



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，慣性半径

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。本研究では、XRR 測定において高分子境界膜のダメージについて体系的に評価した。

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。これまでに XRR 測定系に搭載可能な摩擦試験機を開発し、摩擦直後の表面について反射率計測を実施した。その結果 X 線が照射された領域のほうが、照射されていない領域に比べて摩擦耗が大きいことが明らかとなった。すなわち X 線によって MPC 膜がダメージを受けている可能性がある。XRR 測定の直後には目視によるダメージはみられないため、外力が加わったことにより顕在化したものと考えられる。そこで本実験では、同じサンプルについて複数のスキャン速度で X 線の照射強度を変化させ、ダメージの影響を検証した。

3. 結果および考察

XRR 測定後の MPC 膜について超純水で数分間洗浄したところ、測定部分の膜が剥離した（Fig.1）。膜厚分布を走査型エリプソメータで測定した（Fig.2）。図中、X 線の照射強度は 1→5 の順に弱い。条件 5,6 ではダメージはほぼなかったが、XRR 測定の SN が低い問題がある。条件 3 においてはわずかにダメージがあるものの、XRR の測定結果から層構造の同定が可能であった。今後は角度範囲を狭めるなどしてさらにダメージの影響を軽減する方策を検討する。



Fig.1 異なるスキャン速度で複数箇所を XRR 測定した後の MPC 膜の写真。

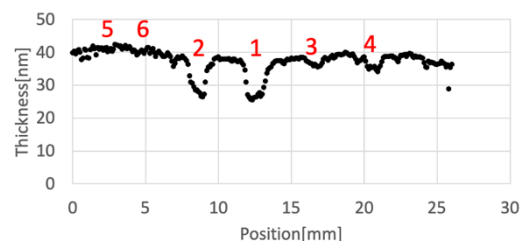


Fig.2 走査型エリプソメータにより測定した面内の膜厚分布。図中番号は Fig.1 に対応。

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