

고분자 전해질 염료감응 태양전지 최신 연구 - 4

연세대학교 화공생명공학과

김종학 교수

2008년 Jing Zhang 등은 말단에 dodecyl-trimethoxysilane (DTMS)를 이용하여 SiO₂ 나노입자 표면에 silicone coupling agent기를 도입하여 표면이 소수성으로 개질된 SiO₂를 제조하였다. 이를 이용하여 제조한 복합 고분자 전해질을 제조하였으며, 이를 이용한 고분자 전해질 염료감응 태양전지를 개발하였다. 전해질 제조를 위해 사용한 물질은 분자량 2×10^6 g/mol의 poly(ethylene oxide) (PEO), 분자량 4.8×10^5 g/mol의 poly(vinylidene fluoride-co-hexafluoropropylene), P(VDF-HFP), 개질된 SiO₂, 염으로 Li를 사용하였으며, 특히 가소제로 propylene carbonate (PC)와 2-dimethoxyethane (DME)를 사용하였다.

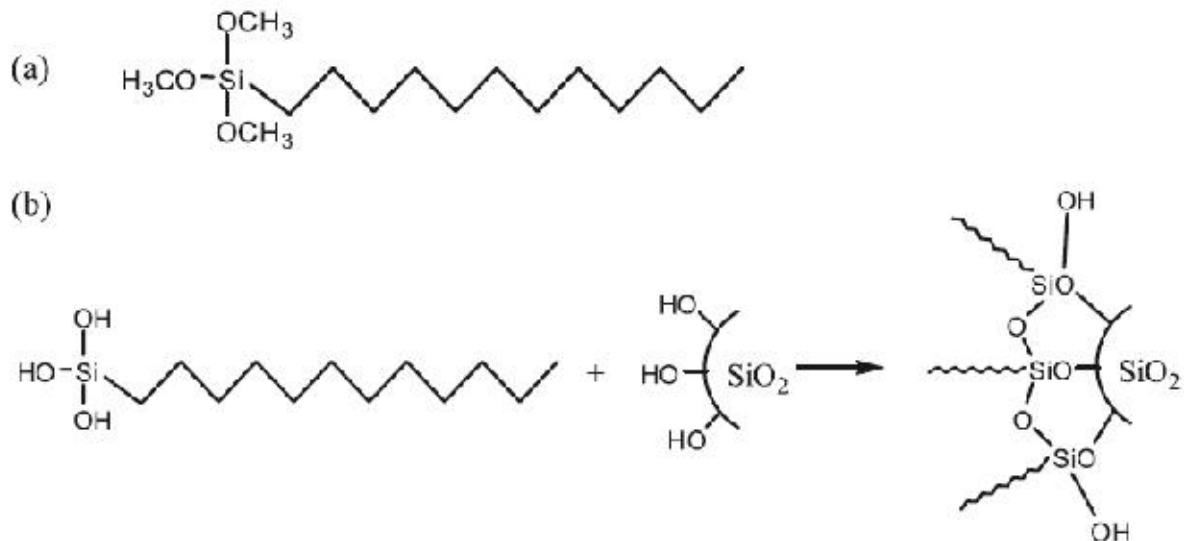


그림 1. (a) dodecyl-trimethoxysilane (DTMS)의 화학 구조와 (b) SiO₂ 표면의 -OH와 가수분해된 DTMS의 자리조립 반응 개략도 (Nanotechnology 2008, 19, 245202).

본 논문에서 사용한 실험방법을 정리하면, 먼저, 각각의 다른 양의 DTMS를 메탄올과 섞어준다. 그 다음 먼저 만들어 놓은 용액에 SiO_2 나노입자를 넣어 주고 24시간 교반시켜 준다. 두번째 과정까지 마친 용액과 2g의 PEO/P(VDF-HFP)_질량비(2:3) 물질을 6g의 PC/DME (부피비 7:3)으로 만들어진 용액에 넣고 섭씨 80°C 에서 4시간 교반 하여준다. 마지막으로 액체 전해질을 첨가 시켜 준다 (LiI, I_2 , 4-tertbutylpyridine in acetonitrile).

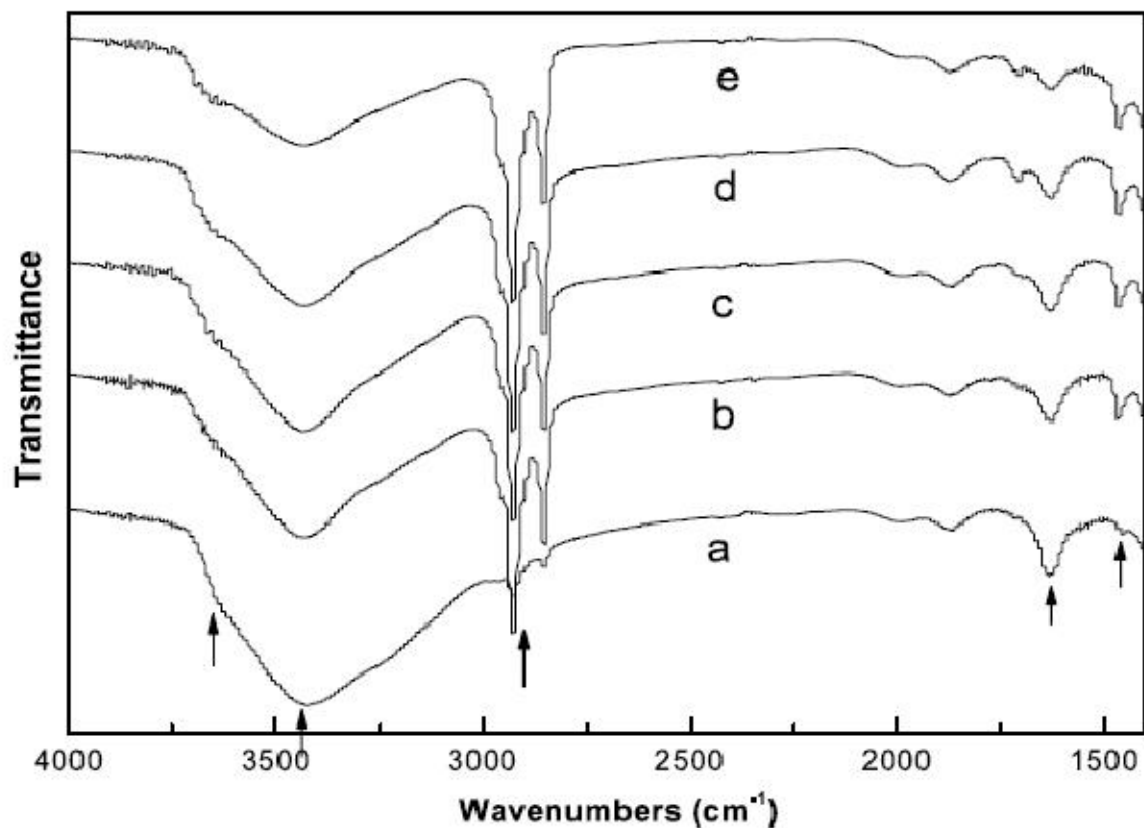


그림 2. 서로 다른 양의 DTMS를 가지고 개질된 SiO_2 나노입자의 FT-IR 스펙트럼. (a) : original SiO_2 , (b) DTMS: $\text{SiO}_2 = 1:1$, (c) 2:1, (d) 3:1, (e) 4:1 (Nanotechnology 2008, 19, 245202).

이 논문의 실험 포인트는 전해질인 SiO_2 (친수성)에 DTMS(소수성)를 첨가 시킴으로써 SiO_2 의 OH와 DTMS의 알킬체인이 silicone coupling agent를 형성하는 것이다. 유

리전이온도는 고분자의 움직임에 영향을 주고, 자유부피이론에 따르면 고분자의 평균 자유부피는 이온전도도에 영향을 준다. 유리전이 온도의 변화는 DTMS에 의하여 새로운 Si-O-Si (알킬 체인 사이의 반데르 발스 힘) 가 생성되고 이는 고분자의 유동성에 영향을 주고, 결정화도를 낮추는 결과를 가지고 온다. 새로운 Si-O-Si으로 분자간의 이온 움직임이 향상되고 J_{sc} 값의 향상을 가져온다 (고분자전해질과 전극의 접촉향상). 또한 알킬 체인은 I_3^- 로 전이된 전자의 역반응을 막음으로서 V_{oc} 값의 향상을 가져온다.

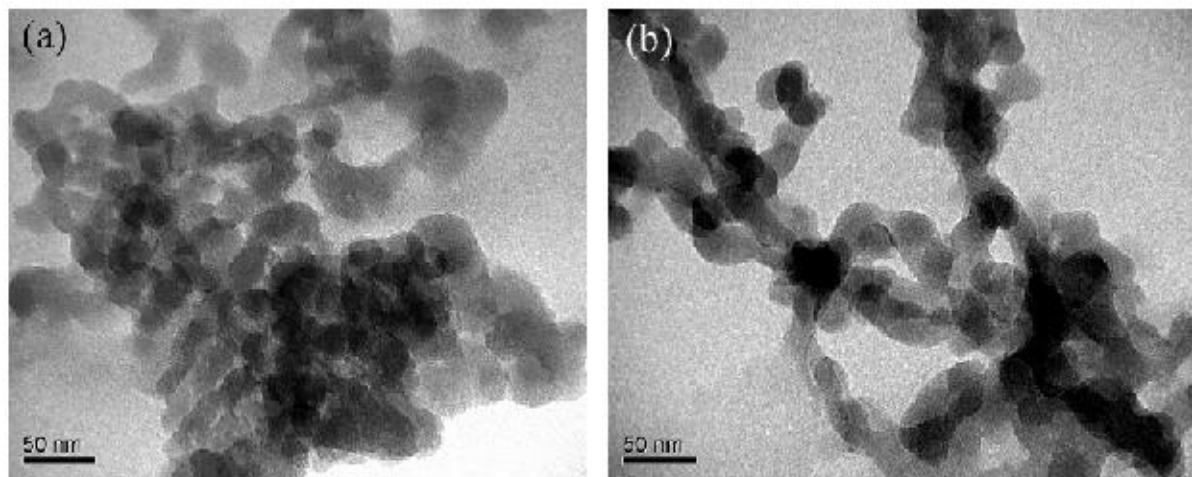


그림 3. (a) original SiO_2 nanocomposite 고분자 매질의 TEM 전자현미경 사진, (b) DTMS: SiO_2 = 3:1 로 첨가되어 개질된 복합 전해질의 전자현미경 사진 (Nanotechnology 2008, 19, 245202).

이렇게 만들어진 전해질의 이온전도도를 측정한 결과 상온에서 10^{-3} S/cm 정도의 값을 보여주었으며, 그림 4에 보는 바와 같이 DTMS 함량이 0.2g까지는 증가하다 그 이상에서는 다시 감소하는 결과를 보였다. 또한 이렇게 만들어진 전해질을 가지고 제조한 염료감응 태양전지의 에너지 변환 효율을 Table 2에 나타내었다. DTMS: SiO_2 의 함량 조성에 따라 에너지 변환 효율이 차이가 있었으며, one sun 조건에서 최대 5.2%의 에너지 변환 효율을 발표하였다.

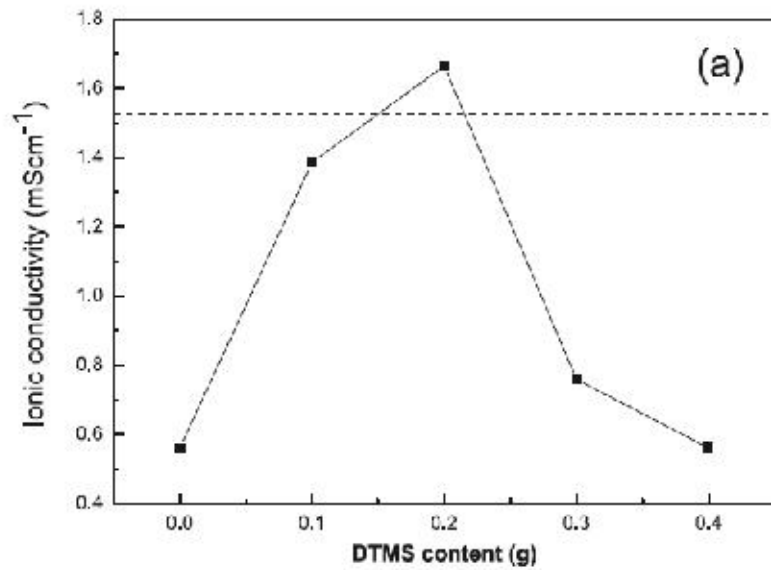


그림 4. 상온에서 DTMS의 함량에 따른 이온전도도의 변화. 전해질에는 0,5 M LiI, 0,05 M I₂ in PC 가 포함되어 있음.

Table 2. 태양전지 효율 (short circuit density J_{sc} , open circuit voltage V_{oc} , fill factor FF and efficiency), (a) original SiO₂, (b) mol ratio DTMS:SiO₂ = 1:1, (c) 2:1, (d) 3:1, (e) 4:1, 측정조건: 58.4 mWcm⁻² (AM 1.5).

Sample	J_{sc} (mA cm ⁻²)	V (mV)	FF	Efficiency (%)
a	6	573	0.653	3.84
b	6.81	609	0.635	4.44
c	7.94	624	0.613	5.2
d	7.24	633	0.622	4.86
e	6.67	641	0.648	4.75