

광섬유-평면도파로 광 결합기를 이용한 광 필터 제작과 특성 측정

김광택 · 이소영 · 손경락 · 이종훈 · 송재원 · 이상재

경북대학교 전자전기공학부

김시홍 · 강신원

경북대학교 센서공학과

(1999년 6월 30일 받음, 1999년 9월 7일 수정본 받음)

측면 연마된 단일모드 광섬유와 다중모드 폴리머 평면도파로 사이의 소산장 결합을 이용한 광필터를 제작하고 그 특성을 측정하였다. 소자의 편광의존성을 줄일 수 있는 방법 제안하였으며 실험으로 검증하였다. 그리고 광필터의 공진파장과 여과 깊이는 평면도파로의 두께와 연마깊이로서 적절히 선택할 수 있음을 실험으로 보였다. 광섬유 연마과정, 폴리머 평면도파로 제작 등을 포함한 소자제작 공정을 소개하였다. 제작된 광필터의 3 dB대역폭은 15 nm, 삽입손실은 0.2 dB, 편광에 따른 공진 파장의 차이는 2 nm 이하였다. 그리고 주위온도에 의한 공진파장의 이동거리는 $-0.35 \text{ nm}^\circ/\text{C}$ 로 측정되었다.

I. 서 론

측면이 코어 가까이 연마된 단일모드 광섬유와 평면도파로 사이의 광결합을 이용하여 광필터,^[1] 광변조기,^[2] 광스위치,^[3] 굴절계,^[4] 편광기^[5] 등으로 이용하려는 많은 연구가 진행되어 왔다. 또한 광섬유-평면도파로 결합기의 또 다른 활용분야로 이 소자의 대역제거 광 여과특성을 이용하면 앞으로 광섬유 증폭기의 이득평탄화에 적용될 수 있다고 판단된다. 이 소자는 광섬유를 절단하지 않고 제작이 가능하기 때문에 낮은 삽입손실을 가지며, 패키징이 단순하여 높은 기계적 신뢰성을 만족한다.

본 논문은 광섬유-평면도파로 결합기를 파장선택소자로 이용할 때 중심파장, 대역폭, 여과깊이, 편광의존성 등을 소자 구조로서 최적화 시키려는 연구이다. 폴리머를 평면도파로 물질로 이용하면 단순한 스피코팅으로 박막 평면도파로 형성이 용이하고, 폴리머 평면도파로의 두께를 스피속도로써 조절하여 공진파장을 자유롭게 선택할 수 있는 장점이 있다. 광섬유-평면도파로 결합기를 광섬유 증폭기의 이득 평탄화소자로 이용하기 위해서는 적절한 대역폭과 소멸비를 가지는 동시에 편광에 민감하게 동작하지 않는 특성을 가져야 한다.

적절한 곡률반경과 연마깊이가 고려된 실리콘 V홈을 이용하여 측면 연마된 광섬유 블록을 제작하였다. 광섬유 연마기법과 평면도파로를 형성하는 과정이 자세히 소개되었다. 제작된 소자의 특성을 측정하는 방법으로 백색광을 소자에 입력하여 스펙트럼 분석기로 광 여과특성을 관측하는 방법이 제시되었다.

II. 동작 특성

측면이 코어 가까이 연마된 광섬유와 평면도파로가 근접하면 두 광경로 사이에 소산장 결합(Evanescent field coupling)이 발생한다. 가장 효과적인 모드결합은 광섬유 모드와 평면

도파로의 모드 사이에 위상정합 조건을 만족할 때 발생한다. 이를 만족하는 파장을 편이상 공진파장으로 정의한다. 그림 1에 본 논문에서 구현한 광섬유-평면도파로 결합기 구조가 나타나 있다.

그림 1에서 평면도파로의 분산특성(파장에 따라 도파모드의 유효굴절률이 바뀌는 현상)은 평면도파로의 코어굴절률(n_o)과 클래딩 굴절률(n_1, n_2)의 차이가 클수록 증가한다. 광섬유와 평면도파로의 유효굴절률은 특정한 파장과 모드에서 일치하게 되며 이때 광섬유로부터 입사된 광 전력은 평면도파로로 이동하게 된다. 이러한 현상으로 인하여 이 소자는 대역제거 광필터로 작용한다. 표준 단일모드 광섬유의 코어층과 클래딩층의 굴절률 차이는 0.01~0.001 정도로서 매우 작다. 따라서 광섬유의 파장에 대한 유효굴절률의 변화는 매우 미약하다. 다중모드를 가지는 평면도파로의 m번째 모드의 유효굴절률을 찾기 위한 고유치 방정식은 다음과 같다.^[4]

$$\frac{2\pi d}{\lambda}(-n_o^2 - n_{eo}^2)^{1/2} = m\pi + \psi_1 + \psi_2 \quad (1)$$

여기서 m은 모드의 차수를 나타내는 정수, λ 는 광의 파장, d는 폴리머 평면도파로의 두께, n_o 는 평면도파로의 코어 굴절률 그리고 n_{eo} 는 m차 평면도파로모드의 유효 굴절률이다. ψ_1 과 ψ_2 는 평면도파로의 코어층과 클래딩층의 경계에서 발생하는 모드의 위상천이로서 다음과 같이 주어진다.

$$\psi_i (i=1 \text{ or } 2) = \tan^{-1} \zeta \frac{\left(\frac{n_{eo}^2 - n_i^2}{n_o^2 - n_{eo}^2}\right)^{1/2}}{\left(\frac{n_o^2 - n_{eo}^2}{n_o^2 - n_{eo}^2}\right)^{1/2}} \quad (2)$$

여기서 ζ 는 편광상태에 의존하는 상수로서 TE편광 대해선 $\zeta=1$, TM편광에 대해선 $\zeta=n_o^2/n_i^2$ 을 대입하면 된다. n_1 은 광섬유의 클래딩층의 굴절률인 동시에 평면도파로의 하부클래딩층의 굴절률이다. n_2 는 평면도파로의 상부클래딩층의 굴절률이

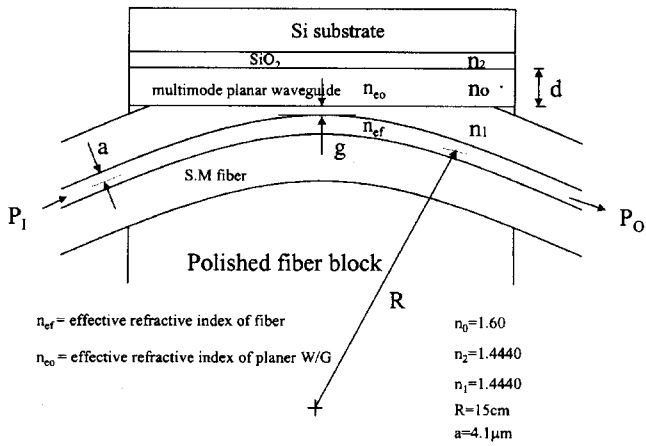


그림 1. 측면 연마된 광섬유와 평면도파로의 소산장 결합을 이용한 광필터 구조.

다. 평면도파로의 최고차 모드가 가장 작은 유효굴절률(n_{ef})을 가지기 때문에 광섬유의 유효굴절률(n_{co})과 가장 근접하게 된다. 식 (1)에서 ψ_i 가 편광에 따라서 다른 값을 가지므로 평면도파로의 유효굴절률이 편광상태에 따라 다소 차이가 발생할 수 있다. 식 (1)에 공진조건($n_{ef} = n_{co}$)을 대입하면 공진파장(λ_m)은 다음과 같이 표현된다.

$$\lambda_m = \frac{2d\pi(n_{co}^2 - n_{ef}^2)^{1/2}}{m\pi + \psi_1 + \psi_2} \quad (3)$$

일반적으로 광소자는 편광에 무관하게 동작하는 특성이 요구되어지므로 공진파장이 편광에 따라 변하지 않기 위해서는 ψ_i 가 매우 작아야 한다. 광섬유의 유효굴절률과 클래딩의 굴절률 차이는 매우 작기 때문에 공진시 ψ_1 은 매우 작으며 ψ_2 를 최소화시키기 위한 방법으로 평면도파로의 상부 클래딩 물질로 광섬유 클래딩과 같은 물질을 이용하는 방법이 도입될 수 있다. 그리고 d를 크게 하면 평면도파로 내에서 도파되는 모드의 차수가 커지기 때문에 식 (3)의 분모항에서 상대적으로 편광에 의존하는 값을 가진 ψ_1 과 ψ_2 줄어 들기 때문에 TE와 TM 편광의 공진파장의 차이가 줄어든다.

본 논문에서는 실리콘 산화막(SiO_2)을 평면도파로의 상부 클래딩으로 이용하였으며 이 물질의 굴절률은 광섬유의 클래딩과 동일하였다. 실험에 사용한 광섬유의 코어굴절률은 1.4485, 클래딩의 굴절률은 1.4440, 코어의 반경은 4.1 μm 이다. 폴리머 평면도파로의 굴절률(n_{co})은 1.60, 평면도파로의 상부클래딩의 굴절률은 1.4440, 평면도파로의 두께는 8.0 μm 으로 가정하여 8차 모드의 공진파장을 TE와 TM 편광에 대하여 각각 구한 결과 1.3571 μm 와 1.3552 μm 이었다. 즉 평면도파로 물질이 등방성이며 대칭적구조를 가질 때 편광상태에 따라 공진파장의 차이가 1.9 nm로 계산되었다. 여기서 광섬유의 유효굴절률(n_{ef})은 광섬유의 분산방정식을 이용하여 구할 수 있으며 파장에 따라 다소 다른 값을 가지지만 파장 1.2~1.6 μm 사이에서 1.445~6범위 안에 있다. 공진시 ψ_i 가 매우 작기 때문에 이를 무시하고 각 공진파장에서 모드들이 동일한 유효굴절률을 가

진다고 가정하면 다음과 같은 식이 유도된다.^[6]

$$m\lambda_m \equiv (m + 1)\lambda_{m+1} \quad (4)$$

식 (3)과 (4)를 이용하면 근접한 공진파장간격($\Delta\lambda = \lambda_m - \lambda_{m+1}$)은 다음과 같다.

$$\Delta\lambda = \frac{2d\sqrt{(n_0^2 - n_{ef}^2)}}{m(m + 1)} \quad (5)$$

식 (5)에서 평면도파로의 굴절률(n_0)을 일정하게 놓고 평면도파로 코어의 두께(d)를 늘리면 모드의 차수(m)가 대체로 비례해서 커지고 이 때문에 $\Delta\lambda$ 가 감소한다. 만일 실험으로 두 개의 공진파장을 측정하면 각 중심파장의 모드차수를 다음과 같이 주어진다.^[6]

$$m \equiv \lambda_{m+1} / \Delta\lambda m \quad (6)$$

여기서 λ_{m+1} 은 실험으로 구한 두 개의 공진파장 중에 파장이 짧은 것을 의미하며 m은 파장이 긴 쪽에서 공진하는 모드의 차수이다. 실험으로 얻은 두 개의 공진파장으로부터 모드차수(m)를 평면도파로의 굴절률과 두께에 관계없이 구할 수 있다.

III. 광 필터 제작

본 논문에서 제안된 광 필터를 제작하기 위해서는 광섬유의 한쪽 측면을 코어 가까이 연마하는 공정이 필요하다. 광섬유는 그 두께가 너무 작아서 광섬유만으로 연마가 쉽지 않기 때문에 광섬유를 지지하기 위한 블록(block)이 필요하다. 연마를 위한 광섬유 지지대로 실리콘 V홈^[7]을 이용하는 방법과 퀴츠(Quartz)를 이용하는 방법^[5]이 잘 알려져 있다. 본 논문에서는 전자의 방법을 이용하였다. 실리콘 이방성 식각으로 광섬유를 고정하기 위한 V홈을 제작 할 수 있다. 설계된 광섬유 곡률반경(R)은 15 cm이고 연마 후 남은 클래딩의 두께(g)는 연마과정에서 조절하였다. 그림 2는 설계된 광섬유 블록의 정면, 윗면 그리고 측면에서 본 개략적 구조이다. 그림 2에서 광섬유 클래

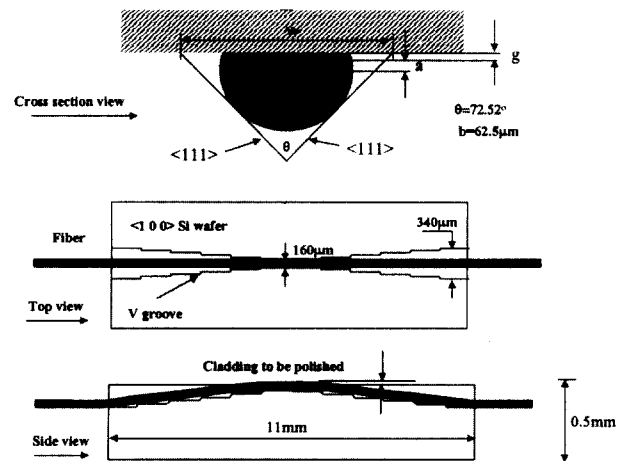


그림 2. 실리콘 V홈을 이용한 측면 연마된 광섬유 블록(block)의 구조.

딩의 반경 $b = 62.5 \mu\text{m}$, 두 <111>면 사이각은 (70.52°) 이다. 실리콘 V홈의 폭(W)과 식각깊이 (g)와의 관계는 다음과 같이 주어진다.¹⁷⁾

$$g = \frac{w}{2} \cot \frac{\theta}{2} - b \cdot \csc \frac{\theta}{2} - a \quad (7)$$

여기서 a는 광섬유 코어의 반경이다. V홈을 제작하기 위하여 두께가 0.5 mm인 <100>실리콘 기판을 1200°C에서 2시간 습식산화시켜 약 8000Å 정도의 산화막을 제작하고 포토리소 그리피 공정으로 실리콘 산화막위에 V홈 패턴을 형성하였다. 즉 V홈이 형성될 부분만 산화막이 제거되는 형태를 지니게 된다. 산화막은 6:1 BHF에 20°C에서 16분 정도 담구면 제거된다. KOH와 H₂O를 44대 100의 무게비율로 섞고 이를 83°C로 유지하여 <100>실리콘 이방성 식각액을 준비한다. 실리콘 식각용액에 준비한 시료를 약 3시간 동안 담구면 V홈이 완성된다. 약 1 m 단일모드 광섬유를 준비하고 중간부위에 피복을 1.5 cm 제거한 후 에폭시 접착제를 코팅하고 이를 실리콘 V홈에 삽입한다. 에폭시 접착제가 완전히 경화될 때까지 광섬유를 V홈에 고정시켜 유지한다. 12.0, 3.0, 1.0, 0.1 μm 연마 필름순으로 광섬유를 연마하였다. 연마과정에서 광섬유면위에 굴절률 정합액을 떨어뜨린 후 레이저 광을 입사하면 광이 정합액으로 결합되어 발생하는 광 손실로부터 남은 클래딩의 두께를 계산하는 방법이 잘 알려져 있다.¹⁸⁾ 본 논문에서도 이 방법을 도입하였다. 정합액으로 싸이클로헥사놀을 이용되었으며 파장이 1.3 μm인 레이저다이오드를 남은 클래딩의 두께를 측정하는데 이용하였다. 정합액의 온도가 43~45°C이면 이 물질의 굴절률은 광섬유의 코어의 굴절률과 일치하며 이 때 가장 큰 손실이 발생하였다.

한편 평면도파로는 또 다른 실리콘 산화막위에 형성된다. 실리콘위에 습식산화공법으로 형성된 산화막은 폴리머 평면도파로의 상부 클래딩 역할을 하며 그 두께는 1.5 μm로서 평면도파로 모드의 소산장이 실리콘과 결합이 발생하지 않도록 충분히 두껍게 제작하였다. 다중모드 도파로 막을 제작하기에 용이하고 굴절률이 1.6인 AZ4562를 폴리머 평면도파로 물질로 사용하였다. 평면도파로의 두께에 의해서 공진파장이 결정되므로 폴리머 도파로의 두께를 제어하는 공정이 소자제작에 매우 중요한 과정이다. 스핀코팅으로 폴리머 평면도파로 제작시 RPM(분당회전속도)을 조절하여 다양한 두께를 가지는 평면도파로가 제작하였고 α-step으로 평면도파로의 두께를 측정하였다. 스핀 코팅으로 폴리머 평면도파로 제작시 RPM을 세 단계로 나누어 설정하였다. 첫단계와 마지막 단계에서는 5초 동안 1500 RPM으로 고정하고 중간 단계에서 20초 동안 2000에서 2800 RPM사이로 조절하여 폴리머 평면도파로의 두께를 제어하였다. 폴리머를 스핀코팅후 140°C에서 20분간 경화시킨다. 주사기를 이용해서 연마된 광섬유 위에만 굴절률 정합액 약간 떨어뜨린 후 평면도파로를 그 위에 놓고 물리적 압력을 가한 상태에서 에폭시 접착제로 광섬유 블록과 평면도파로를 접합시키면 소자가 완성된다. 정합액은 평면도파로면과 연마된 광섬유면 사이에 공기층이 발생하는 것을 방지하기 위해서 사용된 것이다.

IV. 특성 측정 및 분석

제작된 소자의 특성을 측정하기 위한 장치도는 그림 3과 같다.

백색광원의 출력이 배율10인 대물렌즈 통하여 평행광이 되며, 글렌 톰슨 편광기에 의해서 연마된 광섬유면에 대하여 TE 혹은 TM으로 편광된다. 배율20인 대물렌즈를 통하여 광섬유의 한쪽 단면에 백색광이 결합된다. 측정파장 범위는 1.2~1.6 μm이며 편광기를 통하지 않고 5 nm 해상도로 가지고 측정하면 평균 광전력은 -59.5~60 dBm로서 최대 측정범위는 20 dB 나타났다. 2 nm 해상도로 측정하면 이보다 광 전력이 4 dB 더 떨어졌다. 온도 제어기는 제작된 광 필터의 온도 특성을 측정하기 위하여 사용되었다.

그림 4(a), (b), (c)는 제작된 광필터의 대역폭, 편광의존성, 삽입손실을 측정된 결과이다.

삽입 손실은 단순 광섬유 출력의 레벨과 광 필터를 통과한 광의 레벨을 비교하는 방법으로 측정하였다. 그림 4(a)에서 공진이 발생하지 않는 영역에서 기준응답(reference)과 광 필터의 파장응답이 동일한 광전력을 가짐을 알 수 있다. 이 결과로부터 삽입 손실은 0.2 dB 이하로 나타남을 알 수 있다. 제작된 광필터의 대역폭은 모드의 차수에 따라 약간의 차이가 있지만 대체로 10~15 nm 사이에 있었다. 굴절률이 더 높은 물질을 평면도파로의 재료로 사용하면 더 높은 파장선택성을 가진 소자를 기대할 수 있다. 그림 4(b)와 (c)를 비교하면 TE 편광과 TM 편광된 파장응답의 공진 파장의 차이는 이론적 예측과 마찬가지로 2 nm 이하였다. 10차 모드와 11차 모드에서 편광에 따른 여과깊이는 두 편광응답 모두 5.6 dB와 10.0 dB로서 차이가 거의 없음을 알 수 있다. 이러한 효과는 광 섬유와 클래딩과 같은 굴절률을 가지는 실리콘 산화막을 평면도파로의 상부 클래딩으로 도입한 결과로서 기존의 연구결과들보다^{14,16)} 편광의존성이 많이 줄어들었다. 그림 4에서 파장이 긴 쪽에서 여과 깊이가 더 깊게 나타남을 알 수 있다. 이는 파장이 길수록 평면도파로 모드와 결합이 더 크게 일어나기 때문이다. 폴리머 평면도파로의 두께를 α-step으로 측정된 결과 9.641 μm였으며 식(1)을 이용한 이론적 예측치 9.890 μm와 잘 일치하였다.

광섬유를 연마후 남은 클래딩의 두께가 다른 세 개의 광섬유 블록을 제작하여 여과 특성을 제작하였다. 제작된 광섬유 블록 위에 광섬유의 코어와 동일한 굴절률을 가지는 정합액을 도포하여 손실을 측정된 결과 3.01, 5.54, 그리고 9.58 dB였다. 이로부터 계산된 남은 클래딩의 두께는 각각 5.4, 4.7, 4.0 μm이

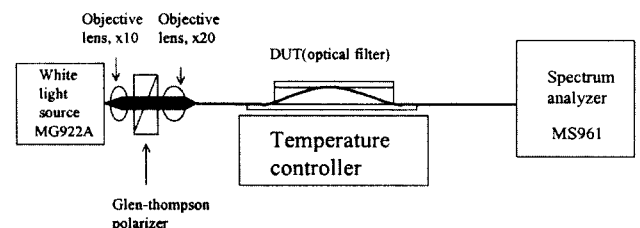


그림 3. 제작된 소자의 특성을 측정하기 위한 장치도.

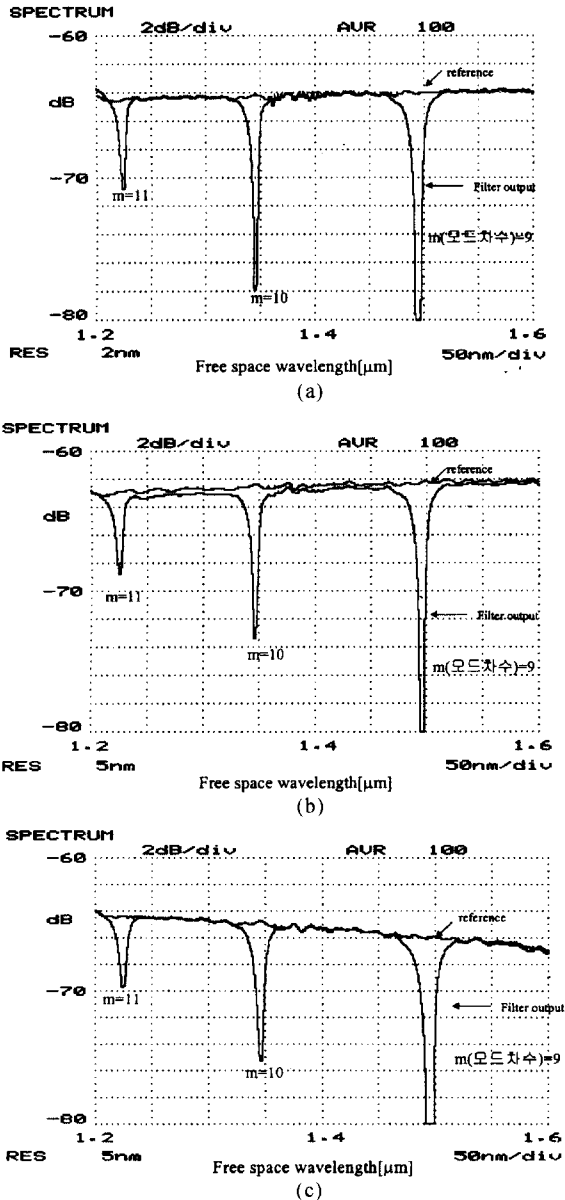


그림 4. 제작된 광필터의 파장응답, (a) 무편광 응답, (b) TE편광 응답, (c) TM 편광응답.

었다. 이렇게 제작된 광섬유 위에 동일한 두께를 가지는 폴리머 평면도파로를 결합시켜 그 특성을 측정된 결과가 그림 5에 나타나 있다.

세 개의 연마깊이(연마후 남은 클래딩의 두께)가 다른 광필터의 공진파장은 거의 동일하였다. 즉 평면도파로의 굴절률과 두께가 변하지 않으면 공진파장의 변화는 발생하지 않는다는 사실을 알 수 있다. 일반적인 두 채널도파로로 구성된 방향성 결합기는 진행방향에 따라 주기적인 광 에너지 교환이 발생하지만 광섬유와 평면도파로가 결합된 구조에서는 평면도파로에서 옆방향으로 광이 구속되지 않기 때문에 평면도파로에서 광섬유로 역 결합이 거의 발생하지 않는다.^[9] 이러한 평면도파로의 회절손실이 공진 파장을 중심으로 서로 다르기 때문에 비대칭적 파장응답이 나타난다. 광섬유와 평면도파로사이의 간

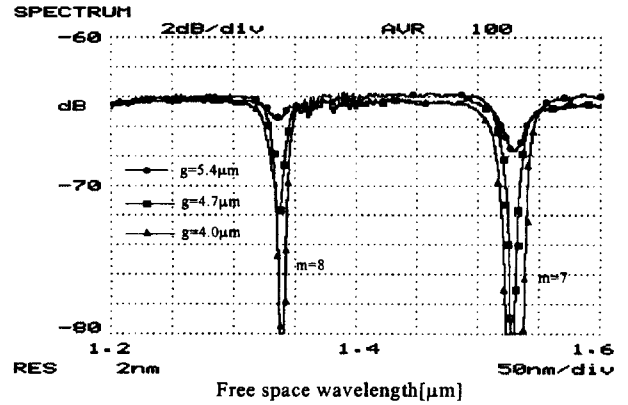


그림 5. 연마 후 남은 광섬유 클래딩의 두께에 따른 여과 깊이 변화.

격이 줄어들면 광 결합이 커지고 따라서 공진파장에서 여과깊이도 깊어진다는 사실이 그림 5에 실험적으로 증명되었다.

연마 후 남은 클래딩의 두께가 4.7 μm 인 하나의 광섬유 블록과 평면도파로의 두께가 다른 다섯 개의 샘플을 교대로 광 결합시켜 여과 스펙트럼을 측정하였다. 이렇게 측정된 각 소자의 여과 스펙트럼은 파장 1.2~1.6 μm 사이에 2~3개의 공진이 나타나며 그 중 8차 모드의 공진을 그림 6에 나타내었다.

그림 6의 결과로 볼 때 2000 RPM으로부터 200 RPM씩 증가시키면 폴리머 평면도파로의 두께가 얇아져서 공진 파장이 짧아짐을 알 수 있다. 그리고 두께와 공진파장간의 간격은 대체로 일정함을 알 수 있다. 식 (1)을 이용하여 계산한 평면도파로의 두께는 α-step으로 측정된 값과 5%내로 잘 일치하였다. 폴리머를 평면도파로 물질로 사용하면 스핀 코팅시 회전 속도로서 평면도파로의 두께를 미세하게 조절이 가능하여 소자 제작시 공진 파장의 선택이 자유롭다는 사실을 그림 6으로부터 얻을 수 있다.

제작된 소자의 주위온도를 가변시켜 열에 의한 광학적 특성 변화를 측정하였다. 온도 제어기로 실온에서 100°C까지 열을 인가하여 제작된 소자의 공진파장이 이동하는 현상을 관측하여 그림 7에 나타내었다.

그림 7에서 온도가 올라가면 광 필터의 공진파장이 짧아지는 현상이 관측되었다. 폴리머는 일반적으로 실리카 계열 물

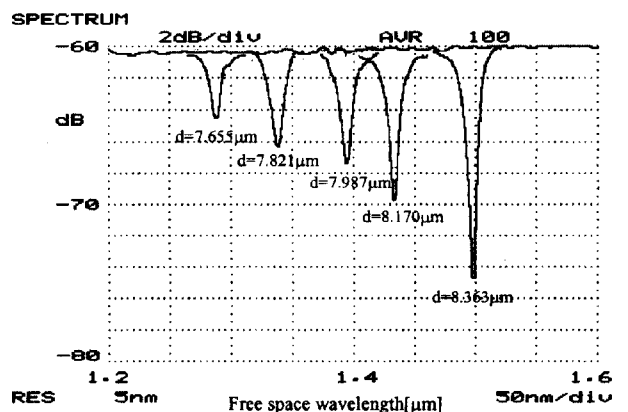


그림 6. 폴리머 평면도파로의 두께에 따른 공진파장의 변화.

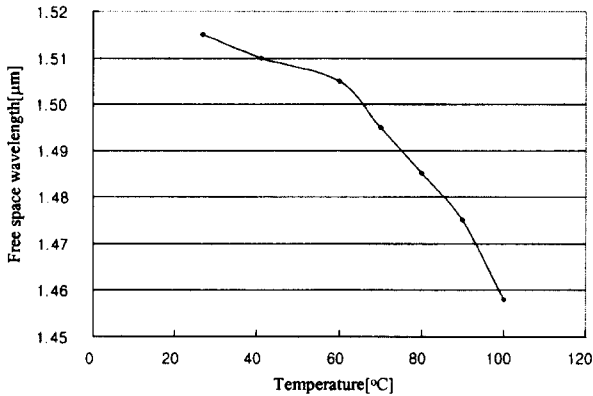


그림 7. 주위온도에 따른 공진파장의 변화.

질보다 열광학 계수가 1차수 더 크기 때문에 온도가 올라감에 따라 폴리머 도파로의 굴절률이 감소하는데 이 때문에 공진파장이 이동한 것으로 분석된다. 60°C까지는 단위 온도 변화에 의한 공진파장의 변화는 $-0.35 \text{ nm/}^\circ\text{C}$ 이며 그 이상의 온도에서는 이보다 더 크게 나타났다.

VI. 결 론

측면 연마된 광섬유와 폴리머 평면도파로 사이의 소산장 결합을 이용한 광 필터를 제작하고 그 특성을 측정하여 보고하였다. 실리콘 V홈을 이용한 측면 연마된 광섬유 블록 제작과정 및 폴리머 도파로 제작과정을 소개하였다. 대칭적 평면도파로를 도입하여 편광의존성이 기존의 연구 결과보다 줄어든 연구결과를 보였다. 광섬유 연마과정에서 남은 클래딩의 두께를 미세하게 조절하여 다양한 여과깊이를 가진 소자를 제작 할 수

있었다. 스핀 코팅으로 폴리머 평면도파로를 제작할 때 RPM을 조절하여 공진파장을 적절히 결정 할 수 있음을 보였다. 제작된 소자의 3 dB 대역폭은 15 nm 편광에 따른 공진파장의 차이는 2 nm이하 삽입손실은 0.2 dB이하로 측정되었다. 그리고 주위온도 변화에 의한 공진파장의 이동거리는 $-0.35 \text{ nm/}^\circ\text{C}$ 로 나타났다. 제작된 소자의 공진파장과 평면도파로의 두께는 이론적 예측과 잘 일치 하였다. 본 논문의 연구결과는 광섬유형 광스위치, 광섬유 증폭기의 이득평탄화를 위한 광필터나 광센서 개발에 도움이 될 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

- [1] A. Gloag, N. Langford, K. McCallion and W. Johnstone, *Optics Lett.* **19**, 801 (1994).
- [2] S. A. Hanilton, D. R. Yankelevich, A. Knoesen, R. T. Weverka, R. A. Hill, and G. C. Bjorkund, *J. Opt. Soc. Am. B.* **15**, 743 (1998).
- [3] K. McCallion, W. Johnstone, and G. Thursby, *Electron. Lett.* **27**, 884 (1991).
- [4] W. Johnstone, G. Fawett, L.W.K. Yim, *IEE Proc-optoelectron* **141**, 229 (1994)
- [5] A. Andreev, B. Pantchev, P. Danesh. B. Zafirova, E. Karakoleva, *Thin Solid Films* **330**, 150 (1998).
- [6] 김광택, 유호중, 김성국, 이소영, 송재원, 이상재, 김시홍, 강신원, *한국광학회지* **10**, 248 (1999).
- [7] Shioa-Min Tseng and Chin-Lin Chen, *Applied Optics* **31**, 3438 (1992).
- [8] Ssu-pin ma and Shiao-min Tseng, *IEEE J. Lightwave Tech.* **15**, 864 (1995).
- [9] D. Marcuse, *IEEE J. Lightwave Technol.* **7**, 122 (1989).

Fabrication and optical properties measurement of the optical filters utilizing fiber-to-planar waveguide coupler

Kwang-Taek Kim, So-Young Lee, Kyung-Rak Sohn, Jong-Hoon Lee, Jae-Won Song and Sang-Jae Lee
School of Electronic and Electric Engineering, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea

Si-Hong Kim and Shin-won Kang
Department of Sensor Engineering, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea

(Received June 30, 1999, Revised manuscript received September 7, 1999)

Optical filters utilizing the evanescent filed coupling between the side polished fiber and polymer planar waveguide were fabricated and optical properties of the devices were measured. A scheme for reducing polarization dependent properties of the device was proposed and demonstrated experimentally. Our measurement results showed that resonance wavelengths and filtering depth of the optical filters can be determined by adjusting thickness of planar waveguide and polishing depth of the fiber. The device fabrication procedure including fiber polishing steps and formation of polymer planar waveguide were described. The optical characteristics of fabricated optical filters were that 3 dB bandwidth was 15 nm, the resonance wavelength difference between the TE and TM polarized response was less then 2 nm, and insertion loss was less then 0.2 dB. The measured resonance wavelength drift due to the variation of ambient temperature was $-0.35 \text{ nm/}^\circ\text{C}$.