

## 광섬유 개발 현황

趙在喆\*, 崔相三\*\*  
 韓國科學技術院 應用光學研究室  
 先任研究員(理博)\*, 室長(工博)\*\*

### I. 序 論

광(光)을 이용한 통신방법은 매우 오래 전부터 사용되어 왔다. 그러나, 이 통신방법은 단지 광을 거울로 반사시켜 상대방에게 광을 직접 대기층을 통해 전달하는 방법에 지나지 않는다. 근래에 와서는 전하고자 하는 내용을 광의 강도변화로 전환시켜 대기층을 통해 전달하는 방법이 연구되었다. 그러나, 이러한 방법은 대기층에 의한 광의 흡수 및 산란에 의해 광의 강도가 감소되거나, 높은 산이 가로막혀 있는 경우의 통신이 불가능한 단점이 있다. 최근에 와서 물질내에서의 광의 전반사현상을 이용한 광섬유가 개발되면서 이러한 문제는 모두 해결되었으며 컴퓨터의 개발과 더불어 광섬유의 이용범위는 매우 넓어지고 있다. 또한 1960년도에 레이저가 개발되면서 부터 최근에는 극소형의 반도체 레이저가 개발되고 그의 출력과장도 다양화 되면서 부터 광섬유를 이용한 광통신 시스템의 이용이 급작히 증가하고 있다.

1965년 영국의 통신분야를 연구하는 기술진들은 유리봉을 이용하여 광을 전달시키는 방법을 생각하였는데 당시로서는 유리봉의 광손실이 매우 커서( $\sim 1,000$  dB/km) 이러한 광손실을 갖는 유리봉속으로 광을 진행시킬 때 광의 강도는 2km를 진행해 갔을 경우  $10^{10}$ 분의 1로 감소되기 때문에 장거리통신용으로는 사용이 불가능하였다.

그 후에 카오박사는 이러한 유리봉의 높은 감쇠율은 유리자체의 특성이 아니고 유리를 제조할 때에 삽입된 철, 니켈, 구리, OH기 등의 불순물에 의한 광의 흡수로 기인된 것임을 주장하였다. Kao박사는 이러한 불순물들을 완전히 제거한다면 유리봉의 광손실을 20dB/km 이하까지 감소시킬 수 있다고 제안하였다. 이러한 제안에 힘입어 미국의 Corning사에서는 지금의 광섬유의 원형태인 유리봉을 석영유리를 이용하여 제조하는데 성공하였다. 이 방법은 CVD라는 방법으로 알려졌

었는데 광이 유리봉 내부로 진행하려면 유리봉 내부에 광의 전반사현상이 일어날 수 있어야 하는 데 이를 위해 유리봉을 두부분 즉, core와 cladding으로 나누어서 core의 굴절율을 cladding보다 약간 크게 하여 제조하였다. 이렇게 하여 20dB/km의 광손실을 갖는 초기의 광섬유가 개발되어 졌다. 그 당시 waveguide에 대한 이론은 상당히 진척되어 있었으며 이 이론은 그대로 광섬유에도 적용하여 많은 연구자들이 고품질 즉, 저광손실과 고대역 폭을 갖는 광섬유를 제조하기 위한 방법과 광섬유단면에서의 굴절을 분포를 설계하는 방법등에 대한 많은 논문들이 발표되었다. 연구가 진척됨에 따라 제조되는 광섬유의 광손실은 날이 갈수록 계속 감소되게 되었으며 굵기야는 석영의 Rayleigh 산란에 의한 광손실만을 갖는 그야말로 가장 최저의 광손실을 갖는 광섬유가 제조되기에 이르렀으며, 대역폭도 수GHz·km에서 수백GHz·km까지 높아지게 되었다. 지난 10년사이에 생산성이 높은 광섬유 제조방법에 대해서도 계속적인 연구가 있어서 MCVD와 PCVD법에 대한 중점적인 연구가 있었으며 한편으로는 일본에서 VAD법에 대한 연구가 진행되어 왔다. 광섬유의 품질이 점점 향상됨에 따라 광섬유를 이용한 광통신 시스템에 대한 연구도 병행하여 이루어졌는데 최근에 와서는 극소형, 고출력의 수명이  $10^5$ 시간이상이 되는 반도체 레이저가 개발, 판매되고 있으며, 광통신을 위한 multiplexer, E-O switcher, E-O modulator 등의 연구도 많은 진척을 보았다.

본 논문에서는 광섬유의 제조방법과 제조되는 광섬유의 특성등에 대한 현재의 세계적 현황을 살펴보고 앞으로의 광섬유 분야에 대한 전망등을 논하기로 하겠다.

### II. 광섬유 제조 분야

광섬유에는 크게 다중모드 광섬유와 단일모드 광섬

유의 두 가지 종류가 있는데, 다중모드 광섬유의 경우는 N.A(numerical aperture)가 0.3이상인 광의 강도를 전송하는 목적에 사용되는 것과 N.A가 0.2 정도인 광통신에 사용되는 것으로 구분되며, 단일모드 광섬유의 경우는 광통신에 사용되는 일반적인 광섬유와 controller와 sensor 등에 사용되는 것으로 광의 편광 방향을 계속 그 내부에서 유지시키면서 광을 진행시킬 수 있는 편광유지 광섬유로 구분되어 진다.

최근에 많이 사용되고 있는 광섬유 제조방법에는 MCVD(modified chemical vapour deposition)법을 들 수 있다. 현재 국내 수개의 대기업들이 기술도입한 제조방법이 바로 이것이다. MCVD법에 의한 제조장치에 대한 개략도가 그림 1에서 보여진다.<sup>1,2)</sup>

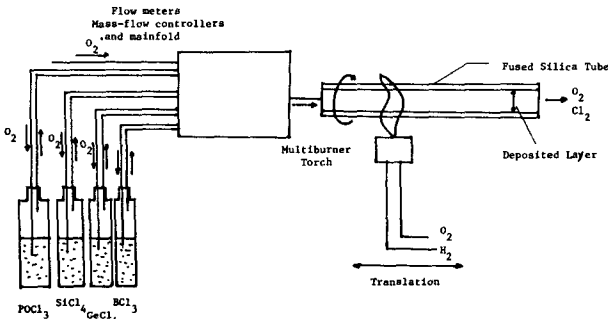


그림 1. MCVD법에 의한 광섬유 제조장치의 개략도

MCVD법의 큰 장점은 가장 큰 광손실 요인이 되는 OH기에 의한 흡수손실을 최대한 감소시킬 수가 있으며, 제조공정이 그렇게 복잡하지 않는 데 있다. 그림 1에서 원료물질로는  $GeCl_4$ 와  $ZrCl_4$ 가 사용되며 그외에도  $B_2O_3$ 와  $P_2O_5$  등의 기체가 사용된다. 이 원료기체들의 순도는 매우 높아서 99.99%에서 99.9999% 까지 이르고 있다. 고순도의 석영관을 base로 하고 이 석영관 내부로 원료기체들을 적당한 양에 의해 섞여지게 한 뒤 흘러 보내면서 산수소 불꽃에 의해 섭씨 1,200° 이상의 고온에서 가열시키면 원료기체들은 서로 반응하여 soot 형태의 불투명한 막이 석영관 내벽에 증착되게 된다. Cladding을 형성하는 과정에서는  $GeCl_4$ 는 주입하지 않게 되며, core를 형성할 때에는  $GeCl_4$ 의 유량을 증착단계마다 조금씩 증가시켜 core의 굴절률 분포가 중심으로 갈수록 서서히 높아지도록 제조한다. 일단 soot층이 모두 형성되면 섭씨 2,000°의 고온에서 한 두번 석영관을 가열하면 투명한 상태로 변화되고 이 과정이 끝난 후에는 collapsing을 하여 광섬유의 모재 즉, preform이 완성되게 된다. 미국의 AT&T와

ITT, 코닝, VALTEC 등의 회사에서는 주로 MCVD법을 사용하여 광섬유를 제조하고 있는데, 최근에 와서는 micro-computer와 flow-controller, 그리고 MCVD 장치가 서로 상호 연결되어 일일이 작업자가 지시하지 않더라도 일단 program이 완성되면 임의의 원하는 특성을 갖는 광섬유용 모재가 제조될 수 있도록 되어 있다. 특히, MCVD법의 이점은 core내에서의 굴절률 분포를 임의로 조절할 수 있기 때문에 고대역 폭을 갖는 다중모드 광섬유를 제조하기가 매우 용이한 데, 근래에는 free-dispersion 단일모드 광섬유를 제조하기 위해 rod-in tube법과 병행하여 사용됨으로써 해서 단일모드 광섬유에서도 core내부에서의 굴절률 분포를 쉽게 조절할 수 있게 되었다. 또한, MCVD법으로 제조되는 광섬유는 core 내부에 center dip이 형성되는 데 최근에  $F_2$  기체에 의한 etching 방법에 의해 단점을 제거할 수 있는 방법이 제안되었다. MCVD법보다는 생산성이 높은 제조방법으로 PCVD(plasma chemical vapour deposition)법이 있는데 이 방법은 soot의 생성율이 높은 반면에 산수소 불꽃과 비교하여 다루기가 매우 까다롭다. 한편, 일본에서는 Sumitomo와 Fujikura, NTT 등에서 VAD(vapour-phase axial deposition)법에 의한 광섬유제조를 계속 연구하여 왔는데 최근에는 micro-processor를 이용한 유량의 정밀조절과 soot생장율의 조절등이 완성되어 요구되는 제조상의 여러 가지 부가 조건에도 불구하고 수GHz·km이상의 다중모드 광섬유가 이 방법으로 제조되고 있다. VAD법의 장점은 PC-

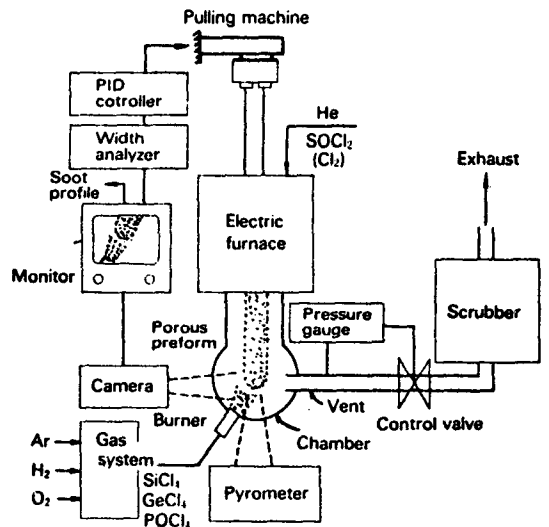


그림 2. VAD법의 개략도

VD법과 같이 생산성이 높고, dehydration 과정을 거쳐 preform 내부에 존재하는 OH기를 거의 모두 제거함으로써 최저광손실을 Rayleigh 산란에 의한 광손실까지 감소시킬 수가 있는 데 있다. 그러나, core내부의 굴절을 분포 정밀하게 조절하기가 어렵기 때문에 MCVD법에 비해 정밀조절기능이 더 요구되는 단점이 있다. 그림 2는 VAD법의 개략도이다.<sup>[3]</sup>

그런데, 단일모드 광섬유를 제조하는 경우 VAD법이 PCVD법보다는 더 효율적인 면이 있으나, 최근에 fiber-optic sensor에 사용되는 편광유지광섬유(polarization maintaining single-mode fiber)를 제조하는 데에는 MCVD법이 다소 유리하다고 생각한다. 최근에 발표된 논문을 보면 편광유지 광섬유를 제조하려면 core내부에 birefringence가 크게 형성되도록 단일모드 광섬유의 제조공정에서 preform을 가정하거나, 또는 core내부에서의 굴절을 분포가 anisotropic이 되도록 해줘야 한다.<sup>[4-6]</sup> Preform을 가공하는 방법에서는 cladding의 모양이 타원이 되도록 하는 방법으로 그림 3에서 이 방법에 의해 제조된 편광유지 광섬유의 단면을 볼 수 있다.

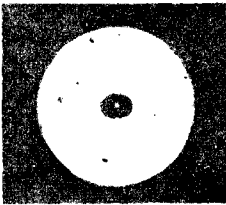


그림 3. Preform 가공방법에 의해 제조된 편광유지 광섬유의 단면<sup>[4]</sup>

그러나 최근에 발표된 방법으로 단일모드 광섬유의 core내부에서의 굴절을 분포가 anisotropic이 되도록 MCVD법에 의해 제조하는 방법이 있는데 이 방법은 기존의 MCVD장치에서 단지 기체의 유량 조절만 해줌으로써 preform을 전혀 가공하지 않고도 core 내부에서의 birefringence가 크도록 해 줄 수가 있다. 이 방법에 의해 제조된 편광유지 광섬유의 단면이 그림 4에서 보여진다.

그림 4에서 검게 보이는 부분은 core의 굴절율보다 더 작으며, 또한 cladding부분(검은 부분을 제외하고)보다도 굴절율이 작다. 이것은 단일모드 광섬유를 제조할 때에 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 첨가함으로써 가능하다. 그림 4에서

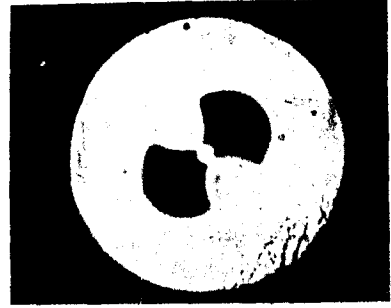


그림 4. Gas-phase etching에 의해 제조된 편광유지 광섬유의 단면<sup>[6]</sup>

보이는 형태의 광섬유를 bow-tie fiber라고 부른다. Bow-tie fiber의 core내부에서의 birefringence는 그림 3에서 보인 것보다도 훨씬 크다.

이외에도 플라스틱을 재료로 하여 실리카 광섬유보다 더 탄성이 좋은 플라스틱 광섬유의 제조에 대한 연구도 진행되었는데 이 광섬유는 실리카 광섬유보다 광손실이 약 10배정도 더 크다. 따라서, 전송거리가 짧은 경우에는 플라스틱 광섬유가 사용되기도 한다.

또한, 최근에는 광섬유의 대역폭이 수십~수백GHz·km되는 단일모드 광섬유가 제조되면서 광손실도 점차로 최저화되었는데 Rayleigh 산란에 의한 광손실을 감소시켜 최저 광손실을 더욱 감소시키기 위해서는 사용된 광원의 파장을 적외선부근으로 설정하여 Rayleigh 산란효과를 크게 감소시켜야만 한다. 최근에는 주로 1.3 $\mu$ m~1.5 $\mu$ m의 파장영역에서 고대역폭과 최저광손실을 갖는 소위 장파장대 광섬유가 제조되고 있으며 이를 위해서 OH기의 포함도를 최대한 감소시킬 필요가 있기 때문에 fluorine 기체의 사용이 바람직하다는 결론에 도달되고 있다.

그런데, 실리카 광섬유의 이론적 최저광손실은 0.2 dB/km정도인데 비하여 최근에 미국, 일본등 선진국에서 활발히 연구되고 있는 원적외선 광섬유의 이론적 최저광손실은 0.001~0.01dB/km가 된다. 원적외선 광섬유의 제조방법은 기존의 실리카 광섬유의 제조방법과는 전혀 상이하다. 이들 광섬유는 Z<sub>r</sub>F<sub>4</sub>-based glass와 같은 halide glass로부터 제조되며 주로 사용되는 파장영역은 2 $\mu$ m~20 $\mu$ m범위가 되고 있다. CO<sub>2</sub> 레이저광을 전송할 목적으로 제조되는 원적외선 광섬유는 주로 KRS-5(polycrystalline)를 재료로 하여 제조되고 있다.<sup>[7]</sup>

III. 광섬유의 특성

현재 제조되고 있는 다중모드 및 단일모드 광섬유의 특성을 열거하면 다음과 같다.

우선, 다중모드 광섬유를 살펴보면, 2의 N·A (numerical aperture)는 0.2~0.23 사이에 놓여 있으며 cladding의 직경은 125 $\mu\text{m}$  부근이고, core의 직경은 50~60 $\mu\text{m}$  범위가 되고 있다. 광섬유의 N·A 값이 높을수록 제조하기가 까다로운데 현재까지 보고된 바로는 MCVD 법에서는 0.38까지, 그리고 VAD법에서는 0.32까지 N·A의 최대치가 이르고 있다. 광손실을 보면 0.82 $\mu\text{m}$ 의 파장에서 2.5dB/km 정도되고 있으며, 장파장대 광섬유의 경우에는 1.3 $\mu\text{m}$ 에서 0.43dB/km이고, 1.5~1.6 $\mu\text{m}$  파장범위에서는 0.33dB/km에 이르고 있다.

광섬유 내부구조에 의한 광손실 즉, waveguide loss를 제외하고 보면 이 값은 Rayleigh 산란에 의한 광손실 0.2dB/km에 거의 도달되었다고 볼 수 있다. 그림 5에서 현재 제조되고 있는 광섬유에 대한 전형적인 광손실 스펙트럼을 볼 수 있다.

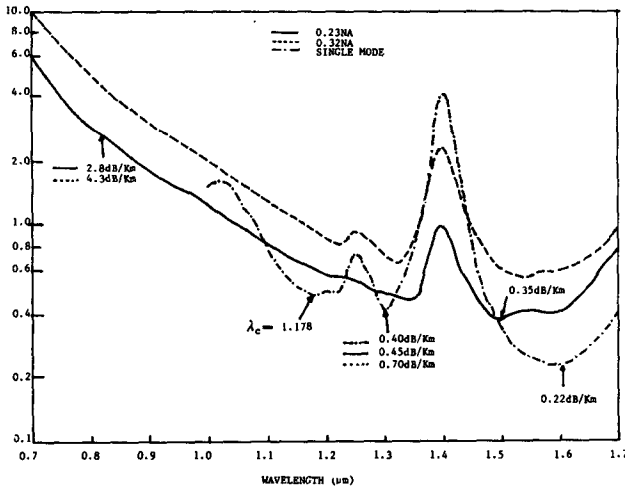


그림 5. 현재 제조되는 광섬유의 광손실 스펙트럼

VAD법으로 제조되는 다중모드 광섬유의 광손실은 이 방법이 갖는 dehydration 과정때문에 광섬유 내부에 포함되는 OH기 농도를 1ppb까지 감소시킬 수가 있다. 이 농도의 MCVD법과 비교할때 약 1/3에 해당된다. 따라서, VAD법으로 제조되는 광섬유의 광손실은 MCVD법으로 제조되는 광섬유의 광손실보다는 더 작게 나타난다. 최근의 예를들면 일본의 Ibaraki사에서 VAD법으로 제조된 광섬유의 최저 광손실은 0.2dB/km가 되는 것으로 보고되었는데 이때 제조된 광섬유의

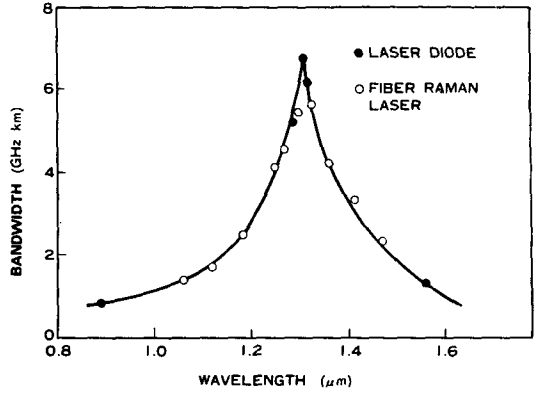


그림 6. 다중모드 광섬유의 파장에 따른 대역폭 변화

길이는 120km에 이르고 있다. 다중모드 광섬유의 3dB-대역폭을 보면 1.1~1.3 $\mu\text{m}$  파장범위에서 5~6 GHz·km에 이르고 있다.

그림 6은 fiber Raman laser를 이용하여 short pulse method로 측정된 다중모드 광섬유의 3-dB대역폭의 파장에 따른 변화이다. 그림 6에서 1.31 $\mu\text{m}$  파장에서 최대 대역폭인 6.7GHz·km가 됨을 알 수 있으며, 0.96~1.60 $\mu\text{m}$  범위의 파장영역에 걸쳐 대역폭이 1GHz·km 이상이 됨을 알 수 있다.

단일 모드 광섬유는 현재 제조되고 있는 것으로는 직경이 125 $\mu\text{m}$  정도되며, core 직경은 5~7 $\mu\text{m}$  범위에 놓이고 있다. 단일모드 광섬유의 광손실은 장파장 부근으로 갈수록 다중모드 광섬유보다 더 작아지는 데 그림 5에서 보듯이 1.57 $\mu\text{m}$  파장에서 0.22dB/km가 됨을 알 수 있다. 다중모드 광섬유와는 달리 단일모드 광섬유는 HE<sub>11</sub> 모오드만이 core 내부로 진행하게 되는 데 이 때문에 대역폭을 결정짓는 주요요인은 크게 material dispersion과 waveguide dispersion으로 나뉜다. 초기에는 단일모드 광섬유의 대역폭과 core의 굴절률 분포는 거의 상관이 없는 것처럼 간주되었으나 최근에는 여러 사람들의 논문에 의하면 core의 굴절률 분포가 매우 중요함을 알 수 있다. 이 때문에 단일모드 광섬유의 굴절률 분포가 W형으로 불리는 depressed inner cladding을 갖는 구조,<sup>(8)</sup> 코어의 굴절률 분포가 삼각형인 triangular 구조,<sup>(9)</sup> segmented core 또는 quadruple cladding을 갖는 구조,<sup>(10)</sup> triangular 분포 core에 여러 개의 cladding을 합친 형태,<sup>(11)</sup> 그리고 최근에 발표된 사다리꼴 굴절률 분포의 구조<sup>(12,13)</sup> 등의 여러 형태가 제안되었다. 그러나, 위 형태중에서 어떤 것을 선택하느냐는 설치할 때의 상황에 따라 다르며, 각기

형태에 따라 장단점을 갖고 있다. 그림 7은 이들 형태 중에 가장 대표적인 doubly-cladding 단일모드 광섬유와 triangular 굴절률 분포를 갖는 단일모드 광섬유의 구조이다.

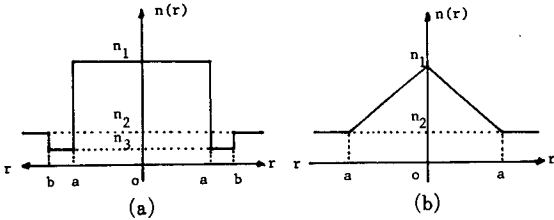


그림 7. 단일모드 광섬유의 굴절률 분포  
(a) Doubly-cladding 단일모드 광섬유  
(b) Triangular 분포를 갖는 단일모드 광섬유

$\Delta_1$ 과  $\Delta_2$ 를  $\Delta_1 = (n_1 - n_2)/n_2$ ,  $\Delta_2 = (n_3 - n_2)/n_2$ 라고 하면, core 직경이  $5 \mu\text{m}$  ( $=2a$ ),  $2b = 7.2 \mu\text{m}$ ,  $\Delta_1 = 0.01$ ,  $\Delta_2 = -0.01$ 인 경우에 doubly cladding 단일모드 광섬유의 파장에 따른 pulse dispersion의 변화는 그림 8과 같다.

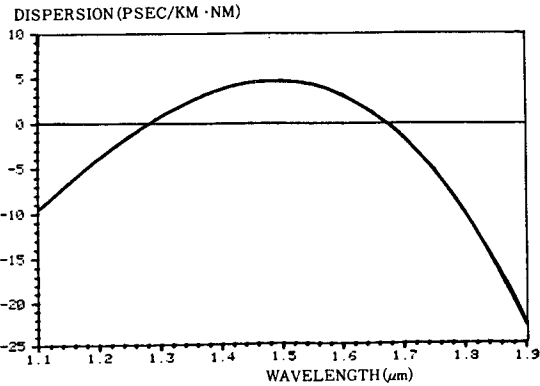


그림 8. Doubly cladding 단일모드 광섬유의 dispersion ( $a = 2.5 \mu\text{m}$ ,  $b = 3.6 \mu\text{m}$ ,  $\Delta_1 = 0.01$ ,  $\Delta_2 = -0.01$ )

그림 8을 보면 doubly cladding 광섬유는 dispersion이 0이 되는 파장이 두군데 있는 것을 알 수 있으며 이 때문에 비교적 넓은 파장범위에서 높은 대역폭을 갖도록 광섬유를 제조하려면 doubly cladding의 구조를 갖도록 하는 것이 좋을 수 있다.

$\Delta$ 를  $\Delta = (n_1 - n_2)/n_1$ 라고 놓으면,  $a = 8 \mu\text{m}$ ,  $\Delta = 0.002$ 인 경우에 triangular profile을 갖는 단일모드 광섬유의 pulse dispersion 변화는 그림 9와 같다. 그림 9에서  $1.3 \mu\text{m}$  파장부근에서 free-dispersion이 됨을 볼

때 더 큰 core 직경을 가질 수 있으며, 장파장 영역에서 free-dispersion이 될 수 있고 이 부근에서의 광손실도 상당히 적다는 데 있다. 최근에 발표된 바로는 free-dispersion 파장은 점차로 더욱 길어져서 주로  $1.50 \sim 1.57 \mu\text{m}$ 의 파장범위에 놓여지고 있다.

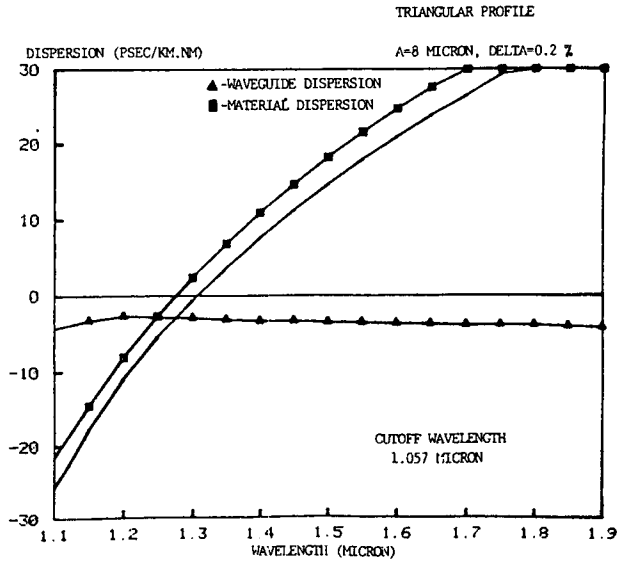


그림 9. Triangular profile을 갖는 단일모드 광섬유의 dispersion ( $a = 8 \mu\text{m}$ ,  $\Delta = 0.002$ )

한 예로,  $1.55 \mu\text{m}$ 에 free-dispersion 파장이 있는 단일모드 광섬유에  $1.55 \mu\text{m}$  파장에서 발전하는 InGaAsP 레이저 다이오드를 280psec의 펄스폭을 갖도록 하여 입사시키고, 이 광펄스가 51.5km까지 진행한 후의 광펄스의 모양을 측정된 결과 그림 10과 같음이 발표되었는데, 이로부터 광펄스의 폭은 무려 50km 이상이 진행된 후에도 거의 변화가 없음을 볼 수 있다.<sup>[14]</sup> 이리

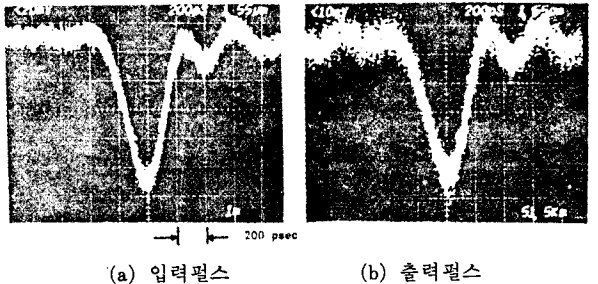


그림 10. Free-dispersion 단일모드 광섬유를 통해 51.5km를 진행하는 경우의 광펄스폭의 변화 ( $\lambda_0 = 15.5 \mu\text{m}$ )

한 단일모드 광섬유의 대역폭은 수백GHz·km 정도 된다. 한편으로, 편광유지 광섬유의 경우에는 core내부에서의 birefringence B가 어느 정도 커졌는지를 살펴 보면 다음과 같다. Core내부에서의 principal axis 를 x, y라 하고, 이들 두 축 방향에 대한 굴절율을  $n_x, n_y$  라고 하면 birefringence B는

$$B \approx n_x - n_y$$

로 주어지며 beatlength L은

$$L = \lambda/B \text{ 단, } \lambda \text{는 입사광의 파장}$$

으로 된다. 따라서, birefringence B가 클수록 다시 말해서, core내에서 편광유지가 잘 될 수록 beatlength L은 감소된다. 초기에는 beatlength L이 1.3cm 이상이었으나 최근에는 상당히 작아져서 0.55mm정도 된다. 이론적 최저광손실이 0.001~0.01dB/km인 원적외선 광섬유의 제조현황을 살펴보면, 일본의 Furukawa Cable Works사에서  $\text{GeO}_2$ -광섬유를 제조하였는데 이 광섬유는  $2\mu\text{m}$  파장에서 5dB/km의 광손실을 갖는다고 발표되었다. 또한, 일본의 Ibaraki ECL사에서는 fluoride glass를 재료로 하여  $2.55\mu\text{m}$ 파장에서 12dB/km의 광손실을 갖는 광섬유를 제조한 바 있다. 그러나, 아직도 원적외선 광섬유의 제조공정에 대한 연구가 확립되지 못한 상태이기 때문에 이론적 최저광손실과 비교하면 상당히 큰 차이가 있음을 알 수 있다.

플라스틱 광섬유의 경우는 현재 최저광손실이 20dB/km까지 감소되었다.<sup>[15]</sup>

#### 參 考 文 獻

[1] M. Horiguchi and H. Osanai, *Electron. Lett.*, vol. 12, 12, 310, 1976.

[2] Y. Ohmori, H. Okazaki, I. Hatakeyama, and H. Takata, *Electron. Lett.*, vol. 15, pp. 616-618, 1979.  
 [3] K. Inada, *IEEE J. of Quantum Electron.*, vol. QE-18, 10, 1424, 1982.  
 [4] R.H. Stolen, V. Ramaswamy, P. Kaiser, and W. Pleibel, *Appl. Phys. Lett.*, 33(8), 699, 1978.  
 [5] V. Ramaswamy, R. H. Stolen, M.D. Divino, and W. Pleibel, *Appl. Opt.*, 18(24), 4080, 1979.  
 [6] R.D. Birch, D.N. Payne, and M.P. Varnham, *Electron., Lett.*, vol. 18, 1036, 1982.  
 [7] T. Miyashita, T. Manabe, *IEEE J. of Quantum Electron.*, vol. QE-18, 10, 1432, 1982.  
 [8] S. Kawakami and S. Nishida, *IEEE J. of Quantum Electron.*, QE-10, 879, 1974.  
 [9] U.C. Paek, G.E. Peterson, and A. Carnevale, *Bell. Sys. Tech. J.*, 60, 583, 1981.  
 [10] L.G. Cohen, W.L. Mammel and S.J. Jang, *Electron. Lett.*, 18, 1023, 1982.  
 [11] S.J. Jang, J. Sanchez, K.D. Pohl and L.D. L'esperance, *Dig. of Tech. Papers, IOOC'83*, paper 28D3-1, 1983.  
 [12] U.C. Paek, *Appl. Opt.*, 22, 2363, 1983.  
 [13] T.J. Miller and D.H. Smithgall, *Dig. of Tech. Papers, OFC'84*, Paper TUI4, 1984.  
 [14] T. Miya, F. Hanawa, K. Chida, and Y. Ohmori, *Appl. Opt.*, 22, 372, 1983.  
 [15] *Optics News*, vol. 10, 20, 1984. \*

#### ◆ 用 語 解 說 ◆

##### 컴퓨터 시큐어리티 (computer security)

데이터통신시스템에 있어서 다음에 보이는 3종류의 基本的의威脅에서 資産을 지키고 손해를 되도록 적게 하려고 노력하는 것. ① 自然災害(예를 들면 異常氣象), ② 사람이 일으키는 미스라든가 에러(예를 들면 잘못된 테이프의 라벨링), ③ 詐欺나 사보타이지 등의 意圖的의行爲.

최근의 컴퓨터의 보급에 따라 그 故障, 데이터에

러, 犯罪行爲등은 社會的으로 큰 영향을 미치는 일이 많다. 그래서 이들 컴퓨터에 의한 被害의 原因, 예를 들면 데이터의 에러, 소프트웨어의 에러, 하드웨어의 故障, 犯罪行爲, 災害, 데이터 取扱上의 미스, 人的미스, 管理不充分등에 대해서 그 保案對策措置에 만전을 기함으로써 社會·經濟·生活등에 영향을 주지 않도록 各種豫防措置를 하는 것이 社會的으로 요청되고 있다.