

IVC-22 に参加して

前田 直輝

Naoki MAEDA

電子情報学専攻修士課程 2年

1. はじめに

私は、2022年9月11日から16日にかけて、北海道札幌市の札幌コンベンションセンターにて開催となった、第22回 INTERNATIONAL VACUUM CONGRESS に参加し、「Characterization of two-dimensional oxide films transferred from liquid metal alloys」という題目で研究発表を行った。

2. 研究背景

Ga₂O₃は非層状のGa系半導体であり、4.5~4.9 eVの高いバンドギャップから、高い絶縁破壊耐性を有している為、ハイパワー電子デバイス等への応用が期待されている。しかし、Ga族半導体の多くは共有結合を持ち、非層状であるため、原子サイズの超薄膜の直接的な剥離が課題点である。しかし、近年Gaベース液体金属合金を用いることで、簡易に高品質かつ極薄のGa酸化膜を入手することが可能であることがわかった。本研究では、Gaベース液体金属合金の表面に形成される高品質かつ極薄の2次元酸化膜を簡易に入手し、2次元酸化膜を用いたデバイスへの応用を検討した。

3. 実験方法

Gaベース液体金属合金の表面から2次元酸化膜を剥離する際の手順を示す。初めに1cm角の基板上(SiO₂/Si, Au/Ni/SiO₂/Si)に直径1mmのGaベース液体金属合金を着滴した。その後、もう一つの基板(SiO₂/Si, Au/Ni/SiO₂/Si)でGaベース液体金属合金液滴を上から押しだすように潰し、Gaベース液体金属合金から基板上に2次元酸化膜を転写した。次に、沸騰したエタノール(C₂H₆O)中に2min浸漬し、綿棒を用いて基板に付着した液体金属合金を

除去した後に、超純水に1min浸漬し、エタノールを除去した。その後、転写された酸化膜上に直径500μmの上部電極Auを成膜した。図1に2次元酸化膜の転写手順を示す。

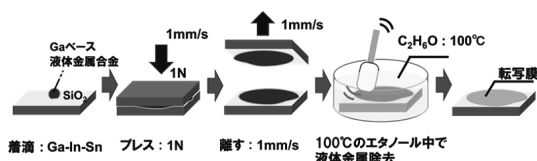


図1 2次元酸化膜転写手順

4. 実験結果

4.1 基板上に転写した2次元酸化膜の観察

図2に、転写した2次元酸化膜の光学顕微鏡像(a)及び原子間力顕微鏡像(b)、断面プロファイル(c)を示す。光学顕微鏡像より、Gaベース液体金属合金が100μm以上のスケールで転写されていることを確認。また、転写膜は連続的であることを確認した。

AFMによって観察した表面形状像及び断面プロファイルから、転写された2次元酸化膜の表面粗さは2nm以下と、高いレベルで均質であることを確認した。また、断面プロファイルから2次元酸化膜の膜厚は約3nmとなり、極薄の薄膜であることも確認した。

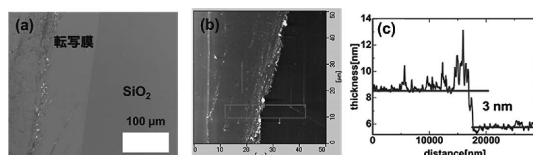


図2 2次元酸化膜の観察結果 (a) 光学顕微鏡像、(b) AFM像、(c) 断面プロファイル

4.2 2次元酸化膜の元素分析

図3(a)2次元酸化膜の走査型電子顕微鏡像(SEM像)及び図3(b)にエネルギー分散型X線分析装置(EDS)による2次元酸化膜の定量分析結果、(c)に透過型顕微鏡(TEM)による断面TEM像を示す。SEM像において基板と2次元酸化膜の

境界を観測した。また、基板と2次元酸化膜の境界を観察したところ、基板部分ではGaの検出は確認されなかったが、2次元酸化膜との境界以降では40程度と微量ながらGaのスペクトルを検出した。

図3(c)より転写された2次元酸化膜からGaとOの元素スペクトルが検出されたことから、2次元酸化膜はGaOxであることがわかった。また、液体金属合金の材料としてIn及びSnを添加しているがIn及びSnの元素スペクトルが確認されなかった。このことから転写された酸化膜にIn, Snは含まれていないと考えられる。

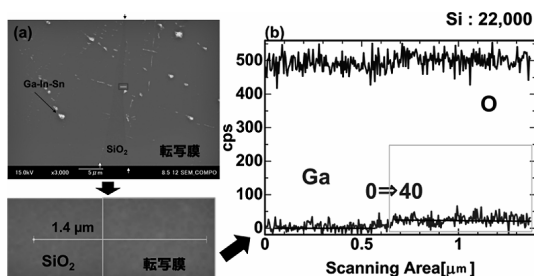


図3 (a) 2次元酸化膜のSEM像, (b) 2次元酸化膜の定量分析結果

4.3 超音波装置を用いた金属酸化膜剥離

図4左に30 kHz_2 h_50°Cの条件で超音波装置を用いて液体金属合金 Ga-In-Sn を超純水中に拡散させた画像を示す。超音波処理前後で、目に見えて超純水が懸濁していることが確認でき、Ga-In-Sn が超純水中に拡散していることがわかる。図4右はSiO₂/Si基板上に堆積したGa-In-Sn粒子であり、これをAFMで観察したところ、径は約200 nmであり高さは約60 nmであった。

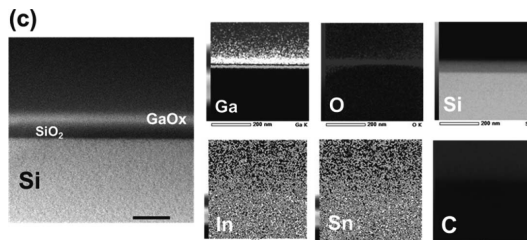


図3 (c) 断面TEM像及び元素分析結果

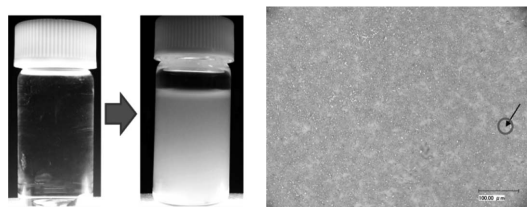


図4 左：超音波処理前後のスクリー管 右：基板上に堆積した粒子

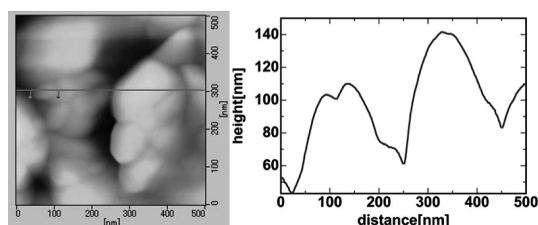


図4.2 剥離した粒子のAFM像

5. まとめ

液体金属合金 Ga-In-Sn から2種類の方法を用いて酸化膜を剥離し観察を行った。

謝辞

今回の研究にあたりご指導いただきました山本伸一先生及び今井崇人先生に心から感謝いたします。