

Spot-Size 변환기가 집적된

1.3 μm 레이저 다이오드를 위한 Taper 구조 설계

Designs of Tapered Waveguide Structure for

1.3 μm Spot-Size Converter Intergrated Laser Diode

도상현, 심종인

한양대학교 전자공학과

jishim@laser.hanyang.ac.kr

차세대 정보 통신망으로 주목받는 광 가입자망의 구축을 위한 광가입자용 레이저의 실현을 위해서는 단일 모드 광섬유와의 높은 광결합 효율이 매우 주요한 요소가 된다. 일반적인 레이저 다이오드의 광분포는 단일 모드 광섬유와의 심한 모드 불일치로 인하여 광결합 특성이 매우 좋지 않기 때문에 광결합 효율을 향상시키기 위한 연구가 진행되어 왔다. 그중에서 Spot-Size 변환기가 집적화된 레이저 다이오드는 높은 광결합 효율과 높은 정렬 오차 허용도로 인하여 소자의 저가격화에도 유리하다.

수직방향으로 Taper된 광도파로구조의 제작을 위해서는 Selective Epitaxy가 공정상의 이점으로 인해 이용되어 진다. 이러한 구조의 Taper비율(Taper 끝단 두께/Taper 시작단 두께)은 1/3, 또는, 1/3.5 정도가 적당한 것으로 보고되고 있다. 본 연구에서는 Spot-Size 변환기의 수직 방향 Taper구조에 따른 방사각의 변화를 조사하였고, 최적화된 도파로구조에 대하여 살펴보았다.

본 계산에서는 7개의 Well(8nm)과 SCH(110nm)로 이루어진 레이저가 사용되었다. 모의 실험을 위해서는 MSEO(Modified Single Effective Oscillator)방법으로 계산된 굴절율과 유한 차분법(Finite Difference Method)에 기초를 둔 3D-BPM을 해석 방법으로 사용하였다.

계산에 사용된 광변환기의 구조는 <그림1.a>와 <그림1.b>에 나타내었다. Taper비율은 1/3로 고정하였고, 수동 도파로 길이는 200 μm 로 하였다. <그림1.b>에 나타낸 Non-linear Taper구조는 다음과 같다.

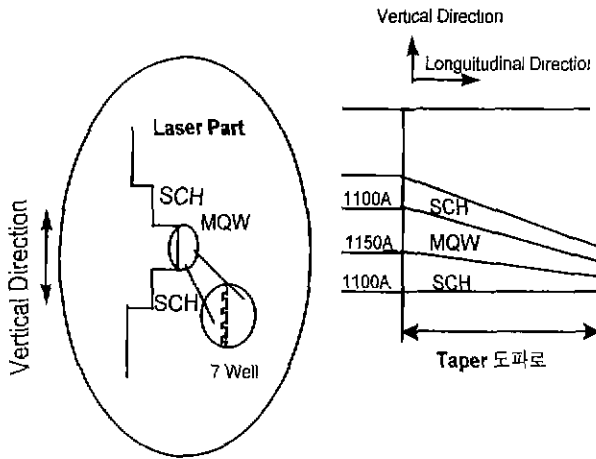
$$h = h_e + (h_i - h_e)(1 - z/L)^n$$

여기서, L은 수동도파로 전체 길이, z는 종축방향의 위치, h_i 와 h_e 는 각각 변환기의 첫단과 마지막단의 두께를 나타낸다.

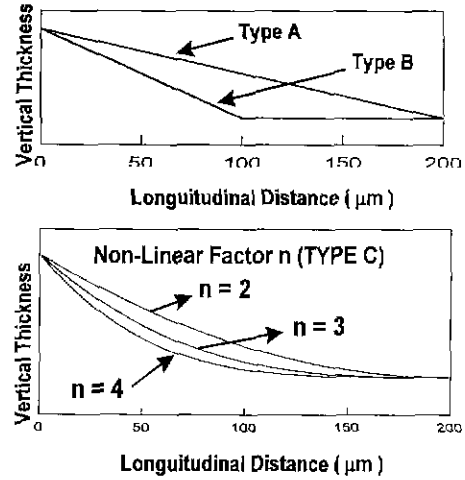
<그림 2>는 광변환기 구조에 따른 방사각을 나타내었다. 이 그림에서 알수 있듯이, A구조의 방사각이 B,C구조의 방사각보다 훨씬 넓게 나타나는데, 이는 A구조에서는 빛이 진행함에 있어 충분한 모드 변환이 일어나지 못함에 기인한다. 그러므로, 광변환기의 제작에 있어서, 레이저의 광모드가 광도파로 끝단의 광모드로의 변환이 충분히 이루어지기 위한 영역 즉, 직선 또는 완만한 기울기의 도파로가 삽입되는 것이 바람직하다고 생각된다.

<그림 3>는 non-linear factor(n)에 따른 수직방향과 수평방향 방사각의 FWHM을 나타내었다. n이 증가함에 따라 두 방사각은 모두 감소하였고, 특히, 수직 방향의 방사각의 감소가 더 큰 것을 알 수 있다. 레이저의 방사각, 즉 n=0 인 경우에는 수직 방향의 방사각이 수평방향보다 크지만, n=1인 경우, 방사각은 같아짐을 알 수 있었다. 그러나, 광결합효율을 증대시키기 위해서는 방사각을 줄이는 것이 효율적이므로, non-linear factor (n)은 방사각이 거의 변화가 없는 n=4 정도가 적당하다고 생각된다.

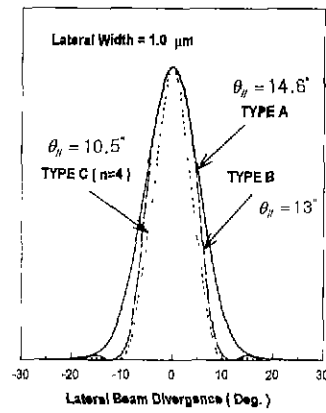
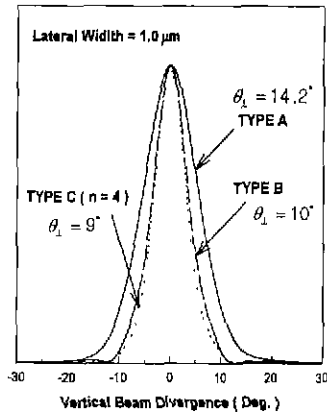
<그림 4>는 레이저와 광변환기의 수평방향 BH쪽에 따른 방사각의 변화를 나타내었다. 광변환기의 구조는 n=4를 사용하였다. 폭이 증가함에 따라 수직방향의 방사각은 증가하였고, 수평방향의 방사각은 1.0 μm 근처에서 최소값을 가짐을 알 수 있었다. 대칭적인 방사각을 얻기 위해서는 BH쪽의 증가가 요구되지만, 레이저 동작 특성을 고려하여 볼 때, 1.0 μm 근처의 BH쪽이 적당하다고 사료된다.



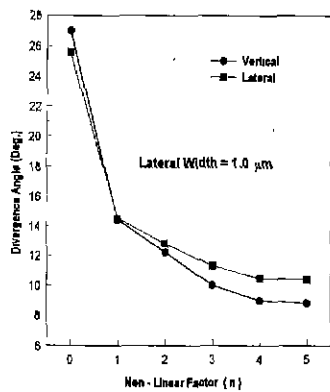
<그림1.a> Vertical 단면 구조



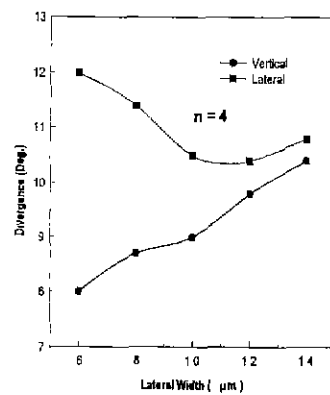
<그림1.b> Taper Profile



<그림2.> TYPE A,B,C Far Field Pattern



<그림3.> Nonlinear Factor 에 따른 Divergence



<그림4.> Lateral Width 에 따른 Divergence

