

# コンビナトリアルスパッタ成膜法による革新的酸化物低摩擦材料の探索

後藤 真宏

国立研究開発法人 物質・材料研究機構 エネルギー・環境材料研究拠点 熱電材料グループ

【はじめに】 今日、エネルギー資源の枯渇、CO<sub>2</sub> 排出による地球温暖化や地球環境汚染の問題に直面している。それゆえ、省エネルギーによる問題解決へのアプローチも重要とされ、摩擦によるエネルギーロスを抑制するための低摩擦材料の研究開発の重要性が増してきている。一般的な固体潤滑材料としては、モリブデン系、炭素系、鉛系材料が知られているが、環境中への拡散に伴う毒性の問題、各種使用環境下における酸化とそれによる摩擦係数の増大など、幾つかの問題点がある。これら全て解決可能な理想的な材料として、ユビキタス金属酸化物が最有力である。酸化物は化学的に安定であるものが多く、新たな酸化による摩擦力の増大の問題が発生せず、地球存在量が大きく低コストである。しかし、このユビキタス金属酸化物は一般的に摩擦係数が大きく、低摩擦材料としての応用はほぼ無かった。このような大きな制約のなかで低摩擦のユビキタス金属酸化物を見出すためには非常に効率の良いハイスループット材料探索法が必要であった。そこで、コンビナトリアルスパッタコーティング法を開発し、ユビキタス金属酸化物低摩擦材料の探索を行なった。

【実験】 8 種類の成膜パラメータを正確に制御・変化させながら、自動でスパッタコーティングが可能な、コンビナトリアルスパッタコーティングシステム（Combinatorial Sputter Coating System：COSCOS）を開発し、当該材料探索を行なった。基板（ステンレス 304 鋼など）上に各種材料を成膜し、ナノ領域、真空、大気、油中、高温環境下などで摩擦係数を評価した。図 1 は、スパッタガス中の酸素分圧を変化させて作製した ZnO の XRD スペクトルである。結晶配向性が連続して変化している様子がわかる。

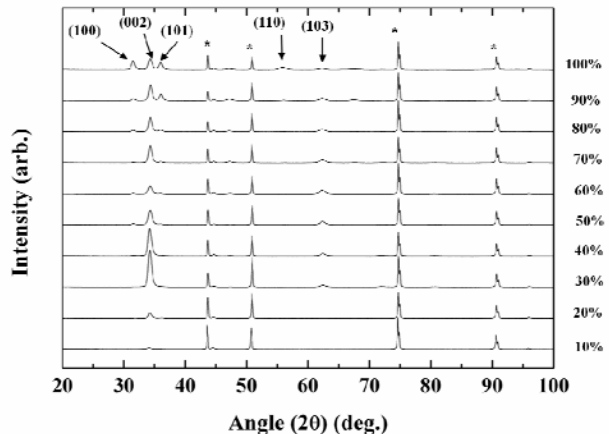


図 1 ZnO コーティング膜の XRD スペクトル：酸素分圧依存性

【結果・議論】 これらハイスループット材料探索の結果、ZnO、CuO がある特定の材料成膜条件下でのみ、極めて低い摩擦係数を有することが見出された。様々な材料構造・物性評価を組み合わせることで総合的に解析した結果、ZnO の低摩擦現象に関しては圧電効果による電荷の発生に伴う表面エネルギーの極性成分の変化に起因し、CuO では Cu と O の層状構造によるものであることが解明されている。

【まとめ】 このように、COSCOS を用いて材料探索を行なえば、これまで困難とされていた新規機能性材料の発見も可能となる。現在は、マテリアルズインフォマティクスとの融合を推進しており、この材料探索効率をさらに飛躍的に向上させることにより、摩擦材料はもとより、他の様々な材料開発分野でも広く新規機能材料を探索することを目指している。

【謝辞】 本研究は、科学技術振興機構（JST）の「情報統合型物質・材料開発イニシアティブ（MI<sup>2</sup>I）」、GRENE 事業、科研費（基盤研究 A：21246030）、NEDO 産業技術研究助成（00X27002x、02A27010c、06A24007d）の助成を受けたものである。