



高分子境界膜の X 線反射率計測

伊藤伸太郎

名古屋大学 大学院工学研究科, JST さきがけ

キーワード：潤滑，トライボロジー，潤滑油，高分子，ポリマーブラシ

1. 背景と研究目的

機械システムの省エネルギーや耐久性向上に寄与する潤滑技術の発展は，持続可能な社会の実現に向けて必要不可欠である．特に世界的に増え続ける自動車の潤滑技術には，潤滑油の性能向上やしゅう動面の表面処理技術の発展がキーとなる¹⁾．先行研究において，固体表面に形成された高分子の境界膜が，過酷な摩擦条件において高い潤滑性をもつことが報告された²⁻⁴⁾．分子構造をデザインして高分子境界膜の潤滑性能を設計できれば，画期的な潤滑技術となるだけでなく，高分子の多様な物性を活かして高機能な潤滑面の創成が期待される．ただし，高分子境界膜の厚さは $1\ \mu\text{m}$ 以下（ナノ厚さ）であり，そのような薄膜が潤滑性を発現するメカニズムは未解明である．そこで我々はメカニズムの解明を目標とし，X 線反射率（XRR）計測により高分子境界膜の膜構造の解析を進めている．先行研究において，高分子境界膜と高分子を微量に添加した高分子溶液を潤滑液として用いた場合に，摩擦係数が大幅に低下することが報告された．この結果から高分子境界膜の表面に溶液中の高分子が吸着膜を形成した可能性が示唆された．本研究では，XRR を用いて膜の層構造を解析することにより，吸着膜の有無を検証することとした．

2. 実験内容

高分子境界膜として MPC ポリマーブラシ膜を用いた．シリコンウェハ上にパリレン薄膜を蒸着したものを基板とし，表面開始グラフト重合により MPC ポリマーブラシ膜を作成した．MPC ポリマーブラシ膜は水中で使用された際に，水和してゲル状となることにより低摩擦を発現することが知られている．潤滑液として水に MPC ポリマーを $0.5\ \text{wt}\%$ 添加したものを用意した．ブラシ膜を成膜した基板を潤滑液に 12 時間浸漬させ，液中から取り出したのちに潤滑液を除去して乾燥させたものを XRR 測定試料として用意した．XRR 測定は湿度 5% の環境下で実施した．

3. 結果および考察

XRR の代表的な測定結果を Fig. 1(a) に示す．比較のためにブラシ膜のみの場合（潤滑液に浸漬しない試料）についての測定結果を Fig. 1(b) に示す．

Fig. 1(a) の結果から，境界膜は密度の異なる 3 層で構成され，基板側ほど密度が高かった．一方，ポリマーブラシ膜のみの場合は，密度の異なる 2 層で構成され，2 層目の密度は 1 層目に比べて $1/2$ 程度，潤滑液に浸漬した試料の 2 層目と比べても $1/2$ 程度であった．これらの結果から浮遊ポリマーがブラシ膜表面に吸着し，密度の高い 2 層目と 3 層目を形成したと考えられる．

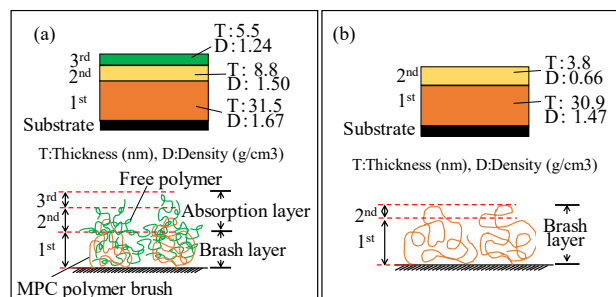


Fig. 1 XRR measurement results and estimated film structures. (a) Brush film with free polymer. (b) Brush film.

4. 参考文献

- 1) K. Holmberg, P. Andersson, A. Erdemir, *Tribology International*, 47 (2012), pp. 221-234.
- 2) J. Fan, M. Muller, T. Stohr, H. A. Spikes, *Tribology Letters*, 28 (2007), pp. 287-298.
- 3) 田川, 村木, トライボロジスト, 60 (2015), pp. 342-348.
- 4) K. Ishihara, *Polymer Journal*, 47, (2015), pp.585-597