

고분자 광도파로

Polymer Waveguides

김장주

광주과학기술원 신소재공학과

jjk@kjist.ac.kr

고분자 광도파로소자 기술은 광통신에 사용되는 광도파로소자들을 고분자를 이용하여 구현하는 기술로써, 실리카에 비하여 제조장비가 간소하기 때문에 제조단가를 줄일 수 있으며, 열광학효과가 10배정도 크기 때문에 동작전력을 1/10 이하로 줄일 수 있고, 소자제작공정이 400°C 이하에서 이루어지기 때문에 다른 소자와의 집적이 유리한 점 등 다양한 장점이 있다. 또한 실리카와 달리 고분자는 실리콘뿐만 아니라 다양한 고분자 기판을 사용할 수 있기 때문에 고분자 기판의 열팽창계수와 도파로물질의 열광학계수를 잘 조합하면 온도의 변화에 따른 파장변화와 편광의존성을 근본적으로 해결할 수 있다[1]. 또한 고분자는 비선형광학염료나 광변색염료 등 다양한 기능성을 부여할 수 있기 때문에 전기광학 또는 완전광 스위치나 변조기 등을 제작할 수 있다. 플라스틱 광섬유는 조명뿐만 아니라 자동차, 비행기 등 근거리 통신용으로도 그 용도를 넓혀가고 있다. 본 발표에서는 본 연구실에서 진행되어온 선형광학광도파로 물질 및 소자, 광변색고분자를 이용한 완전광스위치 및 경사굴절률을 가지는 플라스틱 광섬유에 관한 연구결과에 대하여 논하고자 한다.

(1) 수동광도파로 소자

수동광도파로용 고분자는 1.3 또는 1.55 μm 파장에서 광손실이 작아야 하며 열적안정성이 뛰어나고 굴절률이방성이 작아야 한다. 일반적으로 고분자에서의 광손실은 aliphatic C-H 그룹의 stretching 진동 overtone이 주된 이유이기 때문에 C-H 기를 C-F기로 대체한 불소고분자가 주로 연구되어 왔으며 열적안정성을 증대시키기 위하여 페닐기를 많이 함유한 폴리이미드와 같은 rigid 고분자가 많이 연구되어 왔다. 하지만 많은 rigid 불소고분자들은 굴절률 이방성이 크고 기판과의 접착력이 나쁜 문제를 가지고 있다. 이를 해결하기 위하여 sulfur나 sulfone기를 함유한 (arylene ether)계통의 불소고분자와 광가교가 가능한 폴리이미드를 합성하였다. 그림1에는 FPAES를 이용하여 제작한 channel waveguide의 편광에 따른 광손실을 나타내고 있으며, 1.55 μm 파장에서 광손실이 0.4 dB/cm, 편광의존손실이 0.02dB/cm인 우수한 광특성을 보여주고 있다. 또한 이 광도파로소자는 100°C에서 1000시간 동안 안정하여 열적안정성도 우수하였다. 이 고분자를 이용하여 제작한 방향성결합기, 파장필터, 분배기 등 다양한 광도파로에 대해서도 소개한다.

(2) 완전 광도파로 소자

3BTF6라는 광변색염료를 이용하여 완전광스위치와 변조기를 제작하였다. 이 광변색염료는 자외선을 쬐으면 빨간색으로 바뀌며 초록색을 쬐이면 투명하게 바뀐다. 투명한 분자구조와 빨간색을 보이는 분자구조는 굴절률이 서로 다르기 때문에 이 특성을 이용하면 완전광스위치나 변조기를 제작할 수 있다. 본 연구에서 제작한 광변조기의 구조는 그림2에 나타나 있다. 광변색염료를 광도파로의 코아에 도핑하여 소자를 제작하였으며 Y-branch 형 광스위치와 Mach-Zehnder(MZ)형 변조기의 한쪽 팔을 제외한 나머지 부분은 금으로 덮어 스위칭 빛을 조사하였을 경우 열린 부분만 빛이 들어 갈 수 있도록 하였다. 제작한 광변조기와 스위치는 각각 12dB의 소멸비와 14dB의 cross talk을 보였다. 스위칭 속도는 광강도가

증가할수록 감소하였으며 이 감소특성은 간단한 광변색속도식을 이용하여 잘 설명되었다. 염료의 광변색속도는 ps이기 때문에 고속 광스위치가 가능할 것으로 예상된다.

(3) 플라스틱 광섬유 (POF)

플라스틱 광섬유는 재질이 가볍고 코어 직경을 1mm 정도로 크게 하여도 유연하기 때문에 조명용이나 자동차 등 근거리 통신용 매질로서 사용되고 있다. 이제까지 주로 사용된 광섬유는 아크릴을 이용한 step index 광섬유이며 650 nm 파장에서 광손실이 150dB/km이고 전송대역폭은 150Mbps · 100m 정도이다. 따라서 광섬유의 광손실을 줄이고 대역폭을 높이려는 연구가 일본을 중심으로 진행되어 왔다. 광손실을 줄이려는 연구는 수동 광도파로 물질에서와 마찬가지로 C-H기의 수소를 불소로 치환한 무정형 불소고분자를 합성하려는 방향으로 진행되어 왔으며 대역폭을 높이기 위하여 굴절률 분포 (graded index; GI)를 가지는 GI-POF를 제작하고자 하는 방향으로 진행되었다. 본 연구에서는 원심력중합법을 이용하여 열적으로 안정하고 모재의 크기를 크게 할 수 있으며 굴절률 분포를 임의대로 조절할 수 있는 방법을 개발하였다. 그림3에 제작한 POF 모재와 POF의 굴절률 분포를 나타내었다. 이 방법에 의하여 전송대역폭이 3.5 Gbps · 100m인 POF를 제작하였으며 이것은 dispersion을 고려한 이론적인 계산값과 유사한 결과이다.

감사의 글

수동광도파로용 물질과 광변색염료를 합성하여 제공한 이재석교수와 김은경박사께 감사드리며 본 연구의 결과는 본인 연구실의 강제욱, 신부건군을 비롯한 많은 대학원생이 수행하였습니다. 또한 국가지정연구실, 차세대사업, 그리고 국가중점연구사업의 지원을 받아 연구를 수행하였습니다.

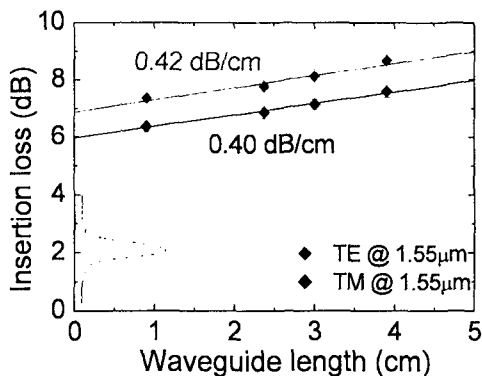


그림1. FPAES 광도파로의 광손실특성

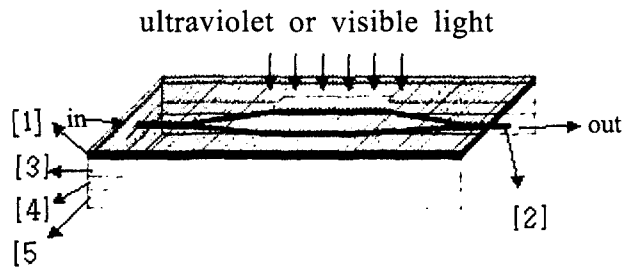


그림2. Mach-Zehnder 변조기의 구조: [1] Au (0.2 μm), [2] polycarbonate doped with BTF6 (2 μm), [3] VTC-2 (25 μm), [4] Cyclotene 3022 (18 μm), and [5] Si wafer

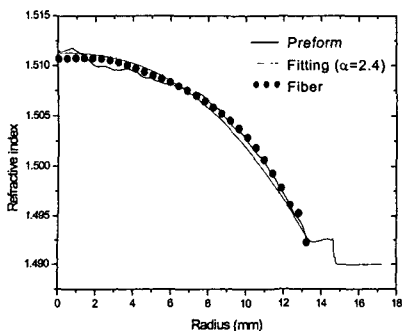


그림3. 제작된 플라스틱 광섬유(····)와 모재(—)의 굴절률 분포