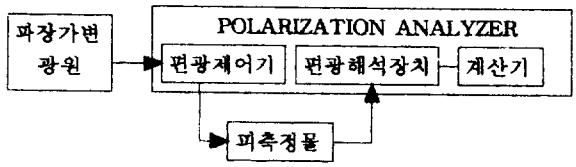

그림 13. 편파모드 분산 측정계 블록도

표 5. 성능 시험결과(측정 : at 1550 nm)

삽입효율 (dB)	아이솔레이션 (dB)	RETURN LOSS(dB)	편광모드 분산(ps)	PDL(dB)
0.55	40	54	0.02	0.1

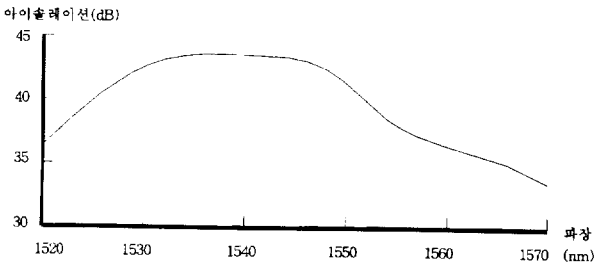

그림 14. 파장과 아이솔레이션

반사량(P1)을 측정하고, 피 측정물에 입력된 파워(P0)를 측정한후 방향성 결합기에서의 파워 손실(α)을 빼주면 된다.

즉 반사손실

$$(\text{RETURN LOSS}) = -10\text{LOG}\left(\frac{P2-P1}{P0}\right)-\alpha\ [dB]$$

이다.

편파의존손실은 그림 12와 같은 방법으로 측정한다. 즉 안정된 광원에서 입력되는 광파에 대해 편광상태에 따라 최대의 파워과 최소의 파워가 측정되는데 이 차가 작을수록 편파의존손실은 적게된다. 편광모드분산은 그림 13과 같은 측정계로 Stokes 방법에 의하여 측정한다.[11]

위와같은 방법으로 측정한 결과는 다음과 같다.

위 값은 이론적으로 광학 경로 만으로 계산한 값과 차이를 보인다. 그러나 이론적으로 계산시는 광학 부품 표면에서의 반사율, 산란, 렌즈의 수차, 조립오차, 부품의 성능 등을 고려하지 않았기 때문으로 판단된다. 편광 모드 분산값은 0.02 ps로 매우 작아 본 제안 광학계가 자체적으로 편광모드 분산이 거의 없음을 알 수 있다. 삽입 손실 및 아이솔레이션 값이 파장의 변화에 따른 값의 분포를 측정한 결과는 다음과 같다.

그림 15에서 보면 삽입 손실은 파장이 1550 nm일때 0.55 dB로 가장 좋고 1520 nm일때 0.77 dB 이며, 1550에서 1570 nm구간은 삽입손실의 변화가 거의 없음을 알수 있다. 아이솔

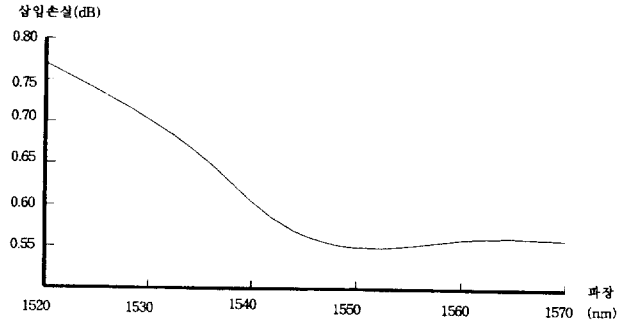

그림 15. 파장과 삽입손실

레이션 값은 1540 nm일때 43.5 dB로 가장 좋고 1550 nm에서는 40 dB, 1520 nm에서 36 dB이며 1570 nm에서는 값이 33.5 dB까지 떨어진다.

V. 결 론

쐐기향상의 복굴절소자 2개와 패러데이회전자, COLLIMATING UNIT, 및 FOCUSING UNIT로 이루어진 광 아이솔레이터(그림 2)를 제안 하였으며 그 특성을 살펴 보았다.

(1) 본 제안 광학계가 이론적으로 아이솔레이션 기능 즉 삽입손실, 아이솔레이션 등을 하는데 충분함을 보였으며, 이의 성능 시험에서도 삽입손실 0.55 dB, 아이솔레이션 40 dB, RETURN LOSS 54 dB, PDL 0.1 dB의 결과가 나왔다.

(2) 본 제안 광학계는 광학계 자체적으로 분산이 보정되기 때문에 분산 보정판을 사용 하지 않고도 분산이 0.02 ps로 매우 적게 나왔다.

(3) 본 제안 광학계의 성능이 파장의 변화에 대해서도 매우 안정적임을 실험을 통하여 검증했다.

위와 같이 본 제안 광학계(그림 2)의 성능이 분산등에서 우수하므로 초고속 광통신을 하는데 도움이 될 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] M. SHIRASAKI AND K. ASAMA, APPL. OPT., VOL. 21, PP4296-4299, 1982 AND US PAT #3,572,895
[2] K.W.CHANG AND W.V. SORIN, IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, VOL. 1, PP68-70, MAR 1989
[3] K. W. CHANG AND W. V. SORIN, OSA OPTICS LETTERS, VOL. 15, PP449-451, APRIL 1990
[4] SHIRAI AND KAZUSHI, EUROPEAN PAT #052-0199A1, OCT. 1992
[5] T. MATSUMOTO, TRANS IECE JAPAN, VOL. 62, PP 516-517, 1979 AND JAP PAT #60-51690
[6] SWAN AND CLARENCE BURKE, EUR PAT. #053-3398A1, SEP 1992
[7] M. AKIHIRO AND M. IKUO, EUR. PAT. #0566800-A1, NOV 1992
[8] J.J. PANG, US PAT. #5,208,876, MAY 1993
[9] J.J. PANG, US PAT. #5,317,655, MAY 1994
[10] M. SARUWATARI AND K. NAWATA, APPLIED

OPTICS, VOL.18, NO.11, pp1847-1856, JUNE 1979
[11] 田幸敏治, 光 測定器 ガイド, (株)オプトロニクス社, 平 成 5年, pp89, pp93-95

A study on the dispersion-free optical isolator

Je Se Yeon
Juseong college, Cheongweon-gun, Chungcheongbuk-do, 363-930 ,Korea

(Received : October 9, 1996)

The new type of dispersion-free optical isolator is presented and it's performance is verified by theoritical and empirical method. The dispersion-free optical isolator consists of 2 wedged birefringent materials, faraday rotator, collimating unit and focusing unit. In the test it shows that isolation is 40dB, insertion loss is 0.55dB, dispersion is 0.02ps at 1550nm