

UV 레이저 조사에 의한 Ag 함유 광섬유의 광흡수 변화

부성재, 김복현*, 정채환, Aoxiang Lin*, 한원택*

한국생산기술연구원(KITECH) 광주연구센터

* 광주과학기술원(GIST) 정보통신공학과

Tel: 062-6006-160 E-mail: sboo@kitech.re.kr

Abstract: Sol-gel 및 MCVD 공정을 사용하여 Ag 가 함유된 광섬유를 제조하였다. KrF 엑시머 레이저에서 출력된 248 nm 의 UV 빔을 광섬유에 조사한 경우 450 nm 를 중심으로 광흡수가 6 dB/cm 로 급격히 증가하는 것을 확인할 수 있었으며, 이는 UV 레이저 조사에 의한 Ag 나노입자 형성에 따른 것으로 추측된다.

1. 서론

금속나노입자가 함유된 유리는 공진형(Resonant Type) 3차 비선형 광학계수가 크고 빠른 응답속도를 가지고 있다. 이러한 특성은 광논리 회로나 광스위치와 같은 능동형 광소자로 응용할 수 있는 잠재력을 가지고 있어 최근까지 많은 연구가 수행되어 왔다[1-3]. 그러나 이러한 연구들은 벌크소자로 국한되어 왔고, 전광식(all optical) 광소자 응용에 사용될 수 있는 금속나노입자 함유 광섬유에 관한 연구는 아직 보고되지 않고 있다.

졸겔(sol-gel)공정은 저온에서 균질한 유리형성이 가능하다는 장점으로 인해 특수광섬유 제작을 위한 이온 첨가에 용이하다. 본 연구에서는 졸겔법을 이용하여 Ag이온이 함유된 용액을 제조하고 용액첨가법(Solution Doping Method) 및 MCVD(Modified Chemical Vapor Deposition)공정을 이용하여 광섬유를 제조하였다. Ag 나노입자 형성을 위하여 제조된 광섬유에 KrF 엑시머 레이저를 조사하고 광흡수 스펙트럼의 변화를 측정하였다.

2. 실험

광섬유모재의 코어부분에 Ag를 첨가하기 위하여 Ag가 함유된 졸겔용액을 이용하였다. 졸겔용액은 TEOS, C₂H₅OH, HNO₃, 및 H₂O 에 AgNO₃를 첨가하여 400 rpm 에서 30 분간 혼합하여 만들었다 [4]. 제조된 졸겔용액의 성분비는 TEOS: AgNO₃: C₂H₅OH: H₂O: HNO₃ = 1: 0.24: 10: 10: 0.2 이며, 이 졸겔용액을 상온(~25 °C)에서 2일 동안 보관 후 80 °C 에서 30분간 숙성(aging)시켰다. 광섬유모재는 MCVD공정을 이용하였고 제조하였는데, 먼저 고순도 석영유리 튜브(diameter, 19x25 mm) 내부에 SiCl₄ 및 GeCl₄ 를 사용하여 1650°C 에서 미세유리입자(soot)를 증착시켰다. 이어서 1350°C에서 soot를 부분소결시킨 후 졸겔용액에 1 시간동안 침적시켜 Ag 가 함유된 졸겔용액이 soot 내부로 침투되도록 하였다. 다음 150°C 에서 300°C 로 서서히 승온시키며 실리카 망목형성 및 건조를 유도하였다. 1100 ~ 2300 °C 의 온도에서 소결공정 및 압축공정을 거쳐 직경 15.6 mm의 광섬유모재를 제조하였다. 제조된 광섬유모재를 2050°C의 온도에서 광섬유로 인출하고 Optical Spectrum Analyzer (ANDO, AQ-6315B) 를 사용하여 광흡수 스펙트럼을 측정하였다. 광섬유 코팅을 벗긴 후 248 nm 펄스형 KrF 엑시머 레이저 (Lambda Physik, COMPex 120)로 5 min 동안 조사하였다 (에너지밀도 150 mJ/cm², 조사빈도 10 Hz, 조사된 광섬유 길이 4cm). UV 레이저 조사에 의한 Ag 함유 광섬유 특성으로서 광흡수 스펙트럼의 변화를 측정하였다.

3. 실험결과

그림 1(a)에 UV 조사 전 광섬유의 광흡수스펙트럼을 나타내었다. 800 ~ 1600nm 파장 전영역에서 광흡수가 매우 낮음을 볼 수 있고, 600 nm 이하에서 단파장으로 갈 수록 UV transition에 의한 광흡수가 증가하는 것을 볼 수 있다. 일반적으로 Ag 나노입자의 표면 플라즈몬에 의한 광흡수밴드는 410 ~ 450 nm 근방에서 발생하는 것으로 알려져 있으나, 본 실험에서는 미량의 Ag나노입자로 인하여 광흡수밴드가 확연하게 관찰이 되지 않았다. 1035 nm 근방의 흡수피크는 광섬유 차단파장(cut-off wavelength)에 의하여 발생된 것이다. UV 조사 전후의 광섬유의 투과스펙트럼 변화를 그림 1(b) 에 나타내었고, UV 조사 후에 800 nm 이하의 Visible 영역에서 광투과도가 급격하게 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

그림 2(a) 는 UV 조사에 의하여 증가된 단위길이당 (1cm)의 광흡수계수를 나타내었다. 450 nm 를 중심으로 광흡수밴드가 존재하며, 이는 광섬유 코어내에 형성된 Ag나노입자에 의한 것으로 생각된다. 그림 2(b)는 유사한 조성(TEOS: AgNO₃: C₂H₅OH: H₂O: HNO₃ = 1: 0.12: 10: 10: 0.2)의 졸겔용액으로 만들어진 Ag나노입자가 함유된 유리의 광흡수스펙트럼을 나타내었다[4]. 그림 2(a), (b)의 비교에서 두 스펙트럼이 매우 흡사함을 알 수 있으며, UV 조사에 의하여 광섬유 코어 내에 분산되어 있던 Ag⁺ 이온이 Ag 나노입자로 전환된 것으로 보인다 [5].

한국광학회 하계학술발표회

UV 조사 후 유도된 광흡수 밴드의 FWHM (~ 0.87 THz) 에서 이론식 $r = \nu_F / \Delta\omega_{1/2}$ 을 사용하여 Ag 나노입자의 크기를 계산하였다 [5]. 식에서 r 는 MQDs 의 평균반지름, ν_F 는 금속 내에서 전자의 페르미속도, $\Delta\omega_{1/2}$ 는 광흡수밴드의 FWHM 를 나타내며 Ag 의 경우 $\nu_F = 1.39 \times 10^8$ cm/s 이다. 결과적으로 UV 조사에 의해 형성된 Ag 나노입자의 평균반지름은 약 1.6 nm 로 계산되었다.

4. 결론

Ag이온이 첨가된 졸겔용액 및 MCVD 공정을 사용하여 Ag⁺가 함유된 광섬유를 제조하였고, 248 nm 엑시머 펄스레이저를 조사하여 Ag 나노입자를 형성하였다. 제조된 광섬유는 450 nm 부근에서 광흡수 특성을 보였고, 형성된 Ag 나노입자의 평균반지름은 약 1.6 nm 였다.

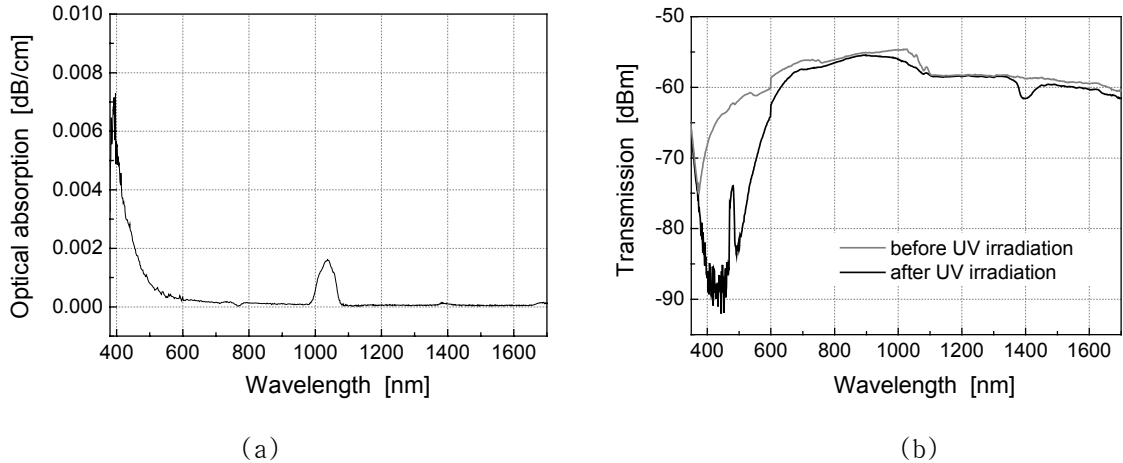


그림 1. (a) UV 조사 전의 Ag 함유 광섬유의 광흡수 스펙트럼
(b) UV 조사 전후의 Ag 함유 광섬유의 광투과 스펙트럼

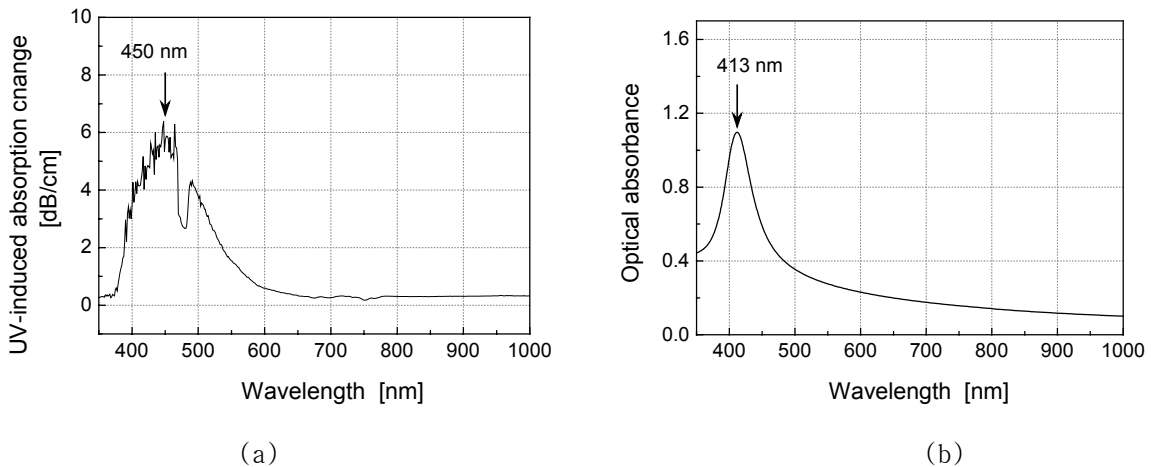


그림 2. (a) UV 조사에 의하여 증가된 Ag 함유 광섬유의 광흡수 스펙트럼
(b) Ag나노입자가 함유된 졸겔유리박막의 광흡수 스펙트럼[4]

감사의 글

본 연구는 한국생산기술연구원의 첨단부품소재기술개발사업(No.03-JN-1-0017)과 Brain Korea-21 정보기술사업의 지원에 의하여 수행되었습니다.

참고문헌

1. E. M. Vogel et al., *Phy. Chem. of Glasses*, Vol. 32, p. 231 (1991).
2. G. Battaglin, *SPIE*, Vol. 3405, p. 533 (1996).
3. G. De. et al., *J. Non-Crystal. Sol.*, Vol. 194, p. 225 (1996).
4. B.H.Kim et. al., *J. Nanoscience and Nanotechnology*, 2006, to be published.
5. A. Miotello et al., *Appl. Phys. Lett.* Vol. 79, p. 2456 (2001).
6. G. W. Arnold, *J. Appl. Phys.* Vol. 46, p. 4466 (1975).