

폴리스타이렌/금 나노입자 복합 나노섬유의 제조와 특성

김정길, 안희준

한양대학교 섬유고분자공학과

Fabrication and Characterization of Polystyrene/Gold Nanoparticle Composite Nanofibers

Jung Kil Kim and Heejoon Ahn

Department of Fiber and Polymer Engineering, Hanyang University, Seoul, Korea

1. 서론

금속 나노입자는 그 특수한 전기적, 자기적, 광학적, 열적 특성 때문에 매력적인 소재이다. 이 물성들은 벌크상태에서와 다르게 나타나는데 그 이유는 양자제한효과와 매우 큰 비표면적 때문이라고 알려져 있다. 그리고 금은 이러한 점들에서 특히 주목할 만한 특성을 나타낸다. 요즘 들어서 금속 나노입자의 폭발적 연구는 금속 나노입자의 여러 가지 기술적 응용을 가능하게 했고, 자기를 사용한 저장장치, 촉매, 양자 전자공학, 분자 센서, 생체 모사 등에서 그 예를 찾아볼 수 있다. 나노입자들은 그 표면의 과잉 양극 자유 에너지 때문에 응집되려는 경향이 있고, 때문에 나노입자의 안정화에는 응집을 막는 것이 과학적, 기술적으로 선행되어야 한다. 따라서 나노입자를 분자 리간드로 안정화 시키거나, 폴리머 매트릭스로 보호하거나, 마이셀 조립체를 형성시켜서 안정화 시키는 방법들이 사용되고 있다. 일반적으로 금 나노입자는 안정화 물질로 사용되는 alkanethiol 존재 하에서 금의 염 환원반응을 통해 합성할 수 있다. 이 방법은 간단하고, 표면에 관능기를 갖는 입자의 직접 합성이 가능하다는 장점이 있다. 고분자-금속 나노입자 복합체는 금속 증기를 액상의 단량체로 응축시킨 물질을 유화 중합해서 제조하며 촉매, 필터, 조직공학 등에서 잠재적인 활용도가 기대되는 물질이다. 전기방사는 마이크로미터에서 나노미터 크기의 섬유를 제조하는 매우 간단하고 저렴한 방법이며, 현재는 고분자와 무기물의 나노입자가 혼합된 섬유를 제조하는 것에도 사용되고 있다. 가장 대표적인 예는 은 나노입자를 사용한 제품들에서 찾아볼 수 있다. 이번 연구에서는 전기방사를 통해서 polystyrene과 naphthalenethiol로 안정화된 금을 사용해서 polystyrene-gold 나노입자 복합 섬유를 제조하였고, 그 형태와 입자 크기분포를 SEM과 TEM을 통해서 관측하였다.

2. 실험

2-1. 재료

분자량이 230,000인 polystyrene을 사용하였고, 안정화 물질로 naphthalenethiol을 사용하였다. 합성에 쓸 원료물질로 hydrogen tetrachloroaurate(HAuCl_4)을, 용매로 dichloromethane을, 상전이 시약으로, tetraoctylammonium bromide를 사용하였고, sodium borohydride를 첨가하였다. 전기방사용 용액 제조를 위해서는 용매로 DMF를 사용하였다.

2-2. 금 나노입자의 합성 및 분석

금 나노입자는 Brust가 개발한 방법을 응용해 합성하였다. naphthalenethiol이 중성의 금표면과 thiolate 결합을 해서 금 표면을 naphthalenethiol 분자로 완벽하게 덮었고, 그렇게 제조한 나노입자를 메탄올에 침전시켜서 회수한 뒤 DMF에 다시 녹여 PS와 혼합해서 20 wt %의 PS/AuNP 혼합용액을 제조하였다. 이때 금 나노입자와 PS의 혼합비율은 각각 1/10, 1/100, 1/1000, 1/10000으로 조절하였다. 일반적으로 사용되는 전기방사 장치와 30gauge 니들을 사용하여 전기방사를 수행하였고, 그 결과를 FE-TEM과 FE-SEM을 사용해서 분석하였다.

3. 결과

TEM으로 분석한 AuNP의 형태와 크기를 그림 1.에 나타내었다. 그림에서 보여지듯이 입자의 평균 크기는 2.5 nm로 0.25 nm의 표준편차를 갖는 비교적 균일한 크기를 가졌다. 또 TEM 관측 중 낮은 배율에서는 각각의 AuNP가 118±45 nm의 구형으로 응집되어있는 형태를 관측할 수 있었다. SEM을 통해 전기방사된 나노섬유의 형태를 분석했고, 그 결과를 그림 2.에 나타내었다. 전압을 25 kV로, TCD를 20 cm로 고정시켰을 때, AuNP의 함량이 낮아질수록 섬유의 직경이 감소하는 경향을 보였으며, 이러한 현상은 AuNP의 함량변화에 따른 용액의 전기전도성변화에 기인한 것으로 보인다.

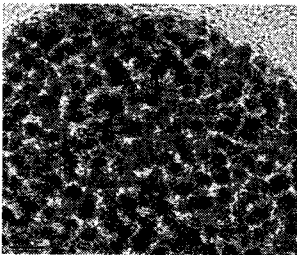
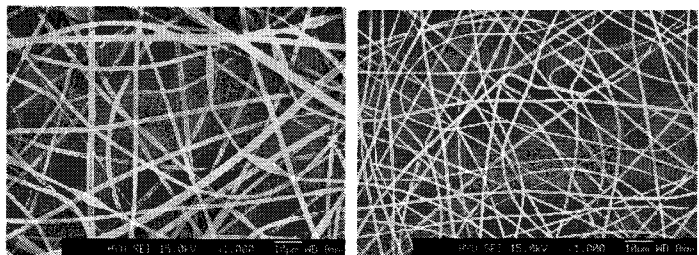


그림 1. TEM으로 본 AuNP



(a) (b)
그림 2. SEM으로 본 나노섬유 (a) 1:1000 (b) 1:10

4. 결론

PS와 naphthalenethiol로 안정화된 금 나노입자의 혼합 나노섬유를 전기방사를 통해서 제조하였다. 금 입자는 표면과 내부에 평균 직경 2.5 nm의 비교적 균일한 분포를 보였다. 전기방사된 섬유는 수십 nm - 수 μ m의 직경을 보였고, Au의 함량이 증가할수록 직경은 감소하고 표면은 거칠어지는 경향을 보였다. 이는 금의 함량 변화에 따른 전기전도도의 변화에 기인하는 것으로 판단된다.

5. 참고문헌

- [1] U. Heiz and U. Landman, Nanocatalysis, Springer, Berlin, 2007.
- [2] G. Shemer and G. Markovich, J. Phys. Chem. B, 106, 9195(2002)
- [3] J. F. Hainfeld, Science, 236, 450(1987)
- [4] D. Li and Y. Xia, Adv. Mater., 15, 1151(2004)