

연쇄방출을 이용한 광통신용 실리콘 가변 광 감쇠기

A micromachined silicon variable optical attenuator using successive dissipation for optical telecommunications

권호남, 김영윤, 김원효, 윤성식, 이종현,
광주과학기술원 기전공학과, jonghyun@kjist.ac.kr

이정현, 홍윤식, 이현기, 정성천
삼성전기 Optical MEMS팀

1. 서론

광 감쇠기는 파장다중기(WDM) 내의 광신호의 크기를 맞추어 소자를 보호하기 위한 장치이다^(1,2,3). 그 예로, 나란한 두 개의 광섬유와 한 개의 반사 거울로서 광량을 조절하는 광 감쇠기가 발표되었으며⁽¹⁾, 약간의 간격을 두고 마주한 광섬유의 사이에 금 도금된 실리콘 칼날을 삽입시키는 MEMS로 제작된 광 감쇠기도 소개되었다⁽²⁾. 또한 저소비 전력을 위해 아치 형태의 열탄성 구동기를 사용한 MEMS형 광 감쇠기가 선보인 바 있다⁽³⁾. 이러한 종래의 연구에서는 광량을 조절하는 방법으로 금속 도금된 차단막, 혹은 반사거울을 이용했으며, 이때 도금된 금속의 평탄도에 의해 감쇠기의 성능이 달라진다는 문제를 가지고 있다. 본 논문에서는 췌기형태의 실리콘 차단부를 이용하여 연쇄적으로 빛을 방출하는 원리를 갖는 새로운 형태의 MEMS 형 가변 광 감쇠기 (VOA : variable optical attenuator)를 소개한다. 주로 작동 및 설계 원리와 함께, 제작된 소자의 광학특성에 대한 실험결과를 중심으로 설명하며, 제작은 실리콘 건식 식각 방식을 이용하며, 거울면 제작을 위한 금속공정이 필요하지 않다는 장점을 가진다⁽⁴⁾.

2. 광 감쇠기 원리

제안된 광 감쇠기는 그림 1(a)와 같이 두개의 고정된 광섬유사이에서 움직이는 실리콘 빔으로 구성되어 있다. 광 감쇠기의 원리는 실리콘 빔이 입력단의 빛의 일부분을 막고 나머지 부분을 출력 단으로 보내는 방식으로, 실리콘 빔에서 막힌 빛은 실리콘 빔 내를 통과하면서 소실된다. 흡수계수가 1.05/cm 인 실리콘 빔 내에서 40dB 이상의 감쇄를 가지기 위해서는 약 80mm 길이가 필요하나^(5,6,7), 이는 MEMS 공정으로는 제작이 불가능하여 연속적 부분 소실을 가지는 새로운 원리의 실리콘 빔을 고안하였다. 그림 1(b)에서 실리콘 빔으로 입사하는 빛의 작은 입,출력 화이버의 임계각보다 크므로, 성능에 영향을 미치지 않는다. 입사되는 빛은 크게 두 갈래의 경로로 나뉘는데, 하나는 자유롭게 출력 단으로 통과하는 빛이고 다른 하나는 실리콘 빔에 걸러지는 빛이다. 걸러지는 빛은 실리콘 빔에서 부분적으로 반사하거나 투과하면서 소실된다. 부분적으로 통과되는 빛은 전반사각(25°)보다 작기 때문에 완전히 반사되지 않고 부분적으로 소실되며, 실리콘 빔의 끝부분은 연속적인 감쇄를 위해 각각 20° , 7° 의 각을 갖게 하였다. 실리콘 빔의 끝부분이 광섬유 입력 단에 대해 어떤 일정한 값을 가짐으로써 좀 더 효율적으로 빛을 소실시킬 수 있으며, 작은 각일수록 입,출력 광섬유 사이의 거리를 작게 해 삽입손실을 줄일 수 있다. 실리콘 빔의 끝부분의 경사진 각으로 인해 빛은 빔 안에서 두개의 형태(모드)로 진행하며, 반복적인 부분 반사와 투과를 통해 완전히 소실된다.

3. 광 감쇠기 실험 평가

실험적인 삽입손실은 그림 2(a)에 보인 바와 같이 1.7dB 정도이며, 전압에 따른 광 감쇠효과가 선형성을 가지지 않는 주된 이유는 실리콘 빔이 입력전압의 제곱에 비례하여 구동되기 때문이다. 최대 광 감쇠량은 40dB로서 이론적인 계산과 차이를 가지는 것은 실리콘 빔의 두께가 이론적인 계산과는 달리

공정상 오차로 인하여 조금 더 작아져 입사하는 빛의 모든 부분을 가리지 못하기 때문이며, 21V의 입력에서 감쇠 기울기가 완만해지는 이유도 같은 방법으로 설명할 수 있다. 계단 입력에 따른 광 감쇠기의 응답속도는, 그림 2(b)에 보인 바와 같이, 약 8ms 로서, 각 전압에서 거의 같은 특성을 보이고 있다. 각 전압별 응답속도 중 최대 떨림은 21.2V에서 나타났는데 이는 가장 많은 거리를 실리콘 빔이 움직이기 때문이며, 실리콘 빔의 제동특성을 최적화하면, 더 빠른 응답 속도를 얻을 수 있을 것이다.

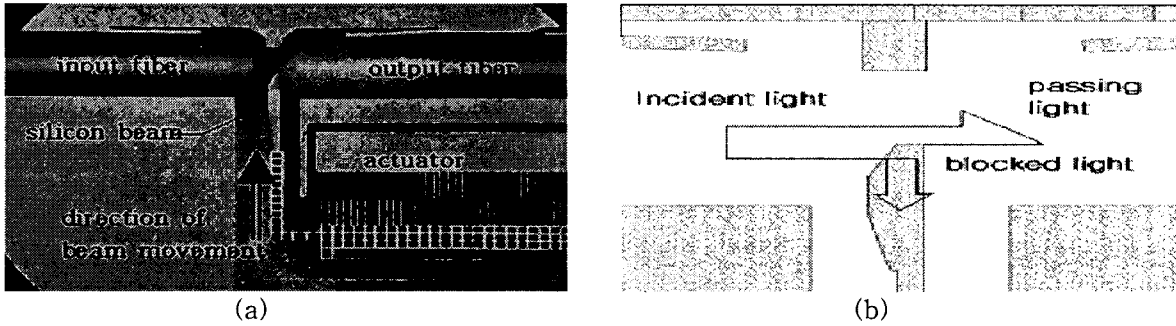


Fig 1. Structure and principle of VOA. (a) The fabricated VOA composed of two optical fibers and a beam shutter connected to actuator. The gap between fibers is 25um, and (b) Light blocking mechanism of proposed VOA. In the initial state, the beam shutter does not block a light beam, and blocked beam is dissipated in the silicon shutter by partial transmission.

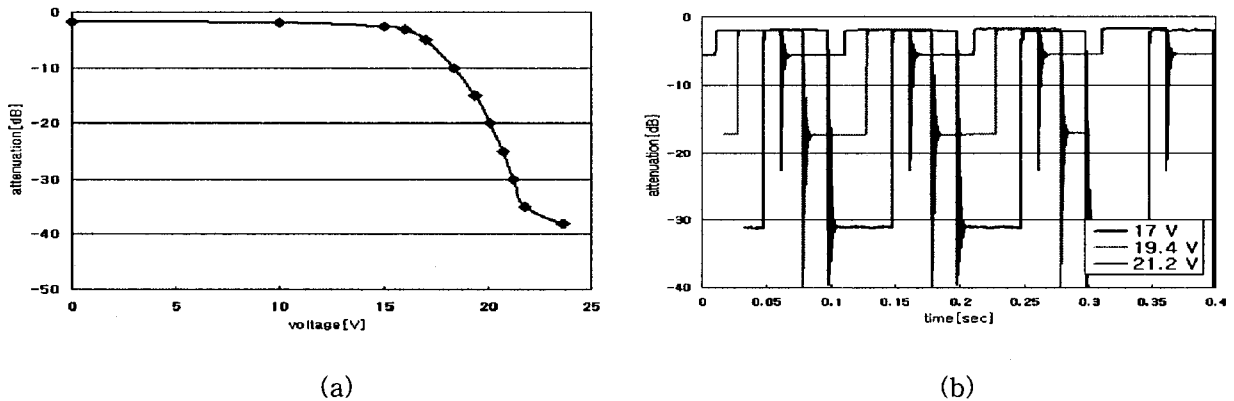


Fig2. Optical characteristics. (a) attenuation, and (b) Optical response time with respect to applied input voltage.

후기

본 연구는 삼성전기로부터 연구비 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

1. B. M. Andersen, et al., OFC vol. 2, pp. 260-262 (2000).
2. B. Barber, et al., IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 10. p p. 1262-1264, (Sept. 1998).
3. R. Wood, et al., Optical MEMS Conference 2000, pp.121-122.
4. Y. Y. Kim, et al., ISC 2001, pp. 139-140.
5. D. R. Lide, Handbook of chemistry and physics (CRC press LLC, 1999), sect. 12.
6. M. Bass, Handbook of optics, vol 2, Chap. 36.
7. E. Hecht, Optics (Addison Wesley Longman, Inc, 1998), Chap. 4.