

課題番号 :2018B-E12
利用課題名 (日本語) :高分解能X線光電子分光を用いた Cu 合金表面における酸化物形成過程とその制御
Program Title (English) :High-resolution XPS study of a oxide formation process and its control on Cu alloy surfaces
利用者名(日本語) :岡田美智雄^{1,2)}, 牧野隆正²⁾, 津田泰孝²⁾
Username (English) :Michio OKADA^{1,2)}, Takamasa MAKINO²⁾, Yasutaka TSUDA²⁾
所属名(日本語) :1) 大阪大学放射線科学基盤機構, 2) 大阪大学大学院理学研究科
Affiliation (English) :1) IRS, Osaka University 2) Graduate School of Science, Osaka University
キーワード : 超熱酸素分子線、Cu 表面、高分解能 X 線光電子分光

1. 概要 (Summary)

これまで、Cu₃PdおよびCu₃Pt単結晶表面を用いて、超音速酸素分子線による極薄酸化膜形成過程の並進エネルギーならびに表面温度依存性を追跡し、CuおよびCu₃Au単結晶表面での結果と比較することで、異なる合金成分が酸化物生成に与える影響を詳細に検討することを目的として研究を進めてきた。今回は、酸化反応を別の視点から理解するために、エチレン分子(C₂H₄)を用いたグラフェン生成に着目し、その反応との比較から、改めて酸化反応で起こっている分子線のもつエネルギーのやり取りを理解する目的で研究を進めた。

具体的には、Cu(410)および Cu(111)表面に照射するエチレン分子線のエネルギーを変化させながら脱水素化反応がどのように進んでいるのかを放射光を用いた高分解能 X 線光電子分光法により明らかにし、比較する予定である。これによりエチレン分子線のもつエネルギーにより誘起されるプロセスが、脱水素化反応にどのような効果をもたらすのかを解明し、それを酸化反応と比較した。その比較検討情報の下で、原子力を始めとする多岐にわたる分野において重要な Cu 酸化物ナノ構造のより良い制御法を探索することを試みる。このような Cu ならびにその合金の酸化に関するこれまでと異なった視点からの研究はナノエレクトロニクスや原子力関連材料分野の開発研究の発展にとって特に重要である。今回は、酸化メカニズムを理解する上で、これまでのデータの足りない部分を補完する実験と、酸化メカニズムのより詳細な理解のために比較検討系として、2018A にトラブルのため実験できなかった Cu(410)表面でのエチレン分子の脱水素化反応を調べた。

2. 実験(目的,方法) (Experimental)

実験は、日本原子力研究開発機構の軟 X 線ビームライン

SPRING-8 BL23SUに設置してある表面化学反応解析装置(SUREAC2000)を用いて行った。Cu(410)は、Ar⁺イオンスパッタリングとアニーリングを繰り返すことにより清浄化した。また、X線光電子分光(XPS)および低速電子回折(LEED)を用いて、表面の清浄化の確認を行った。表面温度を300~873 Kに設定し、表面垂直方向から並進エネルギーを変えながら超音速エチレン分子線を照射した後、シンクロトロン放射光を用いた高分解能XPSにより各種光電子ピークを測定し脱水素化反応の程度を評価した。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

これまで超音速酸素分子線による極薄酸化膜形成過程の並進エネルギーならびに表面温度依存性を追跡し、異なる合金成分に依存する酸化物生成過程を明らかにしてきた。今回は分子線のもつエネルギーがどのように表面反応に寄与するのかを解明するためエチレン分子の脱水素化反応について調べた。300~873 K の Cu(410)に、ノズル温度 1350 K で発生した 1.9 eV の超音速エチレン分子線を照射して反応させ、その様子を調べる実験を行った。Fig. 1 に、超音速エチレン分子線照射後の Cu(410)における C-1s XPS スペクトルから求めた炭素のアップテークカーブを示す。表面温度が高いほど、反応初期では反応効率が低い、反応が進行するにつれて逆に高温の方が反応性が高くなっていることがわかる。これは、300 K では進みにくい反応経路を高温では進むことができるため、反応性の逆転が起こっていると考えられる。脱水素化反応進行のためには、分子線のエネルギーだけでなく、表面温度も重要な要因であることがわかった。今後は、合金表面におけるエチレンの脱水素化において表面温度の違いが及ぼす反応性の違いを明らかにし、合金表面の酸化と比較する。これら一連の研究により、材料表面における化学反応の詳細とその制御法が明らかになる。

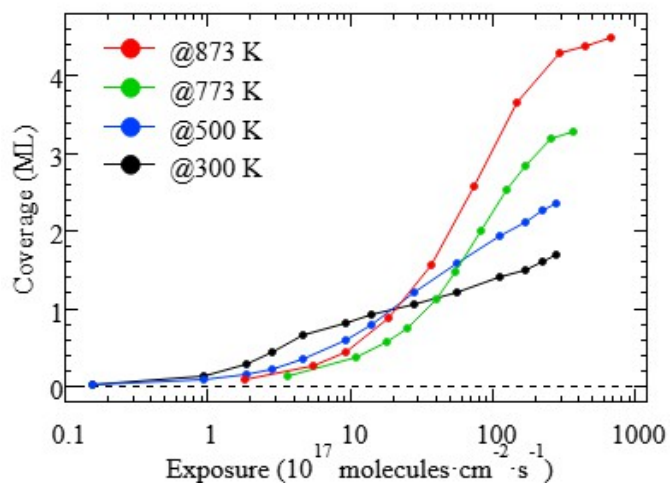


Fig. 1 炭素のアップテークカーブ

4. その他・特記事項 (Others)

共同研究者 吉越章隆（日本原子力研究開発機構）

実験支援者 西 静佳（日本原子力研究開発機構）

科研費（基盤B）の支援を受けた．