

신기능 플라스틱 광섬유 기술동향

박 민

1. 서 론

초고속 인터넷, 정보 슈퍼 하이웨이 등으로 대표되는 21 세기 고도 정보화사회에서 정보통신 관련 분야는 주택 관련 분야, 유통·물류 관련 분야, 신제조 기술 관련 분야 등의 여타 유망 분야에 비교하더라도 향후 10년간 가장 유망한 성장시장 분야로 지목되고 있다.¹ 멀티미디어 사회란 말로 압축되는 고도정보화 시대에서는 정보의 전송, 기록, 보관, 재생 및 표시 기능이 중요시된다. 이러한 정보통신 분야에서 다양한 고분자 광학재료가 광섬유, 액정 디스플레이, 고성능 렌즈 등의 대표적인 고도정보 제품에서 널리 사용되고 있다.² 이들 제품에서 고분자 소재가 담당하는 핵심적 역할은 종래 플라스틱 재료가 갖는 값싼 구조 재료 혹은 일회용 재료라는 부정적 이미지를 크게 바꾸어 21세기 첨단 핵심 소재로 자리매김하고 있다.

특히 투명 광학 고분자 가운데 플라스틱 광섬유(POF, Plastic Optical Fiber)는 정보 및 에너지 전송매체로서 뜨거운 관심을 받고 있는데 이는 플라스틱이 비록 투명성에서는 기존 석영계에 크게 못 미치지만 재료의 저가성, 대량생산 용이성, 더 나아가 주변 부품의 저가성과 저렴한 시공비를 포함한 전체 시스템의 저가화 가능성 때문이다.³ 이러한 광통신 시스템의 저가화야말로 멀티미디어 사회의 대중적 도래를 실현할 수 있는 가장 중요한 요소임은 두말할 나위도 없을 것이다.

지금까지 POF 관련 기술적 진보는 표 1에서 나타난 바와 같이 정보 전달의 장거리화(저손실화)

와 고속화(광대역화)에 대한 도전의 결과라 할 수 있다. 광을 장거리까지 보다 효율적으로 전송하기 위한 저손실화 연구의 진전은 주로 고분자 화학 분야의 진보와 함께 해왔는데 PMMA계에서는 미쯔비시 레이온, 전불소고분자계의 아사히 글라스 등 산업계에 의하여 발전이 주도되어 왔다.⁴ 한편 정보를 동시에 얼마나 많이 보낼 수 있는가를 규정하는 대역특성의 향상 연구는 게이오대 코이케 교수의 유기 도판트를 이용한 코어의 경사 굴절률화 연구로 대표되고 있으며 장기적으로 보아 이들 기술의 진전에 의한 고성능 저가 POF 시스템의 구축은 시간 문제인 것으로 생각된다.

이러한 배경 하에서 근래 국내에서도 POF 관련 기술에 대한 관심이 고조되어 체계적 연구가 착수되고 있다.⁵ 본 고에서는 금번 POF 특집에서 집중 다뤄진 광대역화를 지향하는 GI POF 기술 및 내열 POF, 저손실 POF 기술 등을 제외한 각종 특수 신기능 POF들과 POF 광통신 시스템 구축에 있어 그 중요성을 간과할 수 없는 각종 액티브 POF 및



박 민

1985 서울대학교 섬유공학과 (학사)
 1987 서울대학교 섬유공학과 (석사)
 1994 서울대학교 섬유고분자공학과 (박사)
 1996~1997 미시간대 재료공학과 (Post Doc)
 1987~1994 한국과학기술원 고분자부 연구원
 1994~현재 한국과학기술연구원 고분자 하이브리드센터 선임연구원

New Functional Polymer Optical Fiber Technology

한국과학기술연구원 고분자하이브리드센터 (Min Park, Polymer Hybrids Research Center, Korea Institute of Science and Technology, P.O. Box 131, Cheongryang, Seoul 130-650, Korea)

표 1. POF 연구 개발 방향

POF 고속화 (광대역화) 연구방향		POF 장거리화 (저손실화) 연구방향
연구방향	문제점	
세섬도화 및 다심화	-생산기술상의 난점 -시공성 저하	* 코어재료분야 -중수소화 PMMA -불소화 PMMA -부분중수소화 부분불소화 PMMA -새로운 불소계 폴리머 * 생산기술분야 -생산공정의 고정정화 -코어-클래딩 계면의 밀착성, 균일성 향상 * 기타분야 -과장이 POF 저손실상에 있는 고출력의 저가 광원개발
상대굴절률 저감화	수광각의 감소	
코어 내부의 경사굴절률화	-경사굴절률 형성기구 이해부족 -경사굴절률형성 재현성	

광증폭 POF에 대하여 간략히 소개한다.

2. 저손실 멀티 코어 POF

멀티코어 플라스틱 광섬유 (Multi-core plastic optical fiber, MC POF)는 클래드 속에 다수의 코어가 배치된 POF이다. 그림 1은 싱글 코어 POF와 MC POF의 단면을 통하여 구조의 차이를 보여주고 있다. 지금까지 MC POF는 다수의 코어를 화소로서 이용하여 (coherent fiber) 의료용 및 일반 산업용 내시경이나 이미지 센서 등의 화상전송에 사용되어왔으나 근래 통신용으로 적용하려는 시도가 활발히 논의되고 있다.⁶ 그림 1(a)의 구조를 갖는 계단 굴절률 (Step Index, SI)형 POF에서 입사광은 코어를 통과하고 클래드에서 반사하는 과정을 반복하여 전파된다. 이러한 SI POF에서는 섬유축에 평행한 입사광선과 비스듬한 각도로 입사된 광선에 대한 광로 길이의 차이로 인한 말단면에서 출사시간의 차이 (모드분산)가 전송속도를 제한한다. 이 때문에 SI POF로 고속 전송을 행하기 위해서는 가능한 한 POF의 최대 수광각을 작게 하여 모드분산을 줄여야 하며 이러한 원리에 의하여 고속전송용 (155 Mbps급) 저NA POF가 미쯔비시 레이온에서 개발되었다.⁷ 그렇지만, 저NA화는 POF가 굴곡될 때 광선의 방사 (放射)에 의한 광손실 증대가 실용성의 관점에서 문제가 되었다. 이를 극복하는 방법의 하나가 MC POF이다.⁸ 즉 광섬유가 굴곡되는 경우 특정 모드로 전파되고 있는 광은 원래 전반사의 각도와 달라진다. 이 달라진 각도가 광섬유의 최대 수광각 이상이 되면 코어로부터 외부로 방

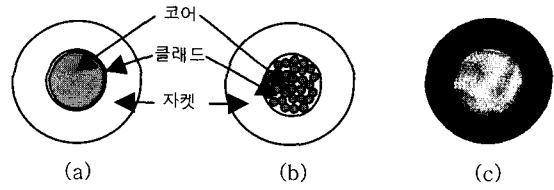


그림 1. 싱글 코어 POF (a), 멀티 코어 POF의 단면도 (b) 및 제품 (Asahi Kasei社) 단면 사진(c).

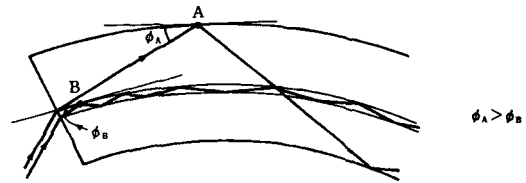


그림 2. 대구경 섬유와 소구경 섬유의 굴곡 시의 전반사각도의 차이.

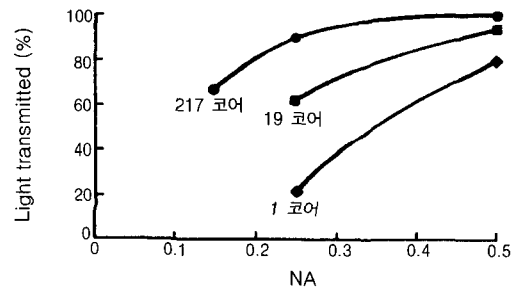


그림 3. POF의 굴곡에 의한 광량 변화 (LED 광원, 굴곡반경 10 mm, 섬유직경 1 mm, 평균 코어경 1 코어: 980 μm, 19 코어: 180 μm, 217 코어: 55 μm).

사된다. 이러한 방사손실의 크기는 굴곡반경이 작을수록, 코어의 직경이 커질수록 커지며 광섬유의 NA가 작을수록 크다. 그림 2는 섬유의 코어의 한 말단면에 입사된 광이 클래드에서 전반사될 때의 전반사각을 모식적으로 나타낸 것이다. 그림으로부터 대소구경의 말단면에 동일한 입사각을 갖는 광에 대하여 대구경 섬유일수록 클래드에 대한 반사각이 크게 되어 방사되기 쉽다는 사실을 알 수 있다. MC POF는 섬유 직경을 극단적으로 작게 하여 저NA화에 따른 방사손실의 저감 및 굴곡 손실의 사실상 제거를 시도한 것이다. 그림 3은 코어수를 증가시킴으로써 NA를 0.15정도까지 낮추더라도 입사 광량이 높게 유지됨을 보여주는 그림이다. 이것은 SI POF로도 고속화가 가능함을 의미하며 전선과 같이 가혹한 굴곡이 불가피한 신호전송 분야에서의 POF의 용도확대에 기여할 것이다. 현재 LED

를 광원으로 하는 용도에 대해서는 저NA로부터 고 NA의 MC POF가 실용단계에 도달한 것으로 알려져 있으며 LD를 광원으로 하는 보다 고속의 용도에 관해서는 광원의 개발과 합치된 MC POF의 최적화 등이 우선 검토단계에 있다. 이 기술은 향후 SI POF로서 초고속화를 실현하는 수단으로서 많은 발전이 기대된다.

3. 대구경 POF

대구경 광섬유 (Large core POF, LC POF)는 섬유라 부르기에 너무 대구경이고 정보 전송용은 아니지만 향후 시장성이 큰 분야이므로 이번 기회에 소개한다. 아직 LC POF에 대하여 엄밀하게 정의된 바는 없지만 대략 코어경 3 mm 이상으로 한다. 직경 d , 굴곡 탄성을 E 의 섬유 (단면은 원으로 가정)를 반경 r 로 굴곡하였을 때의 힘 F 는 직경 d 의 4승과 탄성을 E 의 곱에 비례하므로 LC POF는 E 가 충분히 작지 않는 한 매우 굽히기 어렵다. 이 때문에 재료로서는 엘라스토머와 액체가 사용되는데 Lumatec사에서 고분자 튜브를 클래드, 액체를 코어로 하여 개발된 LC POF (구경 2~8 mm, NA 0.61~0.73)가 의료, 공업 용도에 사용되고 있다.⁹ 한편 코어액 및 튜브의 내면 제어 연구를 통하여 자외, 가시, 근적외광을 전송 내지는 튜브의 측면으로부터 방사하는 새로운 타입의 광전송튜브도 개발되어 조명, 현미경과 의료용, 공업용 내시경의 spot 광원, 태양광 집광장치, 자외선 접착 spot 광원용, 적외선 전송용 및 장식, 센서용으로도 사용되고 있다.¹⁰ 또한 금후 가장 기대할 수 있는 용도의 하나로 GE사의 'light engine' 시스템을 들 수 있다. 이는 하나의 광원으로부터 복수의 light guide를 개재시켜 조명이 필요한 장소에 광을 유도하여 에너지 절약, 공간 절약을 시도하였다.¹¹

LC POF는 구조상 기본적으로 SI형이 이용되는데 코어재료는 전술한 엘라스토머 또는 액체가 사용되고 ① 불소수지 튜브와 액체 코어의 조합, ② 불소수지 튜브와 엘라스토머 코어의 조합, ③ 엘라스토머 튜브와 엘라스토머 코어, ④ 엘라스토머 튜브와 액체 코어 등으로 분류할 수 있다. 에너지로서 광의 고효율 전송을 위해서는 전송손실을 저감하면서 단위 면적당의 효율을 높이는 것이 중요하다. 전송손실은 많은 기술적 진보에 의하여 100

dB/km 레벨까지 달성되었다. 불소치환된 폴리머와 오일의 조합을 통하여 더욱 저손실화를 달성할 수 있지만, 일반 용도에서는 비용을 고려하여 100 dB/km 레벨이 실제적 한계라 할 수 있다. 일반적인 POF에서는 코어의 직경이 굵어지면 유연성이 상실되므로 가는 섬유를 집속하여 구경을 크게 하고 있다 (MC POF와 유사한 구조). 이 같은 번들 섬유에서는 섬유간에 공극이 있기 때문에 광의 수광 효율 측면에서 문제가 발생한다. 번들 타입의 경우, 한 공극 이외에 광이 통과되지 않는 클래드 부분도 존재하여 유효 수광 면적은 번들 섬유 단면적의 40~60% 정도인 것이 일반적이다. 이에 비하여 LC POF는 굴곡은 어렵지만 싱글 코어이기 때문에 전송효율은 100%에 가깝다.

광을 전송하는 역할을 담당하는 코어재료가 갖추어야 할 조건은, ① 우수한 투명성, ② 높은 굴절률, ③ 정제 용이성, ④ 물리적, 화학적 안정성, ⑤ 저탄성률, ⑥ 환경 안정성, ⑦ 불연성 (난연성) 등을 들 수 있다. 상기 조건을 만족하는 액체계로서는 실리콘 오일 이외에도 무기염의 수용액 등이, 엘라스토머계로는 실리콘계, 아크릴에스터계 등이 이용되고 있다. 한편 클래드재에 대한 요구특성으로는 ① 풍부한 유연성, ② 우수한 투명성, ③ 낮은 굴절률, ④ 우수한 내열, 내후, 화학안정성, ⑤ 우수한 가공성, ⑥ 코어재와의 물리적, 화학적 상호작용이 없을 것, ⑦ 난연성, ⑧ 낮은 기체투과성 등이다. 상기 조건을 모두 만족하는 재료는 그 수가 제한적이어서 현재에는 주로 불소수지계가 사용되고 있다.

그림 4는 LC POF 및 각종 번들형 (멀티 코어형) light guide의 길이와 전송효율과의 관계를 나타낸다. 300 W의 Xenon 램프를 사용하여 집광경을 이용하여 시료에 입사하였다. 광량은 시료로부터 출사된 광을 적분구에 도입시켜 광 powermeter를 사용하여 측정하였다. 플라스틱 및 다성분 글라스계 번들 타입에서는 5 m 길이에서 전송효율이 25% 정도이고, 석영계에서는 섬유 자체의 전송손실은 극히 작지만 NA가 작기 때문에 결과적으로 종합적인 입사효율은 매우 낮다. 반면 LC POF의 경우에는 싱글 코어형으로 유효 수광면적이 넓기 때문에 5 m에서 70%로 매우 우수한 값을 나타낸다.

통상 light guide의 기능은 한 쪽 끝에서 입사된 광을 말단까지 고효율로 전송하는 것이다. 그러나 전혀 새로운 발상으로 LC POF의 측면으로부터의

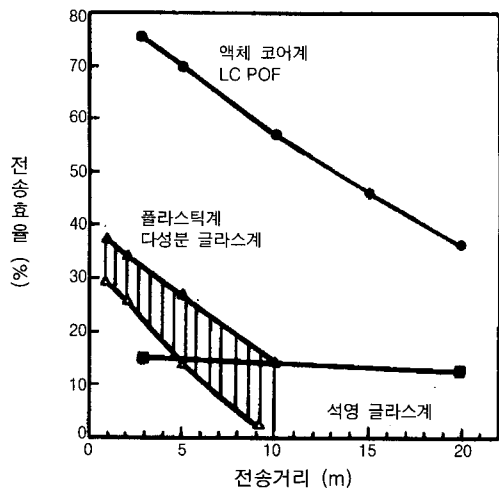


그림 4. 각종 light guide의 길이와 전송효율의 관계.

고의적인 광의 산란방사 제어를 통하여 측면 발광 튜브도 개발되었다.¹²

이들 LC POF는 기존의 글라스계, 플라스틱계 변질 타입에 비하여 ① 대구경이면서도 유연성이 우수하고, ② 10 m이하의 단거리에서의 광전송효율이 우수하며, ③ 광전송 이외에도 유연한 측면 발광체로도 이용 가능하고, ④ 성능 대비 비용 측면에서 우수하다. 이러한 장점을 살려 ① 옥상의 간판 조명, 철도용 조명 등의 조명 분야, ② 도로 안전조명 분야, ③ 경관·장식 조명, ④ 자동차용 조명 분야 등에 적용사례가 보고되고 있다.¹³⁻¹⁵ 또한 코어재에 실리콘 고무를 사용한 LC POF는 신도, 압축, 굴곡 등의 변형에서 우수하다. 이 변형에 따른 광투과량의 변화를 이용한 압력 센서, 주행 차량 바퀴의 통과 검지 센서, 굴곡도 검지 센서 등이 검토되고 있다.¹⁶

상술한 바와 같이 LC POF의 용도는 넓으나 그 보급은 아직 제한적이다. 그러나, 가격, 성능 양측면에서 발전을 통하여 다양한 제품화가 가능한 성장성이 큰 제품군으로 POF의 대중화에 크게 기여할 것으로 기대된다.

4. 액티브 POF

POF는 석영계 광섬유와 달리 기능 부여성이라는 특징이 있다. 이러한 POF 고유의 특성을 살려 전송과 제어와 센싱을 통합한다면 POF의 활약장이 훨씬 넓어질 것이다. 이와 같은 광기능성이

부여된 POF를 액티브 POF라고 하며 POF 레이저 POF 모듈레이터, POF 아이솔레이터 및 POF 센서 등의 optoelectronics에서 매우 중요한 소자로 이용 가능하다.

POF 레이저는 코어 혹은 클래드부에 레이저 활성 물질을 도핑시킨 POF인데 이들 활성 물질을 광여기시키면 레이저 발진을 얻을 수 있다. 통상 레이저와는 달리 정교한 얼라인먼트 조정이 필요하지 않고 전송용 POF와의 직접결합을 통하여 출력 레이저 광을 임의의 장소로 유도가능하다. 이는 광섬유 센서용 광원으로 기대되고 있는데 현재 유기 색소와 희토류 이온을 레이저 활성물질로 하는 연구가 수행되고 있다. 그러나 레이저 발진에 있어 공진기내 손실 (POF의 전송손실에 해당)에 큰 영향을 받아 현재 이득 (gain)이 큰 색소로 도핑한 경우를 제외하면 POF 레이저의 발진 사례는 거의 없다.¹⁷

POF 모듈레이터의 경우 ① POF (주로 코어 폴리머)의 광탄성효과와 열광학효과, ② 비선형색소로 도핑 혹은 폴리머 측쇄로 부여된 비선형 POF의 일차 및 이차 전기광학효과, ③ 액정으로 도핑된 POF의 전기광학효과 및 동적 산란 등이 이용 가능한 동작기구들이다. ①과 관련하여 단면 2 mm × 2 mm, 길이 23 mm의 PMMA 벌크를 사용하여 압전 액츄에이터에 의한 응력으로 유기된 복굴절을 이용한 응답속도 50 ms의 광스위치 동작이 얻어진다.¹⁸ ②의 사례로는 이차 전기광학효과가 큰 비선형색소를 도핑시킨 폴리- α -메틸스타이렌 (Poly- α methylstyrene, PaMS)을 코어로 하는 코어직경 1.5 mm, 길이 7 cm의 비선형 POF를 제조하고 여기에 고전압변조신호를 인가할 때의 광변조실험에 대한 보고가 있다.¹⁹ 변조전압이 1.5 kV로 너무 커서 실용적이지 못하지만 변조신호의 2배의 주파수를 갖는 이차 전기광학효과 특유의 광변조 출력이 얻어졌다. 아직 색소 도핑 농도가 수 wt%로 제한되므로 높은 변조전압이 필요하지만 향후 도핑법의 개선과 소자길이를 길게 함으로써 저전압에서 구동화하는 기술이 개발될 것으로 기대된다.

POF 아이솔레이터는 POF의 투명성 이외의 광물성을 적극적으로 이용하여 POF의 응용 범위를 넓히고자 하는 시도의 하나로 코어 폴리머의 선광 (旋光)성을 이용한 사례로 광모드변환기와 광아이솔레이터로의 응용이 보고되었다.^{20,21} 그러나 이들의 POF 통신 시스템에의 실제 적용을 위해서는

신규 투명 자기광학 폴리머의 개발이 강력히 요망되고 있다.

POF 센서는 외부환경에 따라 광학 특성이 변하도록 도핑 재료를 잘 선정하여 비교적 용이하게 제조할 수 있는 기능성 재료이다. 예를 들면 각종 유기색소로 도핑시킨 두께 수 μm 의 PMMA 클래드층을 갖는 POF를 광여기하면 온도에 비례하여 형광강도 변화가 나타나서 응답속도 1 s 이하의 고감도 POF 온도 센서로 된다.²² 이 센서는 호흡 공기 중의 수분을 모니터링할 수 있어 이를 이용하여 호흡상태의 진단 등의 의료 분야에서의 응용 가능성도 크다. 한편 **그림 5** (a)는 섬유-레이저 공진기 내에 Rhodamine (Rh6G)로 도핑된 레이저 활성부 와 Thymol Blue (TB)로 도핑된 암모니아 가스 검지부를 갖는 POF 레이저와 POF 센서를 일체화한 액티브 POF의 한 사례를 보여주고 있다. 센서부에서 암모니아 가스가 흡착되어 흡광도가 증가하면 공진기 내 손실이 증가하여 레이저 출력이 현저히

감소된다. **그림 5**(b)에 나타난 바와 같이 통상의 POF 동작 (공진기의 검출방식)보다 고감도임을 알 수 있다.²³ 향후 이와 같은 하이브리드 기능적 POF 센서의 개발과 응용이 급증할 것으로 예상된다.

아직까지 실용적 수준에 이르지 못하는 못하였지만 이들 액티브 POF들은 광전송과 광제어 및 센싱의 통합을 강조하며 기술적 진보가 계속되어 저가 광통신용 POF 시스템 구축에 있어 핵심 소자로서의 활용폭을 넓힐 것으로 기대된다.

5. 광증폭 POF

POF 광증폭기 (Polymer Optical Fiber Amplifier, POFA)는 POF의 코어에 형광효율이 높은 유기색소를 첨가한 섬유형 광증폭기로 액티브 POF의 한 종류라 볼 수 있다. 이러한 섬유형 증폭기는 ① 광섬유 통신시스템과의 적합성 (compatibility)이 좋고, ② 광여기로 광증폭이 가능하며, ③ 편파 무의존의 고효율 고이득 광대역의 광증폭이 가능하다는 장점이 있다.²⁴ 특히 대구경의 POF 시스템과의 적합성을 고려하면 유사한 구경의 섬유형 증폭기가 바람직하다. 석영계의 경우 적외영역에서 광증폭기능을 갖는 희토류 (Erbium 이온) 첨가 섬유형 증폭기가 개발되었지만 코어경이 5~10 μm 로 매우 작고, 증폭 가능한 신호광의 파장도 1.5 μm 부근이어서 POF 광통신 시스템에의 적용은 어렵다. 또한 대구경의 희토류 첨가 석영계 광섬유를 제조하더라도 희토류의 흡광 면적이 작기 때문에 충분히 여기되지 않고, 또한 취급도 어렵다는 단점이 있다. 이에 반해 Rhodamine계 색소로 대표되는 유기색소는 ① 큰 흡광 단면적 (희토류 이온의 1만배)과 높은 형광양자수량 (~0.95)를 갖고, ② 증폭 가능한 파장의 영역에서도, 각각의 파장영역에 적합한 유기색소를 선택하여 가시광으로부터 근적외영역까지 어느 파장대에서도 원리적으로 가능하며 (**그림 6**), ③ 유도방출 단면적이 큰 (희토류의 1만배) 색소도 많기 때문에 매우 짧은 섬유길이 (수십 cm~수m)로 수 백~수 천 배의 높은 이득을 얻을 수 있고, 또한 ④ 색소 첨가량은 중량비로 통상 0.1~수 ppm으로 매우 작기 때문에 색소 첨가에 따른 기계적 특성의 저하가 없는 등의 많은 장점을 갖는다. 따라서 POFA는 대구경화가 가능하고, 취급이 용이하므로 POF 광통신 시스템과의 적

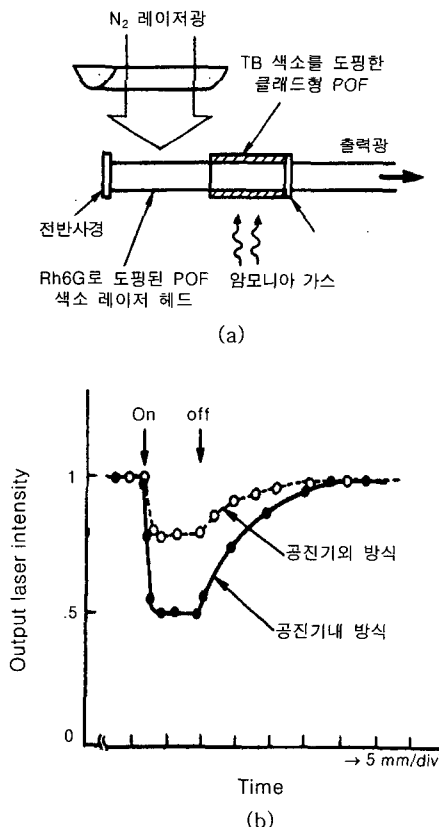


그림 5. 레이저/센서 집적형 POF의 구성사례(a)와 동작사례(b).

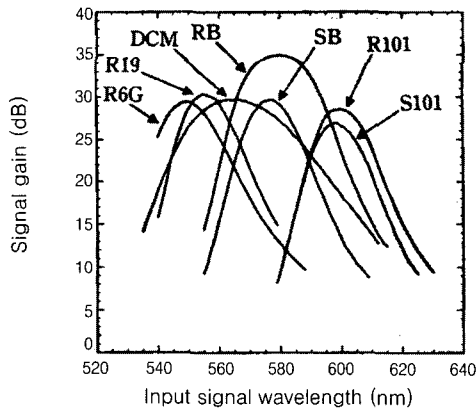


그림 6. POFA의 신호이득 스펙트라(계산치, R:Rhodamine, SB: Sulforhodamine B, S101: Sulforhodamine 101).

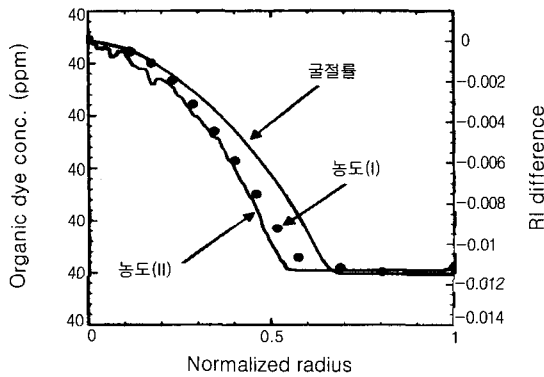


그림 7. POFA 모재 중의 굴절률분포와 유기색소의 농도분포(농도(I):흡광도측정으로부터 구한 값, 농도(II): 형광강도측정으로부터 구한 값, 사용된 유기색소는 Rhodamine B).

합성이 매우 높다고 할 수 있다.

이러한 POFA를 계면-겔 중합법으로 제조하면 POFA 중에 존재하는 색소의 분포를 여기광의 강도분포와 합치되도록 반경 방향으로 경사분포시킬 수 있어 고효율 여기를 실현할 수 있다.²⁵ 그림 7은 계면-겔 중합법으로 제조된 모재 중의 굴절률 분포와 유기색소 농도분포를 나타낸다. 농도 및 굴절률 분포곡선은 포물선에 가깝는데 이들은 중합 과정에서 이른 바 겔효과와 선택적 확산기구를 통하여 형성된다. 선택적 확산이란 계면-겔 중합 시, 분자의 겔층으로의 확산속도는 용해성에 있어 큰 차이가 없는 경우 분자부피가 작을수록 커진다는 원리에서 중합이 진행됨에 따라 상대적으로 분자부피가 큰 분자가 중심 쪽으로 분포함을 의미한다. 그림으로부터 고굴절률의 유기 도판트의 농도 분포

의 결과인 굴절률 분포보다 상대적으로 분자 부피가 큰 Rhodamine B의 농도분포가 침예하다는 사실은 이 같은 선택적 확산기구를 뒷받침한다.

1,000 °C 이상의 고온에서 열연신공정을 거쳐 제조되는 석영계 섬유에서는 유기색소의 첨가가 불가능하지만 POFA의 경우보다 낮은 온도에서의 열연신이 가능하기 때문에 유기색소를 첨가할 수 있는 것이다.²⁶ 따라서, 이들 유기색소의 우수한 광증폭특성을 이용할 수 있는 광증폭기는 POFA 밖에 대안이 없다고 생각된다.

그러나 POFA가 보다 실용성을 확보하려면 ① 펄스광 뿐만 아니라 연속광에 대한 증폭특성, ② 광에 대한 열화(劣化)특성에 대한 심도 깊은 해석 및 검토가 필요하며 불소계 POF 광통신 시스템의 적용성을 고려한다면 근적외 영역에서의 증폭특성에 대한 해석 및 검토도 요구된다.

6. 결 론

본 고에서는 POF의 사회적, 기술적 필요성에 대한 배경과 GI POF나 불소고분자계 POF 등의 이른바 근거리 초고속 광통신용 전송매체으로 심각하게 고려되고 있는 POF를 제외한 여타 POF 소재 디바이스들에 대하여 ‘신기능 POF 기술동향’이라는 제목 하에 개략적으로 설명하였다. 무한한 가능성은 있으나 상용화 실적이 미미한 국내의 실정에서 본 고가 POF 기술의 커다란 가능성에 대한 관심을 일깨우는 계기가 되기를 바라면서 글을 맺는다.

참 고 문 헌

1. 井手 文雄, "Optoelectronics and Polymers", p. 2, 共立出版, 1995.
2. 井手 文雄, "實用高分子材料", p. 179, 工業調査會, 2002.
3. Gatekeeper社, POF World 2000, Tutorial #1, POF Industry Overview, 2000.
4. 박 민, 김준경, 이무성, *공업화학 전망* **3**(5), 27 (2000).
5. 산업자원부, "차세대 신기술 기획과제 보고서", 플라스틱 광섬유에 대한 기술개발, 2000.
6. 豊島, *高分子*, **45**, 98 (1996).

7. <http://www.pofeska.com/pofeskae/pofe/megae/megae.htm>.
8. H. Munekuni *et al.*, *Proc. Of POF & Applications Conf.*, 148 (1994).
9. Lumatec社 자료, http://www.lumatec.de/E_Lightgds/ghtgdsE.htm.
10. M. Ishiharada *et al.*, *POF'93 Haag* (1993).
11. G. E lighting, *Photonics Spectra*, **11**, 16 (1990).
12. Asahi Kasei 기술자료.
13. 内田憲男, *鐵道電氣*, **2**, 44 (1996).
14. 積水樹脂社 기술자료.
15. M. Ishiharada *et al.*, *IRC'95 Kobe Preprints* (1995).
16. 烏又榮治, *計測自動制御學會論文集* **30**, 1402 (1994).
17. Y. Koike Ed., "Plastic Optical Fiber, POF Consortium", 共立出版社, 1997.
18. 高橋英郎 *et al.*, *纖維學會第3回 Optics & Electronics 有機材料 Symposium*, 1 (1986).
19. 武藤眞三, *高分子*, **45**(2), 94 (1996).
20. S. Muto *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **31**(3B), L346 (1992).
21. S. Muto *et al.*, *Optical Review*, **3**(2), 120 (1996).
22. S. Muto *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **33**(10), 569 (1994).
23. A. B. Wojcik *et al.*, *Proc. SPIE. Sol-Gel Optics III*, **2288**, 392 (1994).
24. 中澤正隆, *應用物理*, **59**(9), 1175 (1990).
25. A. Tagaya *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, **63**, 883 (1993).
26. A. Tagaya *et al.*, *Appl. Opt.*, **34**, 988 (1995).