

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 11893 号
------	---------------

氏 名 井上 宙

論 文 題 目

STEM-EELS分析による窒化炭素膜の超低摩擦メカニズムの検討
(Consideration of ultra-low friction mechanism of CN_x coating
using STEM EELS)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	梅原 徳次
委員	名古屋大学	教授	武藤 俊介
委員	名古屋大学	特任准教授	荒井 重勇
委員	名古屋大学	客員教授	上坂 裕之
委員	名古屋大学	准教授	伊藤 伸太郎
委員	名古屋大学	准教授	張 賀東

論文審査の結果の要旨

井上宙君提出の論文「STEM-EELS分析による窒化炭素膜の超低摩擦メカニズムの検討」は、窒化炭素膜が乾燥窒素中で0.01以下の超低摩擦を発現したメカニズムを解明するために、窒化炭素摩擦面と相手面の構造変化層と移着膜の局所領域の特徴を走査透過型電子顕微鏡-電子エネルギー損失分光法 (STEM-EELS) 分析で明らかにし、超低摩擦メカニズムを検討した。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、機械分野における摩擦損失削減の重要性を説明し、低摩擦と耐摩耗を両立させるために開発されている窒化炭素膜において超低摩擦特性が報告されているが、超低摩擦メカニズムが未解明であり、その解明が急務の課題である事を述べている。

第2章では、超低摩擦を得た乾燥窒素中と得られなかった大気中摩擦後の窒化炭素膜の摩擦面の構造変化のそれぞれ特徴をSTEM-EELSを用いたプラズモンピーク分析によりnmの空間分解能で明らかにしている。超低摩擦を発現した場合には、 σ プラズモンピークのエネルギーの摩擦痕表面に向かった減少が見られ、密度、 sp^3 結合の割合、基底面のサイズ及び基底面の面間距離が摩擦に伴い変化した可能性を考察している。これらの変化は摩擦と関係すると考えられる重要な知見である。

第3章では、摩擦後の窒化炭素膜と相手面へ移着膜において、STEM-EELS分析における炭素と窒素のK殻電子励起スペクトルから窒素濃度、炭素のK殻電子励起スペクトルの π^* ピーク成分から基底面の平面構造と湾曲構造を明らかにし、超低摩擦を示した摩擦痕表面と移着膜において、接触部の局所構造が、窒素濃度、基底面サイズ及び sp^2 結合の割合が最適化された平面構造に変化した事を明らかにしている。移着膜も含めたこれらの局所構造の特徴は超低摩擦メカニズムのための重要な知見である。

第4章では、 CN_x 膜の乾燥窒素雰囲気下の繰り返し摩擦中に形成される構造変化層と移着膜が通常のグラファイトとは異なる構造を明らかにするため、グラフェン微結晶構造のモデルとそれに窒素をドーピングしたグラフェン微結晶構造のモデルを作成し、密度汎関数法を用いて窒素添加による sp^2 結合の安定化及び窒素添加による基底面の不活性化を明らかにしている。窒素が周囲の10~20個の炭素原子の p_z 軌道を最も効果的に不活性化すると提案し、この置換された窒素原子が、摩擦係数を上昇させるとみなされる汚染物の化学的な吸着に対して、構造変化層のグラフェン微結晶構造の大部分の炭素原子を不活性化にしたと考察している。これは窒素含有による超低摩擦発現の根源を説明する実験結果で、新たな超低摩擦メカニズムとして重要である。

第5章では、本研究の結論を与えている。

以上のように本論文では、 CN_x 膜の超低摩擦メカニズムと局所領域の構造変化層及び移着層の関係について、STEM-EELSによる CN_x の構造変化層と移着膜の局所領域の構造分析と密度汎関数法による窒素添加のカーボン構造の差電子密度の比較より、窒素添加に伴うグラフェン微結晶構造の不活性化から超低摩擦メカニズムについて検討している。得られた結果は、次世代の超低摩擦材料開発のために重要であり、工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者である井上宙君は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があると判断した。