

2 元系コロイド結晶の成長メカニズム

Growth mechanism of binary colloidal crystals

東北大金研¹ °野澤純¹, 郭素霞¹, 新家寛正¹, 岡田純平¹, 宇田聡¹

Tohoku Univ. IMR, °Jun Nozawa¹, Suxia Guo¹, Hiromasa Niinomi, Junpei Okada¹, Satoshi Uda¹

E-mail: nozawa@imr.tohoku.ac.jp

コロイド粒子が結晶のように規則配列したコロイド結晶は、光デバイス、各種センサー、選択的フィルターといった多様な応用が期待されており、用途に応じた多様な構造のコロイド結晶が求められている。近年特に注目されているのは、コロイド結晶をテンプレートとして用いた多孔質材料や表面パターンニングへの応用である。これらの技術を用いると、表面増強ラマン散乱などを用いた超高感度検出器への応用が可能であり、大きな興味を集めている。その際、パターンのサイズやモチーフの形状が特性を決める支配的な要素である。しかしながら、現在それらの応用では、単一粒子を用いた最密充填構造に限られており、構造の多様性を拡張していく事がコロイド結晶の応用に強く必要とされている。ここで、大小の異なる粒径を用いた 2 元系コロイド結晶は、多様な構造を有し、単粒子系には無い様々な特性を引き出す事が期待されている。しかしながら、均質で大型の 2 元系コロイド結晶の創製は未だ容易では無い。本研究では、その場観察によって成長のプロセスを明らかにし、2 元系コロイド結晶の成長メカニズムについて議論する。

実験には、500nm (緑) と 700nm (赤) の異なるサイズの蛍光 Polystyrene を用いた。コロイド分散溶液にポリアクリル酸ナトリウムを添加することで粒子間に枯渇引力を発生させ、結晶化させた。

Fig. 1 は倒立顕微鏡でセル底面のカバーガラス上に成長した結晶の 1 層目の像である。図中上部が AB₂ 構造の結晶で、下部が A のみ (700 nm) で構成された結晶である。AB₂ 構造の産状を詳しく観察すると多くの場合、Fig. 1 に示されるように別の結晶と特定の方位関係を持って成長してる事が観察された。すなわち、ヘテロエピタキシャル成長によって AB₂ 構造が晶出している。B のみ(500 nm)の結晶上にもヘテロエピタキシャル成長する様子が観察されている。結晶方位の組み合わせは、およそ 4 種類に分類される事が実験結果から明らかになった。

成長のプロセスをその場観察した結果、2 元系コロイド結晶の特徴がいくつか明らかとなった。第 1 に、成長速度が非常に小さい事である。同じ粒子濃度の単粒子系に比較して非常に成長速度が小さい。これは構造が複雑になったことに起因し、各サイトへ各粒子が配置されるのに有する時間が必要となるため、そのようなプロセスを必要としない単粒子系よりも成長速度が小さくなっていると考えられる。第 2 に結晶への取り込みのタイミングがそれぞれの粒子種で異なることである。Fig. 2 に示すように AB₂ 構造は A と B が同時に構造を構築するのではなく、どちらかが先に、この場合は B がフレームワークを先に作り、その後にもう 1 つの構成要素が結晶に取り込まれ AB₂ 構造を持つ事が明らかとなった。

これらの観察結果は 2 元系コロイド結晶の成長メカニズムを解明する大きな手がかりであり、今後のさらなる研究によってメカニズムに基づいた効果的な結晶育成法の確立が期待される。

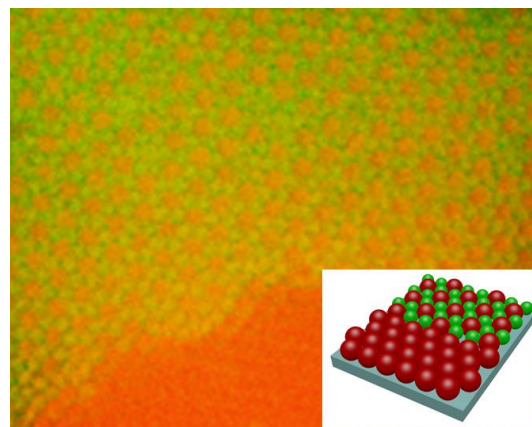


Fig. 1 AB₂ 構造のコロイド結晶 (A: 700 nm, B: 500 nm) が A 相を基板としてエピタキシャル成長。

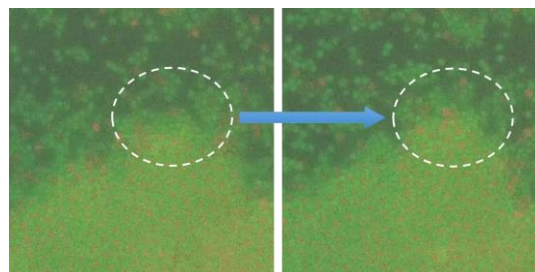


Fig. 2 AB₂ 構造のうち、B (500 nm)のフレームが先に構築された後、A (700 nm)が結晶に取り込まれ AB₂ 構造を持つ。