

平成 22 年 3 月 31 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2010

課題番号：19540410

研究課題名（和文） 結晶成長における自発的対称性の破れ

研究課題名（英文） Spontaneous Symmetry Breaking in Crystal Growth

研究代表者

齋藤 幸夫（SAITO YUKIO）

慶應義塾大学・理工学部・教授

研究者番号：20162240

研究代表者の専門分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学・数理物理・物性基礎

キーワード：統計物理学

## 1. 研究計画の概要

熱平衡にある系の対称性の破れは自由エネルギー最小の原理から理解できる。しかし、平衡にない系での対称性の自発的破れの理解は進んでいない。結晶成長という非平衡系を具体的舞台として、対称性の破れを調べる。具体的には（1）結晶成長におけるキラル対称性の破れ、（2）ヘテロエピタキシャル系の形態形成とダイナミクスを研究する。

## 2. 研究の進捗状況

（1）キラル対称性の破れについては、大きさ 1 のイジングスピン模型と等価な格子気体モデルを提案し、対称性の破れに対する磨り潰しの効果を検証した。磨り潰しが無いと、左右二種の結晶はオストワルドの粗大化により少数、場合によっては 2 個の結晶に収れんするが、それからは競争が持続してキラリティ選択には系の大きさに比例した時間が必要である。つまり磨り潰しのない系は非エルゴード的であった。一方、磨り潰しがあると、結晶は多数の小さな結晶粒に壊され、数の多い種が表面での結晶化により優勢となってキラリティの破れが起きた。つまり系は磨り潰し過程により平衡から遠く離れた状況に駆動されることで対称性の破れが起きることが示された。

（2）ヘテロエピタキシャル系で吸着層の脱濡れ現象を調べ、脱濡れ界面の不規則な構造形成や脱濡れ速度について調べた。平らな基板表面上で濡れにくい吸着薄膜がはがれていくときに、平坦な界面は形態不安定性を起し、微細な構造となる。それを特徴づける長さや後退速度についてシミュレーションし、表面拡散方程式に基づき理論的に解析し

た。また、膜厚が少し厚いときには界面は平坦だがリム構造を形成し、リムの幅や高さの時間変化などについても解析し、シミュレーションと比較した。また、基板表面を微細加工することにより、吸着層の濡れ性が制御できることを示すモデルを考え、シミュレーションと理論解析を行った。

## 3. 現在までの達成度

（1）当初計画以上に進展している。

（理由）

キラルな結晶成長の新しいモデルを提唱できたため、動的相転移をシミュレーションで確認することができた。

（2）当初計画以上に進展している。

（理由）

平らな基板の上の脱濡れ現象以外に、微細加工された基板の上の脱濡れ現象に対する研究に発展しつつある。

## 4. 今後の研究の推進方策

（1）シミュレーションで認められた動的対称性の破れを速度論の方程式で一部は理解できるが、まだ完全でないところがある。時間スケールリングの議論などを用いて解析的に理解したい。

（2）平らな基板上および微細加工基板上の脱濡れ過程と結晶島の形状について、実験との比較のできるシミュレーション研究を行いたい。

## 5. 代表的な研究成果

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕(計 13 件)

Olivier Pierre-Louis, Anna Chame,  
Yukio Saito, Dewetting of ultra-thin  
solid films, Physical Review Letters,  
**103**, 195501-1-4, (2009), 査読有  
Yukio Saito, Hiroyuki Hyuga, Selection  
of Crystal Chirality: Equilibrium or  
Nonequilibrium?, Journal of Physical  
Society of Japan, **78**, 104001-1-10,  
(2009), 査読有.  
Olivier Pierre-Louis, Anna Chame,  
Yukio Saito, Dewetting of a solid  
monolayer, Physical Review Letters,  
**99**, 136101/1-4, (2007), 査読有

〔学会発表〕(計 27 件)

Yukio Saito, Homochirality in chemical  
reaction and in crystal growth,  
JANE2008 “Japan - Netherland  
Symposium on Crystal Growth”, 2008  
年 10 月 20 日、札幌、日本  
Yukio Saito, Elastic lattice model on  
surface morphology, Cargese Summer  
School on “NanoSteps: Self-organized  
nanostructures on crystal surfaces”,  
2008 年 6 月 4 日、Cargese, フランス  
Yukio Saito, Growth of Chiral Crystals,  
NORDITA program “Origin of  
Homochirality”, 2008 年 2 月 21 日、  
Stockholm, スウェーデン

〔図書〕(計 1 件)