

表面制御ラボ

(Surface Engineering Lab.)

研究項目：表面吸着・反応・堆積種を利用した表面状態の制御の研究

研究期間：平成8年度～13年度

1. 研究の背景

固体表面は物性物理から材料科学、プロセス制御、素子物理などあらゆる科学や工学の鍵を握る重要な舞台となってきた。固体表面を原子オーダーで極限的に制御することで新機能を発現させ、その機能を利用する新しい原理に基づくエレクトロニクスである表面エレクトロニクスを創出するための基礎技術の確立を目的に本研究は始まった。本研究課題は、先に開発に成功したオゾンビーム発生装置(平成2年10月電総研ニュース第489号、関連予算：特別研究「反応過程制御による材料合成に関する研究」「活性粒子による新表層材料創製に関する研究」、次世代産業基盤技術研究開発「超電導材料・超電導素子の研究開発」)を用いて、従来法とは異なる高純度オゾンガスによるシリコン酸化の研究などを通して、表面状態の制御による新機能発現を目指して開始された。

2. 研究経過と現状

平成8、9年度では、オゾンビームの表面反応を利用した極薄シリコン酸化膜をSi(100)基板上に作成し、その初期酸化をX線光電子分光(XPS)などを用いて調べた結果、1)膜中に不完全構造が少ない、2)熱酸化に通常用いられる酸素ガスに比べて酸化温度を大幅に低温化できる。3)原子レベルで平坦な水素終端面も酸化できる、ことなどを明らかにした。また、1)シリコン表面のダングリングボンドに由来する信号と検出可能な第二次高調波発生(SHG)のためのシステムを開発して、清浄Si(111)7×7構造表面に吸着したベンゼンの観察によりその有効性を確認した。2)層構造を非破壊的に評価する電子分光トモグラフィを開発を目指した電子分光装置を試作するなど、表面制御の評価に有効な手段の開発も行った。これらの成果は、新技術である高純度オゾン酸化の基礎を確立しただけで

なく、極薄化している次世代シリコンゲート酸化膜にオゾン酸化膜を応用する期待をももたらし、本課題は「競争的特別研究」極限酸化技術を用いた微細構造限界デバイスの研究(平成10年度～)に発展することになった。このため平成10年度より、本研究課題の目標は、活性ビームの表面反応および気相反応の特異性を利用して、結晶ユニットの表面堆積による結晶石英(水晶)などの難合成結晶酸化物薄膜のヘテロエピタキシー技術の開発を目指すことに修正され、ラボ構成員にも変更があった。

新たな体制では、結晶ユニットの発生源と発生方法に、多孔質シリコンと低パワー紫外光レーザーアブレーションを選び、結晶薄膜堆積ユニットの前駆体となるアブレーション中性粒子が発生する条件を見出した。さらに、これらの堆積ユニットの高効率酸化のために、高濃度固体オゾンのアブレーションにより、オゾンビームを運動エネルギーの付与を行った。四重極質量分析器で質量を選別したアブレーション粒子に関して飛行時間法により運動エネルギーを解析した結果、放出オゾンは1ms以下の時間幅をもつビームとなっており、温度1500K以上のMaxwell-Boltzmann速度分布をもつ超熱的(hyperthermal)ビームとなっていることがわかった。この温度は固体オゾンの温度とレーザー強度により制御可能であり、現在最大温度のオゾンビームを得るためのアブレーション条件の最適化を進めている。このようにして得られた超熱的オゾンビームは室温の高濃度オゾンガス以上の酸化力と指向性を持つことが予想され、結晶酸化物薄膜の堆積に有効であることが期待される。なお、これらの研究は株式会社明電舎と技術指導を通じて進めている。

3. 期待される波及効果

本研究において得られたオゾンの超熱的ビームは、

オゾンの酸化力を高めるだけでなく、酸化剤を指向性ビーム化して供給するという全く新しい技術であり、パターン酸化・ピットの底部の局所酸化などの次世代の半導体デバイスプロセスへの応用などが期待される。

当該研究担当者等

1) ラボ構成員(総数3名)

職員(3名) 野中秀彦* (材料科学部) , 一村信吾 , 国分清秀 (極限技術部)

2) その他の研究協力者

黒河 明 , 中村 健 (極限技術部) , 亀山育也 (科学技術特別研究員)

* ラボリーダー