

偏極中性子反射率測定を利用した複合高分子薄膜の位相決定に関する研究

Phase Determination of Reflectivity from Composite Polymer Thin Films by Polarized Neutron Reflectometry

鳥飼 直也¹⁾ 田中 敬二²⁾ 山崎 大³⁾
Naoya TORIKAI Keiji TANAKA Dai YAMAZAKI

¹⁾高エネ機構 ²⁾九州大学 ³⁾原子力機構

偏極中性子による反射率の位相決定の実験を行うにあたり、測定試料の基板として必要となる強磁性体の鉄 Fe とシリコン Si の薄膜を積層させた二層薄膜をシリコン基板上に調製し、その薄膜構造を中性子反射率測定により評価した。

キーワード：鏡面反射，反射率の位相，偏極中性子，強磁性体参照層，複合高分子薄膜

1. 目的

ポリマーブレンド，ブロック共重合体をはじめとする複合高分子は，薄膜中で，界面との相互作用や空間的な拘束効果のために，界面選択濃縮や脱濡れ等を伴う複雑な相分離挙動を示すことが知られる。このような複合高分子薄膜が示す複雑な凝集構造の観察手段の一つとして，試料深さ方向にサブ nm スケールの極めて高い空間分解能を有する中性子反射率がこれまでに多く利用されてきた。しかし，反射率測定で観測される反射率には位相の情報が失われているために，特にモデル構築に多数の構造パラメータを必要とする複雑な複合高分子薄膜の凝集構造の観察は“解の一義性”の問題を常に抱えている。本研究では，この問題を解決するために，磁性を有する Fe 薄膜を参照層として複合高分子薄膜を作製し，それらを用いて偏極中性子反射率測定により位相を決定するための手法[1]を SUIREN の高度化の一環として確立する。

2. 方法

位相決定の参照層として強磁性体である鉄 Fe 層の上に，シリコン Si 層を積層させた二層薄膜を 3 インチφのシリコン基板上にスパッタリングにより調製した。中性子反射率測定は，JAEA の SUIREN 反射率計で実施し，非偏極中性子を用い鏡面反射による薄膜深さ方向の構造評価を行った。

3. 研究成果

非偏極中性子により二層薄膜からの鏡面反射を観測した。得られたプロファイル中には低 Q_z ($=4\pi\sin\theta/\lambda$, λ : 中性子の波長, θ : 入射角) 側に反射率が 1 となる全反射領域が観測された。この全反射領域は $Q_z=0.1\text{nm}^{-1}$ 付近まで持続され，それより Q_z 値が大きくなると反射率が低下するとともに薄膜深さ方向の散乱長密度の変化を反映する振動が観測された。予備的なデータ解析の結果，シリコン基板上に鉄層が約 5nm，その上にシリコン層が約 15nm，設計通りに積層していることが明らかになった。

4. 結論・考察

反射率の位相決定実験の基板として準備した Fe 層を参照層とする Fe/Si 二層膜について，非偏極中性子による鏡面反射率測定から膜構造のキャラクタリゼーションを行った。その結果，Fe/Si 二層薄膜は，ほぼ設計通りに二層構造が形成されていることが確認された。今後，この Fe/Si 二層薄膜を基板として，複合高分子薄膜を調製し，偏極中性子を用いた反射率の位相決定の実験を予定している。

5. 引用(参照)文献等

1) A. Schreyer, C. F. Majkrzak, N. F. Berk, H. Grull, C. C. Han, J. Phys. Chem. Solids 60 (1999) 1045-1051.