

# 자외선을 이용한 평면 도파로 소자의 미세 경로 조정방법

## Adjusting method of planar waveguide using by ultra-violet rays trimming

최영복, 박수진

KT 미래기술연구소 연구전문그룹

e-mail : cyber@kt.co.kr

평면 도파로형으로 제조할 수 있는 수동소자에는 방향성 결합기, 마하젠더(mach-zehnder) 간섭기, AWG 등 다양한 소자가 있다. 이러한 소자중에 도파로와 도파로간의 결합 간섭을 이용한 소자가 많이 있으며, 간섭을 이용한 도파로 소자들은 도파로 경로차나 도파로간에 간섭에 의하여 광학적 출력 특성이 결정된다.

본 논문은 제작된 광 도파로의 일단에 자외선을 조사하여 조사된 광 도파로의 굴절율에 변화를 주어 위상차 및 경로차를 미세하게 조절함으로써 정확하게 광특성을 제어할 수 있는 자외선을 이용한 평면 도파로형 소자의 미세 조정방법이다. 이처럼 자외선 광원으로 굴절율을 제어할 수 있는 원리는 평면 도파로 소자의 코어층에는 게르마늄(Ge)과 밀접한 관계가 있다. 즉, 게르마늄이 도핑된 광도파로 코어에 자외선을 가하면 코어의 굴절율이 높아지게 된다. 이와 같이 높아진 굴절율은 광의 속도를 조절하여 경로차를 변화시킨다.

광도파로의 간섭을 이용한 간섭기 소자의 대표적이라고 할 수 있는 마하-젠더 간섭기형 커플러는 영역 1과 영역 3에 있는 2개의 방향성 결합기와, 영역 2에는 경로차를 갖는 장 도파로와 단 도파로로 구성되어 있다. 마하-젠더형 커플러의 결합율에 영향을 미치는 변수로 가장 큰 것은 두 도파로간에 길이차인 경로차에 의한 것이다. 간섭 효과에 의한 출력에서의 광 분기비 조절은 장 도파로와 단 도파로간의 경로차를 주는 부분에 의해서 결정되어진다. 평면 도파로에서 자외선광으로 조사될 부분은 그대로 두고 조사되지 않을 부분은 마스크로 차단한다. 이때 자외선을 조사하면 조사된 부분의 도파로는 광

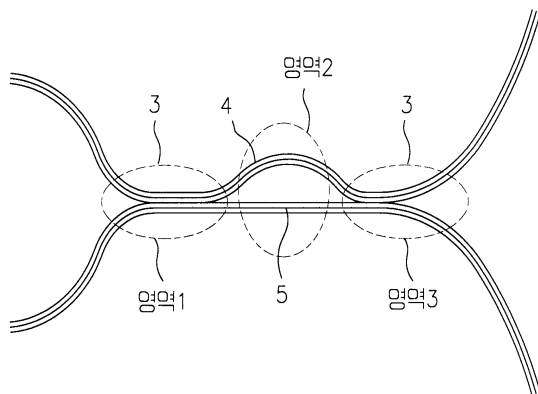


그림 1 마하-젠더형 커플러

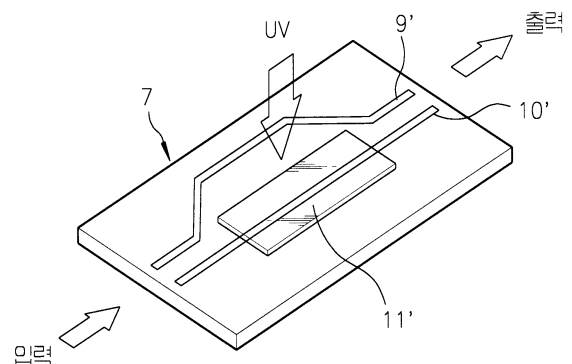


그림 2 국부 차단에 의한 광경로 조절

센스티브 효과에 의해 굴절율이 높아지게 되며 도파로를 통과하는 광의 속도를 느리게 만들어 광 경로 차의 길이가 길어진다. 이로 인하여 도파로 상호간에 보강 또는 소멸 간섭을 일으켜 출력단자로 나오게 되며, 출력측의 각단의 파워의 분기비 또는 결합비가 파장에 따라 증가 또는 억제된다. 한편, 그림 5a 내지 5d는 마하-젠더 간섭기에 자외선에 의한 경로차 변화에 따른 파장과의 관계를 측정한 그래프로서, 본 논문에 따른 광 수동소자의 출력값 미세 조정 결과를 나타내고 있다. 마하-젠더 간섭기의 양 도파로에서 자외선을 조사할 부분과 조사되지 않을 부분을 구분하고 자외선을 인가하여 장 도파로의 굴절율을 변형시키고, 이를 근거로하여 단 도파로간의 간섭 조건의 변화에 의해 출력단에서 분기비가 50%가 되는 최적 조건의 소자를 제작할 수 있다. 마하-젠더 간섭기의 간섭 효과에 의한 출력에서의 분기비 조정은 장 도파로와 단 도파로간의 경로차에 의해서 결정되어지므로 자외선을 장 도파로에 인가하면 굴절율은 변화하고 이것은 경로차를 변화하게 한다. 그림 3은 마하-젠더 간섭기의 장 도파로에 자외선을 10분간 조사하여 경로차가  $0.642\mu\text{m}$  변화시킨 것이며, 그림 4는 마하-젠더 간섭기의 장 도파로에 자외선을 20분간 조사하여 경로차가  $0.668\mu\text{m}$  변화시킨 것이다. 그림 4의 그래프를 통해서 알 수 있듯이, 자외선을 20분 입사하면 경로차는  $0.668\mu\text{m}$  변화하였을 때 전 파장에 걸쳐 분기비가 50% 지점과 근접하는 가장 좋은 특성을 나타낸다. 이때 자외선의 조사량을 멈추면 최적의 특성 조건을 얻을 수 있다. 따라서, 본 논문에 따른 자외선을 이용한 평면 도파로형 소자의 미세 조정방법을 이용하면 종래의 평면 도파로형 광 수동소자의 제조방법에서 제조 기술의 불안정과 설계 오차에 의하여 잘못된 특성을 갖고 있는 부품을 자외선 광원으로 경로차를 미세하게 조정하여 주어 원하는 출력 특성을 얻어냄으로써 정확하게 광특성을 제어할 수 있으며, 수율을 높일 수 있다. 또한, 본 논문에 따른 자외선을 이용한 미세 조정방법은 광센스티브 효과가 일어나는 모든 간섭기형 소자에 적용할 수 있다. 또한, 정밀한 정렬이 필요없어 제작이 용이하다.

따라서, 평면 도파로형 광 수동소자의 제조기술의 불안정과 설계오차에 의하여 잘못된 특성을 갖고 있는 부품을 자외선 광원으로 경로차 또는 위상차를 미세하게 조정하여 원하는 출력특성을 얻어냄으로써 정확하게 광특성을 제어할 수 있으며, 수율을 높일 수 있는 효과를 얻을 수 있다.

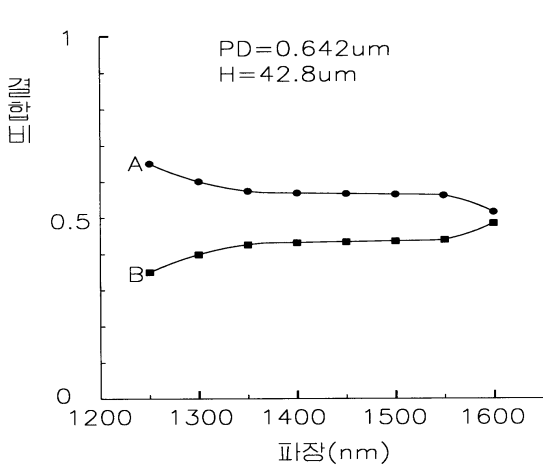


그림 3 마하-젠더 간섭기의 장 도파로에 자외선을 10분간 조사 (경로차가  $0.642\mu\text{m}$  변화)

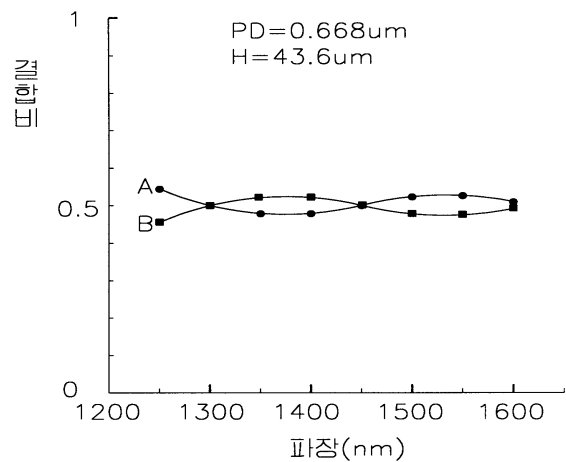


그림 4 마하-젠더 간섭기의 장 도파로에 자외선을 20분간 조사 (경로차가  $0.668\mu\text{m}$  변화)