

## 광통신용 박막필터형 광소자 분석을 위한 최적화 모델링과 특성분석

김명진<sup>†</sup>

전자부품연구원 광부품연구센터

☎ 451-865 경기도 평택시 진위면 마산리 455-6

이승걸

인하대학교 정보통신공학부, Micro Photonics Advanced Research Center

☎ 402-751 인천광역시 남구 용현동 253

(2003년 1월 22일 받음, 2003년 3월 20일 수정본 받음)

본 논문에서는 광전송시스템에서 파장분할다중화 광소자로 사용되는 박막필터형 광소자의 특성 분석 및 평가를 위해 입력 광원을 모델링 하였으며 광경로에 대해 광선추적법을 사용하여 전산모의 한 광특성을 실험과 비교, 분석하였다. 그 결과 입력광원에 대한 cell 방식의 모델링이 결합효율의 정확도 및 가우시안 강도분포에 접근성을 볼 때 마이크로 옵틱스형 광소자 분석함에 있어 적합함을 알 수 있다. 박막필터형 광소자에 대한 최적 전산모의 결과 광섬유와 GRIN 렌즈 사이 거리가 0.24 mm이며 GRIN 렌즈와 박막필터 사이 거리가 0.25 mm일 때 최대 결합효율은 -0.11 dB이었으며 동일한 조건에서의 실험결과 -0.35 dB의 최대 결합효율을 얻었다. 이것은 단심 및 이심페룰, GRIN 렌즈 등과 같은 구성품의 불완전성과 박막필터에 의한 손실을 고려할 때, 전산모의 결과와 매우 일치하는 것으로서 본 연구에서 제안한 입력광원의 모델링을 적용한 전산모의가 박막필터형 광소자의 특성을 예측할 수 있음을 보였다.

주제어 : micro optic device, optical thin film filter, cell modeling method, ray tracing, coupling efficiency.

### I. 서 론

대용량 동영상을 비롯한 인터넷 등의 새로운 정보통신 서비스의 등장으로 초고속 대용량 영상정보 전송을 위한 기술로서 파장분할다중화(WDM; Wavelength Division Multiplexing) 전송방식이 세계적인 기술적 추세이다. 파장분할다중화 전송기술은 채널 당 전송용량 및 속도 그리고 채널 수를 증가하려는 방향으로 발전하고 있으며 이에 따라 주요 광부품에 대한 연구개발이 가속되고 있다. 특히 파장분할다중화 광필터는 하나의 광섬유에 전송되는 여러 신호를 파장에 따라 다중화 혹은 역다중화 하는 기능을 갖는 수동광소자이다. 수동소자의 관점에서 광통신용 소자는 크게 세 가지로 분류할 수 있다. 광섬유 구조의 특성 변형을 이용한 전광섬유 광소자(all fiber-optic device), 도파로를 활용하는 도파로 소자(waveguide device), 그리고 렌즈, 박막필터, 파라데이 로테이터 등으로 구성으로 되는 마이크로 옵틱스형 광소자(micro-optic device)가 있다. 광섬유 자체에 격자를 구성한 광섬유 격자(FBG: fiber bragg grating), 실리카 기판을 이용한 도파로 열격자(array waveguide grating), 유전체 다층박막을 이용한 광필터(thin film filter)가 각 분야의 광소자를 대표하고 있다.

최근 광통신용으로 많이 사용되어지는 박막필터형 광소자는 광섬유, GRIN(graded-index lens) 렌즈, 유전체 다층박막필터, 단심(single)페룰, 이심(dual)페룰로 구성된 수동광소자이다. 이

런 종류의 마이크로 옵틱스형 광소자의 정확한 성능을 평가하기 위한 최적설계에서 파동 광학적 접근이 가능하지만, 고려해야 할 변수가 많고 계산 과정에서 많은 메모리와 긴 연산시간이 요구된다. 반면, 광선 추적법(ray tracing)을 통한 마이크로 옵틱스형 광소자의 분석은 실용적인 측면에서 유용하다.<sup>[1-4]</sup> 한편, 광선추적 방법을 이용한 마이크로 옵틱스형 광소자의 분석함에 있어 입력광원의 모델링 방법에 따라서 그 결과의 정확성이 크게 영향을 받기 때문에, 입력광원의 적절한 모델링은 매우 중요하다.<sup>[2-4]</sup> 또한, 마이크로 옵틱스형 광소자는 각 소자를 구성하는 부품(element)의 성능변수와 기하학적인 변수에 의해 그 특성 및 성능이 결정되므로, 광선 추적법을 이용한 최적화된 성능변수 추출과 그에 적합한 패키징(packaging) 방법의 결정은 매우 중요하다.

광섬유의 출력단에서 방출된 빛은 일반적으로 Gaussian beam의 특성을 가진다. 이러한 출력광에 대한 마이크로 옵틱스형 광소자의 특성을 분석 평가하기 위해서 출력광을 유한개의 광선으로 분할하여 표현한다. 이때 각 광선의 특성은 광선이 진행하는 좌표와 광축이 이루는 각도를 방향여현(directional cosine)이라는 관점에서 나타낸다. 그러므로, 마이크로 옵틱스형 광소자 내를 전파하는 각 광선의 진행 경로를 파악하는 것은 각 위치에서의 광선의 좌표 및 방향을 구하는 일련의 과정이 된다. 마이크로 옵틱스형 광소자의 분석 절차는 다음과 같다. 입력단인 광섬유가 입력광원 역할을 할 경우 광섬유의 모드반경(mode field diameter)으로부터 출사되는 광속은 유한개의 광선(ray)으로 표현되며, 각 광선이 마이크로 옵틱스형 광

<sup>†</sup>E-mail: kimmj@kети.re.kr

소자를 구성하는 부품(element)들을 지나, 최종 출력단인 광섬유에 도달하는 경로를 추적한다. 최종 출력단에 도달한 광선은 모드반경 및 개구수(numerical aperture) 조건을 만족할 경우에 결합효율에 기여하게 되며, 그렇지 않은 경우는 결합에 기여하지 못하는 것으로 간주한다.

본 논문에서는 입력광원에 대해 두 가지 모델링 방법과 광경로에 대해 가우시안 가중치(Gaussian weight factor)를 갖는 광선추적법을 적용하여 마이크로 옵틱스형 광소자의 특성을 전산모의에 의해 분석하고 실험과 비교하였다.

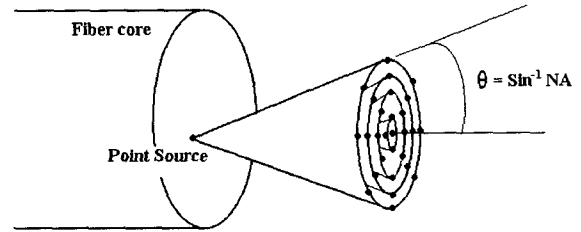
## II. 입력광원의 모델링과 최적화 전산모의

광선의 경로를 추적하기 위해 매질이 균일한(homogeneous) 경우, 실제 광 선속(flux)에 유사하도록 하기 위해 유한광선 추적법(finite ray tracing)<sup>5)</sup>을 사용하였다. 또한 매질이 불균일한(inhomogeneous) 경우 수치 해석적 방법인 Runge-Kutta 방법<sup>6)</sup>을 사용하였다.

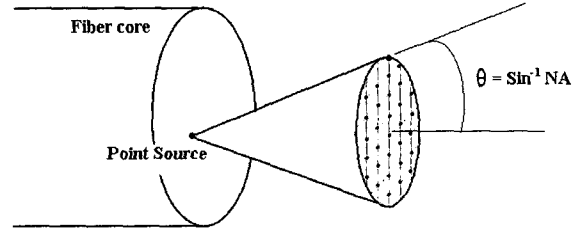
광선 추적법을 이용한 마이크로 옵틱스형 광소자 분석 결과는 입력광원의 모델링 방법에 따라 영향을 받기 때문에 입력광원의 적절한 모델링은 매우 중요하다. 빛을 내는 물체나 빛을 반사하는 물체는 그 물체 표면에 매우 많은 점광원이 존재한다는 것으로 간주할 수 있다. 이때 점광원들은 각각 구면파를 방출하는데, 이렇게 방출되는 구면파를 유한개의 광선으로 대응시킬 수 있을 것이다. 따라서, 본 논문에서는 입력광원에 대한 모델링 방법으로 먼저 입력단의 광섬유 모드반경을 셀(cell)형태로 분할하여 각 점(point)을 점광원으로 간주하였다. 이때 각 점광원에서 방출되는 빛을 광선으로 나타내기 위해, 출사되는 빛을 동일한 각(angle) 범위를 갖는 여러 개의 cone으로 분할하는 방식(annular modeling)과 출사광의 단면을 동일 면적의 셀들로 분할하는 방식(cell modeling)을 사용하였다. 출사광을 cone이나 cell로 분할하는 방식 모두의 경우에 각각의 광선 출사각에 따른 가우시안 가중치를 고려하여 가우시안 빔에 접근하도록 하였다.

annular 모델링 방법의 경우 입력 광섬유의 모드반경에 해당하는 면적에 대해 여러 개의 점광원들로 분할한 다음, 점광원에서 방출되는 빛을 동일한 각(angle) 범위를 갖는 여러 개의 cone 각도로 등분하고 분할된 각각의 cone을 대표하는 광선을 부여한다. 그림 1(a)과 같이 입력 광섬유의 개구수에 해당하는 출사 원뿔각 내의 여러 광선들이 각 점에 해당하는 방향을 향해 출사되는 것으로 간주한다는 의미이다. 그리고 입력 광섬유에서 출사하는 각각의 광선에 대해서 가우시안 가중치를 부여함으로써 실제 출사 광속에 접근하도록 모델링을 적용하였다. cell 모델링 방법의 경우도 마찬가지로 입력 광섬유의 모드반경에 해당하는 면적에 대해서 여러 개의 점광원으로 분할하고, 각 점광원으로부터 입력 광섬유의 개구수에 해당하는 출사광의 단면을 동일 면적의 셀들로 분할하는 방식을 사용하였으며 이때 여러 광선들이 각각의 가우시안 가중치를 가지고 출사되는 것으로 간주하였다(그림 1(b)).

입력광원의 모델링 방법의 광특성의 정확성을 위해 전파하는 광선에 대한 가우시안 강도분포의 접근성을 확인하여야 한



(a) Annular 모델링을 적용한 광선 출사



(b) Cell 모델링을 적용한 광선출사

그림 1. 입력광원에 대한 모델링.

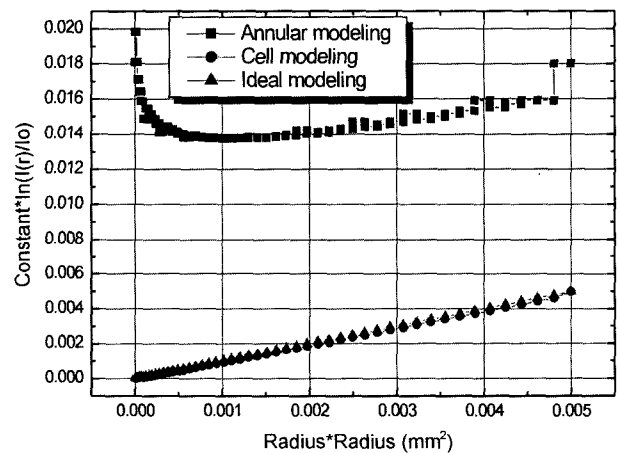


그림 2. 모델링 방법에 따른 가우시안 강도분포 특성.

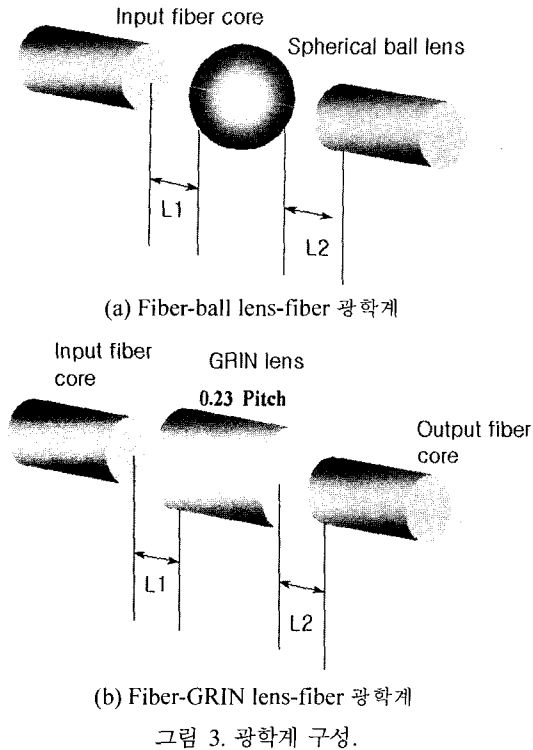
다. 실제로 광섬유로부터 자유공간을 전파하는 빛은 조도면에서 식 (1)과 같은 가우시안 강도분포를 가지며 입력광원에 대해 모델링 방법을 적용한 경우도 이를 만족하여야 한다.

$$I(r) = I_{(0)} \exp(-2(r/w)^2) \quad (1)$$

여기서,  $w$ 는 빔의 반경이고,  $r$ 은 중심으로부터 거리이며,  $I_{(0)}$ 는 중심점에서의 빛의 강도이다. 또한 모델링 방법과 실제 빛의 가우시안 강도분포와 비교하기 위해, 식 (1)을 반경( $r$ )에 대해 변환한 일반식은 다음과 같다.

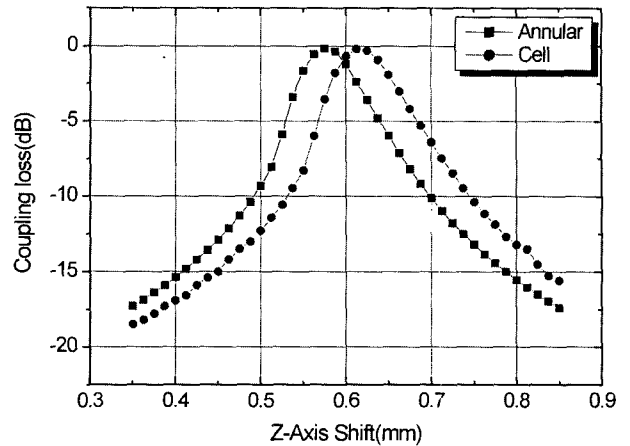
$$r^2 = -(w^2/2) \cdot \ln(I(r)/I_{(0)}) \quad (2)$$

annular 및 cell 모델링 방법에 의한 가우시안 강도분포의 접근성을 분석하기 위해 입력 광섬유로부터 거리가 0.5 mm 떨어진 지점에서의 빛의 강도분포를 조사하였다(그림 2). 분석 결과 cell형태로 입력 광원을 모델링 방법을 사용했을 경우, 조사면에서의 강도분포가 일반적인 가우시안 강도분포에 유사함을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 표면에서의 강도가

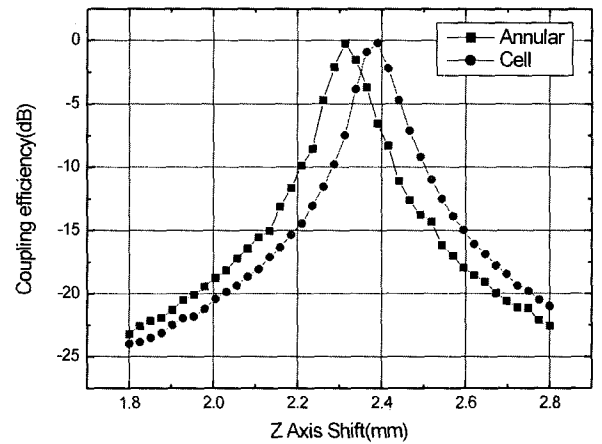


가우시안 분포에 근접하는 cell방식의 입력광원 모델링 방법을 채택하였다.

두 모델링 방식에 따른 광특성의 정확성을 분석하기 위해 입력 광섬유, 구면 볼렌즈, 출력 광섬유로 구성된 광학계(그림 3(a))에 annular와 cell 모델링 방식을 적용하였다. 입력 광섬유는 Comings사의 SMF-28, 구면 볼렌즈는 Newport사의 LB-1550(초점거리:0.56 mm, 작동거리:0.06 mm) 규격을 사용하였다. 그림 4는 구면 볼렌즈와 입력광섬유 거리를 0.62mm로 고정하고, 이때 출력 광섬유의 상대적 위치를 변화에 따른 결합효율을 조사한 것이다. 그 결과, 구면 볼렌즈-출력광섬유의 거리와 최대결합효율은 annular 모델링 방식의 경우 0.575 mm와 -0.16416 dB이었으며 cell 모델링 방식의 경우 0.61295 mm와 -0.20124 dB이었다. 또한 입력 광섬유, GRIN 렌즈(SLW-1.0-0.23-1560), 출력 광섬유로 구성된 광학계(그림 3(b))에 annular와 cell 모델링 방식을 적용한 결과, GRIN 렌즈와 입력광섬유 거리를 2.0 mm로 고정하고 출력 광섬유의 상대적 위치를 변화에 따른 결합효율을 조사하였다. 그 결과, GRIN 렌즈-출력광섬유의 거리와 최대결합효율은 annular 모델링 방식의 경우 2.31282 mm와 -0.22808 dB이었으며 cell 모델링 방식의 경우 2.38974 mm와 -0.19083 dB이었다. 이와 같이 두 모델링 방법에 의한 최대 결합효율 변화는 차이가 있었으며, 상용화된 광학설계 프로그램인 ORA(Optical Research Associates)사 Code V에 의한 전산모의 결과 구면 볼렌즈-출력 광섬유의 사이 거리와 GRIN 렌즈-출력 광섬유의 사이 거리가 각각 0.602 mm, 2.38 mm일 때 최대 결합효율을 얻을 수 있었다. 따라서 구면 볼렌즈와 GRIN 렌즈가 적용된 광학계 모두에서 cell형태의 입력광원 모델링 방법이 상대적으로 정확성이 있음을 알 수 있다.



(a) d1 거리에 따른 결합효율 변화



(b) d2 거리에 따른 결합효율 변화

그림 4. 모델링 방법에 따른 광특성변화.

그림 5는 마이크로 옵틱스형 광소자 특성분석을 위한 기본 흐름도(flowchart)를 나타내고 있다. 그 순서로는 첫째, 광부품들을 정의하고, 둘째 iteration기능에 의해 배열(configuration) 변수가 결정된 다음 셋째, 유한개의 광선들이 만들어지며, 매질(medium)의 특성에 따라 유한 광선 추적법 및 Runge-Kutta 방법에 의한 광선 추적이 진행된다. 최종 광선들은 광소자의 결합효율에 기여하게 되며, iteration 수만큼 이 과정이 반복되어 전산모의 시 더욱 정확한 결과를 얻을 수 있었다. 전산모의 시 전산처리 속도 및 시간은 광선의 개수 및 전산시스템의 처리속도 및 용량에 의존하며, 특히 광선의 개수는 전산모의 결과인 결합효율 변화에 대한 안정화에 영향을 준다. 따라서 본 논문에서는 결합효율 변화가 안정적인 15000개 이상의 광선 개수에 대해 전산모의 하였다. 이때 사용된 전산시스템은 중앙처리장치가 700 MHz이고 메모리가 656 Mbite이었으며 15,000개의 광선 개수를 기준으로 할 때 연산시간은 34초가 소요되었다.

#### IV. 박막필터형 광소자에 대한 전산모의와 실험

본 논문에서는 박막필터형 광소자의 특성을 분석하기 위해,

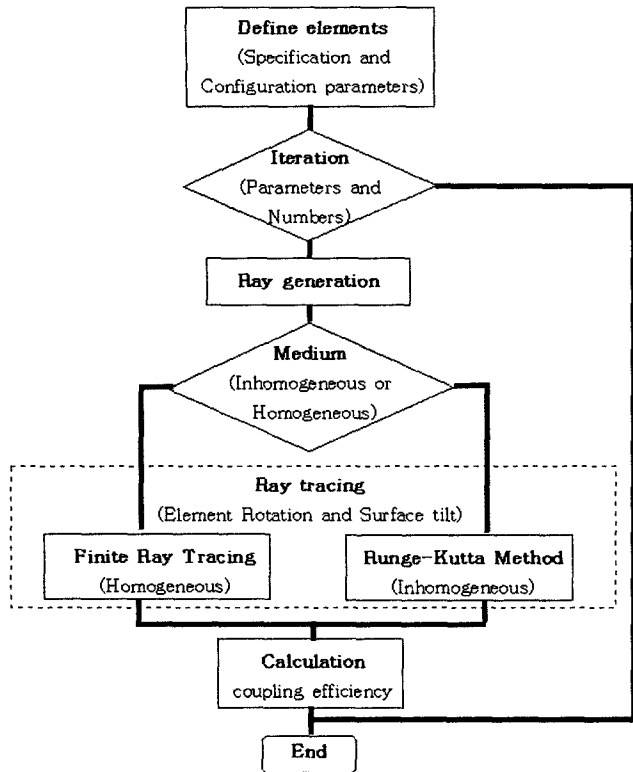
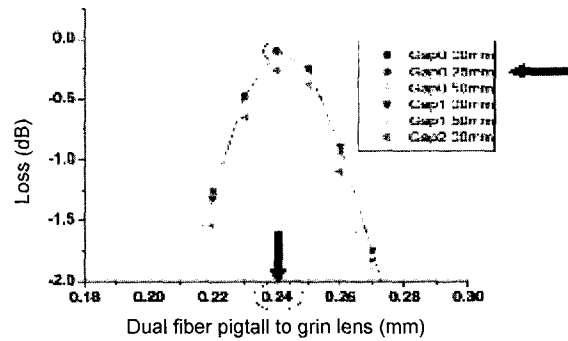
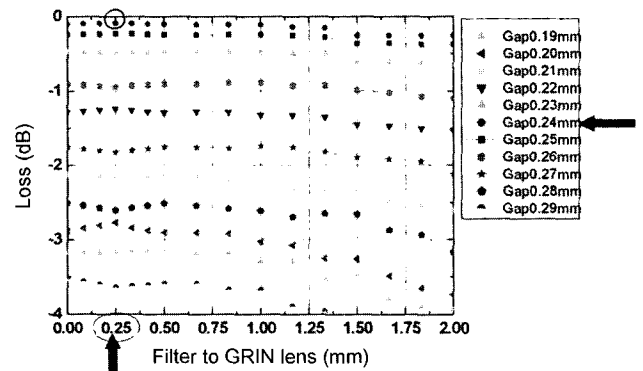


그림 5. 프로그램의 순서도.



(a) d1 거리에 따른 결합효율 변화



(b) d2 거리에 따른 결합효율 변화

그림 7. 전산모의에 의한 박막필터형 광소자의 최적화 설계.

광원에 대한 cell 방식의 모델링 적용과 전파되는 광을 유한 개의 광선으로 취급하는 광선추적법을 사용한 광특성에 대한 전산모의 결과와 자동 광정렬 시스템을 이용한 실험 결과를 비교하였다.

그림 6에 도해한 바와 같이 박막필터형 광소자는 입·출력 광섬유, 광섬유가 삽입된 단심 및 이심페를, 두 개의 GRIN 렌즈, 박막필터로 구성된다. 입력광섬유(a)에서 입력된 광은 렌즈를 지나 박막필터에 입사되어 박막필터의 광특성에 따라 반사되어 출력광섬유(b)로 되돌아가거나, 투과되어 광섬유(c)로 출력된다. 전산모의에 적용된 구성품의 사양은 Coming사의 SMF-28과 SELFOC사 GRIN 렌즈(SLW-1.0-0.23-1560)가 설계에 적용하였으며 이심 페를에서 입출력 광섬유는 광축을 중심으로 대칭적으로  $\pm 62.5 \mu\text{m}$ 의 위치에 고정하였다.

그림 7은 cell 방식의 입력모델링과 광선 추적법을 사용하여 1560 nm 파장에 대해 이심페를-GRIN 렌즈 사이의 거리(d1)와 박막필터-GRIN 렌즈 사이의 거리(d2)를 두 개의 변수 한 전산모의에 의한 결합효율의 변화를 나타내고 있다. d1의 영역은 이심페를과 GRIN 렌즈가 밀착되어 있는 d1=0인 위치에서 0.29 mm까지 변화시켰으며, d2의 경우에는 0인 위치에서 2.0

mm까지 이동하였다. d1과 d2 변화에 따른 입력광섬유(a)와 출력광섬유(b)의 결합효율은 d1이 0.24 mm이고 d2가 0.25 mm 일 때 -0.11 dB의 최대결합효율을 갖는다. 이것은 1 mm 이내의 d2 변화에 따른 결합효율 변화는 매우 작아 박막필터형 광소자를 구성하는 광학계에서 결합효율 특성은 이심페를과 GRIN 렌즈 사이거리에 대해 매우 민감하며, GRIN 렌즈와 박막필터의 거리에 대해서는 큰 변화를 갖지 않는다는 것을 의미한다. 또한 이때 1530 nm의 파장을 적용할 경우 1560 nm와 비교하여 최대 결합효율의 변화는 0.02 dB 이하로 1550 nm 파장대역에 대한 결합효율의 변화는 매우 적다.

전산모의에 의한 최적화 결과를 검증하기 위해 정량적인 방법으로 입력 이심페를-GRIN 렌즈 사이의 거리(d1)와 박막필터-GRIN 렌즈 사이의 거리(d2)를 위치시키는 것이 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 빔분석기(beam profiler)에 의한 방법<sup>7)</sup>과 자동 광정렬 시스템을 사용하였다. 먼저 입력 이심페를-GRIN 렌즈 사이의 거리 설정을 위해, 유리 튜브 안에 삽입되어 있는 GRIN 렌즈와 이심페를의 경사단면을 밀착시킨 후 GRIN 렌즈의 경사면 반대쪽에서 입사한 광에 의한 반사광 무

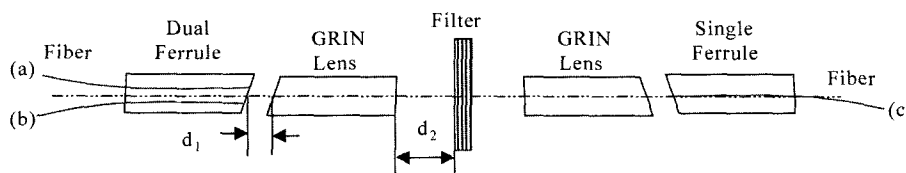
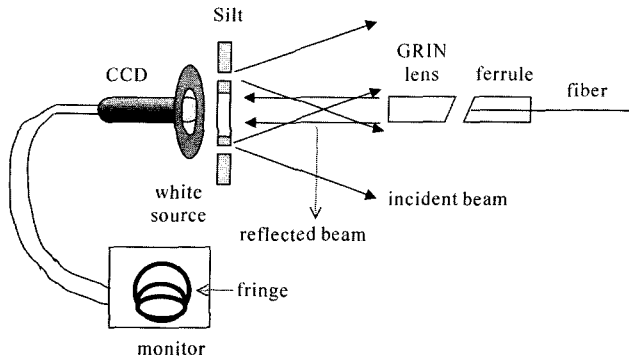
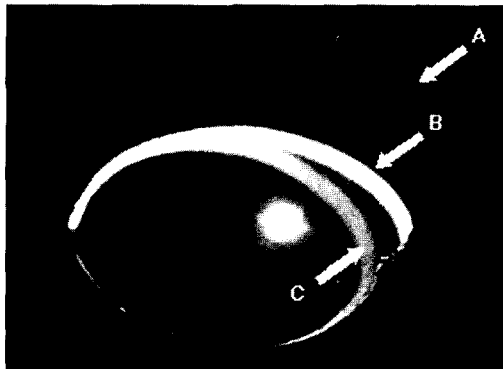


그림 6. 박막필터형 광소자 구성.



(a) 구성 시스템



(b) 반사무늬

그림 8. 반사광에 의한 경사면 설정 시스템 및 반사무늬.

니들을 조절하여 경사면을 서로 일치시킬 수 있다. 그림 8은 백색광원, 현미경, 슬릿, CCD를 이용한 시스템 구성과 반사광 무늬를 형상화한 것이다. 반사무늬 A는 백색광원에서 출사된 광이 슬릿을 통과한 후, GRIN 렌즈의 첫 번째 입사단면에 의한 반사광 무늬이며, 반사무늬 B와 C는 경사진 GRIN 렌즈와 이심페를 단면에 의한 반사광 무늬를 나타낸다. 반사광 무늬 B와 C는 이심페들과 GRIN 렌즈의 경사면이 밀착될 때 정확히 일치하며 이심페들과 GRIN 렌즈 사이의 거리가 증가함에 따라 반사무늬 B와 C 사이의 거리가 증가한다. 이때 반사광의 무늬를 형상화하는 렌즈의 배율이 클수록 또한 입사광이 통과하는 슬릿 폭이 적을수록 정밀하게 제어할 수 있다.

빔분석기에 의한 거리 설정은 이심페들에 광원을 입력하고 렌즈에서 출력된 광을 분석함으로써 수행(그림 9)된다. GRIN 렌즈와 빔분석기의 거리를 55 mm로 고정할 때, d1의 증가함에 따라 빔 크기는 그림 10에 보여진 바와 같이 d1이 0.325 mm인 위치에서 270  $\mu\text{m}$ 까지 감소하다 다시 증가한다. 이러한 빔 크기의 변화로부터 광섬유와 렌즈사이의 거리를 설정할 수 있으며, 본 논문에서는 반사광에 의해 8도 경사면이 조절된 이심페들과 GRIN 렌즈의 위치 변화를 정확히 설정하기 위해 이심페들에 광원을 입력시키고 GRIN 렌즈로부터 출력된 빔 크기를 미세 조절할 수 있도록 광섬유 (a)와 (b)를 2개의 회전축이 포함된 12 축 자동 광정렬 시스템에 고정하여 0.1  $\mu\text{m}$  분해능으로 거리를 변화 시켰다. 이와 같이 이심페들과 GRIN 렌즈 거리 변화시키면서 각 위치에 대해 자동 광정렬 시스템 다른 한쪽 축에 고정되어 있는 박막필터를 자동정렬 시킨 후

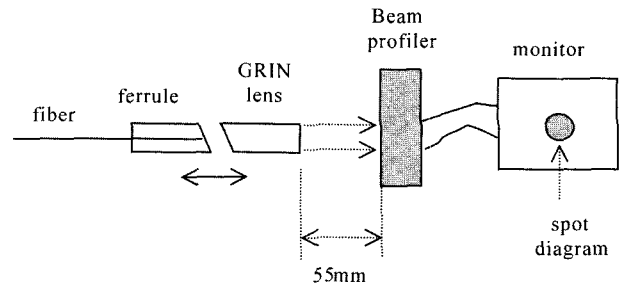


그림 9. 이심페들과 GRIN 렌즈사이 거리 설정을 위한 구성 시스템

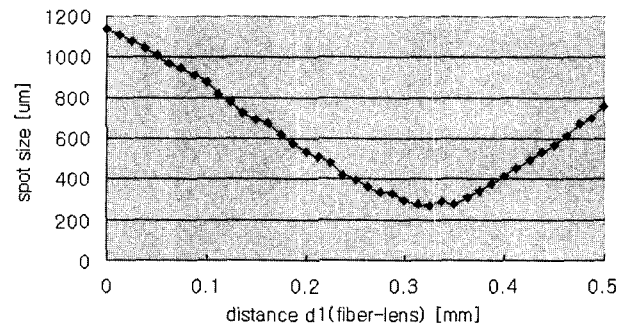


그림 10. 이심페들과 GRIN 렌즈사이 거리에 따른 빔크기 변화.

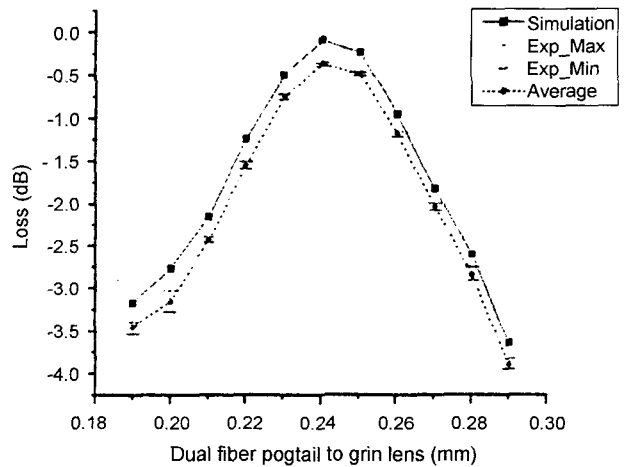


그림 11. d1과 d2 변화에 따른 결합효율 특성.

박막필터를 GRIN 렌즈 단면에 밀착시켜 d2의 거리를 영 (zero)로 설정한 후 d2의 거리를 변화시켰다.

그림 11은 전산모의에 의해 최대 결합효율 특성을 나타내는 d2의 설계값 0.25 mm를 고정된 후, 자동정렬장치를 이용하여 d1 변화에 따른 결합효율을 나타내었다. 박막필터는 반사손실 0.02 dB와 투과손실 0.1 dB 특성을 갖는 채널간격 200 GHz용이며 BLS(Broadband Light Source)와 광 스펙트럼 분석기 (OSA; Optical Spectrum Analyzer)를 사용하였으며, 실험 결과 d1이 0.24 mm인 위치에서 -0.35 dB의 최대결합효율을 갖는다. 전산모의 결과와 실험 결과와의 차이는 단심 및 이심페들의 기하학적 불완전성과 GRIN 렌즈의 굴절률분포의 편차 등 구성부품의 편차 등을 고려할 때, 전산모의 결과와 실험결과는 매우 일치하는 결과로서 본 연구의 전산모의 결과를 박막필터

형 광소자의 특성분석을 예측할 수 있다는 것을 의미한다.

### V. 결 론

본 논문에서는 박막필터형 광소자의 특성을 평가하기 위해 입력광원을 annular 모델링 방법과 cell 모델링 방법을 적용하고 광선추적법을 사용하여 결합효율의 정확도를 비교·분석하였다. 더불어 근본적인 입력광원 모델링의 방법의 차이를 조사하기 위해서 입력 광섬유로부터 거리 0.5 mm 떨어진 조도면에서의 강도분포와 일반적인 가우시안 빛의 강도분포와 비교하였다. 그 결과 입력광원에 대한 cell 방식의 모델링이 결합효율의 정확도 및 가우시안 강도분포에 접근함에 따라 마이크로 옵틱스형 광소자 분석함에 있어 매우 유용하다. 광섬유, GRIN 렌즈, 박막필터로 구성된 박막필터형 광소자에 대한 전산모의 결과 광섬유와 GRIN 렌즈 사이 거리(d1)는 0.24 mm 이고 GRIN 렌즈와 박막필터 사이 거리(d2)는 0.25 mm일 때 -0.11 dB의 최대 결합효율을 가지며, GRIN 렌즈와 박막필터 간의 거리를 빔분석기를 이용하여 0.25 mm로 고정하고 d1을 변화시킨 결과 0.24 mm인 위치에서 최대결합효율이 -0.35 dB 이었다. 이러한 결과는 구성부품의 불완전성과 박막필터에 의한 손실을 고려할 때 매우 일치한 것으로 생각할 수 있다. 따라서 본 연구에서 제안한 cell 모델링 방식의 전산모의는 박막

필터형 광소자 제작 시 광섬유, GRIN 렌즈, 박막필터 등과 같은 구성품의 위치변화에 따른 결합효율 특성을 예측할 수 있으며 구성품들 간의 위치 변수 영역을 정량화에 효과적일 것이다.

### 참고문헌

- [1] Y. Y. Wang and X. F. Chen, "Manufacturing and testing consideration for various DWDM components," *Proceeding of SPIE* vol. 4581, APOC 2001, pp. 390-401.
- [2] K. Shiraishi and S.-I. Kuroo, "A new lensed-fiber configuration employing cascaded GI-fiber chips," *J. of Lightwave Tech.*, vol. 18, no. 6, pp. 787, 2000.
- [3] B. D. Metcalf, "Dual GRIN lens wavelength multiplexer," *Appl. Opt.*, 22, pp. 455-459, 1983.
- [4] K. Thyagarajan, Aruna Rohra, and A. K. Ghatak, "Aberration losses of the microoptic directional coupler," *Appl. Opt.*, 19, pp. 1061-1064, 1980.
- [5] 이상수, *기하광학*(교학연구소, 서울, 1985), pp. 61-64.
- [6] James B. Scarborough, *Numerical Mathematical Analysis* (Johns Hopkins U.P., Baltimore, 1966), Chap.13, Article 116.
- [7] Kurt R. Francis, "System and method for alining optical fiber collimator," US Patent 6168319, 2001.

## The characteristics and optimal modeling of input source for optical device using thin film filter in optical telecommunication network

Myoung Jin Kim<sup>†</sup>

*Optical Telecommunication Research Center, Korea Electronics Technology Institute, Pyung-teak, 451-865, KOREA*

<sup>†</sup>E-mail: kimmj@keti.re.kr

Seung-Gol Lee

*School of Information & Communication Engineering, Inha University Incheon 402-751, KOREA*

(Received January 22, 2003, Revised manuscript March 20, 2003)

In this paper, we modeled the incident beam in order to analyze and evaluate the optical thin film device for wavelength division multiplexing in optical telecommunication network. As applied ray tracing method to the optical path, we were compared the accuracy of coupling efficiency simulated by two modeling methods. In the results of simulation, cell modeling method was preferred to annual modeling method in micro-optic device because of accuracy for coupling efficiency and Gaussian intensity distribution. In the results of optimal simulation for optical device using thin film filter, the distance (d1) between optical fiber and GRIN lens, the distance (d2) between GRIN lens and thin film filter and the coupling efficiency were 0.24 mm, 0.25 mm and -0.11 dB respectively. As d2 was displaced at 0.25 mm and d1 was varied in order to evaluate the optimal value, d1 and maximum coupling efficiency were 0.24 mm and -0.35dB, respectively. Then the results of experiment were corresponded to that of optimal simulation by cell modeling and it was possible to analyze the performance for optical device using thin film filter by the simulation.

OCIS Codes : 220.2740, 220.4830, 240.0310, 080.2710.