

미세구조 광섬유 내에서의 미세 액체 제어

Microfluid Control in Microstructured Fibers

김영호, 김은선, 황인각
 전남대학교 물리학과
bknight99@naver.com

1. 서론

최근, 내부에 다수의 공기구멍을 갖는 다양한 microstructured fiber(or holey fiber)들이 등장하면서, 이를 microfluid 기술과 결합하려는 몇가지 시도들이 나타났다. 공기 구멍 속에 gas 나 liquid를 채워 tunable fiber grating⁽¹⁻²⁾, laser source⁽³⁾, waveguide sensor⁽⁴⁾ 등 여러 가지로 활용되고 있다. 본 연구에서는 이러한 fiber-based microfluid 기술에 요구되는 기반 기술에 관한 실험을 실시하였다.

2. 선택적 액체 주입을 위한 광섬유 끝단처리

microstructured fiber의 특성을 유지하면서 액체를 주입하기 위해서는 특정 공기구멍에 액체를 넣어야 한다. conventional fusion splicer의 전기 아크 기능을 이용하면 원하는 구멍을 제외한 나머지 공기구멍을 막을 수 있다. 즉, fusion splicer의 전기 아크 기능으로 열을 가하면 표면장력으로 공기구멍이 수축되어 막히게 되는 것이다. 즉 적당한 열을 가하여 원하지 않는 공기구멍을 막고 원하는 공기구멍을 열린 상태로 유지 하는 것이다. arc-power, fusion duration, fiber position의 3가지 조건을 변화시켜 가면서 실험을 하였다. 이때 fiber position은 그림1과 같이 arc-전극과 fiber 사이의 거리를 말한다.

i) arc-power에 따른 변화(fusion duration = 450 ms, fiber position = 60 μm)

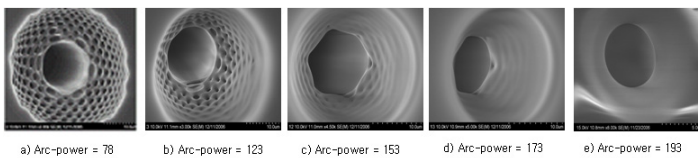


그림 2 arc-power에 따른 단면의 변화

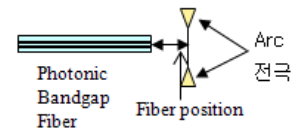


그림 1. 실험 방법

ii) fusion duration의 변화(arc-power = 193, fiber position=60μm)

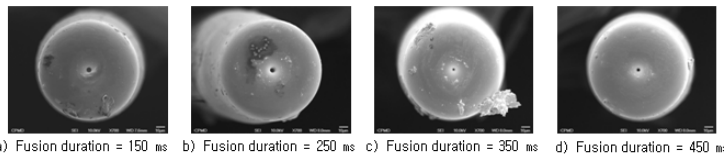


그림 3 . fusion duration에 따른 단면의 변화

iii) fiber position의 변화(arc=power=193, fusion duration= 450ms)

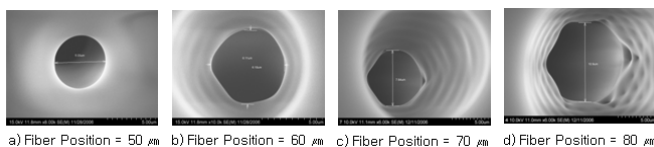


그림 4 fiber position에 따른 단면의 변화

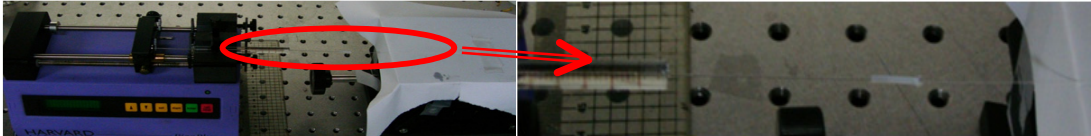
i, ii, iii 의 실험에서 보듯이 arc-power가 193, fusion duration이 450ms, fiber position이

60 μ m일 때 원하지 않는 공기 구멍들을 막을 수 있었다.

3. 주사 펌프를 이용한 액체의 주입 및 이동 조작

a) 주사기 펌프를 이용한 액체의 삽입

미세량을 다룰수 있는 펌프(Harvard사의 Pico Plus Syringe Pump, 최고 437 nl/min, 최저 26.76 pl/min)를 이용하여 수은을 microstructured Fiber 안으로 삽입하고 빼는 실험을 하였다. 이때 주사기와 fiber의 두께가 다르므로 고무 tube와 epoxy를 이용하여 연결시켰다.(그림5의 개략도 참고)



b) fiber상에 수은을 삽입하거나 빼낸 모습



그림 5 수은이 들어가지 않은 fiber(좌)와 들어간 fiber(우)

여러 비율로 pump를 작동시킨 후 수은의 위치를 확인하였다.

c) 수은을 삽입하거나 빼낼 때 지연 발생

수은을 fiber에 pump를 이용하여 삽입하거나 뺄 때 바로 삽입되거나 빠지지 않고 시간 지연이 발생하였다. 이는 connector(그림5의 개략도 참고) 내부에 공기가 존재하고, 또 connector의 재질이 고무이기 때문에 connector가 팽창하여 지연이 발생하게 된 걸로 파악된다. 앞으로는 팽창하는 고무가 아닌 세라믹으로 만들어진 connector를 사용하여 실험을 할 것이다.

5. conclusion

Fusion splicer를 이용하여 광밴드갭 광섬유의 클래딩 구멍을 막는 최적 조건을 찾았으며, 정밀 주사 펌프를 이용하여 원하는 양만큼 액체를 주입하거나, 광섬유 내에서 액체를 이동할 수 있음을 확인하였다. 향후, 이를 이용한 다양한 광섬유 소자 및 광 센서를 개발하고자 한다.

Reference

1. P.Domachuk, H.C. Nguyen, B.J. Eggleton, And M. Gu Appl. Phys. Lett. 84, 1838-1840(2004)
2. T.T.Larsen, A. Bjarklec, D.S. Hermann, and J.Broeng, Opt. Express 11, 2589-2596(2003)
3. F.Benabid, F.Couny, J.C. knight, T.A. Bricks, And P.St.J. Russel Nature 434, 488-491(2005)
4. J.M.Fini, Meas. Sci. Technol. 15, 1120-1128(2004)
5. Limin. Xiao, Wei Jin, M.S. Demokan, Hoi L.ho, Yeuk L. Hoo, and Chunliu Zhao Vol 13, No 22, Optics Express.