

# 기능성 덴드리머 유기단분자막의 분자계면제어 및 분자모폴로지 특성

신훈규, 김두석

포항공과대학교 나노기술집적센터

## Molecular Interfacial Control and Molecular Morphology Properties of Functionalized Dendrimer Organic Monolayers

Hoon-Kyu Shin, Doo-Seok Kim

National Center for Nanomaterials Technology, Pohang University of Science and Technology

**Abstract :** The dendrimer has been well known as a promising macromolecules for a building the organized nanostructure, which of the size can be controlled and which of periphery can be terminated by various functionalities. Currently a variety of research is being carried out in the field of dendrimer / polymer characterization, nano-scale atomic manipulation, and supramolecular nanostructure analysis. We investigated monolayer behavior and its characteristics at the air-water interface by LB method. In this report, we will present the interfacial properties of dendrimer monolayers on various conditions such as the surface-pressure, barrier speed and spreading quantity.

**Key Words :** dendrimer, interface, morphology, monolayer

### 1. 서론

덴드리머는 합성이래 3차원 구조적인 특성이 많은 연구자에게 관심의 대상이 되어왔다[1]. 특히 최근에는 분자시뮬레이션에 의해 다양한 분자설계가 가능하여 연구와 응용적인 측면에서 관심을 가지기에 충분한 연구성과가 발표되고 있다. 최근 소자의 구조가 나노미터 크기로 작아지면서 분자하나가 가지는 특징을 이용한 연구가 많이 이루어지고 있다. 나노소자, 분자전자소자라고 제한하지 않더라도 분자수준에서 단분자가 가지는 특징을 이용하기 위하여 덴드리머가 가지는 최외각 기능기에 기능성을 부여하는 연구가 지속적으로 증가하고 있다[2,3]. 하나의 예로서 아조벤젠을 이용한 전기광학적 특성을 분자수준에서 제어하고 주사형탐침현미경을 이용한 패턴닝, 리소그라피 등까지도 응용범위를 넓혀가고 있다.

본 연구에서는 덴드리머를 이용한 분자수준의 제어에 많은 관심을 가지고 단분자의 계면에서의 제어와 응용특성에 대한 연구를 수행하였다.

### 2. 실험

본 연구에서는  $CHCl_3$ 을 용매로 사용하여 G3 카바졸 덴드리머(Carbazole Dendrimer)를 공기-물 계면에 전개하였으며, 분자계면제어는 LB trough(KSV 1000)를 사용하였다. 또한, 기관처리에 대한 표면 접촉각은 Contact Angle Meter(KSV CAM 200)와 표면구조에 대해서는 AFM(MI, Pico Plus)을 이용하여 측정하였다.

구조도 1은 분자계면에서의 분자제어와 단분자막에 대한 공기-물 계면에서 이용된 G3 카바졸 덴드리머의 구조도를 보여준다[4]. 본 연구에 이용된 덴드리머는 거대분자를 구성하는 구조 때문에 단분자막의 공기-물 계면 거동 등 구조 연구에 많은 흥미있는 부분을 가지고 있다.

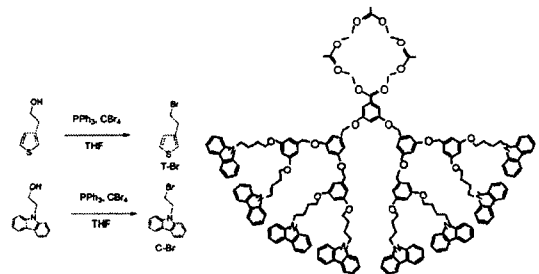


그림 1. G3 카바졸 덴드리머 분자구조도

### 3. 결과 및 검토

#### 3.1 단분자막 형성

그림 1은 카바졸 덴드리머 단분자의 공기-물 계면에서의 거동을 표면압-면적 곡선으로 확인한 것이다. 전형적인 단분자막 거동을 가지는 아라킨산과 비교하였을 때 거대분자의 분자량(10000g 이상/분자)이 큰 영향으로 계면에서 단분자가 움직이는 데 있어서 분자간 상호작용이 강하고 배리어에 의해 표면압 제어가 가능하며, 전형적인 표면압-면적 등온선 형성을 확인할 수 있었다.

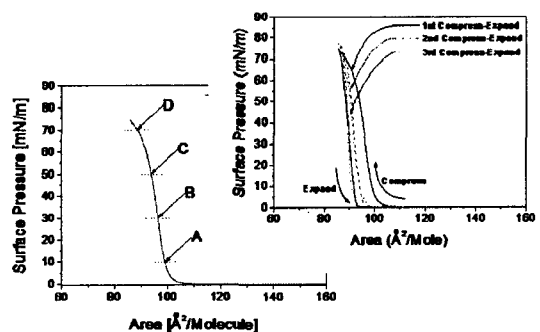


그림 2. G3 카바졸 덴드리머의 분자거동

### 3.2 누적기판처리

분자계면제어와 동시에 기판과의 상관관계 분석은 누적막 특성을 평가하는 매우 중요한 요인의 하나이다. 특히 분자와 기판간의 접촉력은 공기-물 계면에서 분자제어 상태에 의해 결정되며, 누적과 동시에 표면구조를 결정하는 매우 중요한 요인의 하나이므로 이에 대한 측정은 반드시 필요하다. 본 실험에서는 기판을 자기조립이 가능한 자기조립형성(Self-assembly) 분자를 이용하여 누적막의 영향을 확인하였다.

실험결과 자기조립 형성분자는 소수성기판을 만들기 위하여 이용되었으며, 접촉각의 측정결과 자기조립막의 표면이 소수성으로 형성된 것을 확인하였다. 표 1은 기판 처리 상태에 따른 접촉각의 이미지와 접촉각의 결과이다.

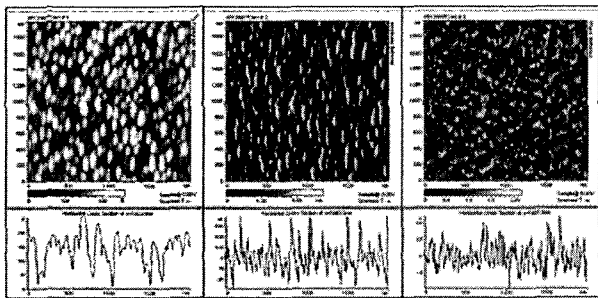
표 1. G3 기판처리에 의한 표면접촉각 결과

Substrate	CA(L)	CA(R)	CA(M)	Tilt	delta	Fit. Tilt	r(delta)	Image
Si wafer Piranha	10.06	8.587	0.374	0	46.74215	0.6	0.871	
Si wafer + Hydrophobic	89.316	85.099	89.207	-1.113	-0.41509	-1.467	0.246	
Si wafer + Hydrophobic	99.415	95.415	99.416	-0.459	-0.3045	-0.291	0.151	
Gold	73.507	94.505	94.636	0	-0.22998	3.772	0.77	
Gold	86.139	85.542	86.041	0.155	-0.46227	-0.27	0.094	
Gold	104.576	102.089	103.732	3.912	-0.39268	1.002	0.300	
Gold + SAM(Porpanethole)	93.714	92.876	93.295	1.114	-0.40656	-0.764	0.177	
Gold + SAM(Porpanethole)	90.963	89.503	89.136	0.128	-0.30197	-4.635	0.484	
Gold + SAM(Porpanethole)	90.939	91.364	90.951	-0.957	-0.40037	0.907	0.14	

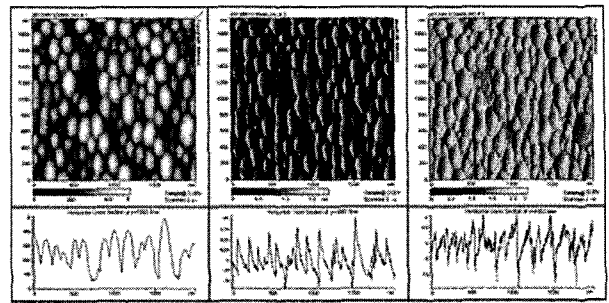
### 3.3 표면구조 이미지

AFM을 이용한 이미지 관찰은 박막의 표면구조 관찰에 많이 이용되고 있다. 최근의 연구에서는 구조적인 관찰이 외에 내부적인 특성을 조사하기 위해 다양한 형태의 주사형 탐침 현미경이 개발되고 있다.

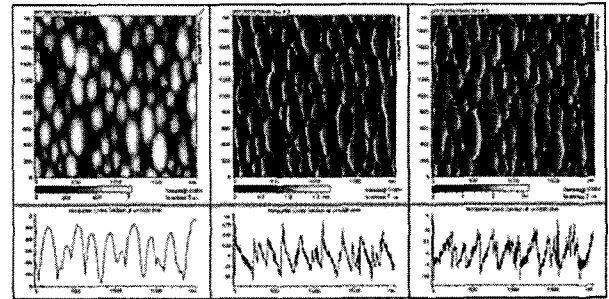
여기서는 AFM을 이용하여 단분자막을 형성하는 덴드리머의 구조적인 모폴로지를 관찰하였으며, 조건 변화에 대한 이미지 변화를 조사하였다. 그림 3은 카바졸 덴드리머를 자기조립막이 형성된 기판 위에 단분자막으로 누적하여 AFM으로 관찰한 것이다. 카바졸 덴드리머 이미지에서는 단분자막은 덴드리머분자의 표면압에 의해 의존성이 있으며, 분자크기 보다는 상당히 큰 형태의 단분자막을 형성하는 것을 알 수 있었다.



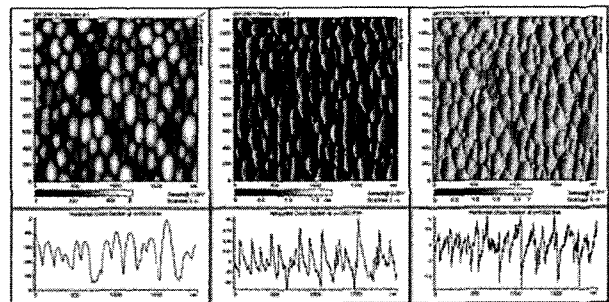
(a) 10mN/m (Topography, Amplitude, Phase)



(b) 30mN/m (Topography, Amplitude, Phase)



(c) 50mN/m (Topography, Amplitude, Phase)



(d) 70mN/m (Topography, Amplitude, Phase)

그림 3. 표면압에 의한 AFM 이미지 (a) 10mN/m, (b) 30mN/m, (c) 50mN/m, (d) 70mN/m

## 4. 결론

본 연구에서는 카바졸 덴드리머의 분자계면제어에 의한 모폴로지 특성을 관찰하였다. 실험결과 계면에서 표면압의 증가에 따라 표면구조와 분자크기가 커지는 특징이 있음을 AFM 이미지로 확인되었다. 분자계면제어는 단분자막의 형성에 매우 중요한 요인 중의 하나임을 확인할 수 있었다.

## 참고 문헌

- [1] Vögtle, F.; Gestermm, S.; Hesse, R.; Schwier, H.; Windisch, B. *Prog. Polym. Sci.* 2000, 25, 987-1041.
- [2] Ramzi, A.; Bauer, B. J.; Scherrenberg, R.; Froehling, P.; Joosten, J.; Amis, E. J.; *Macromolecules*, 32(15) (1999) 4983.
- [3] A. Archut, G.C. Azzellini, V. Balzani, L. de Cola and F. Vögtle: *J. Am. Chem. Soc.*, Vol. 120 (1998) 12187.
- [4] P. Taranekar, A. Baba, T. Fulghum, and R. Advincula, *Macromolecules* Vol. 38, (2005) 3679.