폴리이미드를 이용한 단일모드 1x32 광파워 분할기

1x32 Singlemode Optical Waveguide Power Divider Using Fluorinated Polyimides

이용우, 김은지, 김정희, 김창원, 김현기, 조정환, 김덕봉, 유병권,
이영규, 한관수, 이상윤, 이형재, 장우혁, 이태형, 박문수
삼성전자, 정보통신개발센타, 광통신연구그룹
mspark@khgw.info.samsung.co.kr

폴리머는 광학용 박막 제작이 용이하며, 열광학 계수 및 전기광학 계수가 크기 때문에 광변조기 및 광스위치 등과 같은 기능성 광도파로 소자 제작에 적합한 재료로 알려져 있다[1]. 또한, 스핀 코팅 등과 같은 단순한 공정만으로 광도파로 층을 형성할 수 있기 때문에 저가의 광도파로 소자 제작에 적합하다. 전기광학 폴리머를 사용한 초고속 광변조기가 이미 시현된 바 있으며, 열광학 효과를 이용한 편광 및 파장 무의존 M×N 스위치 제작은 이미 실용화 단계에 접근하고 있다[2]. 특히, 최근에는 불소기를 함유한 폴리이미드를 광도파로 소자 제작에 이용함으로서 광통신 파장대에서 비교적 낮은 광손실을 보이며, 열적 안정성이 높은 광도파로 소자 제작이 가능해졌다. 따라서, 폴리머 광도파로는 전기광학 및 열광학 효과를 이용하는 기능성 소자 뿐만 아니라 저손실 특성 및 소자 안정성 등이 강조되는 수동 소자에까지도 적용이 가능한 단계에 접어들고 있다. 현재, 수동 광도파로 소자는 주로 실리카(SiO_2) 박막을 이용해 상품화되어 있지만 조만간 폴리머 박막을 이용한 수동 광도파로 소자도 상품화될 수 있을 것으로 생각된다. 이 경우, 수동 광도파로 소자와 기능성 광도파로 소자를 한 기판내에 집적할 수 있기 때문에 다기능 저 구동전력의 복합 광도파로 소자를 손쉽게 구현할 수 있을 것이다.

본 논문에서는 저손실의 폴리머 수동 광도파로 소자를 제작할 수 있음을 보이기 위하여 불소기를 함유한 폴리이미드를 이용해 1×32 광파워 분할기를 제작하였다. 광파워 분할기에는 직선 도파로, 곡선 도파로, 및 광도파로 분지 등의 기본적인 광도파로 소자 구성 요소들를 포함하고 있기 때문에 수동 광도파로 소자 시현의 좋은 예가 될 수 있다. 제작된 광파워 분할기의 특성은 1.32㎛ 및 1.55㎛ 파장에서 측정되었으며 평균 삽입손실은 19.4dB, 불균일도는 2dB 였다.

저손실의 1×32 광파워 분할기를 제작하기 위하여 특별히 고안된 곡선 광도파로를 이용한 단위 1×2 Y-branch를 설계하고, 이를 직병렬 연결하여 1×32 광파워 분할기를 구성하였다. 설계된 광파워 분할기의 길이는 31mm로 종래의 광파워 분할기의 약 1/2 정도이다. 광파워 분할기의 출력 광도파로간의 간격은 광섬유 부착을 위하여 250㎛로 하였다.

광도파로 제작을 위한 폴리머 박막은 4인치 기판 위에 하부 클래드 층과 코아 층을 스핀 코팅하여 형성하였다. 광도파로의 채널 형성은 포토리소그라피 공정과 산소 플라즈마를 이용한 건식 식각 공정을 사용하였다. 건식 시각 후 상부 클래드 층을 형성하여 묻힌 광도파로(buried waveguide)를 형성하였다. 광도파로 형성 후, 다이싱 공정을 거쳐 개별 칩으로 분리한 후 입출력 경면 처리를 통해 광파워 분할기를 완성하였다. 완성된 개별 광파워 분할기는 특성 측정 후 입출력 단면에 광섬유를 부착한 후 외장 패키징 되었다. 그림 1은 외장 패키징된 1×32 광파워 분할기를 나타낸다.

그림 2는 선형 보정된 CCD로 측정된 전형적인 near-field 도파 모드이다. 1/e 도파 모드 크기는 횡방향으로 7㎛, 깊이 방향으로 6㎛이다. 손실 측정은 1.3㎛ 및 1.55㎛ 파장에서 이루어졌다. 그림 3은 1.55㎛에서 측정된 1×32 광파워 분할기 소자의 삽입 손실 분포를 나타낸 그래프이다. 삽입 손실은 Gaussian 모양의 정규분포를 보였으며, 그림 3에 이를 curve-fitting한 결과를 실선으로 나타내었다. 측

정된 최소 삽입 손실은 18.3dB, 최대 삽입 손실은 20.3dB, 평균 삽입손실은 19.4dB이다. 특성 측정 후 광파워 분할기의 입출력에 광섬유가 부착되었으며 이때 추가의 1dB 손실이 관측되었다. 이 결과는 현재 상품화된 PIRI 사의 1×32 실리카 광파워 분할기 보다 약 2dB 가량 큰 손실을 나타낸다.

결론적으로, 불소기를 함유한 폴리이미드 광도파로를 이용하여 단일 모드 1×32 광파워 분할기를 제작하였다. 현재 광파워 분할기의 삽입 손실은 실리카 광파워 분할기에 비해 약간 크지만, 소자 설계와 제작 공정을 최적화한다면 약 2dB 정도의 손실 특성 향상이 기대된다.

참고문헌

[1] Booth, B.L., J. Lightwave Technology, 1989, LT-7, (10), pp. 1445-1453

[2] A. Borrreman et al., 22nd European Conference on Optical Communication - ECOC'96, ThD.3.2

그림1. 외장 패키징된 1x32광파워 분할기

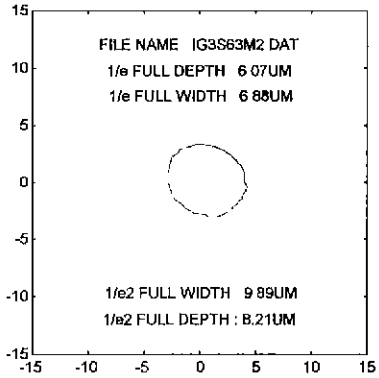

그림 2. 전형적인 near-field 도파 모드

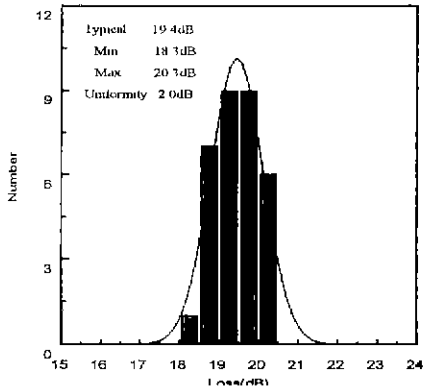

그림 3. 1x32 광파워 분할기의 삽입 손실 분포
(실선은 삽입 손실을 Gaussian-fitting한 결과)