

2次元酸化物ナノシートのメタモルフォロジ

Metamorphology in Two-Dimensional Oxide Nanosheets

○長田 実、佐々木高義 (物材機構 MANA)

○Minoru Osada, Takayoshi Sasaki (WPI-MANA, NIMS)

E-mail: osada.minoru@nims.go.jp

ナノテクノロジーの進歩は、物質創製研究に新たな流れを持ち込み、「長さ」という今まで顕わに意識されることのなかったパラメーターを意識的に導入することで、ナノサイズの物質・材料やナノスケールで構造、組織、電子状態等を制御した物質・材料が研究の表舞台に登場した。本講演では、我々のグループで取り組んでいる2次元ナノシートを例に、酸化物の電子機能を設計、制御するメタモルフォロジを紹介したい。

ナノシートとは、厚み方向がナノメートルオーダーの2次元ナノ物質に対して与えられた名称であり、層状化合物を単層剥離して合成されるシート状ナノ物質である。グラフェンの報告以降、層状化合物の剥離ナノシート化が新規なナノ物質を創製する技術として注目され、近年研究が活性化している。ナノシートは、層状化合物を構成する最小基本単位である層1枚に相当し、厚みは0.5–3 nmと極めて薄いものに対して、横サイズは通常 μm オーダーの広がりを持った異方性の高い2次元単結晶である。このような構造的特徴から、究極の2次元状態を実現する新しい舞台、さらにはナノ粒子、ナノチューブなどと並ぶナノ物質の新しいカテゴリーとして注目されている。

こうしたナノシートの最大の魅力といえるのが、2次元電子状態や極薄分子膜という特徴を利用したエレクトロニクス応用にある。ナノシートでは、3次元から孤立2次元となることで、同じ組成でありながら電気特性も変貌を遂げる。例えば、元々の層状化合物が金属的であっても、ナノシートでは電界が容易に透過し、電子密度の変調が可能になるなど従来の電気的特性の概念が変わる。さらに、ナノシートは薄さ故に、レゴブロックのように積み重ねるだけで材料間の相互作用を自在に制御でき、新しい融合機能をデザインすることが可能となる。グラフェンはいくつかの孤立2次元系に関する新しい可能性と応用を切り拓き、超高速電子伝導や量子ホール効果など数多くの素晴らしい物性、機能が見出された。グラフェンでは単純かつ美しい2次元構造と炭素の sp^2 結合がつくる特異な電子構造がこれらの物性の発現の鍵であるが、その一方でグラフェンには多様性が欠けているともいえる。これに対して、酸化物ナノシートは究極の2次元性と共に、組成、構造、機能の多様性を具備しており、2次元ナノ物質の新しい舞台として注目されている。

我々のグループではこれまで、酸化物ナノシートをベースとした材料研究を推進しており、様々な組成、構造を有する層状遷移金属酸化物の剥離ナノシート化を達成し、金属、半導体、絶縁体(誘電体)、磁性体など多彩な機能材料として得られることを明らかにしてきた。さらに、酸化物ナノシートにおいては、特異な2次元ナノ状態が実現することに着目し、Layer-by-Layer集積により構造と電子状態を精密に制御した多層膜や超格子を作製することで電磁気物性の人工的制御を実現し、巨大誘電機能、巨大磁気光学効果、界面誘起強誘電性など数多くの革新的機能の開拓に成功している。本講演では、我々のグループの研究を例に、酸化物ナノシートの特徴、材料設計、機能、応用について紹介する。特に、電子材料としての機能開発が進んでいる酸化チタン系、ペロブスカイト系ナノシートを例に、ナノシートをベースとした機能材料の設計、構築技術やナノシートで実現する新しい機能について紹介したい [1-4]。

[1] M. Osada, T. Sasaki, “Exfoliated Oxide Nanosheets: New Solution to Nanoelectronics”, *J. Mater. Chem.*, **19**, 2503-2511 (2009).

[2] M. Osada, T. Sasaki, “Two-Dimensional Dielectric Nanosheets: Novel Nanoelectronics from Nanocrystal Building Blocks”, *Adv. Mater.* **24**, 209-228 (2012).

[3] 長田 実, 佐々木高義, “無機ナノシートが拓く新しい分子膜技術”, 応用物理, **81**, 774-778 (2012).

[4] 長田 実, 佐々木高義, “酸化物ナノシートが拓くポストグラフェン技術”, 化学と工業, **66**, 903-905 (2013).