

VAD 방식에 의한 전합성 광섬유 개발

강희전·안승가

(대한전선(주) 광통신부기술과장·부장)

■ 차례 ■

1. 서론	3. 광섬유 특성비교
2. 광섬유제조 공정	가. 고강도 광섬유 실현
가. 제조 공정 소개 및 비교	나. 손실 특성 불균일의 해결
나. 굴절율 제어	다. 코아 편심율 개선
다. 프리폼설계	4. 결론

1 서론

현대는 정보화 시대라 한다. 산업구조의 발달과 더불어 폭발적으로 늘어나는 정보량을 좀더 빨리, 정확하게 전달할 수 있는 새로운 통신수단을 요구하게 되었고, 이에 부응하여 빛을 이용한 광통신 시스템이 개발되었다. 국내에서도 이미 1978년부터 광섬유 및 케이블에 대한 연구를 계속하여 축적된 기술을 확보하였으며 이를 토대로 장거리 구간 라인의 포설이 완료되었다.

현재는 국간 중계 라인의 포설이 진행되고 있으며 장기적으로는 가입자계의 광케이블 이용이 검토되고 있다. 또한 0.85um 단파장 다중모드 시스템에서 시작된 광통신 시스템도 1.3um의 다중모드 시스템을 거쳐 1.3um 단일모드 시스템의 운용이 정착되었으며 1.55um 단일모드 시스템의 상용화 시험이 진행될 정도로 급속히 발전하고 있다. 광섬유의 전송손실도 산화물 glass fiber의 이론에 근접한 1.3um에서 0.34dB/km, 1.55um에서 0.2dB/km의 실현이 가능하였고 응용분야에서도 공중 통신망 DATA 통신,

CATV, LAN, 광전력 복합 케이블, 해저 광케이블 등 여러 분야에서 다양하게 이용되고 있다. 이러한 수요의 확산을 위해서는 고품질, 고강도, 고신뢰성, 저렴한 가격의 광섬유의 대량생산이 요구되어진다. 따라서 본 글에서는 위에서 열거한 요구에 부합될 수 있는, 획기적인 제조 방식인 전합성 광섬유 제조방법 및 특성에 관해 서술하고자 한다.

2 광섬유 제조공정

가. 제조공정 소개 및 비교

MCVD 방법은 회전하는 석영관내에 합성 SiO₂를 증착시켜 코어를 형성한후 COLLAPSE 하며, 종래의 VAD 방식은 코아부분 및 일부의 클래딩부분만을 GeO₂-SiO₂로 합성하는 것으로 석영관을 사용하지 않고는 광섬유 제조를 생각할 수 없었다. 그러나 전합성 VAD 방식은 이러한 고정관념에서 벗어나 광섬유의 전부분을 합성 방식에 의해 제조하는 것이다.

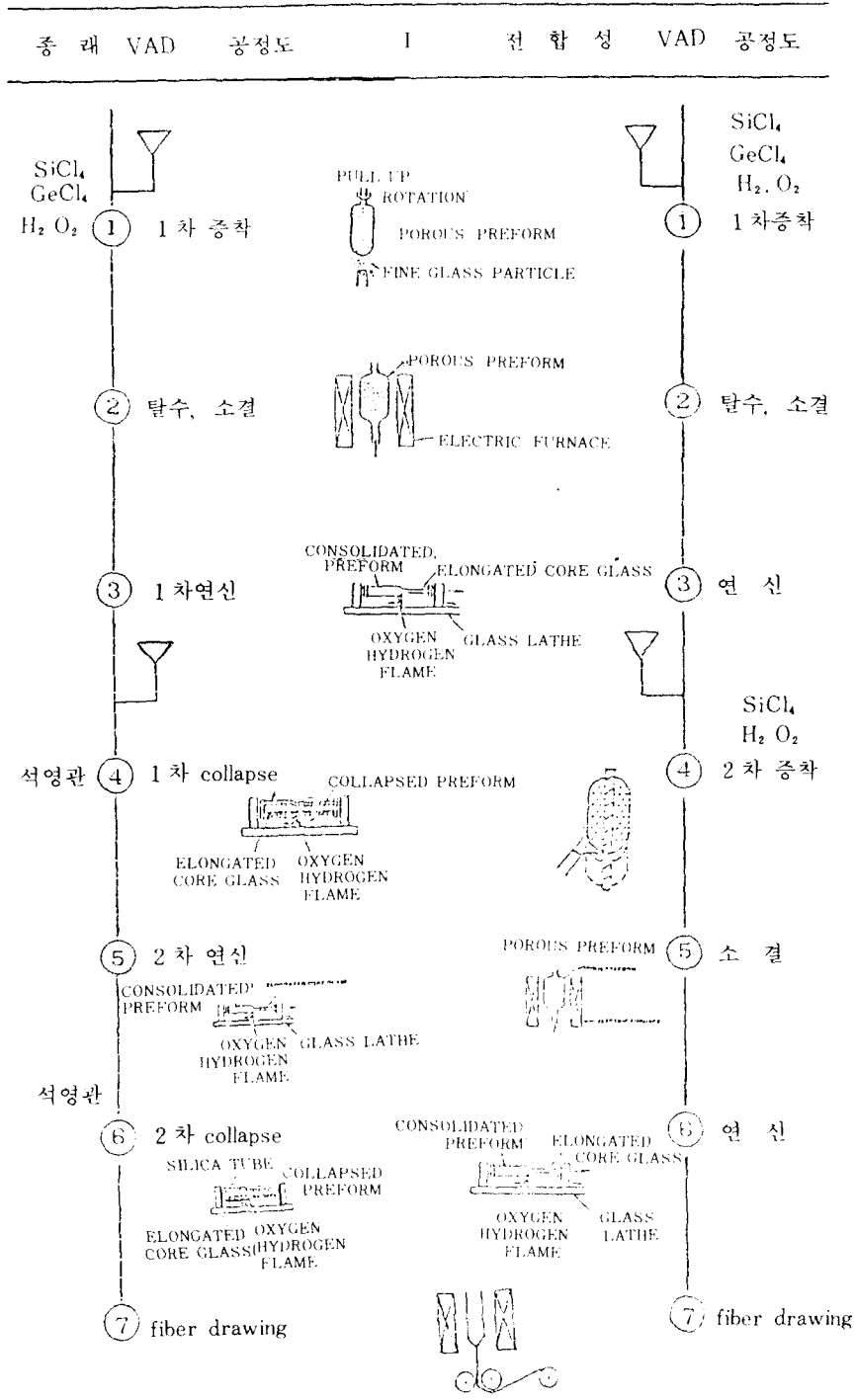
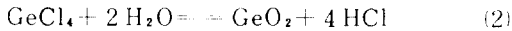
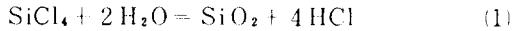


그림 1

유량계(MASS FLOW CONTROLLER)에 의해 적절히 조정된 SiCl_4 , GeCl_4 등은 산소수소 버너를 통해 분사되고 동시에 가수분해 반응에 의해 fine glass 입자로 생성되면서 축방향으로 회전하는 모재의 끝부분에 증착되어진다¹⁾.

다공질의 수트가 형성되기 시작하면 수트하부의 끝단이 feed-back으로 제어되어 서서히 위로 상승하면서 연속적으로 형성된다.



이 과정에서 양질의 다공질 프리폼을 형성하기 위해서는

- (가) 원료의 유량이 일정히 제어될 것.
- (나) 배기가스의 유량이 일정히 제어될 것.
- (다) 불꽃온도가 일정히 제어될 것.
- (라) 회전속도와 다공질 프리폼의 코어부 끝단의 위치가 일정하게 제어되어야 한다.

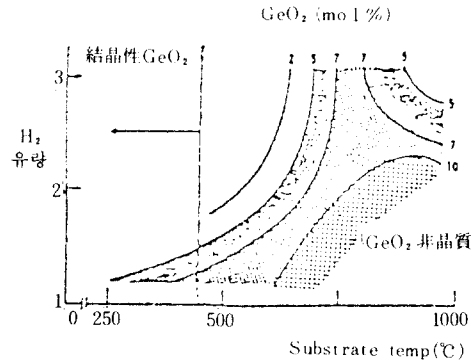
이와 같이 적정길이로 성장완료된 수트 프리폼은 약 $1200^\circ\sim 1500^\circ\text{C}$ 의 전기로에서 탈수 및 소결 공장을 거쳐 투명한 프리폼으로 형성된다. 이때 로(FURNACE)의 온도 분포와 프리폼의 상승속도를 일정하게 유지하여 열팽창 계수를 낮추면 기포 및 크랙(CRACK)의 발생을 억제할 수 있다. 이와같이 만들어지는 소결체는 적절히 설계된 외경으로 연신한 후 그 위에 2차 증착을 통하여 클래딩층을 형성하고 소결, 연신하면 완전한 프리폼(PREFORM)이 만들어진다. 이와같이 전합성 광섬유 제조방법은 반드시 천연 석영관을 사용하여 클래딩을 형성하는 기존의 VAD 법이나 MCVD 방식에서 벗어나 광섬유 코아에서 클래딩까지의 전부분을 합성된(all synthesized) 유리로 만드는 것이다.

나. 굴절을 제어

MCVD 제조법에서는 클래딩을 형성하는 석영관 내면의 외층부터 내층에 도달할수록 GeO_2

의 mol % 농도를 증가시킨후 콜랩스(COLLAPSE)하여 프리폼을 완성하지만 VAD 방식에서의 굴절율 형상은 원료의 농도와 다공질의 프리폼의 표면온도에 의해 결정된다.

GeO_2 는 그림 2, 3에 나타난 대로 낮은 온도(400°C 이하)에서는 SiO_2 내에 고용되지 않고 결정성(crystalline)으로 존재하고 $500^\circ\sim 800^\circ\text{C}$ 로 온도가 증가함에 따라 glassy한 상태의 GeO_2 가 증가하여 SiO_2 내에 고용된다.



$\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2$ 계에서 GeO_2 %와 온도에 따른 GeO_2 생성율 관계

그림 2

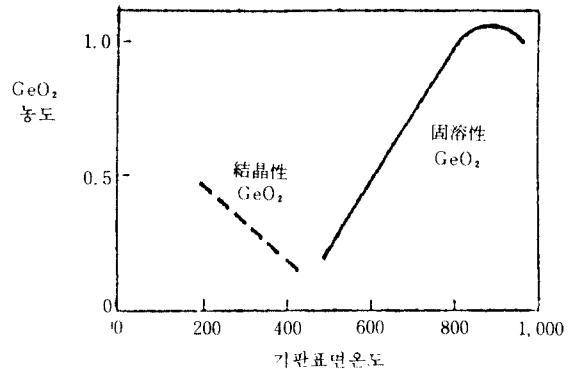
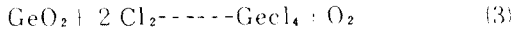


그림 3

이 때문에 다공질의 프리폼 주변부에는 결정성의 GeO_2 가, 중심부에는 GeO_2 가 고용된 SiO_2-GeO_2 계가 유리질로 된다. 한편 탈수공정에서는 다공질프리폼이 고온상태에서 활성화된 $SOCl_2$ 나 염소에 쪼이게 되는데 이 때 염소가스와 반응이 쉬운 결정성의 GeO_2 는 식(3)에 의해 증발하여 버린다²⁾.



그러나 SiO_2 중에 고용된 GeO_2 는 염소가스와 거의 반응하지 않는다³⁾. 이와같이 다공질 프리폼의 주변부는 결정성의 GeO_2 가 증발해 SiO_2 만이 남고 중심부쪽으로 갈수록 SiO_2 에 고용된 GeO_2 가 많아 굴절율이 높아진다.

그림 4는 다공질 프리폼의 표면온도와 프로파일 파라미터 a 에 관한 것을 나타낸다. 즉 다공질 프리폼의 표면온도를 조정하면 광섬유 굴절율 형태를 변화시킬 수 있다는 것을 의미한다.

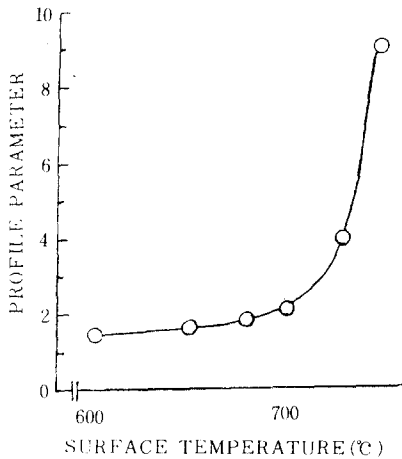


그림 4

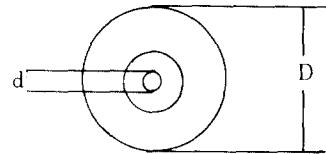
다. 프리폼 설계

계단형 굴절율 형상의 광섬유에서 단일 모드가 되기 위해서는 식(4)를 만족시켜야 한다.

$$\frac{\pi \cdot a \cdot n_1 \sqrt{2} \Delta}{\lambda} < 2.405 \quad (4)$$

- a : 광섬유 코아경
- n_1 : 광섬유 코아 굴절율
- Δ : 비굴절율차
- λ : 파장

즉 코아경이나 굴절율차를 적절히 조절하면 단일모드 광섬유를 만들 수 있다. 종래 ROD-IN-TUBE 방식으로는 코아를 준비하고 알맞은 단면적의 석영관을 선택하여 콜랩스 하던된



synthesized multiplication $M_s = \frac{D}{d}$

그림 5 - a

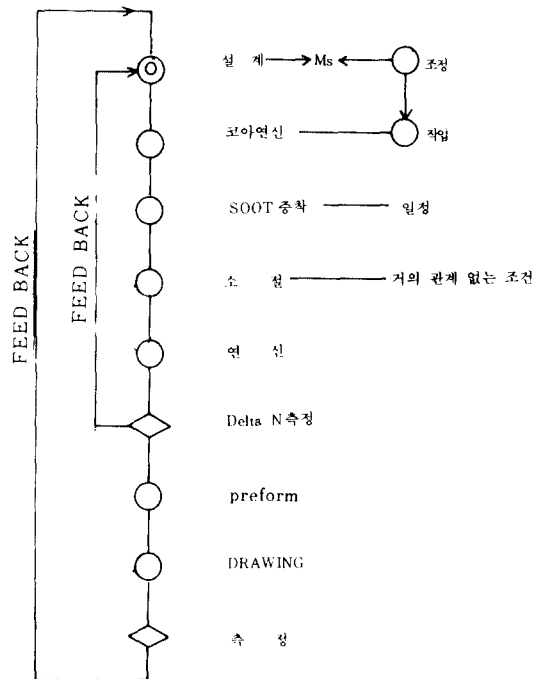


그림 5 - b

다. 그러나 전합성방식에서는 클래딩 부분의 SiO₂증착량이 일정해야할 필요가 있다. 이것은 고도의 기술을 요하는 것이다. 그림 5-a, 5-b는 광섬유 설계에 대한 flow를 나타낸 것이다.

3 광섬유 특성비교

전합성 VAD 방식이 종래 VAD 방식이나 M CVD 방식과 다른 점은 일반 천연 석영관을 전혀 사용하지 않고 만든다는 것이다. 이것은 지금까지 석영관을 사용해서 문제가 되는 점을 모두 해결할 수 있는 획기적인 방법인 것이다. 재특성을 비교하면 다음과 같다.

가. 고강도 광섬유 실현

천연 석영관 내에는 수십 ppm의 금속 불순물이 존재한다. 특히 Cr등은 광섬유 내부 파단등의 원인이 되기도 한다. 따라서 Drawing 시의 파단빈도와 PROOF TEST LEVEL의 향상이 가능하다. 그림 6은 종래 VAD방식과 전합성

VAD방식에 의한 광섬유 PROOF TESTING STRAIN의 수준을 비교한 것이다.

그림 7은 천연석영관, 합성석영관, 전합성방식에 의한 단면도를 나타내었으며 TABLE 1, TABLE 2는 각각의 파단빈도와 proof test level에 따른 최장 제조 길이를 나타낸 것이다. 그림 8은 각각의 제조방식에 따른 장조장(long length) 광섬유의 인장하중에 대한 Weible Graph를 비교한 것으로 전합성 VAD방식의 우수함을 알 수 있다.

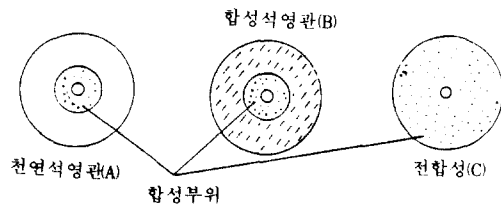


그림 7

(table 1)

PREFORM	파단빈도	비 고
A	0.65회/km	proof test level
B	0.25회/km	2 %
C	0.09회/km	파단빈도는 평균치임

(table 2)

proof test strain	The longest piece length
2 %	41.7 km
3 %	15.6 km
4 %	15.6 km

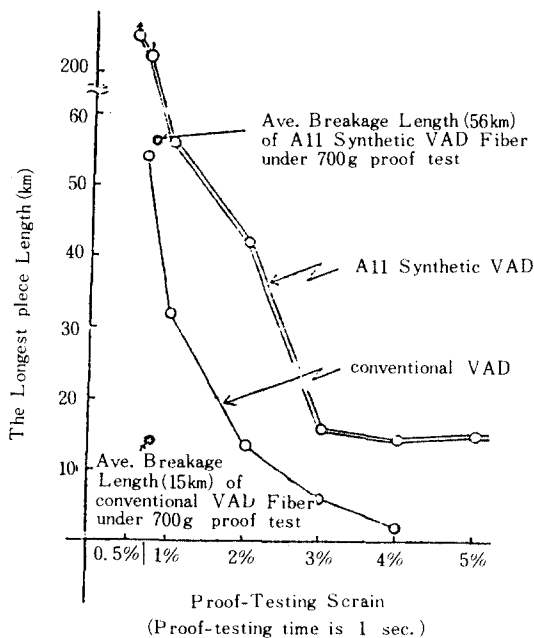


그림 6

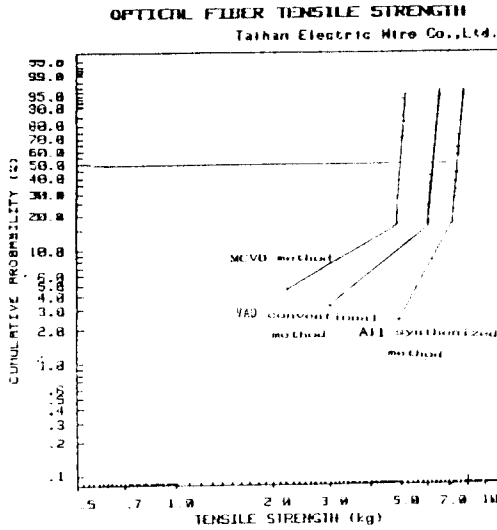


그림 8

나. 손실특성 불균일의 해결

광섬유의 특성중 길이에 대한 손실특성의 불균일은 길이에 대한 굴절율변화나 천연 석영관 내의 작은 기포에 의해 발생하는데 후자인 경우가 대부분이다. 즉 천연 석영관 내부에 존재해 있던 작은 기포가 drawing 시 고온에서 팽창하여 코아경을 변화시킴으로써 leaky mode를 유발시켜 손실 불균일을 일으키는 것이다. (그림 9 참조)

따라서 전합성에서는 이러한 결함을 해결할 수 있다.

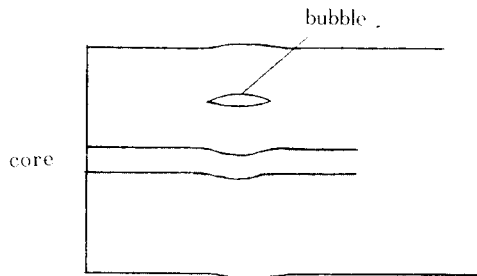


그림 9

다. 코아 편심을 개선

종래 방식은 VAD방법에 의해 코어를 만들고 그위에 적절히 설계된 천연 석영관을 jacketing 하게 되는데 기하학적 구조는 천연 석영관리체의 단면적 차와 콜랩스 기술에 의해 큰 영향을 받는다. 그러나 전합성 방식은 콜라드 증착공정중 코어의 흔들림만 방지하면 쉽게 편심을 제거할 수 있다.

더욱이 가입자 선로 도입시 리본구조 광섬유는 mass splicing이 예견되어 전합성 방식의 광섬유가 크게 각광을 받을 것이다.

0.5um이하가 100% 치를 가질 때는 무점사가 가능하고 50% 치가 0.1um 이하이면 단일모드 코넥터 접속에 의하여 사용이 가능하리라 예측된다. 그림10은 종래 방식과 전합성 방식으로 제조한 특성을 비교한 것이다.

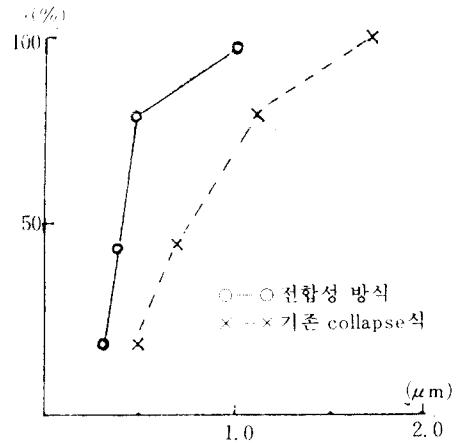


그림 10

[4] 결 론

본 글에서는 전합성 광섬유 제조방식 및 광섬유 특성에 대하여 서술하였다. 이 방법은 지금까지 석영관을 콜라딩으로 채택하는 종래의 V

AD 방식이나 MCVD 방식의 단점을 모두 보완할 수 있는 획기적인 제조방법으로 국내 최초로 시도하는 것이다.

이 방식은

(1) 국내에서 지금까지 해결하지 못한 고강도의 광섬유를 실현함으로써 장거리 무접속, 고신뢰성의 품질을 확보할 수 있고 2% 이상의 광섬유 strain을 필요로 하는 심해용 해저 광케이블 제조의 발판을 마련하였을 뿐만 아니라 고품질의 광전력 복합케이블을 생산할 수 있게 하였다.

(2) 길이에 따른 광섬유 손실특성의 불균일을 해소하여 신뢰성을 더욱 높였으며

(3) 코아 편심율의 획기적인 개선으로 대량의

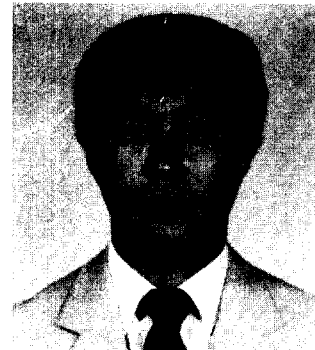
코아접속이 예상되는 가입 자선로에 최적의 광섬유를 제공할 수 있으리라 확신한다.

참 고 문 헌

1. Materials & process for fiber preform fabrication-VAD IEEE Vol.68, No.10 Oct. 1980.
2. H. Chida, M. Nakahara, S. sudo & N. Ingaki On line monitoring Technique of VAD process, IEEE, JLT, LT-1 No.1, pp.56-60, 1983.
3. K. Sanada, T. Moriyama, T. Shioda, O. Fukuda K. Inda & K. Chida: Behavior of GeO₂ in dehydration process of VAD Method Tech. Dig 7th ECOC, pp.2. 1-1-4, 1982.



강 희 전



안 승 가

저자약력

- 1953년생
- 1978 : 한양대 공대 졸업
- 1978~1981 : 대한전선(주) 근무
- 1982~1983 : 한국광통신(주) 생산과장
- 1984~현재 : 대한전선(주) 광통신부 기술과장

저자약력

- 1952생
- 1974년 : 서울대 공대 졸업
- 1975 : 대한전선(주) 입사
- 1988~현재 : 대한전선(주) 광통신부장