

2P055

酸化亜鉛薄膜への水素分子イオン照射と in-situ 温度可変伝導度測定

(京大院理¹・九大院工²・JST-CREST³)

○中山亮¹, 前里光彦¹, 長岡孝², 有田誠², 北川宏^{1,3}

Hydrogen molecular ion irradiation to zinc oxide thin film and in-situ variable temperature conductivity measurement

(Graduate School of Science, Kyoto Univ.¹; Graduate School of Engineering, Kyushu Univ.²; JST-CREST³)

○Ryo Nakayama¹, Mitsuhiro Maesato¹, Takashi, Nagaoka², Makoto Arita², Hiroshi Kitagawa^{1,3}

【緒言】

水素は最も身近な元素の一つであるが、既存の物質の性質を劇的に変える可能性を秘めている。例えば、水素吸蔵金属の Pd は通常は超伝導にならないが、高濃度の水素吸蔵により約 9 K で超伝導転移する。しかし、水素を物質中に自在に導入することは一般に容易ではなく、高い水素圧力を印加するなど特殊な条件が必要であった。また、多量の水素を導入するには長時間を要する場合もあり、さらに水素吸蔵能のない物質に水素を導入するのはほぼ不可能である。

このような問題を解決する方法として、我々はイオン注入法による水素の導入に着目した (図 1)。イオン注入とは、イオンを電圧によって加速して、試料に注入する方法である。通常イオン注入は室温で行われるが、この場合照射した水素が脱離する可能性がある。しかし、低温での水素イオン注入によって水素の脱離を防げば、原理的にはあらゆる物質に水素を自在に導入することが可能であり、さらに in-situ 物性測定を行えば、水素導入による物性変化を定量的に評価できると考えられる。そこで、我々は温度可変の in-situ 物性測定が可能な水素分子イオン照射装置の開発を行った⁽¹⁾。

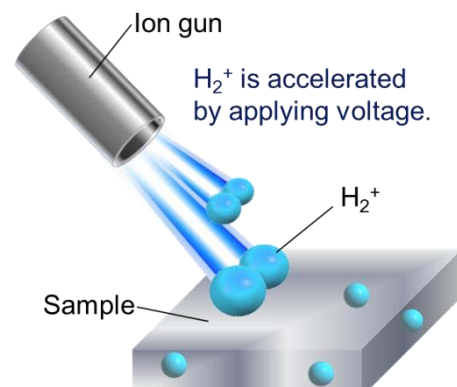


図 1 水素分子イオン照射の概念図

今回、我々は本装置を用いて、室温及び低温での水素分子イオン照射実験と in-situ 電気伝導度測定に成功したので報告する。試料としては酸化亜鉛の薄膜を用いた。酸化亜鉛は n 型半導体であり、大きなバンドギャップ (約 3.3 eV) を持つ。透明電極材料への応用が期待され、その光学特性や導電性の制御に向けて精力的に研究がなされている。また、水素雰囲気下でのアニールや水素イオンの照射により伝導性が向上することも知られている⁽²⁾。しかしながら、水素イオン照射の影響を in-situ 測定で調べた報告例はない。そこで、本実験では、温度可変 in-situ 電気伝導度測定によって、水素分子イオンの照射が酸化亜鉛薄膜の物性に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

【実験】

酸化亜鉛薄膜は RF マグネトロンスパッタ法によって作製した。触針式段差形状測定装置を用いて薄膜の膜厚を測定した。また、薄膜試料の構造を調べるために、水素分子イオン照射前後で in-plane 及び out-of-plane X 線回折(XRD)測定を行った。水素分子イオンの照射および温度可変の in-situ 伝導度測定は、開発した水素分子イオン照射装置を用いて行った。酸化亜鉛薄膜の電気抵抗は、試料の四隅に金を蒸着して電極を作製した後、直流四端子法により測定した。水素イオンの照射量はイオンビームのビーム電流値を測定することで見積もった。

【結果と考察】

膜厚測定の結果から、薄膜の厚みは 182 nm であることが分かった。Out-of-plane XRD 測定ではガラス基板に由来する非晶質ピークと酸化亜鉛に由来する回折ピークをそれぞれ観測した。

In-plane XRD 測定では、酸化亜鉛と金に由来する回折ピークをそれぞれ観測した (図 2)。また、水素分子イオン照射前後で回折ピークに顕著な変化は見られなかった。

室温での水素分子イオン照射による電気抵抗値の変化を図 3 に示す。縦軸が抵抗値、横軸がビーム電流値から見積もった水素分子イオンの照射量である。およそ 2×10^{16} ions / cm² までの水素分子イオンの照射によって電気抵抗値の急激な減少が観測された。また、温度可変の in-situ 電気伝導度測定を行い、水素分子イオンの照射による活性化エネルギーの減少を見出した。

2×10^{16} ions / cm² 以上の水素分子イオンを照射すると、抵抗値がわずかに増加する傾向を示した。さらに、時間経過によって、この増加した電気抵抗値は徐々に減少していくこともわかった。この結果は、ある程度のドーパ量を超えると、それ以上の過剰な水素は酸化亜鉛から脱離してしまうことを示唆している。

(1)中山 他, 日本化学会 第 94 回春季年会 1D3-23

(2) Y. Hayashi, et al., HTM-2007, 2, 517-523 (2007)

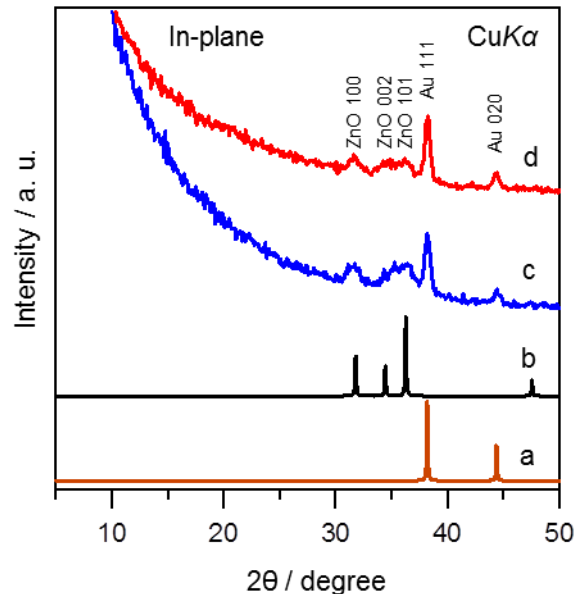


図 2 ZnO 薄膜の面内方向の XRD パターン
(a) Au (simulated)
(b) ZnO (simulated)
(c) 水素分子イオン照射前の ZnO
(d) 水素分子イオン照射後の ZnO

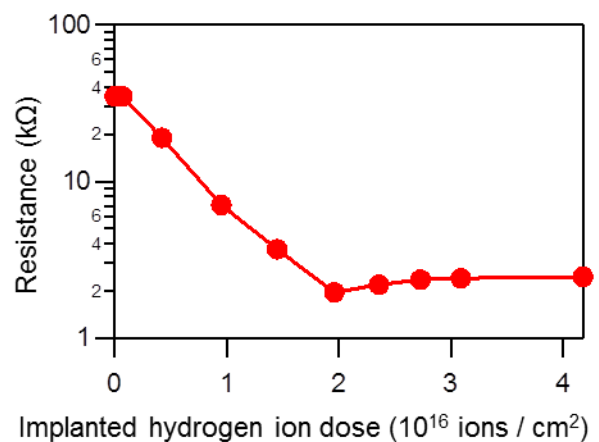


図 3 室温での水素分子イオン照射による電気抵抗変化