DBpia

論 文

多重모드및 單一모드 光纖維의 特性의 巡廻測定

正會員 安 鍾 平* 正會員 全 永 允** 正會員 李 東 浩***
正會員 朴 熙 甲**** 正會員 金 容 煥***** 正會員 姜 玟 鎬******

Interlaboratory Measurement Comparison of the Characteristics of Multi-mode and Single-mode Optical Fibers

Chong Pyung AN*, Young Yun CHUN**, Dong Ho LEE***, Hee Gap PARK****, Yong Hwan KIM*****, *and* Min Ho KANG******, *Regular Members*

要 約 다중모드와 단일모드 광섬유의 특성을 순회측정한 결과이다. 7개의 다중모드 광섬유와 4개의 단일모드 광섬유를 사용하여 5개의 국내 기관이 참여하여 비교·연구하였다. 그 결과를 외국의 순회측정과 비교하여 보았다.

ABSTRACT The results of the interlaboratory measurement comparison of the multimode and single mode fiber parameters are reported. 7 multi-mode fiber spools and 4 single mode spools are used and 5 independent domestic organizations (ETRI & 4 optical fiber manufacturing companies) are participated in the comparison study. Our results are compared with those of the comparison studies conducted in the foreign countries.

1. 序 論

통신용 광섬유 케이블이 개발된 이래 광통신 시스템의 정확한 설계 및 안전한 운용을 위하여 광섬유 케이블의 여러가지 특성 측정에 대한 연구가 계속되어 왔다. 각각의 특성은 여러 개의 측정방식을 가지고 있으므로 측정방식간에 동일한 측정결과를 얻을 수 있도록 측정조건 및 특성의 정의를 실험적으로 결정하더라도 측정할 때마다 샘플의 고유한 특성과 측정자에 의하여 생기는 측정결과의 오차를 피할 수가 없었다. 또 동일한 측정방식을 사용하고 정확히 교정된 측정기기를 사용하더라도 입사조건 및 샘플의 고유한 특성으로 인한 측정결과의 오차는 피할 수가 없었다. 이렇게 발생하는 오차는 실제로 매우 작은 값이기 때문에 손실과 대역폭의 특성이 좋지 않은 중계거리가 짧은 경우에는 실제의 시스템 운용에 큰 문제가 되지 않았다. 그러나, 광섬유 케이블의 특성이 점차 좋아짐에 따라 중계거리가 길어지면서 단위길이당의 측정결과의 차이가 실제의 안정한 광통신 시스템의

*-****** 韓國電子通信研究所光通信開發部
Dept. of Electronics and Telecommunications Research Institute Opitical Communication Systems Department Daejon 300-01, Korea.
論文番號 : 85-36 (接受 1985. 8. 28)

www.dbpia.co.kr

운용에 적지 않은 영향을 미치게 되기 때문에 광섬유 케이블의 특성 측정결과를 분석하는데 필연적인 측정결과의 오차가 중요한 문제의 하나로 부각되었다. 또 측정값의 불확실함이 광섬유 케이블의 생산과정과 구매 절차에서 생산성 및 가격에 큰 영향을 미치게 되므로 동일한 광섬유 케이블을 측정할 때 생길 수 있는 오차의 한계를 합리적인 실험결과로 부터 알아낼 필요가 생기게 되었다. 이러한 요구로 말미암아 이미 미국과 유럽에서는 여러 개의 샘플을 여러 측정기관에서 손실[1][2][4][5] 대역폭[3][4][5]기하구조[6][7] 및 차단파장[9]을 측정하여 그 결과를 이용해 오고 있다.

국내의 경우에 미국, 캐나다와 일본의 광섬유 제조기술이 도입되었고 각 생산기관이 보유하고 있는 측정방식과 측정장비의 차이에서 발생할 수 있는 측정결과의 차이를 조사해 볼 필요가 생겼다. 동일한 측정방식 및 측정조건에 의한 측정결과의 비교는 이미 여러 외국 기관에서 수행되어 왔고 국내의 경우에 모든 기관이 동일한 측정방식을 사용하지 않으므로 본 순회측정에서는 CCITT,[9][10] EIA[21]등에서 연구되어온 일정한 측정조건의 범위 안에서 측정한 결과를 측정방식에 상관없이 비교해 보았다. 그러므로, 서로 다른 기술을 도입함으로 생길 수 있는 국내의 광섬유 생산 및 구매의 규격을 정립하고 서로의 기술을 비교해 봄으로서 국내 기업의 측정기술과 국제경쟁력을 높이는 것이 본 순회측정의 중요한 목적이다.

이러한 필요성에 따라서 본 순회측정 연구는 ETRI(韓國電子通信研究所)의 주관아래 ETRI와 국내 광섬유 케이블 제조업체 4사(금성전선, 대우통신, 대한전선, 삼성반도체통신)의 5개 기관이 참여하여 각 측정기관의 측정방식과 측정기기를 사용하여 각 제조업체가 생산한 샘플을 돌려가면서 측정한 결과로 부터 측정치의 산포를 구하고 이를 외국의 순회측정 결과와 비교하여 국내의 측정기술 수준을 간접적으로 파악하고 광섬유 케이블의 특성 측정시에 생길 수 있는 오차의 한계를 합리적으로 제시하고자 하였다.

2. 巡廻測定의 推進方式

(1) 개요

본 순회측정은 2차에 걸쳐 진행되었다. 1차 순회측정에서는 대우통신을 제외한 광섬유 케이블 제조 3사(금성전선, 대한전선, 삼성반도체통신)로 부터 각각 다중모드 광섬유 1 Spool씩을 제공받아(모두 3 Spool) 상기 3사와 ETRI가 KTA(韓國電氣通信公社)규격내 다중모드 광섬유 케이블 특성 중 코팅경을 제외한 전 항목에 대하여 KTA 규격 시험방식의 범위내에서 독립적으로 측정하였다. 2차 순회측정에서는 대우통신까지 포함한 광섬유 케이블 제조 4사가 각 단일모드 광섬유와 다중모드 광섬유를 1 Spool씩 추가 제공하여 다중모드 광섬유 7 Spool (1차 측정용 광섬유 포함)과 단일모드 광섬유 4 Spool에 대하여 5개기관이 순회측정하였다. 다중모드 광섬유인 경우 1차와 동일한 항목을 측정하였으며 단일모드 광섬유의 경우에 KTA규격 항목중 색분산은 순회측정당시 측정설비의 미확보로 인하여, 클래딩 경과 클래딩 비원율은 다중모드 광심유와 공통되므로 순회측정에서 제외하였다. 측정결과는 ETRI가 취합하여 정리하였는데 자료분석시 측정결과는 1차와 2차를 구분하지 않고 함께 취급하였다.

(2) 측정에 사용한 샘플

순회측정에 사용한 다중모드 광섬유의 조건은 표1에 나타내었고 단일모드 광섬유의 조건은 표2에 나타내었다.

3. 測定方式

(1) 다중모드 광섬유의 특성의 측정방식

다중모드 광섬유의 특성의 측정방식은 측정기관간에 많은 차이를 보이고 있다. 각 측정기관이 이번 순회측정에 사용한 방식을 요약해 보면 표3과 같다.

가. 손실

www.dbpia.co.kr

표 1 측정에 사용된 다중모드 광섬유의 조건
Conditions of Multi-mode Optical Fiber used in Measurement

조건 \ 샘플	A	B	C	D	E	F	G
길 이	2.2 km	2.1 km	2.4 km	2.2 km	2.6 km	1.4 km	2.2 km
제조방식	MCVD	MCVD	MCVD	MCVD	VAD	VAD	MCVD
코팅방식	UV	UV	UV	UV	나일론	나일론	UV
클 래 딩	matched	matched	matched	matched	matched	matched	matched

표 2 측정에 사용된 단일모드 광섬유의 조건
Conditions of Single Mode Optical Fibers used in Measurement.

조건 \ 샘플	A	B	C	D
길 이	1.2 km	2.0 km	1.9 km	2.0 km
제 조 방 식	VAD	MCVD	MCVD	MCVD
코 팅 방 식	나일론	UV	UV	UV
클 래 딩	matched	depressed	matched	matched
클 래 딩 경	125.7 um	125.0 um	125.2 um	125.4 um

표 3 다중모드 광섬유의 특성측정방식 비교표
Table of Measurement Methods of Multi-mode Optical Fibers[9], [11], [21].

측정항목 \ 측정기관		C	A	D	B	E
손 실		후방산란법 (OTDR)	Cut-back	Cut-back	Cut-back	Cut-back
대 역 폭		–	시간영역법	시간영역법	주파수영역법	시간영역법
N. A.		Far Field Pattern (FFP)	Transverse Interfero-metry (TI)	Far Field Pattern (FFP)	Transmitted Near Field (TNE)	Refracted Near Field (RNF)
기하구조	코 어 경	TNF	TI	TNF	TNF	TNF
	클래딩경	전방산란법	전방산란법	현미경법	TNF	TNF
	코어비원율	TNF	현미경법	TNF	TNF	TNF
	클래딩비원율	TNF	전방산란법	현미경법	TNF	TNF
	비 동 심 율	TNF	현미경법	현미경법	TNF	TNF

C를 제외한 4 개 기관은 cut-back [9], [11]방식을 사용하였다. 측정광원은 안정화된 LED, Halogen lamp등을 filter와 함께 사용하여 중심파장은 1310 ± 10nm이고 선폭의 반치전폭은 30nm 이하가 되도록 하였다. 모드 스크램블러는 B와 E가 GSGG Graded-step-G-G) 입사 광섬유[9]를 사

www.dbpia.co.kr

용하였고, A와 D는 20mm 직경의 Mandrel wrap[12]에 3-5회 장력없이 감아 사용하였다. C는 후방산란법을 사용하였는데 입사조건없이 직접 입사시켰다.

나. 대역폭(帶域幅)

C는 대역폭을 측정하지 않았고 A, D와 E는 시간영역법[9]을, B는 주파수 영역법[9]을 사용하였다. 시간영역법에서 펄스 폭은 500psec 이하였고 중심파장과 선폭의 반치전폭은 1310±10nm, 10nm 이하 이었다. D와 E는 모드 스크램블러로 SGS 입사 광섬유[19]를 사용하였고 A는 커다란 코어 경(徑)과 커다란 N. A. (Numerical Aperture)를 가진 광섬유를 사용하였으며 공통적으로 Mandrel wrap[12]20nm 직경에 4회 감아서 사용하였다. 검출기는 모두 Ge-APD를 사용하였다. B의 주파수영역법은 광원의 선폭의 반치전폭이 3nm이었고 SGS 입사 광섬유를 사용하였으며 최대 변조가능 주파수는 1.5GHz 이었다.

다. N. A. (Numericbl Aperture)

5개 측정기관이 모두 측정하였는데 A가 Transverse Interferometry (TI)[15]방식, B가 Transmitted Near Field (TNT) 방식[14], C와 D가 Far Field Pattern (FFP) 방식[9), (11)], E가 Refracted Near Field (RNF) 방식을[13] 사용하여 모두 4개의 방식이 사용되었다.

A의 TI방식은 Xenon lamp의 546nm의 광원을 사용하여 간섭현미경으로 얻은 굴절율 분포 곡선에서 코어의 최대 굴절율과 클래딩 굴절율의 95~15% 의 범위에서 30~40개의 data를 α-fitting하여 사용하였다. B의 TNF방식은 광원 850nm에서 적외선 Camera를 사용하여 굴절율 분포를 얻은 후 α-fitting하여 결과를 얻었다. C와 D의 FFP방식은 LD와 Halogen lamp를 사용하여 screen 또는 검출기를 사용하였다. E의 RNF 방식은 He-Ne laser를 광원으로 200μm를 주사(走査)하여 측정하여 굴절율 분포를 α-fitting하지 않고 계산하였다.

라. 기하구조

5개 측정기관이 모두 측정하였는데 A는 TI 방식[15]과 전방산란법[16], 현미경방식[9]을, B와 E는 TNF방식[14]과 현미경방식[9]을 사용하였다. TNF방식은 약 2m의 샘플을 취하여 과다입사시켜서 측정한 결과를 원 및 타원 최적화 방식을 사용하여 결과를 처리하였다. TI방식은 N. A. 의 TI방식과 동일하였고 현미경방식은 TNF방식과 유사한데 Computer로 측정결과를 처리하지 않고 사람이 직접 처리하는 것이 달랐다. 전방산란법은 클래딩 경을 측정하는데 사용하는데 He-Ne laser를 이용 광섬유 단면의 5개 축에 대하여 간섭무늬를 이용하여 결과를 구한 뒤 평균을 내어 측정결과를 산출하였다.

표 4 단일모드 광섬유의 특성측정방식 비교표
Table of Measurement Methods of Single Mode Optical Fibers[10), (11), 21)]

측정항목 \ 측정기관		C	A	D	B	E
손실		Cut-back	Cut-back	Cut-back	Cut-back	Cut-back
차단파상		Transmitted Power 방식	Transmitted Power 방식	Transmitted Power 방식	Transmitted Power 방식	Transmitted Power 방식
모드필드특성	직경	Far Field Pattern (FFP)	Far Field Pattern (FFP)	Far Field Pattern (FFP)	Far Field Pattern (FFP)	Far Field Pattern (FFP)
	동심오차	Transmitted Near Field (TNF)	Transmitted Near Field (TNF)	Transmitted Near Field (TNF)	Transmitted Near Field (TNF)	Transmitted Near Field (TNF)

www.dbpia.co.kr

(2) 단일모드 광섬유의 특성의 측정방식

단일모드 광섬유의 특성의 각 측정기관의 측정방식은 모두 동일하며 표 4와 같다.

가. 손실

손실은 모두 cut-back방식[10]을 사용하였다. 광원의 중심 파장은 1300±10nm이고 선폭의 반치전폭은 10nm이하이었다. 모드필터는 3~6cm 직경의 loop를 만들어 사용하였고 클래딩 모드의 제거는 필요없으므로 하지 않았다.

나. 차단파장

차단파장은 모두 Transmitted Power 방식을[10, 11]을 사용하였다. 측정에 사용한 샘플의 길이는 2.0±0.2m이었고 광원의 분광기는 10nm보다 작은 선폭을 가졌다. 클래딩 모드의 제거는 하지 않았고 입사할 때 차단파장이하의 파장에서 고차모드(LP_{11} 모드)가 생길 수 있도록 과다입사를 해 주었다.

다. 모드필드특성

모드필드직경은 Far Field Pattern[8,10,15,18]을 이용한 Gaussian 최적근사방식을 사용하였다. 최적근사방식은 KTA규격에 있는 것을 사용하였고 측정에 사용한 샘플의 길이는 약 2m이었다. 광원의 중심파장은 1290~1310nm이었으며 선폭의 반치전폭은 10nm이하이었고 모드필터는 사용하였는데 클래딩 모드는 제거하지 않았다.

모드필드 동심오차[18]는 Transmitted Near Field (TNF) 방식을 사용하였는데 A는 측정하지 않았다. 측정의 편의를 위하여 차단파장 이하에서 여러 개의 모드를 여기 시킨 후 측정하였다. 샘플의 길이는 약 2m이고 KTA 규격에 따라 재삼하였다.

4. 測定結果

측정결과를 나타내는 그림 1~12는 각 샘플의 측정기관들의 평균값과 표준편차이다.

(1) 다중모드 광섬유의 측정결과

손실 측정결과는 그림 1과 같다. 샘플 F가 피복의 두께와 재질이 다른 제품이기 때문에 측정시 어려움이 있었던 것 같고 길이가 짧아서(약1.4km) 측정에 오차가 개입될 가능성이 컸다. 대역폭의 측정결과는 그림 2와 같은

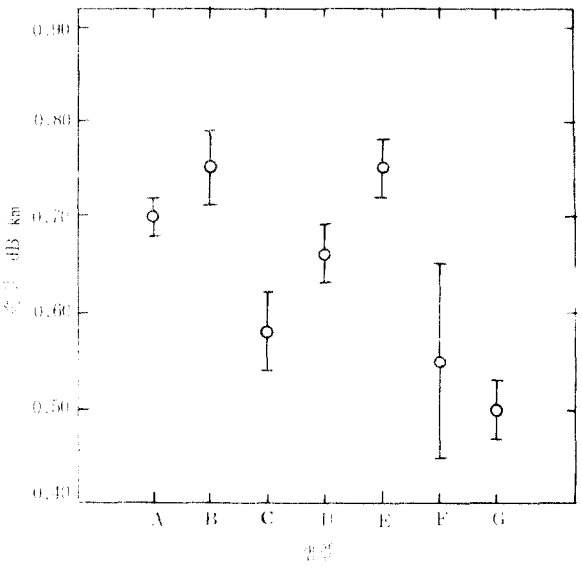


그림 1 다중모드 광섬유의 손실측정 결과
Result of Loss Measurement of Multi-mode Optical Fibers.

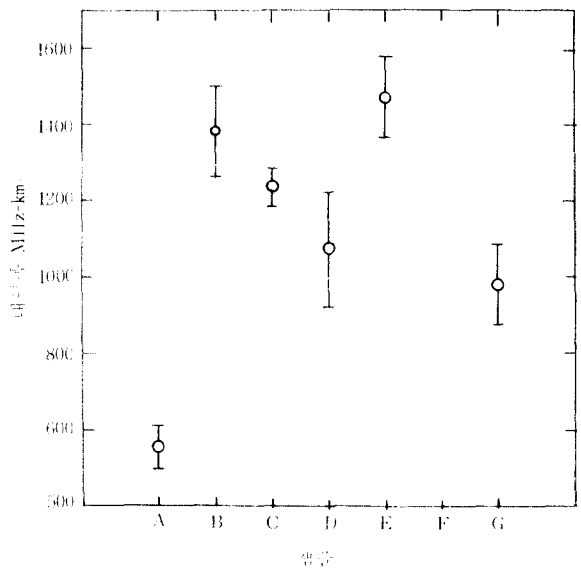


그림 2 다중모드 광섬유의 대역폭 측정 결과
Result of Bandwidth Measurement of Multi-mode Optical Fibers.

www.dbpia.co.kr

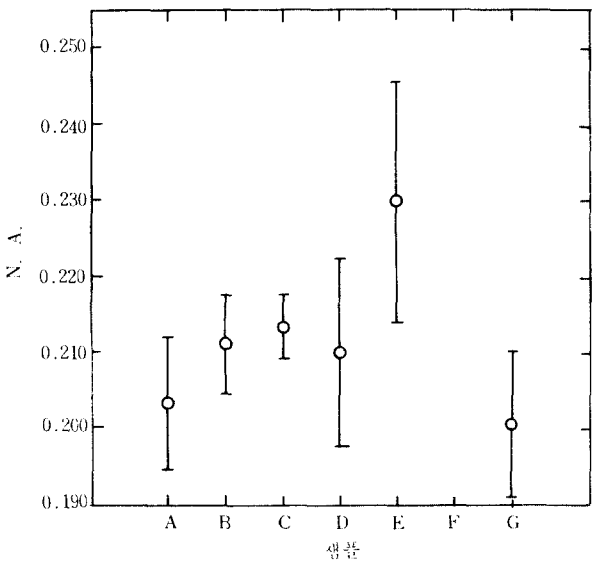


그림 3 다중모드 광섬유의 N. A. 측정 결과
Result of N. A. Mearurement of Multimode Optical Fibers.

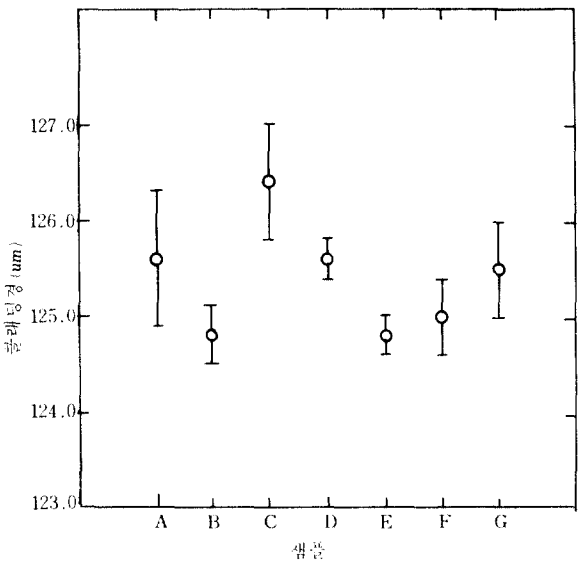


그림 5 다중모드 광섬유의 클래딩 경 측정 결과
Result of Cladding Diameter Measurement of Multimode Optical Fibers.

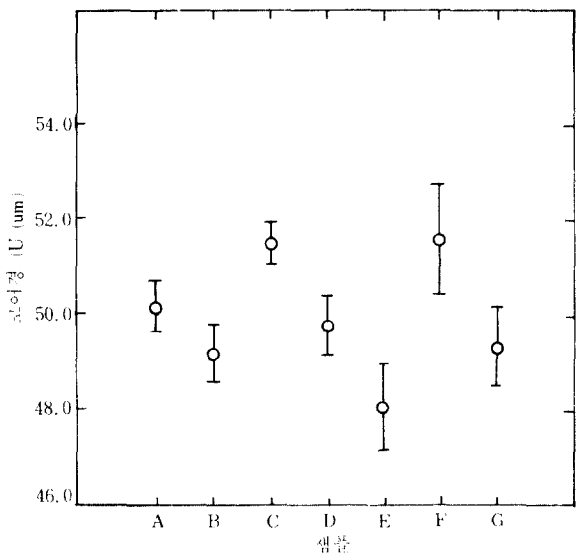


그림 4 다중모드 광섬유의 코어 경 측정 결과
Result of Core Diameter Measurement of Multimode Optical Fibers.

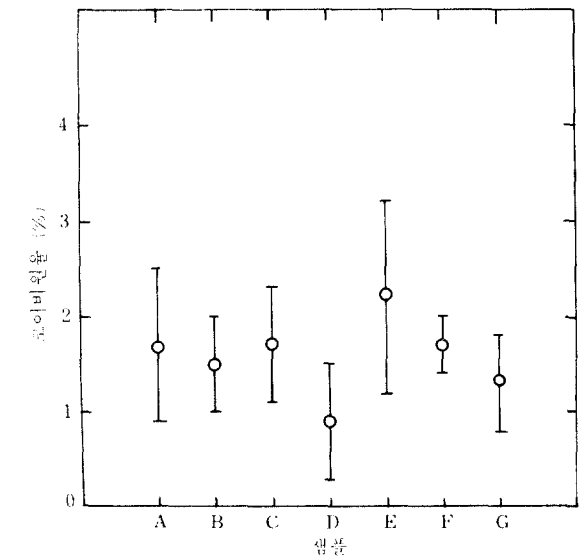


그림 6 다중모드 광섬유의 코어 비원율 측정결과
Result of Core Non-Circularity Measurement of Multimode Optical Fibers.

데 역시 샘플F가 길이가 짧아서 매우 큰 값이 나오거나 측정이 거의 불가능하여 data가 몇개 안되기 때문에 제외시켰다. N. A. 측정결과는 그림 3 과 같은데 역시 샘플F가 코팅문제로 세조회사 이외의 기관에서는 측정이 곤란하였으므로 결과에서 제외시켰다. 기하구조는 그림 4 - 그림 8 과 같은데 샘플과 측정에 큰 문제는 없었다.

(2) 단일모드 광섬유의 측정결과

손실 측정결과는 그림 9 와 같은데 샘플D는 파장별 손실이 파장 1300nm부근에서 심하게 변하기 때문에 편차가 크게 나온 것 같다. 차단파장

www.dbpia.co.kr

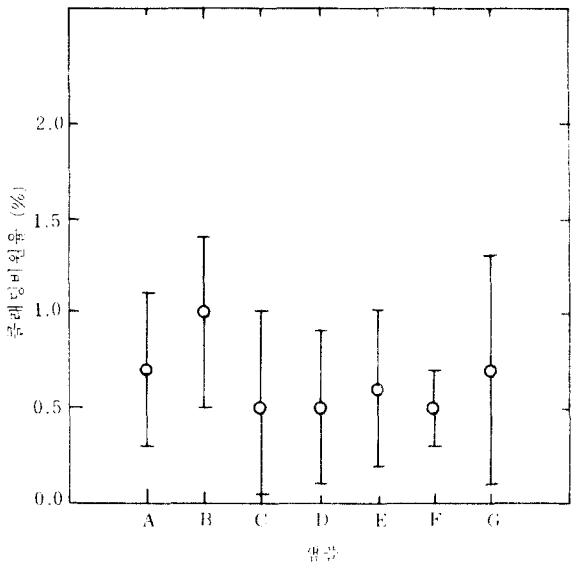


그림 7 다중모드 광섬유의 클래딩 비원율 측정 결과
Result of Cladding Non-Circularity Measurement of Multimode Optical Fibers.

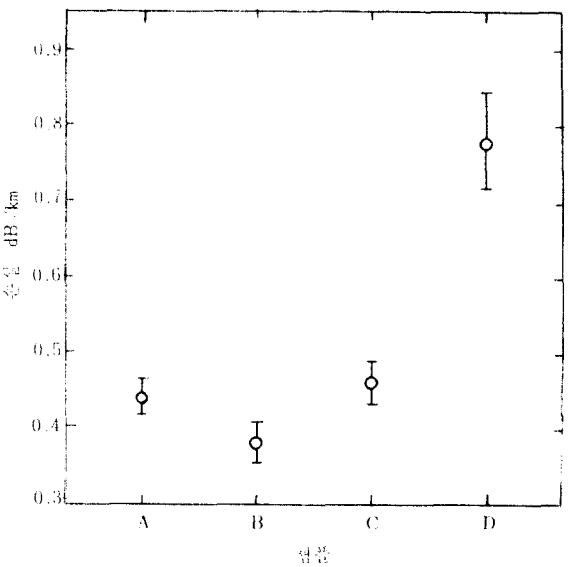


그림 9 단일모드 광섬유의 손실 측정 결과
Result of Loss Measurement of Single Mode Optical Fibers.

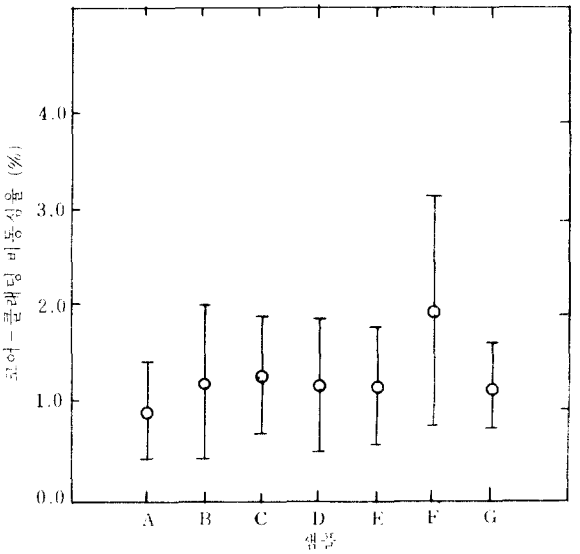


그림 8 다중모드 광섬유의 코어-클래딩 비동심율 측정 결과
Result of core-cladding non-concentricity Measurement of multimode optical fibers.

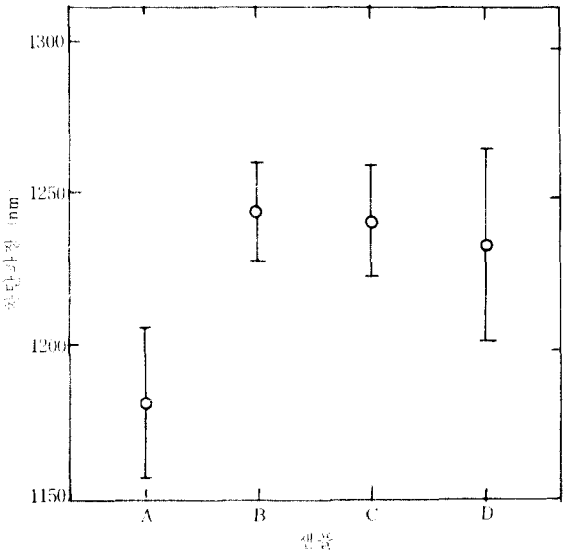


그림 10 단일모드 광섬유의 차단파장 측정 결과
Result of Cut-off Wavelength Measurement of Single Mode Optical Fibers.

의 측정결과는 그림10과 같다. 샘플A는 코팅이 두껍기 때문에 구부림 직경의 크기에 따라 측정결과의 차이가 생긴 것 같고 샘플D는 손실에서와 마찬가지로 파장별 손실이 차단파장 부근에서도 심하게 변화하기 때문에 측정결과에 큰 차이가 생기는 것 같다. 모드필드 직경과 모드필드 동심오차의 측정결과는 그림11, 그림12와 같은데 샘플에 의한 큰 문제는 없었다.

5. 測定結果의 分析 및 檢討

(1) 다중모드 광섬유

본 순회측정에서 얻은 특성측정치의 표준편차

www.dbpia.co.kr

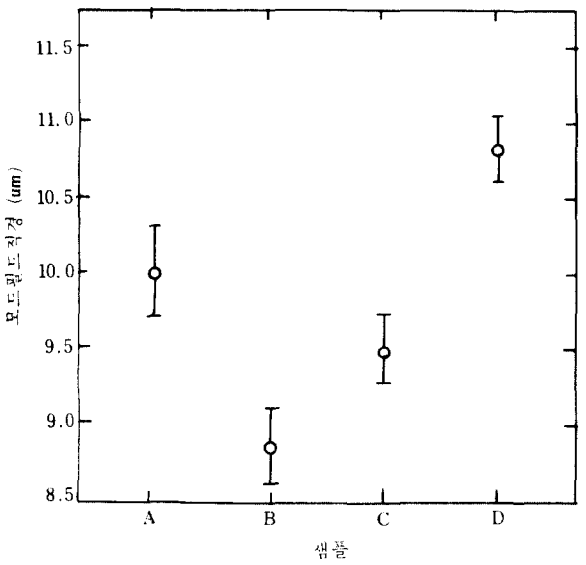


그림11 단일모드 광섬유의 모드 필드 직경 측정 결과
Result of mode field diameter measurement of single mode optical fibers.

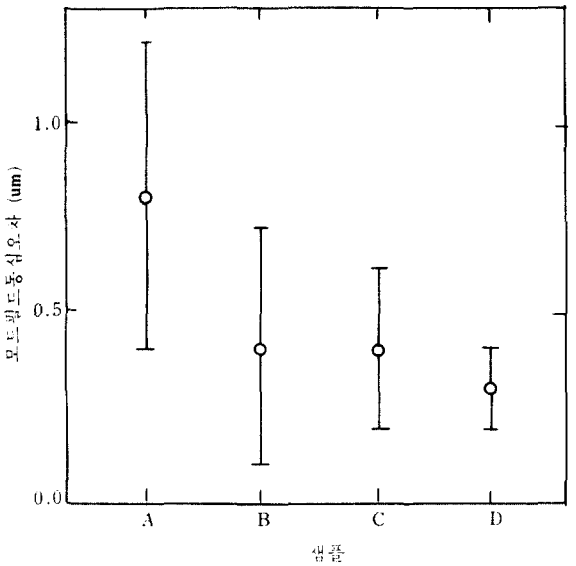


그림12 단일모드 광섬유의 모드필드 동심오차 측정 결과 심
Result of mode field concentricity error measurement of single mode optical fibers.

표 5 다중모드광섬유의 측정결과 비교표
Table of Measurement Results of Multimode Optical Fibers.

측정기관 / 측정항목	본 순회측정	NBS[5]	기 타
손 실 (dB/km)	0.04 (1300nm)	0.23 : 제한입사 0.26 : 초과입사 (850nm)	0.3, 0.2 (820nm)[1] ± 5 % (spectral loss)[2]
대 역 폭	8.8 %	12% (920nm)	12%, 16.8% (850nm)[3] 5.2 % (1300nm)
N. A.	4.5 %	2 % (FFP) (850nm)	-
코 어 경 (nm)	0.7	0.5 (850nm, TNF)	0.74 (850nm, TNF)[20] 0.61 (630nm, RNF 550nm, TI) 550nm, TI)

의 평균을 외국의 순회측정의 결과와 비교하여 표 5 에 나타내었다.

가. 손실

미국의 NBS (National Bureau of Standards) 에서 주관한 순회측정의 결과[5]를 보면 단파장 (850nm) 의 빛을 광섬유에 제한입사 또는 초과입사 시켰을 때 각각 0.23dB/km, 0.26dB/km의 표준편차의 평균을 관찰하였다. 한편 Bell 연 구소의 순회측정[1]에서는 역시 단파장 (820nm) 에서 2 회에 걸쳐 순회측정한 결과 각각 0.3dB/km, 0.2dB/km로서 NBS와 유사한 결과를 얻었다. 또한 유럽의 수개국에서 참여한 손실의 순회측정[2]에서는 파장 700 - 1800nm의 파장별 손실 측정하였는데 그 결과 모든 파장영역에서 ± 5 % 의 표준편차의 평균을 얻었다. 본 순회측정에서는 장파장 (1300nm) 에서 0.04dB/km의 결과를 얻었는 데 이를 외국의 단파장 손실 측정치 또는

www.dbpia.co.kr

파장별 손실 측정치와 직접 비교하기 어려우므로 표준편차의 평균을 샘플의 손실에 대한 백분율로 표현하면 NBS의 경우 7.0%, Bell연구소의 경우 5.6%, 5.1%로서 본 순회측정의 6.8%와 비슷하였다. 그러나, 취합된 손실측정 결과 중에 샘플F의 결과는 상식적으로 납득하기 어려운 큰 편차를 나타내는 2개의 data가 포함되어 있는데 이는 앞에서도 말한 바와 같이 나입력으로 인한 착오인 것으로 추측되며 이것들을 제외하면 표준편차의 평균은 4.5%로 외국의 경우보다 조금 양호하게 나온다.

나. 대역폭

NBS의 단파장(850nm) 대역폭 측정결과[3]에서는 12%의 표준편차의 평균을 얻었으며 Bell 연구소에서 단파장과 장파장의 두 파장 영역에서 측정한 결과[11] 각각 13.6%, 5.2%를 얻었다. 본 순회측정에서는 장파장에서 6.0%의 결과를 얻었는데 손실과 마찬가지로 외국의 예와 대등한 수준임을 알 수 있다.

사용된 측정방식들(시간영역법과 주파수영역법) 간의 측정치의 상관관계는 전혀 발견할 수 없었고 측정사와 측정지간의 상관관계도 전혀 없었으므로 본 순회측정에서 얻어진 대역폭의 편차는 무작위적인 측정오차임을 알 수 있다.

다. N. A. (Numerical Aperture)

NBS에서 FFP방식만을 사용한 순회측정[5]의 결과 2%의 표준편차의 평균을 얻은 반면 본 순회측정에서는 4.6%의 비교적 큰 표준편차의 평균을 얻었다. N. A. 의 경우 장파장과 단파장의 사용에 측정결과가 거의 차이가 없으므로 본 순회측정에서 편차가 큰 원인을 살펴보면 다음과 같다.

- 광섬유 샘플 중에는 단면 굴절율 분포의 중앙부분에 큰 ripple이 있는 것이 있었다. 이것은 MCVD 제조방식의 경우에 광섬유 preform이 collapse 되면서 발생가능한데 광섬유의 전송특성에는 거의 영향을 주지 않으면서 측정이 collapse되면서 발생가능한데 광섬유의 전송특성에는 거의 영향을 주

지 않으면서 측정결과에는 방식에 따라 큰 편차를 발생시킨다. 따라서 굴절율 분포상의 부분적인 돌출이 측정측정에 영향을 주는 것을 방지하기 위하여 RNF방식[9]에 의한 N. A. 측정시에 굴절율 분포 측정에서 얻어진 최대 굴절율과 클래딩의 굴절율과의 차이의 15-95% 부분만을 α-curve에 최적화 시켜서[10] 안정도를 높이는 것이 바람직하다고 생각된다.

- FFP방식에 의한 측정결과가 다른 측정방식의 측정결과보다 전반적으로 작다. FFP 방식은 Far Field의 분포에서 최대치의 5%점에 대한 수광각을 측정하도록 되어 있으나 NBS 의 연구 결과[5]는 5%점대신 2%점을 취하면 측정결과가 3~4% 증가하고 다른 방식의 측정결과와 근사하다고 주장했다. 이러한 사실을 볼 때 N. A. 는 여러 측정방식간에 조건 및 정의가 서로 일치하지 못하여 본 순회측정에서 큰 편차를 나타낸 것 같다.

라. 기하구조

코어 경의 경우 NBS의 순회측정[5]에서는 TNF방식에 의하여 0.5 μm의 표준편차의 평균을 얻었으며 Bell연구소[11]에서는 여러 측정방식에 따라 각 0.74 μm, 0.61 μm의 결과를 얻었다. 반면에 본 순회측정에서는 0.7 μm의 결과를 얻었는데 이는 Bell 연구소의 결과에 접근하고 있다.

기타의 기하구조는 외국의 순회측정의 예가 없기 때문에 비교 대상이 없으나 정밀도를 감안하

표 6 단일모드 광섬유의 측정결과 비교표
Table of Measurement Results of Single Mode Optical Fibers.

측정항목 \ 측정기관		본 순회측정	외국의 순회측정
손실 (dB/km)		0.03 (1300nm)	0.03[11] (1300nm)
차단파장 (nm)		23	6-12[8]
모드 필드 직경	직경 (um)	0.24	0.15[22]
	동심오차 (um)	0.3	-

www.dbpia.co.kr

환산할 때 모두 0.3－0.6 μm로서 기존의 측정방식의 정밀도의 한계로 생각된다.

(2) 단일모드 광섬유

단일모드 광섬유의 순회측정 결과와 외국의 경우를 표 6에 함께 나타내었다.

가. 손실

모든 측정기관이 Cut-back방식을 사용하여 0.03dB/km의 표준편차의 평균을 얻었는데 이는 Bell 연구소에서 수행된 순회측정의 결과[1]와 같다. 이것은 다중모드 광섬유의 0.04dB/km 보다 안정된 값으로 하나의 모드만이 진행하기 때문에 모드간 광파워 분포에 의한 측정치의 편차 요인이 없기 때문으로 생각된다.

4개의 순회측정용 광섬유 중에 샘플D가 손실 측정치와 편차가 다른 광섬유에 비하여 큰 것을 알 수 있는데 그 원인은 파장별 손실에서 OH^-이온에 의한 흡수 손실이 파장 1380nm에서 매우 커서 1300nm파장부근까지 손실의 변화가 크기 때문에 측정광원의 중심파장과 파장선폭이 큰 영향을 미친 것으로 생각된다. 이것을 제외한 측정치의 표준편차의 평균은 0.02dB/km로서 매우 좋았다.

나. 차단파장

차단파장은 측정결과는 단일모드 광섬유의 특성 중 측정조건에 가장 많은 영향을 받는다. 왜냐하면 광섬유내에 한개의 모드와 두개 이상의 모드를 가지는 경계파장을 측정하는 것이므로 다중모드 광섬유에서와 같이 입사조건이 측정결과에 영향을 미치기 때문이다.

본 순회측정의 표준편차의 평균은 23nm 인데 NBS의 측정결과[8]는 6～12nm이었다. 이렇게 차이가 큰 원인은 다음과 같이 생각한다.

- 차단파장은 코어의 직경과 코어와 클래딩의 굴절율 차이로 결정된다. 코어와 클래딩의 굴절율 차이가 0.3%일 때 코어의 직경이 0.1 μm 변하면 차단파장은 약 13nm가 변하게 된다. 이는 차단파장이 기하적 특성과 매우 밀접한 관계를 가진다는 것을 보여주고 있다. 본 순회측정에서 사용한 샘플은 기하적 구조 특성이 광섬유의 길이 방향으로 불안정하여 측정에 사용한 2m의 샘플이 채취한 부분에 따라서 측정결과에 큰 차이가 있음을 발견하였다. 이는 단일모드 광섬유 생산에서 길이 방향의 특성조절에 문제가 있는 것으로 풀이될 수 있다.

샘플A의 표준편차가 큰 것은 코팅이 다른 샘플과 다르기 때문에 구부림 손실을 유도하는 과정에서 편차오인이 발생한 것 같고 샘플D는 파장별 손실이 나쁘기 때문에 파장별 구부림 손실로 부터 측정되는 차단파장도 큰 편차를 나타내는 것 같다.

다. 모드필드 특성

모드필드 직경의 경우 모두 FFP방식으로 측정하였는데 0.24 μm의 표준편차의 평균을 얻었다. 각 샘플의 특성과 구조에 관계없이 모두 비 슷한 편차를 가짐을 알 수 있다. NBS의 순회측정결과는 0.15 μm[22]로 우리의 결과와 0.09 μm의 차이를 나타낸다. 이것은 측정된 모드필드직경 값의 1%에 해당하는 것이므로 상당히 안정된 결과를 얻은 것으로 판단된다.

모드필드 동심오차의 경우 0.3 μm의 표준편차의 평균을 얻었는데 이는 기하구조 측정에서 사용되는 TNF방식에 의한 정밀도의 한계로 받아드릴 수 있다.

6. 結論

광섬유 특성측정에는 이미 각 특성에 대하여 여러가지의 측정방식이 존재하고 있다. 이러한 측정방식들에는 특성의 측정결과가 근사해 지도록 측정조건을 규제하는 연구가 여러 나라에서 진행되어 왔으나 그러한 조건을 만족한다 하더라도 측정방식에 의한 오차가 필연적으로 발생하였다. 생산자와 구매자에게 이러한 오차는 중요한 문제이므로 본 순회측정 연구에서는 광섬유의 특성 측정에서 발생할 수 있는 측정방식 및 측정 기기의 차이에 의한 오차의 한계를 합리적으로 제시하기 위하여 국내의 광섬유 케이블 관련 5개 기관이 가지고 있는 고유의 측정방식을 사용하여 순회측정하였는데 그 결과는 표5, 6과 같다.

www.dbpia.co.kr

다중모드 광섬유의 경우 손실과 대역폭은 1300 nm의 광원에서 각각 0.04dB/km와 8.8% (96MHz · km)인데 외국의 경우 800~900nm의 광원에서 0.26dB/km와 12%이었다. 이를 비교해 보면 우리의 경우가 상당히 양호한 것을 알 수 있는데 손실의 경우 광원의 파장의 차이를 고려하여 실제 광섬유의 손실값에 대한 비율을 계산해 보면 국내의 경우 6.8%이고 외국의 경우 5~7%로서 비슷하였다. N. A. 와 코어 경우 국내의 경우 4.5%와 0.8 μm인데 외국의 경우 2%와 0.5%이었다. 이것은 여러 측정방식이 사용됨에 따라 방식간에 생길 수 있는 오차의 요인이 큰 영향을 미친 것으로 생각된다.

단일모드 광섬유의 경우 손실은 0.03dB/km로 Bell 연구소 결과와 같았다. 차단파장은 23nm인데 NBS의 6-12nm보다 매우 큰 것은 길이에 따른 샘플의 특성 변화가 심하기 때문인 것 같다. 모드필드 직경과 동심오차는 각각 0.24 μm와 0.3 μm인데 NBS의 0.15 μm와 다중모드 광섬유의 기하구조 측정과 비교해보면 상당히 양호한 결과이다.

이러한 결과에서 외국의 경우와 비교하여 볼 때 다중모드 광섬유의 N. A. 와 기하적 특성, 단일모드 광섬유의 차단파장이 차이가 있었다. 다중모드 광섬유의 N. A. 와 기하적 특성은 여러가지 측정방식을 사용하므로 생기는 편차이므로 현재의 측정조건의 한계를 새로이 연구하여 측정방식간의 차이를 작게 만들어야 할 것 같다. 또 단일모드 광섬유의 차단파장은 광섬유의 생산과정에서 길이에 따른 특성의 변화가 없도록 생산기술의 향상이 필요하다고 생각한다.

參 考 文 獻

(1) A. H. Cherin and W. B. Gardner, "Fiber measurement standards", Laser Focus vol. 16(8) pp16, 1980

(2) W. Heitmann et al, "Broadband spectral attenuation me-measurements on optical fibres : an interlaboratory comparison by members of COST 208" Opt. & Quan. Elec., vol. 13, pp47-54, 1981

(3) F. T. Stone, "Problems in bandwidth measurement anb a suggested solution," J. of Lightwave Tech., vol. LT-(1) pp 207, 1983.

(4) D. L. Franzen et al, "Interlaboratory measurement comparison to determine the attenuation and bandwidth of graded-index optical fibers," Appl. Opt. vol. 20 no 4, pp 2412, 1981.

(5) NBS, "Optical fiber characterization," National Bureau of Standards special publication 637, vol. 1, pp 141, 1984.

(6) D. L. Franzen and E. M. Kim, "Interatory measurement comparison to determine the radiation angle (N. A.) of graded-index optical fibers," Appl. Opt., vol. 20 no 7, pp 1218, 1981.

(7) E. M. Kim and D. L. Franzen, "Measurement of the core diameter of graded-index optical fibers : an interlaboratoory comparison," Appl. Opt., vol. 21 no 19, pp 3443, 1982.

(8) D. L. Franzen, "Determining the effective cutoff wavelength of single-mode fibers : An interlaboratory comparison," J. of Lightwave Tech., vol. LT-3(1), pp 128, 1985.

(9) CCITT STUDY GROUP XV, "Revised veriion of recommendation G651 -Characteristics of 50/125um multimode graddd index optical fiber cables," CCITT Temporary Document 43-E, 1984.

(10) CCITT STUDY GROUP XV, "Revised version of recommendation G652- characteristics of a single mode optical fiber cables." CCITT *Temporary Document* 46-E, 1984

(11) 한국전기통신공사, "한국전기통신공사규격 케이블, 광섬유(단파장) 규격번호 통신 6145-3281-약", 1984.

(12) A. H. Cherin et al, "Selection of mandrel wrap mode filters for optical fiber loss measurements," Fiber and Integrated Opt., vol. 4 no 1, pp 49, 182.

(13) K. I. White, "Practical application of the refracted near-field technique for the measurement of optical fiber refractive index profiles," Opt. & Quan. Elect., vol. 11, pp 18-196, 1979.

(14) D. Marcuse and H. M. Presby, "Automatic geometric measurements of singlemode and multi-mode optical fibers," Appl. Opt., vol. 18 no 3, pp 402, 1979.

(15) L. M. Boggs et al, "Rapid automatic Index profiling of Whole-Fiber Samples : part I," Bell Sys. Tech. J., vol. 58 no 4, pp 867, 1979.

(16) L. S. Watkins and R. E. Frazee Jr., "High speed measurement of the core diameter of a step-index optical fiber," Appl. Opt., vol. 19 no 22, pp 3756, 1980.

(17) W. T. Anderson and D. L. philen, "Spot size measurements for single-mode fibers-A Comparison of four techniques," J. of Lightwave Tech., vol. LT-1 no 1, pp 20, 1983.

(18) W. T. Anderson, "Consistency of measurement methods for the mode field radius in a single-mode fiber," J. of Lightwave Tech., vol. LT-2 no 2, pp 191, 1984.

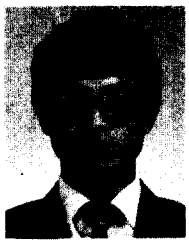
(19) 이성호, 강민호, 박한규, "광섬유 SGS 모드스크램블러의 특성 해석에 관한 연구", 대한전자공학회지, vol. 21 no 1, pp 1, 1984

(20) A. H. Cherin et al, "Measurement of the core diameter of multimode graded index fibers," J. of Lightwave Tech vol. LT-1 no 2, pp 302, 1983.

www.dbpia.co.kr

(21) Electronic Industries Associations, "EIA STADARD RS-455-," 1980-1984.
(22) D. L. Franzen, "Determining the Mode Field Diameter of single mode optical fiber: an interlaboratory comparison", J. of Lightwave Tech., vol. LT-3no 5, pp 1073, 1985.

安 鍾 平 (Chong Pyung AN) 正會員
1959년 6 월21일생
1977년 3 월~1981년 2 월 : 서울대학교 물리학과 졸업
1981년 3 월~1983년 2 월 : 한국과학기술원 물리학과 졸업
1983년 3 월 - 현재 : 한국전자통신연구소 광통신개발부 근무

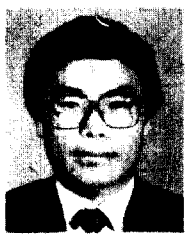


全 永 允 (Young Yun CHUN) 正會員
1959년 1 월15일생
1976년 3 월~1980년 2 월 : 전남대학교물리학과 졸업
1981년 3 월~1983년 2 월 : 전남대학교 물리학과 대학원 졸업
1983년 3 월~현재 : 한국전자통신연구소 광통신개발부 근무

李 東 浩 (Dong Ho LEE) 正會員
1958년 2 월28일생
1977년 3 월~1991년 2 월 : 서강대학교물리학과졸업
1981년 3 월~1984년 2 월 : 서강대학교물리학과대학원 졸업
1984년 3 월~현재 : 한국전자통신연구소 광통신개발부근무

朴 熙 甲 (Hee Cap PARK) 正會員
1955년10월13일생
1974년 3 월~1978년 2 월 : 서울대학교물리학과졸업
1978년 3 월~1980년 2 월 : 한국과학기술원물리학과졸업
1980년 3 월~현재 : 한국전자통신연구소 광통신개발부근무
1982년 3 월~현재 : 한국과학기술원물리학과박사과정재학중

金 容 煥 (Yong Hwan KIM) 正會員
1949년12월20일생
1969년 3 월~1973년 2 월 : 서강대학교물리학과졸업
1975년 3 월~1977년 2 월 : 서강대학교물리학과대학원 졸업
1977년 3 월~현재 : 한국전자통신연구소 광통신개발부
광통신시스템연구실장



姜 玟 鎬 (Min Ho KANG) 正會員
1946년 7 월20일생
1965년 3 월~1969년 2 월 : 서울대학교전기공학과졸업
1971년~1973년 : Missouri 주립대학 전기과졸업 (M. S.)
1973년~1977년 : Texas 주립대학전기과 졸업 (ph. D)
1977년~1978년 : Bell Telephone Lab.-Holmdel NJ 근무
1978년~현재 : 한국전자통신연구소광통신 개발부장
1985년 6 월~현재 : 과학기술처전기전자조정관

www.dbpia.co.kr