

정보기술용 섬유제품(1)

- 정보통신용제품 제조기술 -

최근 괄목할만한 성장을 이룬 산업분야로서 정보통신분야를 꼽을 수 있다. 특히, 인터넷의 등장은 세계를 하나의 지구로 묶는데 기여해 왔으며 각종 통신수단의 발달로 이제는 세계 어느 곳에 있더라도 누구와도 정보를 교환하고 자유롭게 통화할 수 있는 시대가 되었다. 정보통신 분야는 앞으로도 지속적으로 발전하여 우리의 생활을 크게 윤택하게 해 줄 것으로 기대된다.

1. 정보통신용품 제조기술

정보통신분야에서의 비약적 발전은 특히 통신망에서 찾을 수 있는데 통신망은 크게 유선 통신망과 무선통신망으로 나뉘어진다. 무선 통신기술의 발달로 최근에는 위성을 이용하여 세계 어디서나 정보의 교환이 가능하게 되었다. 그러나 다량의 정보를 정확히 전달하는데 있어서 무선 통신은 크게 제한을 받기 때문에 유선 통신망의 효과적 구축이야말로 한 나라의 정보, 통신 능력을 좌우하는 가장 중요한 척도가 되고 있다. 한편 종래의 금속선을 이용한 통신은 전기 신호를 사용하기 때문에 동시에 많은 정보를 보내고 받기 어려워서 전달하는 정보량에 한계가 따르는 문제가 있었는데 광통신 기술이 등장하면서 대용량의 정보 전달이 가능하게 되었다. 광통신은 빛을 통신매체로 이용하는 기술로서 그 역사는 오래 전으로 거슬러 올라간다. 과거 봉화를 이용한 통신이나 등대를 이용한 통신 등도 모두 광통신이라고 할 수 있으나 오늘날의 광통신은 통신선을 통하여 빛을 보냄으로써 정보를 전달하는 기술을 총칭한다. 이 때 빛을 보내고 받는 선을 광통신 케이블이라고 하는데 그 중에서도 실제로 빛을 전달하는 부분에 광섬유라고 불리는 섬유가 사용되고 있다. 광섬유는 광신호를 보낼 수 있도록 고안된 투명한 막대봉이라고 생각 할 수 있는데 변조된 광신호를 광섬유의 한 쪽 끝을 통하여 보내면 다른 쪽 끝에서 광을 수신하고 그 신호를 다시 데이터로 변환하여 이용한다. 광섬

유를 이용한 통신의 장점을 열거하면 다음과 같다.

- ① 전송 손실이 작다. 즉, 신호를 증폭하여 재전송하지 않고도 장거리 통신이 가능하다.
- ② 기존의 동선에 비하여 가볍고 부피가 작다.
- ③ 기존의 동선보다 더 많은 정보를 전송할 수 있다.
- ④ 송수신기 사이에 전기적 접속이 없다.
- ⑤ 광전송시 번개 등과 같은 전기적 소요에 대한 간섭이 없다.
- ⑥ 염분, 오염, 부식과 같은 환경조건에 더 강하고 핵방사능에도 영향을 덜 받으며 신뢰성이 있다.
- ⑦ 전송의 보안이 유지되며 도청이 거의 불가능하다.

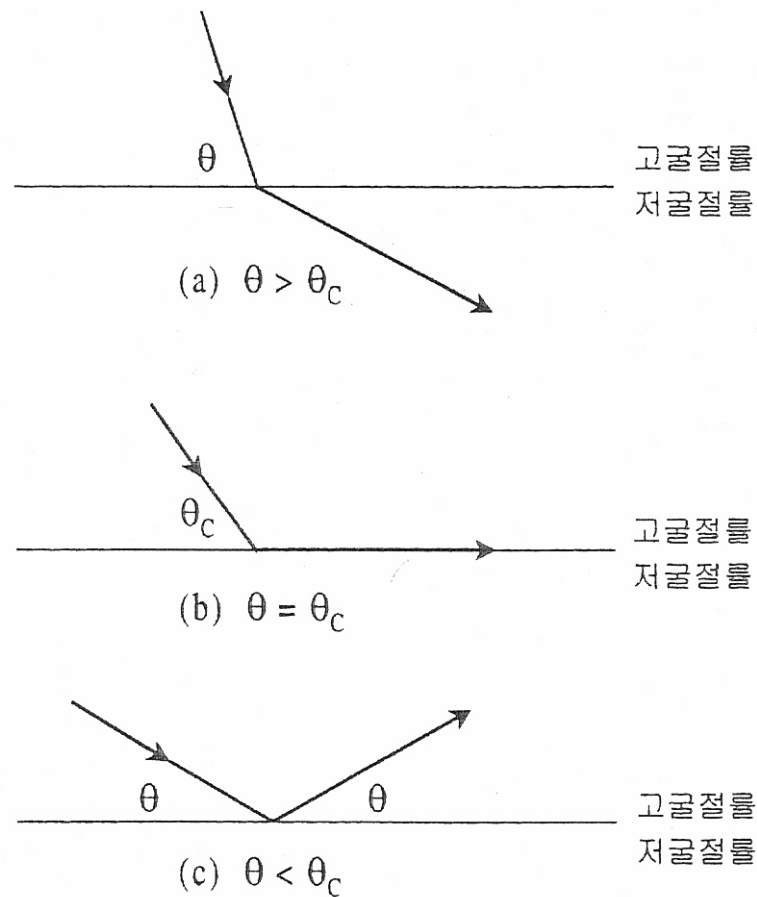
이상과 같은 장점으로 인하여 광섬유는 대량의 데이터를 순식간에 전송하면서도 신호의 증폭 없이 장거리 송신을 가능하게 한다. 광섬유를 따라 진행하는 빛 에너지의 손실을 전송손실이라고 하는데 전송손실 0.2dB/km의 상업화된 섬유를 사용할 경우 중계기를 거치지 않고도 100km 이상의 거리를 전송할 수 있게 되나.

광섬유는 크게 석영계 고순도 유리로 만든 유리 광섬유(glass optical fiber, GOF)와 플라스틱으로 만든 플라스틱 광섬유(plastic optical fiber, POF)로 나누어 진다. 유리 광섬유는 성능이 우수한 반면 가격이 비싸고 플라스틱 광섬유는 성능은 유리 광섬유보다 떨어지지만 가격이 상대적으로 저렴하고 다루기 쉬운 장점이 있다. 일반적으로 유리 광섬유는 전송손실을 최소화해야 할 장거리 송신용으로 사용되며 플라스틱 광섬유는 전송손실이 작은 단거리 송신에 주로 사용된다. 또한 광섬유는 통신용 이외에도 내시경, 집광기, 디스플레이용 등 다양하게 사용되고 있다.

1.1 광섬유의 원리와 이용

굴절률이 다른 두 재료 사이를 통과하는 빛은 직진하지 못하고 두 재료의 경계면에서 굴절한다. 이 때 나타날 수 있는 굴절의 형태는 세 가지로 구분할 수 있

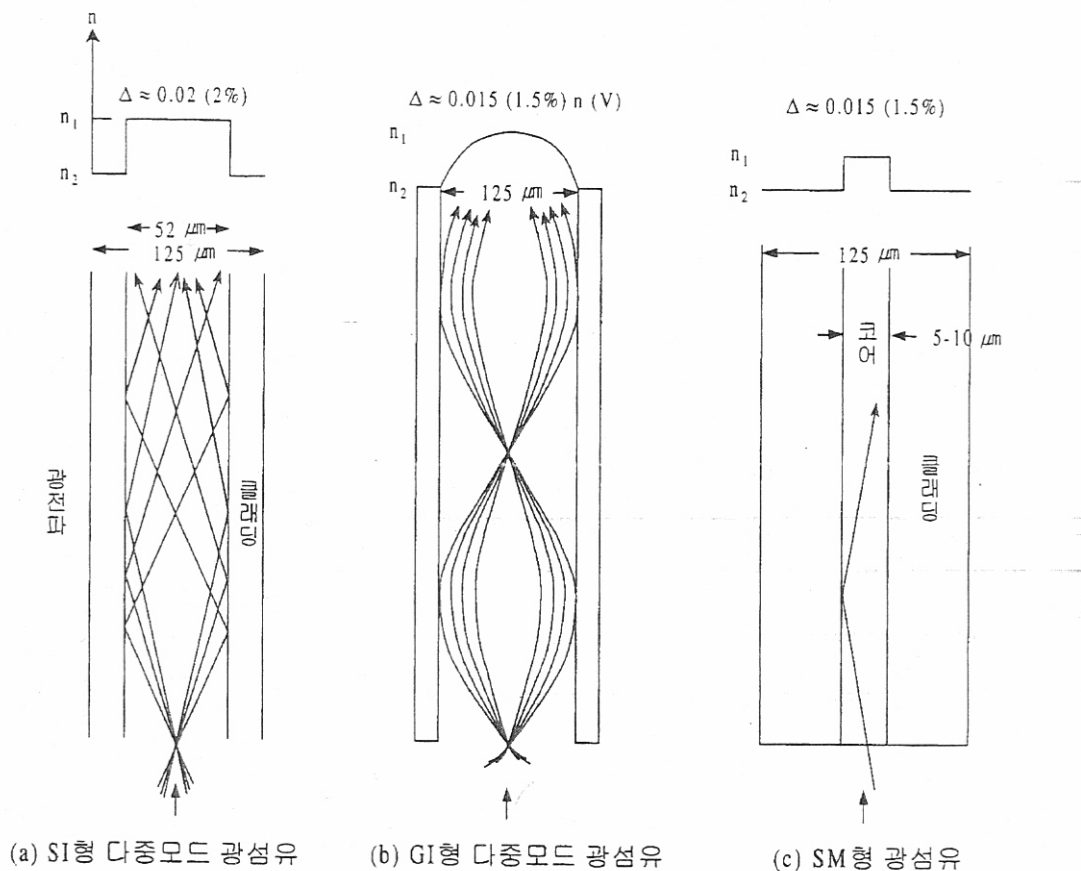
는데 만일 굴절율이 큰 매질에서 굴절율이 작은 매질로 빛이 진행하고 있다면 <그림 1>과 같은 현상이 일어날 것이다.



<그림 1> 두 매질 사이를 지나는 빛의 굴절과 반사(θ_c 는 임계각)

θ 의 각도로 입사한 빛은 더 많이 굴절되어 저 굴절률 매질을 통과하게 된다. (<그림 1> (a)) 한편 입사각 θ 가 점점 작아지면 빛은 점점 두매질의 경계면에 가까운 방향으로 나아가게 되면 만일 어떤 특정한 각도가 되면 입사된 빛은 두 매질의 경계면을 따라 이동하게 된다. (<그림 1(b)>) 이 때의 입사각을 임계각이라고 하고 θ_c 로 표시한다. 만일 입사각 θ 가 θ_c 보다 작아지면 빛은 저 굴절률 매질로 통과하지 못하고 그 경계면에서 반사되어 다시 고 굴절률 매질로 돌아오게 된다. (<그림 1>(c)) 이러한 현상을 내부전반사(total internal reflection)라고 한다. 만일 광

이 통과할 수 있는 투명한 재질로 섬유를 만들어 섬유의 외부에 섬유보다 굴절률이 작은 성분을 코팅하고 내부 섬유의 중심에 일정각도로 빛을 전송하는 경우, 빛의 입사각이 임계각보다 작다면 빛은 저 굴절률 성분을 통과하지 못하고 두 성분의 경계면에서 반사하게 된다. 이렇게 반사된 빛은 계속 반사하며 진행하여 결국은 이 섬유를 통해 진행하게 되는데 이것이 광섬유의 원리이다. 여기에서 섬유 내부를 코어(core), 섬유를 둘러싼 저 굴절률 성분을 클래딩(cladding)이라고 한다. 상대 굴절률차($\Delta n/n_{\text{core}}$)가 증가할수록 전체 모드의 수가 많아지게 되어 보다 많은 양의 정보를 동시에 보낼 수 있게 된다. 한편 임계각에 근접한 전파각을 갖는 모드를 고차모드라고 하고, 임계각보다 훨씬 작은 전파각을 갖는 모드를 저차모드라고 하는데 고차모드는 빛에너지가 클래딩을 통하여 손실되는 경향이 있어 광손실이 크다. 즉, θ 가 클수록 광손실이 크다.



<그림 2> 여러 종류의 광섬유

한편, 실제 이용되고 있는 광섬유는 SI형(Step-index fiber), GI형(graded-index fiber) 및 SM형(Single-mode fiber)의 세가지로 나눌 수 있다. <그림 2>는 이들 세가지 광섬유에 있어서 광이 어떻게 전파되는지를 도식적으로 나타낸 것이다.

(1) SI형 광섬유

앞에서 설명한 광섬유의 원리를 그대로 적용한 것으로써 굴절률이 높은 투명한 재질로 섬유를 만들고 그 섬유의 표면에 굴절률이 낮은 물질을 코팅하고 내부 섬유의 한쪽 끝에 입사각보다 작은 입사각으로 빛을 가하면 빛은 계면에서 반사되어 전파된다. 이 때 코팅이 없어도 빛은 섬유와 공기 사이에서 굴절하여 전반사될 수 있다. 그러나 광통신에 사용되는 광섬유는 광손실 방지 및 표면 손상방지를 위해 클래딩 처리를 한다. 한편 코어와 클래딩 사이에서 광의 손실이 발생하지 않도록 클래딩은 빛을 흡수하지 않고 모두 반사할 수 있는 재질을 사용하여야 한다. 이 광섬유의 굴절률은 계단형으로 변하기 때문에 이러한 형태의 광섬유를 SI형 광섬유라고 부른다.

<그림 2(a)>에서 볼 수 있듯이 광섬유에 입사한 빛은 전파거리가 다르기 때문에 입력한 신호는 출구로 나오면서 확산되는 문제가 있다. 이러한 입력 펄스가 출력단에서 퍼지는 현상을 분산이라고 한다.

(2) GI형 광섬유

광섬유는 SI형과 같이 굴절률이 계단식으로 변하게 만들 수도 있지만 중심으로 부터 멀어질수록 굴절률이 작아지게 점진적인 변화를 갖도록 설계할 수도 있다. <그림 2(b)>. 이 때 광섬유의 한 쪽 끝에 입사한 빛은 섬유의 바깥쪽으로 갈수록 빛의 진행방향이 휘게 되어 일정 위치에 도달하면 전반사 한다. 이러한 형태의 광섬유를 GI형 광섬유라고 한다. GI형 광섬유는 전반사가 일어나는 면에서 분명한 계면이 존재하지 않는다.

GI형 광섬유에서는 <그림 2(b)>에서와 같이 모든 모드의 빛이 같은 속도로 움직이기 때문에 입력신호가 출구에서 분산되지 않는다.

따라서 SI형에 비하여 신호의 정확도가 높고 보다 많은 양의 정보를 전송할 수 있다.

(3) SM형 광섬유

GI형 광섬유는 사용하는 광의 파장 정도의 직경을 갖도록 설계되며 빛의 전달 기구는 매우 복잡한 수식에 의해 설명된다. 이러한 수식은 몇 가지 해를 갖게 되는데, 이 때 어떤 특정한 섬유의 모양과 굴절률에서는 빛이 섬유축을 따라 전파되는 해를 얻는다. 이와 같이 빛이 섬유축을 따라 전파되도록 설계된 광섬유를 SM형 광섬유라고 한다. SM형 광섬유는 저 손실 클래딩을 두텁게 사용하는 것이 일반적인데 코어의 직경이 $10\mu\text{m}$ 일 때 클래딩의 직경은 $120\mu\text{m}$ 정도이다.

SM형 광섬유는 문자와 같이 하나의 모드를 전송하지만 신호가 분산되지 않기 때문에 1chdpeh 수억 개의 문자를 보낼 수 있어 장거리 통신용으로 적합하다.

광섬유 내에서 빛은 전반사(SI형) 하거나 파형을 그리면서 굴곡되며 전파(GI형) 하는데 이 과정에서 광손실이 전혀 없다고 하더라도 섬유를 구성하는 재질에 의한 흡수와 산란이 일어나게 되어 광손실을 피할 수는 없다. 어떠한 고체 물질도 빛을 손실 없이 완전히 투과시키지는 않는다. 실제로 대부분의 물질은 빛을 흡수 하거나 산란하는 경향이 커서 광섬유용으로 적합하지 않으며 오직 고순도 유리나 투명한 플라스틱만이 광섬유용으로 적합하다. 일반적으로 광섬유용 재료는 불순 물이 철저히 제거된 고순도 물질을 사용해야 하는데 아무리 순도가 높아도 사용한 빛의 파장에 따라 광손실의 정도가 달라지게 되므로 재료를 선택할 때에는 사용할 빛의 파장과 광섬유의 광전파 특성 등을 고려하여야 한다. 일반적으로 광섬유에 사용하는 빛은 가시광선에서 근적외선(near infrared light) 영역의 파장을 갖는다.

광섬유에 입사된 빛의 세기를 I_0 라고 하고 길이 L 인 광섬유를 통과한 후의 빛의 세기를 I 라고 할 때 I 는 다음 식과 같이 섬유 길이가 길어짐에 따라 지수함수적으로 감소한다.

$$I = I_0 \exp(-\alpha L)$$

여기서 α 는 감쇠인자(attenuation factor)라고 부르며 dB/km으로 표시되는 것이 일반적이다.

광섬유에서 나타날 수 있는 광손실의 원인은 크게 재료손실, 산란손실, 광섬유 결함 및 휨에 의한 손실의 세가지로 나눌 수 있다. 재료손실은 광섬유 구성물질과 빛과 상호작용으로 발생하는 손실로써 주로 재료에 의한 흡광 불순물에 의한 손실에 기인한다. 금속 불순물은 제조공정에서 대부분 제거된다고 볼 때 가장 큰 손실은 OH^- 불순물에 기인한다고 볼 수 있다. OH^- 불순물은 특정 대역에서 손실을 유발하며 농도 1ppm일 때 파장 $1.4\mu\text{m}$ 에서 최대의 손실을 보인다. 산란손실은 섬유구성물질이 빛을 산란시킬 때 일어나며 광섬유내의 밀도 불균일성 또는 불순물에 의해 발생한다. 밀도가 다르면 굴절률이 달라지게 되고 굴절률이 다른 부분은 빛의 산란을 유발하여 광손실을 유발하게 된다. 마지막으로 광섬유 결함이나 휨에 의한 손실은 광섬유 두께의 불균일성 또는 섬유의 표면에 작은 요철과 같은 광섬유의 결함에 의하여 발생하는 손실과 광섬유가 휘는 부분에서 발생하는 손실을 말한다. θ_1 으로 입사한 빛이 휘는 부분에 도달하면 그때의 입사각 (θ_1)은 θ_1 보다 크게 되고 만일 임계각보다 크다면 빛은 클래딩을 통하여 이탈하게 되어 광손실이 발생하게 된다.

광섬유를 설계할 때에는 사용 용도가 중요한데 만일 근거리 통신용으로 사용할 것이라면 수천 dB/km의 α 값을 갖는 재료를 사용해도 무방하나 수십km 정도로 긴 거리를 사용하기 위해서는 α 값이 1dB/km이하인 재료를 사용하여야 한다. 한편 광섬유의 유효거리는 감쇠인자 α 에 의해서만 결정되는 것이 아니고 사용하는 광의 종류, 검출기의 감도, 증폭기의 성능 등에 따라 달라지므로 광섬유를 설계할 때에는 이러한 모든 요소를 고려해야 한다.

광섬유의 가장 중요한 용도는 통신용이다. 음성, 영상을 비롯한 각종 데이터는 발광소자 등을 이용하여 광원의 변조를 유발하게 되고 변조된 광은 광섬유를 통하여 멀리 떨어진 곳으로 전달되며 전달된 빛은 검출기에서 검출되고 증폭기를

통해 증폭되어 다시 음성, 영상 등 데이터로 변화된다. 광섬유를 통신에 사용하면 동선을 사용하는 경우에 비하여 손실이 적어서 전송거리가 길고, 대역폭이 넓어 대량으로 정보를 보낼 수 있으며, 전기의 부도체이기 때문에 번개나 전자파에 의한 방해를 받지 않을 뿐 아니라, 가볍고 가벼워서 다루기 쉽고 설치가 용이한 장점이 있다.

통신용 광섬유도 수십km이상의 장거리 통신용, LAN과 같은 근거리 통신용, 자동차나 비행기 내장용과 같이 매우 짧은 거리에서 단거리 통신용 등 다양한 용도가 있다. 특히, 자동차나 비행기에 내장하는 경우에는 고온에서 사용되는 경우가 많으므로 고온에서도 전송 특성이 변하지 않아야 한다. 따라서 플라스틱 광섬유를 사용하는 경우에는 적절한 내열성이 요구되는데 이 경우 내열온도는 사용된 고분자 재료의 유리전이온도 T_g 보다 $10\sim 20^\circ\text{C}$ 낮은 수준으로 된다. 예를 들어, PMMA를 사용한 경우에는 고분자의 T_g 가 100°C 정도이므로 실제 내열 온도는 80°C 정도라고 할 수 있다.

2. 장거리 통신용 광섬유

유리 광섬유는 전송손실이 작고, SI형, GI형 및 SM형 모두 만들 수 있으므로 현재 가장 우수한 통신용 광섬유이다. 섬유의 굴절률은 유리의 조성에 따라 달라지므로 여러 가지 조성의 유리를 사용할 수 있다. 유리 광섬유를 만들기 위해서는 먼저 원하는 굴절률 분포를 갖는 고순도의 프리폼(preform)을 만드는데 프리폼을 가열하면서 연신하여 통상 $100\mu\text{m}$ 이하의 가느다란 섬유를 만든다. 이 섬유는 프리폼과 같은 굴절률 분포를 갖어야 한다. 이렇게 만들어진 섬유의 표면에 고분자 물질을 코팅하여 광섬유의 표면을 보호하는데 이 때 코팅 재료는 광섬유의 광전파에 영향을 미치지 말아야 한다.

이렇게 제조된 유리 광섬유는 매우 낮은 광손실을 가지며 특히 SW형 광섬유의 경우에는 광손실을 최소화할 수 있다. 따라서 유리 광섬유는 장거리 통신용으로 적합하다. 다만 가느다란 광섬유를 연결하기 위해서는 특별한 장치와 기술이 필요하기 때문에 설치비용이 상승하는 등의 문제가 있으나 현재로서는 장거리 통신

용으로는 유리 광섬유가 유일하다.

3. 근거리 통신용 광섬유

일반적으로 근거리 통신용으로는 플라스틱 광섬유가 적합하다. 원리적으로 고압성유는 굴절률이 다른 두 투명성 고분자 물질을 동심원 형태로 사출(coextrusion)하여 만들 수 있다. 그러나 실제로는 선택할 수 있는 조합이 극히 제한되어 있는데 코어로서 폴리메틸메타크릴레이트(polymethyl methacrylate, PMMA, $n_D = 1.50$), 클래딩으로서 플루오르계 고분자(fluorine containing polymer, $n_D < 1.40$)를 사용하는 것이 일반적이다. 이러한 상품 예로는 Du Pont과 Mitsubishi에서 만든 플라스틱 광섬유가 있다. 상업화된 또 다른 예로는 폴리스티렌($n_D = 1.60$)을 코어로 하고 PMMA를 클래딩으로 사용한 플라스틱 광섬유를 들 수 있다.

광섬유의 코어에 쓰이는 이들 고분자 재료는 가시광선 영역의 빛은 잘 투과하지만 근적외선 영역의 빛은 흡수하는 경향이 있어서 문제가 된다. 중수소화된 PMMA는 이러한 문제를 해결하기 위해서 고안된 것으로써 근적외선 영역의 빛도 가시광선 영역만큼이나 잘 투과시킨다.

플라스틱 광섬유의 재질에 대해 보다 자세히 살펴본다.

(1) 코어 재료

1) PMMA계

광섬유의 코어 재에 있어 1964년 듀폰이 POF를 처음 개발한 이래 오늘날까지 SI계가 광섬유의 대표격으로 받아들여지고 있고, 일본의 주요 3사(미쯔비시레이온, 도레이, 旭化成)에서 사업화한 광섬유는 전부 PMMA계이다. PMMA의 특징은 가시투명성이 좋고, 기계적 성질도 양호하며, 가격이 싸고, 대구경화가 가능하고, 원료부터 광섬유까지 완전밀폐하여 연속으로 제조하는 것이 가능하다. 손실이 가장 작은 창은 570nm부근이고 두 번째는 650nm부근이다. 650nm의 손실한계는 100dB/km이고, 분자진동흡수가 88dB/km, 레일리 산란의 기여가 12dB/km이다. 이 상에서 손실측면에서는 570nm가 최적이지만, 다른 여러 특성을 종합하여 실제로

는 650nm의 창이 채워지고 있다. 또 내열성을 개선하기 위하여 말레이미드 (maleimide)류, 특히 N-이소프로필말레이미드와 공중합체가 도레이에 의해 개발되어 Tg는 129℃, 전송손실은 218dB/km으로써 내열성이 개량되고 전송손실의 저하도 폴리카보네이트와 비교하여 낮다. 또 가교된 (cross-linked) PMMA를 코어로 사용하여 내열성을 높이는 방법도 검토되고 있다.

2) 폴리카보네이트계

자동차용으로 POF를 사용하는 경우 내열성이 요구된다. PMMA단독계로는 유리전이온도가 110℃에서 내열성이 불충분하다. 그 때문에 투명성이 우수하고 유리전이온도가 145℃인 폴리카보네이트가 내열성 POF로 검토되고 있다. 내열성 이외에도 폴리카보네이트는 내충격성, 내습성, 휨강도, 인장신도에서 우수하다. 그러나 손실은 1200dB/lm(680nm), 800dB/km(765nm)로 큰 편이다. 그 원인은 레일리 산란을 일으키기 쉬운 점, 분자 중의 페닐기의 이중 결합에 근거한 $\pi \rightarrow \pi^*$, 에스터 결합에 근거한 $n \rightarrow \pi^*$ 등의 전자전이흡수가 큰 데 있다.

3) 중수소 함유 폴리머계

POF를 장거리화하기 위하여 전송손실을 저감하는 것이 시험되고 있다. 한 가지 방법은 폴리머 분자를 구성하는 C-H 결합의 수소원자를 무거운 원자로 치환하는 방법이다. 수소원자를 중수소로 치환하는 것에 의해 진동흡수를 장파장에 쉬프트시키는 방법이 유효하다. 이 경우 PMMA의 수소를 중수소로 치환하여도 물성에는 큰 영향이 없다. 손실은 20dB/km(680nm), 25dB/km(780nm), 50dB/km(850nm)로 저감할 수 있다. 그러나 이 폴리머는 흡수에 수반하는 손실이 증가가 보이는 점에 주의가 필요하다. 그 원인은 6배음 등의 고주파의 경향에 있다.

4) 불소계

C-H 결합의 수소원자를 무거운 원소로 치환하는 방법에 있어서, 불소원자를 이용하는 방법이 행해지고 있다. 불소원자에 의한 치환은 중수소보다 훨씬 더 고

파장에 흡수 쉬프트가 가능하다. 또 완전히 불소화된 폴리머를 코어로 사용하면 600~900nm의 범위에서 고주파는 거의 존재하지 않고 신실치의 이론한계는 수 dB/km라고 일컬어 진다. 그러나, 아크릴계에는 완전히 불소치환하면 굴절률이 1.42이하가 되어 클래드 재의 선택이 상당히 한정된다. 그 때문에 굴절률이 큰 폴리스티렌계의 코어 재, 구체적으로는 펜타플루오로듀트로스티렌을 사용하는 것이 검토되고 있다.

5) 노보넨계

노보넨계 폴리머는 JSR에서 개발된 수지 아톤으로 대표되고 광섬유로는 富士通에서 개발되어 있다. 이 폴리머의 특징점은 다음과 같다.

- ① 유리전이온도가 171℃로 폴리카보네이트보다 높다.
- ② 복굴절이 작다.
- ③ 가시광에서의 광선투과율이 높다.
- ④ 흡수율이 낮다.

손실이 800dB/km로 큰 것이 결점이다.

6) 그 외

그 외, 폴리스티렌계, 실리콘 폴리머계 등의 코어 소재가 알려져 있다.

(2) 클래드 재료

클래드 재 폴리머의 역할은 코어 폴리머의 가운데를 빛이 직진할 때 일부의 빛이 외측으로 나가는 것을 클래드 층과의 계면에서 전반사해주고, 빛을 효율적으로 전송하는데 있다. 그러므로 클래드계 폴리머는 코어계에 비해 보조적인 역할을 맡는다는 인식이 일반적이다. 그러나 POF의 개발역사는 클래드재의 탐구를 통하여 독자적인 POF가 설계될 수 있었다고 해도 과언이 아니다. 클래드 폴리머에 일반적으로 요구되는 특성은 다음과 같다.

- ① 코어성분보다 낮은 굴절율을 가질 것
- ② 비정성을 가질 것
- ③ 코어성분보다 밀착성이 좋을 것
- ④ 인성(toughness)이 우수할 것
- ⑤ 내열성이 우수할 것
- ⑥ 코어와 물리적, 화학적 상호작용이 없을 것
- ⑦ 가공성이 우수할 것
- ⑧ 난연성이 있을 것
- ⑨ 기체투과성이 작을 것

클래드계 폴리머는 기본적으로 PMMA보다 굴절율이 작은 점이 중요하기 때문에, 주쇄계 그리고 측쇄계의 불소계 폴리머가 주로 사용된다. 주쇄형은 PTFE로 대표되고, 저굴절율이며 기계적 강도 및 가요성이 우수하다. 그러나 습윤시 결정화가 진행되어 전송손실이 증가한다. 클래드폴리머에는 내열성, 인성(Toughness)m, 계면 접착성도 요구된다.

<표 1> 각종 클래드 폴리머

구 조	굴절율	성질
(불화비닐라덴/테트라플루오로에틸렌)공중합체	1.39-1.41	접착성,가요성
(트루플루오로에틸렌/비닐리덴플루오라이드)공중합체	1.35-1.41	
(메타) 아크릴산불소화에스테르 폴리머	1.35-1.37	투명성,내열성
폴리메타크릴산트리플루오로에스테르	1.41	
폴리메타크릴산헥사플루오로 2-프로필	1.38	
폴리 4-메틸펜텐-1	1.47	내열성

현재 시판중인 플라스틱 광섬유는 대부분 SI형이고 GI형은 향후 기술개발이 기대된다. 플라스틱 광섬유는 광손실이 유리 광섬유보다 크기 때문에 근거리 통신

용으로 적합하다. 한편, 플라스틱 광섬유는 상당히 굵게 제조할 수 있기 때문에 광섬유 연결장치를 단순화할 수 있다는 장점이 있고 유리보다 인성이 커서 다루기 쉽고 외부의 충격에도 강한 특성이 있다. 또한 가격이 유리 광섬유보다 크게 저렴하기 때문에 그 이용 분야가 점차 늘어나고 있는 추세이다.

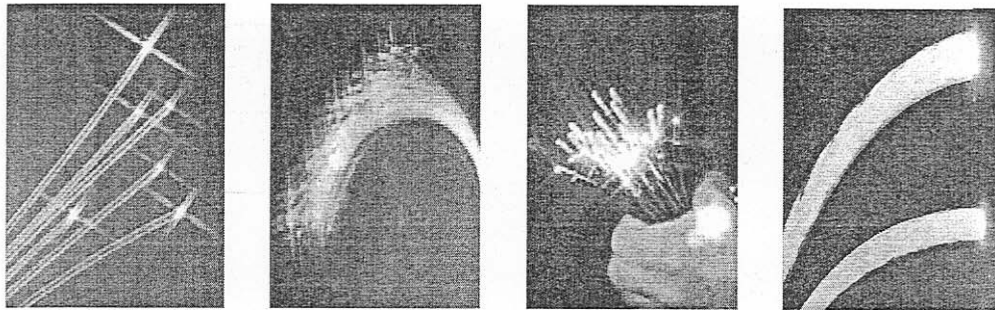
4. 조명 및 이미지용 광섬유

통신용 이외에도 광섬유는 여러 가지 분야에 이용되고 있는데, 광섬유를 이용한 장식용 발광체, 전광판, 집광 및 수광체, 의학용 및 탐사용 내시경 등 그 이용 예는 매우 많다. 이러한 응용 예는 모두 광섬유를 통하여 빛을 전달하는 기능을 이용한 것으로서 광손실이 크게 중요하지 않으므로 플라스틱 광섬유를 사용하는 거성 유리하다. 광원으로 레이저광을 써서 수술용으로 사용하는 경우도 있는데 그 예를 들면 동맥경화증 환자의 동맥 내에 광섬유를 삽입하고 혈관 내부를 보면서 축적물을 확인하고 광섬유의 다른 한 끝에 레이저광을 조사함으로써 축적물을 제거한다.

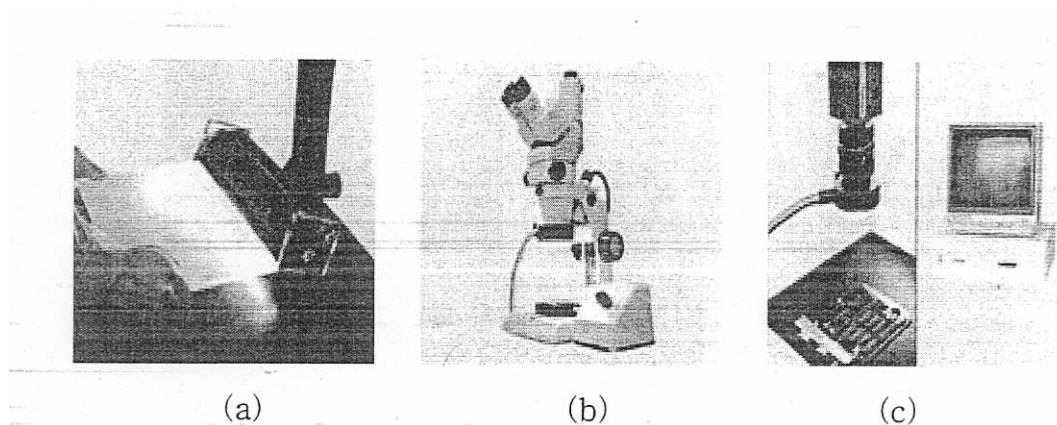
<표 2> 조명 및 이미지용 광섬유의 용도 예

일반적 용도	(1) 장식, 디스플레이 잡화 (2) 광고 디스플레이 (3) 조명, 라이트가이드	장식램프, 크리스마스트리, 수중디스플레이, 브로치, 완구 수예, 조립장비, 실내장식 쇼윈도우 디스플레이, POP디스플레이, 간판 상표 조광표시 자동차용 계기조명, 핀 포인트 조명, 파일럿램프, 선국위치, 표시스위치 표시, 램프 모니터류
공업용 용도	(4) 표시, 표식 (5) 센서류 (6) 정보기기 (7) 의료용 기기	관리, 관제 표시판, 슈미레이다 표시판, 도로 표식, 안내 표시판 카운터, 회전계, 결점감지, 액면계, 색채, 광택계 카드, 테이프리드헤드, 라이트펜, 광데이터링크 냉조명장치, X선실과의 정보 운송링거

광섬유는 조명수단으로도 사용되는데 광섬유를 사용할 경우 광원과 멀리 떨어진 곳을 조명할 수 있으므로 광원 열에 의한 손상이 예상되는 부위를 비추는데 이용할 수 있다. 예를 들어, 박물관이나 미술관에서 고가의 그림을 조명할 때 일반 광원을 사용할 경우 광원의 열이 그림에 영향을 미칠 수 있으므로, 광섬유를 사용하여 광원을 그림으로부터 멀리 떨어지게 하면 그림을 보존하는데 도움이 될 것이다.



<그림 3> 광섬유 조명의 예



<그림 4> 광섬유의 사용 예

5. 배선기능 광섬유

오디오 기기와 같은 가전제품에도 광섬유가 사용된다. CD, DAT(digital audio tape)와 같은 디지털 오디오 기기를 광섬유로 연결하면 기기간의 전기적인 결합이 없어지고 금속제 케이블에서 볼 수 있었던 주변 고주파의 영향이나 잡음의 혼입을

방지할 수 있다.