

69nm 가변 범위를 갖는 MEMS 파장가변 필터

MEMS wavelength tunable filter with 69nm tuning range

김창규*, 이명래, 전치훈, 엄용성, 김운태
 한국전자통신연구원 반도체원천기술연구소
 ckkim@etri.re.kr*

GaAs 기판 위에 성장된 열구동 MEMS형 파장가변 필터 구조를 이용하여 제작 과정이 간단하면서도 구동 전압 1.7 V, 소비전력 0.92 mW만으로 69 nm의 파장가변이 가능한 저전압, 저소비전력 필터 소자를 구현하였다.

채널 선택성이 높은 파장가변 필터 소자를 제작하기 위해서는 두 반사경의 반사율을 99% 이상으로 높여야 한다. 이를 위한 한 가지 방법은 굴절률 차이가 큰 두 물질을 사용하는 것이지만, III-V족 화합물은 굴절률 차이가 적기 때문에 제작 과정이 어렵다. 다른 방법은 반사경의 패어수를 늘림으로써 반사율을 올리는 것이다. 이 방법은 반사경의 패어수가 한계를 넘어서면 오히려 도핑 물질에 의한 흡수가 증가하고 결정성 유지가 어렵기 때문에 반사율이 감소하고, 구동전압이 급격하게 증가하는 문제점이 있다. 따라서 본 연구에서는 반사경의 패어수를 늘리는 방법을 이용하되, 도핑에 의한 흡수를 줄이고 고전압을 필요로 하지 않는 구조로서 열팽창에 의한 파장가변 필터를 제작하고 특성을 평가하였다.

위, 아래 반사경은 MOCVD로 GaAs기판 위에 성장한 GaAs/Al_{0.7}Ga_{0.3}As 분산 브래그 반사경을 사용하였으며, 그 사이에 Al_{0.98}Ga_{0.02}As 희생층을 삽입하였다. 제작 과정은 다른 구조에 비하여 간단하다. 먼저 PR을 이용하여 기판 표면에 전극 패턴을 형성하는 1차 lithography 작업을 하고, 전자빔 증착장비를 이용하여 Ti/Pt/Au를 증착한 후 열처리 하였다. 필터 구조 형성을 위하여 2차 lithography 작업을 하였으며 이때 앞서 형성된 전극은 PR로 덮어 보호하도록 하였다. 필터 구조는 CAIBE (Chemical Assisted Ion Beam Etching)를 이용하여 위 반사경과 희생층, 그리고 아래 반사경의 일부까지 식각하는 방법으로 형성되었다. HCl:DIW = 1:10으로 희석한 용액을 사용하여 희생층을 습식 식각 한 후, 위 반사경이 아래 기판에 달라붙는 고착현상을 방지하기 위해서 승화법(Freeze-drying method)을 이용하여 용액을 제거하였다. 전체 제작 과정에서 전극 형성 공정이 한번으로 충분하기 때문에 최소한 2번의 전극을 형성해야 하는 정전구동 소자에 비하여 공정이 간단하며, 소요되는 비용도 절감할 수 있다.

위, 아래 반사경은 각각 31.5, 37쌍으로 이루어진 1차 소자는 2개의 열구동체로 반사경을 지지하는 구조이다. 반사경의 직경은 40 μm 이며, 양쪽에 길이 230 μm , 폭 10 μm , 두께 7.64 μm 인 두 개의 열구동체가 있다. 전압이 1V에서 4.6V까지 증가하는 동안, 반사 스펙트럼에서 전체 파장가변 범위는 47 nm였으며, 최대 소비 전력은 5 mW 이하이다. 이 때, 위 반사경의 이동 거리는 132 nm에 해당된다.

1차 소자와 같이 반사경을 2개의 탄성체로 지지하는 경우, 탄성체를 축으로 반사경이 일정 각도로 틀어지거나, 광축에서 벗어나는 방향으로 구동이 될 가능성이 있다. 이 같은 단점을 보완하기 위해서 4개의 열구동체가 Wheatstone bridge 구조를 이루는 2차 소자를 제작하였다. 반사경의 직경은 40 μm 이며, 양쪽에 길이 200 μm , 폭 7 μm , 두께 5.2 μm 인 네 개의 열구동체가 지지하고 있다. 최대 전압이 1.7 V일 때, 최대 소비 전력은 0.92 mW이며, 전체 파장가변 범위는 69 nm였다. 위 반사경의 이동 거리는

225 nm에 해당되며, 같은 구조의 소자를 정전력으로 구동하기 위해서는 최대 전압이 64 V가 필요한 것으로 예상된다. 소비 전력도 1mW 이하로 크게 낮추었다. 서로 수직한 두 편광에 대하여 투과 파장의 차이가 0.3nm 이내로서, 편광에 대해서도 무관한 특성을 가진다.

요약하면, 정전구동방식이 고전압을 필요로 하는 단점을 해결하기 위해서 낮은 전압으로 구동 가능한 열구동 파장가변 필터 소자를 제작하였다. 그 결과 구동 전압 1.7 V, 소비전력 0.92 mW으로 69 nm의 파장가변이 가능한 저전압, 저소비전력 필터 소자를 구현하였다. 이 소자는 기존의 III-V족 화합물 공정을 이용하여 제작 가능하며, 이미 개발되어 있는 수직공진 표면광 레이저, 발광 다이오드, 광 검출기 등과 같은 소자에 손쉽게 집적이 가능한 장점을 지닌다.

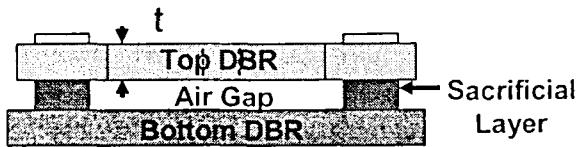


그림 1. 파장가변 필터의 단면도

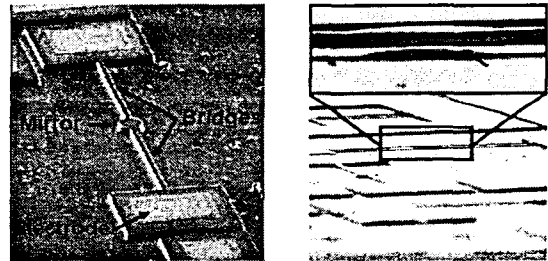


그림 2. 제작된 파장가변 필터의 SEM 사진

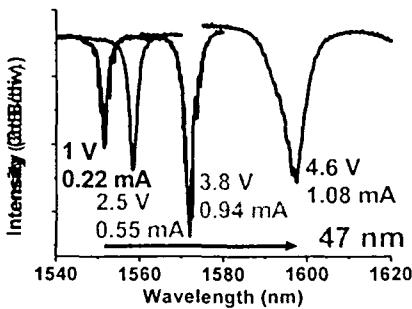
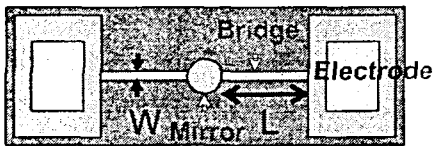


그림 3. 2개의 열구동체를 가진 파장가변 필터의 구조 및 광특성

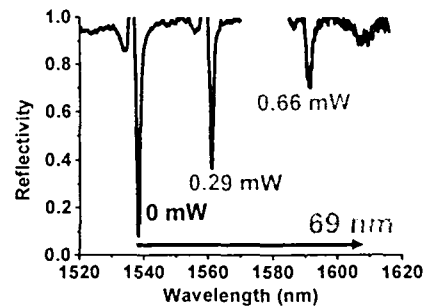
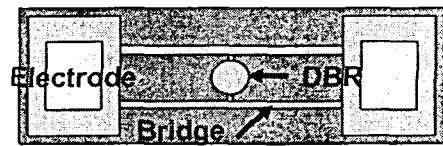


그림 4. 4개의 열구동체를 가진 파장가변 필터의 구조 및 광특성

1. M. C. Larson, B. Pezeshki, and J. S. Harris, "Vertical coupled-cavity microinterferometer on GaAs with deformable-membrane top mirror," *IEEE. Photon. Technol. Lett.*, 7, 382-384 (1995).
2. S. Irmer, J. Daleiden, V. Rangelov, C. Prott, F. Roemer, M. Strassner, A. Tarraf, and H. Hillmer, "Ultralow biased widely continuously tunable Fabry-Perot filter," *IEEE. Photon. Tech. Lett.*, 15, 434-436 (2003).