

新しいタイプの有機/無機二次元ナノハイブリッドを 創出する、無機ナノ粒子組織化の界面化学

(埼玉大院理工¹・千葉工大工²) ○本多 七海¹・橋本 和明²・
柴田 裕史²・藤森 厚裕¹

【緒言】 シングルナノサイズからの単粒子集積化技術の新提案として、生態ライクな層状組織中¹⁾に無機微粒子を導入することは、バイオセンサーから量子効果デバイス応用までを網羅する、次世代の基幹技術と成り得る。我々は新規の有機/無機二次元ナノハイブリッド組織体の創製を志向し、無機ナノ粒子表面の有機修飾技術の革新に始まり、汎用有機溶媒への可溶化、更には気/水界面場における界面粒子膜形成技術を考案した²⁾。本研究では当該手法のユニバーサルな適用を意図し、光・電気・伝熱特性に優れた3種の異なるナノ粒子群について、界面粒子膜形成と層状組織化、そして機能発現という一貫した研究展開を実施した。

【実験】 無機ナノ粒子として、ジルコニア(ZrO_2)、酸化亜鉛、ナノダイヤモンド(ND)を使用した。特に酸化亜鉛は、界面活性剤のラメラ液晶を鋳型とし、形態制御 ZnO / Surfactant 層状ナノディスク(ZnO / S_LN)を合成した(Fig. 3a)。さらに長鎖脂肪酸により無機ナノ粒子表面に有機修飾を施し、トルエン溶媒に可溶化させた。これらを界面単粒子膜形成させ、Langmuir-Blodgett(LB)法により累積することで粒子層状組織体を作製した。表面形態観察として走査型電子顕微鏡(SEM)、並びに原子間力顕微鏡(AFM)を用い、その層状構造評価 out-of-plane X 線回折(XRD)を行った。

【結果と考察】 有機修飾無機ナノ粒子の界面膜形成は、「粒子の寄木細工」が如く、ほぼ如何なる物質種においても単粒子膜次元から制御可能であった。高屈折率材料として知られる Organo-ZrO_2 の粒子組織体は、単粒子膜高さ約 6 nm のほぼ球状の粒子形態が見られ(Fig. 1)、単粒子膜積層により 59 Å の層状周期を示した(Fig. 2)。この多粒子膜は 10 層で可視光の透過を抑制でき、極薄の不透明膜の形成が可能となった。次に、極めて晶癖のそろった organo-ZnO / S_LN は、六角板状の粒子形成が確認された(Fig. 3(a))。これを二次元集積することにより、粒子が端面で合一した、巨大二次元結晶群の形成挙動が確認された(Fig. 3(b))。加えて Fig. 3(b)欠陥部に存在する微細化されたナノ粒子群は、気/水界面における圧縮-緩和の繰り返し過程により、密に充填(Fig. 3(c))することが可能となり、広範囲に渡る低欠陥膜の形成に期待が持たれた。 organo-ND においても、単粒子膜化の達成が明らかになり(Fig. 4)、さらに粒子積層膜の層状周期として、46 Å の値が観測された(Fig. 5)。 ZnO 低欠陥膜は ITO 代替の透明導電性膜として、また固体物質で最大の熱伝導性を誇るナノダイヤは、ナノサイズ厚みの急速昇温性発熱体としての機能発現が期待できる。本研究において、構成化学種の異なる無機ナノ粒子群に対し、ほぼユニバーサルに、有機物との修飾ハイブリッド化に基づく、二次元集積化・層状組織化が達成され、配列機能化への有用な情報の獲得に至った。

【参考文献】 1) Reimhult, E.; Höök, F.; Kaseno, B., *Langmuir*, **2003**, 19, 1681.

2) Fujimori, A.; Arai, S.; Kusaka, J.; Kubota, M.; Kurosaka, K., *J. Colloid Interf. Sci.*, **2013**, 392, 256.

Interfacial Chemistry of Formation of Organized Inorganic Nanoparticles to Construction of a New Type Two-Dimensional Organic / Inorganic Nano Hybrid

N. HONDA, K. HASHIMOTO, H. SHIBATA, A. FUJIMORI (Saitama Univ., fujimori@fms.saitama-u.ac.jp)

A technology from the integration of inorganic nanoparticles to formation of two-dimensional particle film had been developed in this study. This technique is possible to solve an inorganic nanoparticle in an organic solvent by surface modification of inorganic particle. The solution of inorganic nanoparticle as a spreading solution is used to formation of single particle layer on the water surface. From the results of LB method to this single particle layer, formation of multi-particle layered organization is attained.

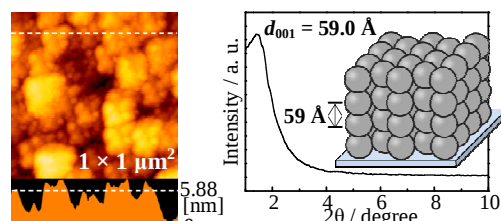


Figure 1 AFM image of single particle layer of organo- ZrO_2 .

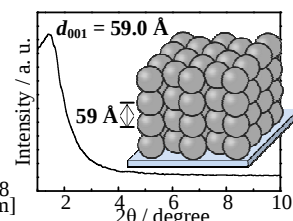


Figure 2 Out-of-plane XRD profile of LB film (20 layers) of organo- ZrO_2 .

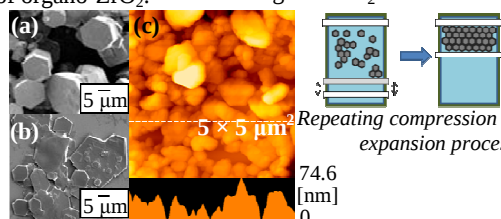


Figure 3 SEM images of (a) ZnO / S_LN, and (b) single particle layer of organo- ZnO / S_LN. (c) AFM image of single particle layer of organo- ZnO / S_LN by using repeating compression-expansion process.

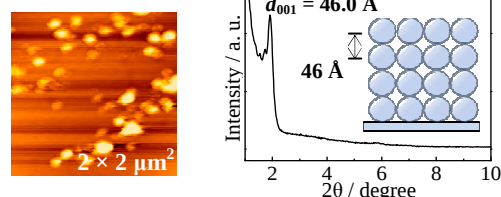


Figure 4 AFM image of single particle layer of organo-ND.

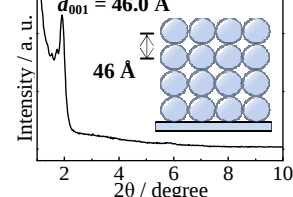


Figure 5 Out-of-plane XRD profile of LB film (20 layers) of organo-ND.