

Atomization 방법을 이용한 PbTe quantum dots이 함유된 비선형 광섬유의 제조 및 광특성

Fabrication of Nonlinear Optical Fiber Doped with PbTe Quantum Dots Using Atomization Doping Process and its Optical Property

주성민*, 이수남, 김택중, 한원택*

*광주과학기술원 정보통신공학과, (주)옵토네스트 광통신연구소
Tel: 062-970-2215, Fax: 062-970-2204, E-mail: wthan@kjist.ac.kr

Abstract

An atomization doping process is proposed to manufacture nonlinear optical fiber containing higher concentration of PbTe nano-particles in the core of the fiber than that by the conventional solution doping process. The absorption peaks appeared near 725nm, 880nm, and 1050nm are attributed to the PbTe quantum dots in the fiber core.

1. 서론

반도체 미립자가 함유된 유리(Semiconductor Doped Glass : SDG)는 나노크기의 영역에서 양자 폐쇄효과에 따른 밴드 갭 에너지 크기의 조절이 가능하며, 따라서 이러한 비선형 광학 특성을 이용한 전광 소자로의 응용이 기대되어 많은 관심을 가져오고 있다.⁽¹⁾ 특히, PbS, PbSe, 그리고 PbTe와 같은 lead chalcogenides 계열인 IV-VI 반도체는 좁은 밴드 갭 에너지를 가지며, 이러한 입자가 함유된 광학유리는 에너지 준위의 포화에 따라 일어나는 saturation nonlinearity가 광학적 비선형성의 주요 발현 기구이다.

본 연구에서는 PbTe 나노 미립자가 함유된 SDG 광섬유를 개발함에 있어, 반도체 성분 첨가 공정의 단순화, 첨가원소 농도의 증가 및 광섬유 길이에 따른 농도의 균일성을 증가하기 위해 atomization doping이라는 새로운 용액 첨가법을 제안하였다. 또한 제조된 비선형 광섬유 코어내의 PbTe 미립자의 형성여부를 확인을 위한 XRD 측정 및 광섬유의 광흡수 특성을 연구하였다.

2. 실험 방법

광섬유 코어부분에 침투시킬 용액의 출발 물질로는 PbO(99.9%, High Purity Chemicals)와 Te(99.95%, Cerac/Pure Advanced Specialty Inorganic)를 사용하였고, 소정의 물농도를 갖도록 칭량한 다음, 약 70% 질산과 증류수를 이용하여 0.0265M의 도핑용액을 제조하였다. Atomization법을 이용한 도핑용액의 첨가는 atomizer(Model 9302, TSI Incorporated)를 이용하여 광섬유 모재의 제조를 위한 코어층의 형성 공정 후, 약 1000°C에서 유리관 내부로 도핑용액을 액적상태로 분무하였다. PbTe 반도체 미립자의 형성 여부 및 함유량 분석은 제작된 광섬유 모재를 XRD(X-ray Diffractometer)를 이용하여 측정하였다. 제조된 광섬유 모재는 코어 직경 약 9 μ m, 외경 125 μ m의 광섬유로 인출하였고, 광섬유의 광특성은 OSA(Optical Spectrum Analyzer)를 이용하여 cut-back방법으로 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1에 0.0265M의 도핑용액을 atomization법과 soaking법에 의한 두 가지 도핑공정을 통해 제조된 광섬유 모재의 XRD 분석 결과를 나타내었다. 도핑공정을 거치지 않은 reference 모재에서는 PbTe입자에 의한 회절 peak이 나타나지 않음에 반해, 도핑공정을 거친 광섬유 모재에서는 모두 2 θ 가 21.621°인 (200)방향으로 성장한 PbTe 입자에 의한 회절 Peak가 나타남을 확인할 수 있었다. Atomization법으로 제조된 광섬유 모재의 PbTe peak의 강도값이 soaking법에 의해 제조된 광섬유 모재에 비해 약간 높았으며, 이는 atomization법을 이용한 도핑공정이 PbTe 미립자를 보다 높은 농도로 광섬유 코어영역 내에 침투시킬 수 있다는 것을 시사한다. 이는 Fig. 2에 나타낸 atomization법과 soaking법의 두가지의 도핑공정을 통해 제조된 광섬유의 광흡수 스펙트럼을 비교해서도 확인할 수 있다. Fig. 2에서 나타난 바와 같이 725nm, 880nm 및 1050nm 부근에서의 흡수 peak들은 나노크기의 PbTe 미립자에 의한 것으로 사료된다.⁽³⁾ 980nm에서의 높은 흡수 peak은 도핑으로 인한 OH 불순물의 혼입에 의한 것이다. 특히

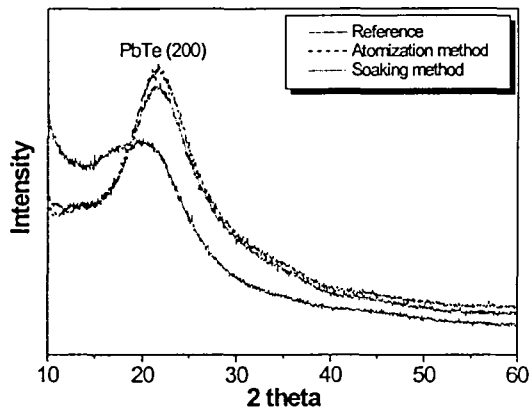


Fig. 1. XRD patterns of PbTe-doped performs prepared by atomization doping and soaking process.

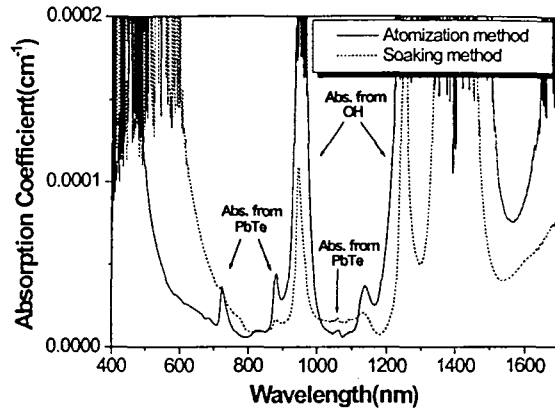


Fig. 2. Absorption spectra of PbTe-doped fibers prepared by atomization doping and soaking process.

atomization법을 이용하여 제조한 광섬유의 경우, 725nm와 880nm에서의 광흡수는 soaking법으로 제조한 광섬유 보다 뚜렷하고 높은 값을 보인다. 각 peak에 대한 흡수 계수 값은 석출된 PbTe의 미립자의 농도와 비례하므로, atomization법이 soaking법에 비해 용액첨가 효과가 큼을 알 수 있다.

PbTe 미립자는 도핑공정 후 이온상태로 함유된 반도체 성분이 계속된 MCVD 공정을 통한 광섬유 모재의 Collapsing 및 Sealing 공정과 약 2150°C의 고온을 통해 이루어지는 광섬유 인출공정에 의해 나노크기의 PbTe 미립자로 석출되어 형성되는 것으로 사료된다. 특기할 점은 광섬유 모재에서 이미 형성된 PbTe 미립자는 광섬유 인출이라는 고온 공정을 거쳐도 산화되지 않고 나노크기의 미세 입자로서 존재한다는 점이다.

XRD를 통한 광섬유 모재의 정성분석과 OSA를 통한 광섬유의 흡수 스펙트럼의 분석으로 확인된 soaking법을 이용한 도핑공정 보다 atomization법을 이용한 도핑공정이 광섬유 코어내에 PbTe 미립자의 농도를 증가시킬 수 있다는 실험 결과는 다음과 같이 설명할 수 있다. Atomization법은 광섬유 코어부분에 침투시킬 용액을 액적상태로 분무하여 첨가하는 것으로 일종의 흡착(sorption)현상을 이용하는 것이며, 이는 광섬유 모재 제조를 위한 MCVD공정 중 코어층의 증착 및 계속되는 부분 소결열처리로 코어층이 다공성 구조를 가짐으로 가능한 것이다. 이에 반해, 젖음(wetting)현상을 이용하는 기존의 soaking 법은 atomization법에 비해 고체표면에 작용하는 부착력이 낮다. 이는 액체 상태에서의 입자와 입자 사이에 작용하는 표면 장력이 기체(액적) 상태에서 보다 크기 때문이다.

또한 atomization법은 다공성 층에 용액의 흡착과 동시에 PbTe 반도체 미립자의 석출 공정을 수행할 수 있는 장점이 있으며, 따라서 같은 도핑용액을 사용하면서도 PbTe 반도체 미립자의 농도를 증가시키기 쉬운 반면, soaking법은 용액을 다공성 층에 젖게 한 후 석출 공정을 거쳐야 하기 때문에 농도의 증가가 공정 상 어렵다고 사료된다.

4. 결 론

새로운 용액 첨가법인 atomization법을 이용하여 석영유리계의 광섬유 코어 내에 PbTe 반도체 미립자가 석출된 resonant형 광통신용 비선형 광섬유를 제조하였다. Atomization법에 의해 제조된 광섬유의 PbTe 반도체 미립자의 함유량이 soaking법에 의해 제조된 광섬유에 비해 더 높은 함유량을 보였고, PbTe에 의한 광흡수는 725nm, 880nm, 그리고 1050nm 부근에서 관찰되었다.

REFERENCES

1. U. Woggen, Optical Properties of Semiconductor Quantum Dots, (Springer-Verlag 1997).
2. J. E. Townsend, S. B. Poole, D. N. Payne, "Solution doping technique for fabrication of rare-earth-doped optical fiber," Electronics Letters, Vol. 23, No. 7, pp. 329~331, (1987).
3. V. C. S. Reynoso, A. M. de Paula, R. F. Cuevas, J. A. Medeiros Neto, O. L. Alves, C. L. Cesar and L. C. Barbosa, "PbTe quantum dot doped glasses with absorption edge in the 1.5 μ m wavelength region," Electronics Letters, Vol. 31, No. 12, pp. 1013~1014, (1995).