

光田研究室

炭素からなる材料の合成 - ダイヤモンド、アモルファス炭素、グラフェン -

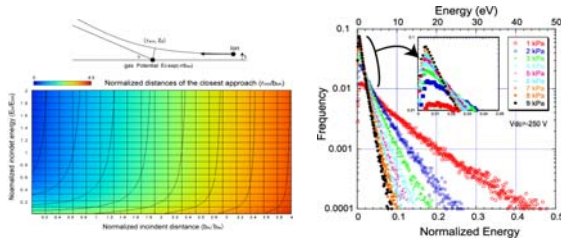
<http://www.ips.iis.u-tokyo.ac.jp/>

無機プラズマ合成

工学系研究科・マテリアル工学専攻

ダイヤモンドの核形成と表面化学

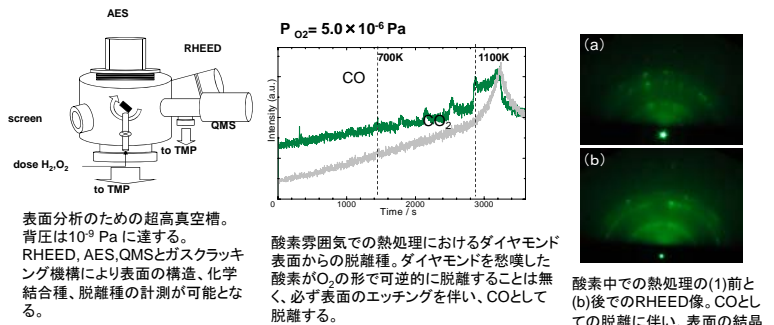
ダイヤモンドの核形成はメタン/水素混合ガス中での基板への負バイアス印加により促進されます。この核形成現象(Bias enhanced nucleation: BEN)を理解するために基板表面へ照射される水素イオンのエネルギー分布をモデル計算により求めます。さらに、マイクロ波プラズマを用いた化学気相合成における“その場”のイオンフラックスの測定を行いました。



水素イオン-水素原子の衝突における3次元の散乱角の分布。衝突にかかわる粒子の運動を厳密な数値計算により解き、多数のイオンの運動を計算することにより、エネルギー分布を求めます。

水素イオンはシース(プラズマと基板との間の空間)中での衝突によりエネルギーの大半を失う。この結果は、既存の運動量による核形成促進モデルに修正を迫るものである。

ダイヤモンド表面は水素又は酸素原子により表面の終端が可能です。これらの化学終端の化学結合の特徴、構造、熱的安定性を研究対象としています。超高真空雰囲気におけるこうした基礎的な実験により、気相からのダイヤモンド合成のメカニズムを明らかにすることを目標としています。



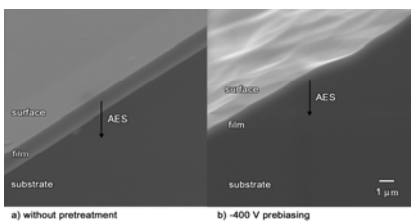
表面分析のための超高真空槽。背圧は 10^{-9} Paに達する。RHEED, AES, QMSとガスクラッキング機構により表面の構造、化学結合種、脱離種の計測が可能となる。

酸素雰囲気での熱処理におけるダイヤモンド表面からの脱離種。ダイヤモンドを熱した酸素が O_2 の形で可逆的に脱離することは無く、必ず表面のエッチングを伴い、COとして脱離する。

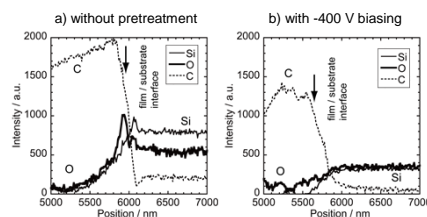
酸素中での熱処理の(1)前と(2)後のRHEED像。COとしての脱離に伴い、表面の結晶構造が乱れていることがわかる。

ダイヤモンド・ライク・カーボン (DLC) 薄膜

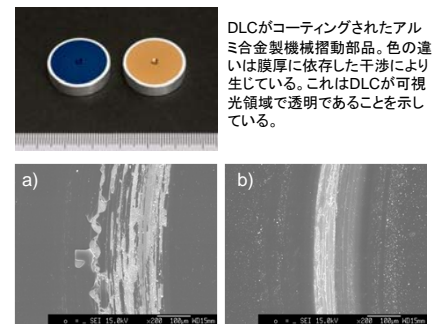
DLC薄膜は切削工具やペットボトルの内面コーティングに使用されている非晶質炭素薄膜である。本研究室ではアルミ合金上へのDLC薄膜の堆積に着目している。DLCコーティングによりアルミの表面硬度を向上させれば、軽量の機械摺動部品が実現される。こうした応用における最大の課題は薄膜/基材間の密着性の低下である。本研究では、界面の化学結合状態の制御により付着強度を向上可能であることを示した。



DLC/Si界面の断面SEM像。基板の前処理を行うことにより(b)明瞭な界面が消失し、膜が連続的に基板への移行していることがわかる。



AES(オーージェ電子分光)により計測された界面における深さ方向のC, O, Siの組成分布。堆積前の基板負バイアス印加(b)により界面の酸素が除去されていることがわかる。(b)におけるC濃度のゆるやかな変化はCとSiの混合層が界面に形成されていることを示唆している。

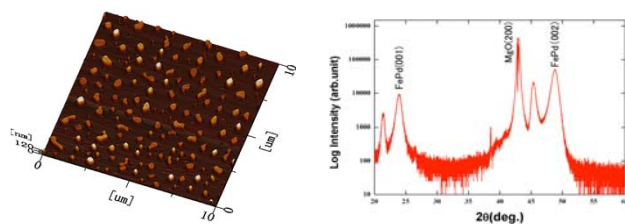


DLCがコーティングされたアルミ合金製機械摺動部品。色の違いは膜厚に依存した干渉により生じている。これはDLCが可視光領域で透明であることを示している。

DLC/Al合金摺動部品に対するボール・オン・ディスク試験のボール摺動痕。界面が弱い通常の試料(a)では膜は界面から膜厚を保ったまま剥離している。他方、特定の処理を施した後に堆積した薄膜(b)においては、そのような膜の剥離は見られない。

自己組織化金属ナノ構造薄膜の作製

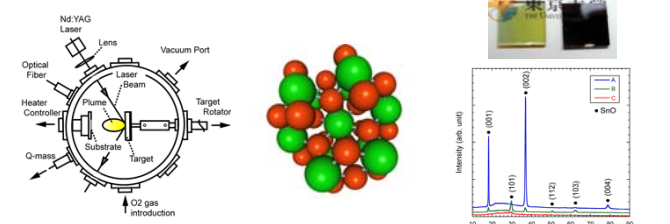
自己組織化を伴うボトムアッププロセスにより形成される金属ナノ構造薄膜。スパッタリング法を用いて形成される点に産業価値があり、高密度の磁気記録デバイスに応用可能である。



Feシード層およびAu凝集層の堆積により、単結晶MgO基板上に形成された数十nmのFePdナノドット薄膜。AFM像とXRDパターンから均質なナノドット構造と結晶配向性が確認できる。

酸化物透明導電薄膜

酸化物透明導電薄膜はフラットパネルディスプレイや太陽電池に必須の材料である。本研究ではSnOおよびSnO₂を用いて高い導電性を有する新規の透明導電膜を得ることを目標としている。



Nd:YAGレーザー源を有するパルスレーザー蒸着装置。意図しない不純物の混入を極力避けるため、 10^{-7} Paの背圧を維持している。

クラスター法に基づいた理論計算により新たなドーパント元素の候補を検討中する。

SnとOフラックスの制御により、ガラス上にも結晶配向したSnO薄膜が得られる。

