

クオルテック
「受託研究」ページ

クオルテック
「お問い合わせ」

エレクトロマイグレーション試験方法の検討 —AIの接触抵抗対策

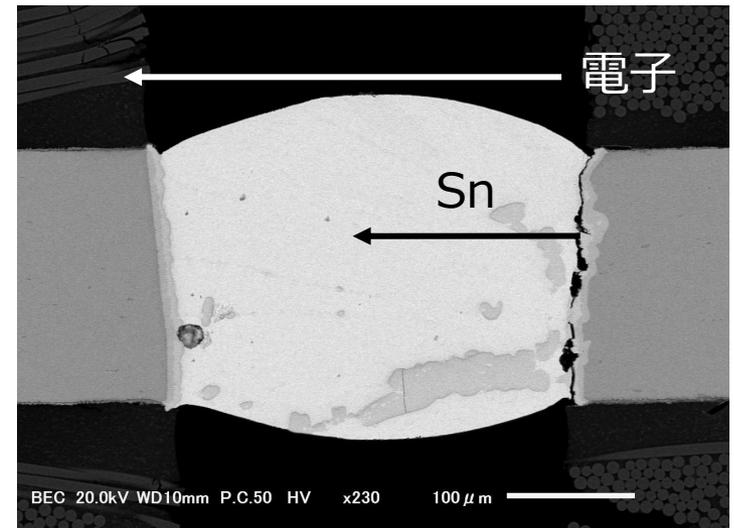
背景

EM(エレクトロマイグレーション)

金属内で電子が原子に衝突することで金属イオンが移動し、母材の形状に欠損が生じ断線に至る

起こりやすい条件

- 電流密度が高い
- 温度が高い
- 微細化回路

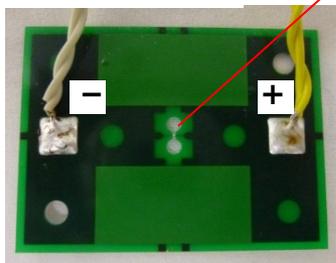


EM試験片

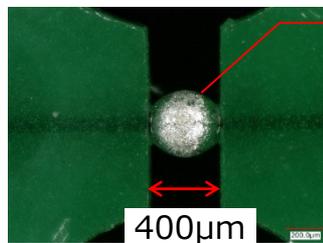
- はんだ付けタイプ

- ①左右から電流印可

試験基板全体

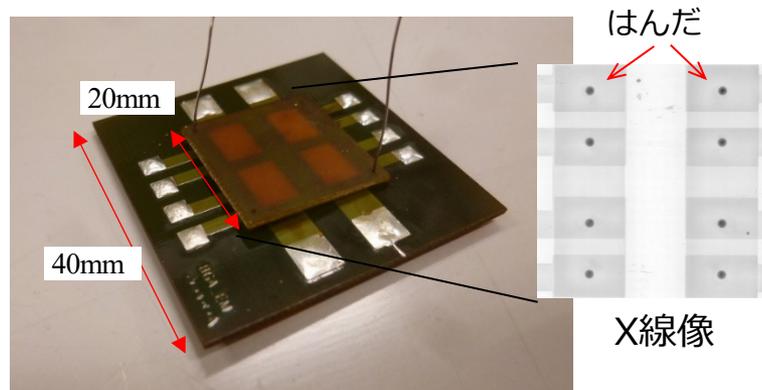


はんだ付け部拡大

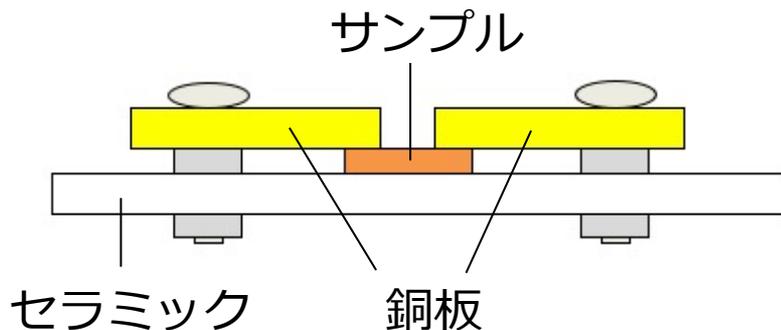
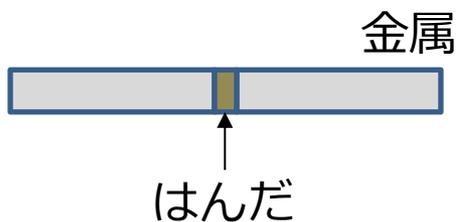


はんだ

- ②上下から電流印可



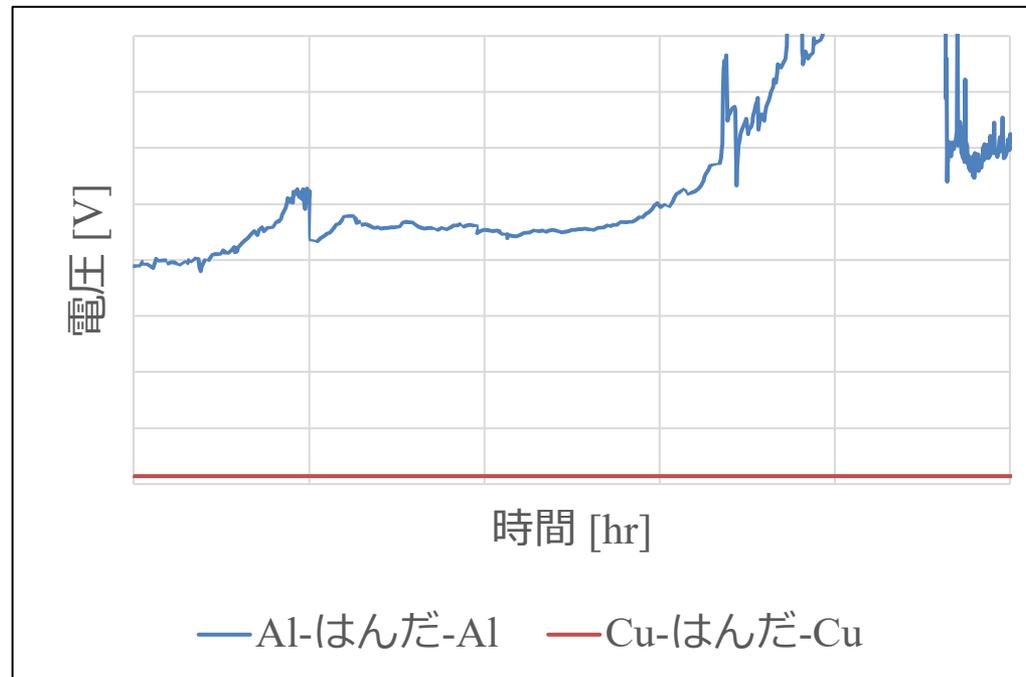
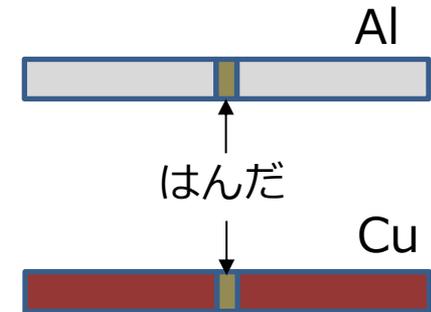
- 接触タイプ



→本報告は接触タイプの試験方法の検討

背景

母材Cuでは正常だが、Alでは高抵抗
と測定値のバラつきで試験不可



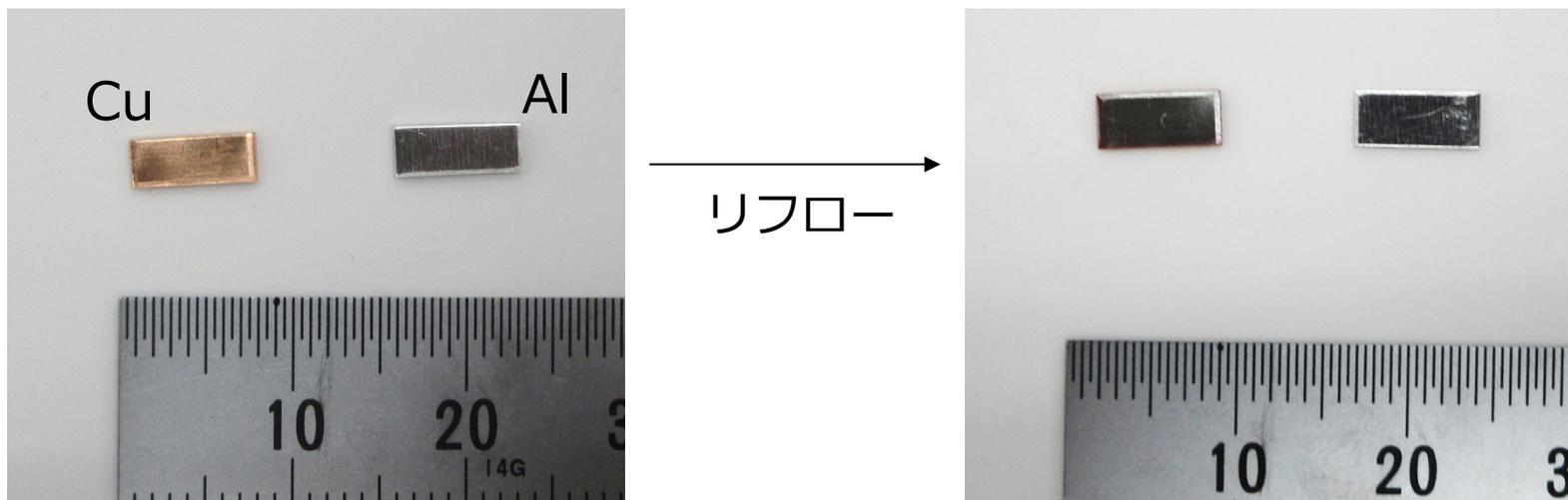
目的

CuとAlで抵抗値に違いがみられた理由の検証

- 再現実験
- 試験
 1. CuとAlの抵抗率の比較
 2. 皮膜の組成確認・厚みの比較

使用基材

7×3×0.5 mmのCu, Al板
Cu:C1100, Al:A1050



260℃でリフロー
(260℃：鉛フリーのはんだを用いる際の一般的な
リフロー条件)

再現実験：CuとAlの電圧比較

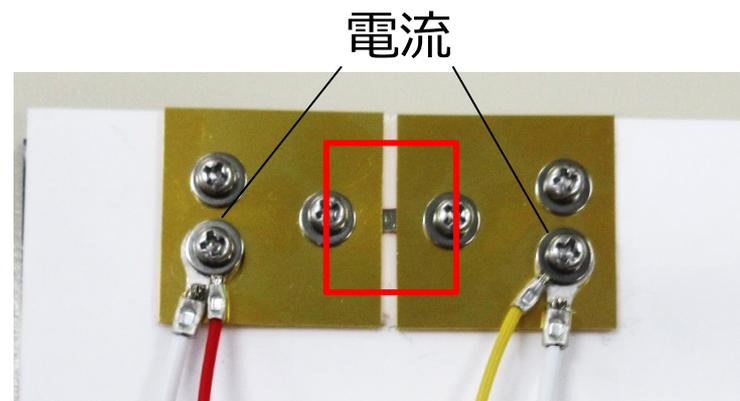
- ねじのトルクを変え、2 Aの電流を流して電圧計測



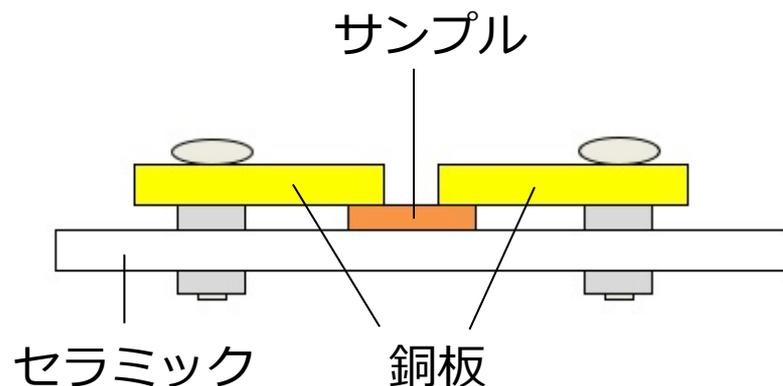
トルクドライバー



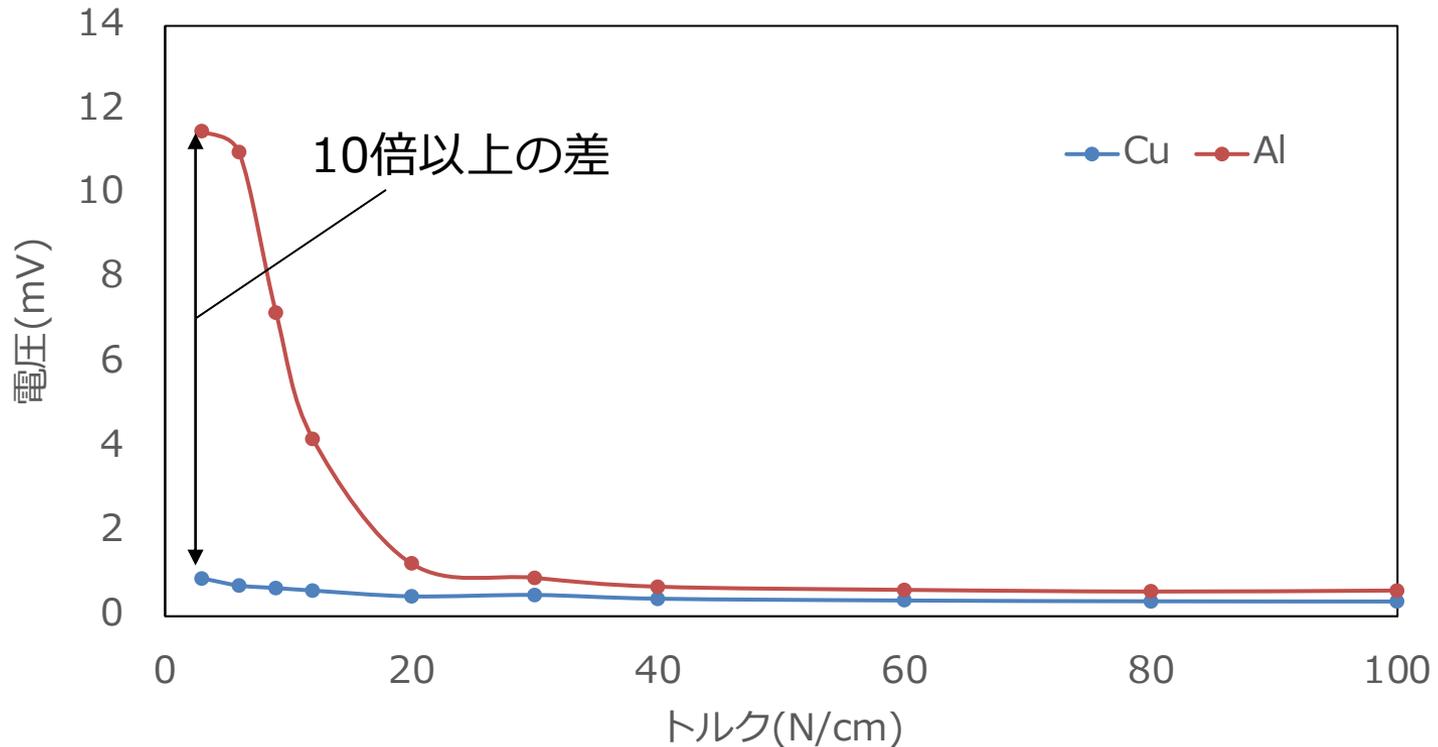
GRAPHTEC midi logger GL840



サンプルに電流を流す様子



再現実験：CuとAlの電圧比較



低トルクで大きな電圧が流れ、高トルクでは電圧が小さくなる
→状況が再現されている

試験1：CuとAlの抵抗率の比較

- サンプルの幅5 mmで計測
- リードの先端が尖っているため、酸化膜の影響を受けずに計測可能
- 装置：ミリオームハイテスター(HIOKI RM3544)



ミリオームハイテスター

試験2：皮膜の組成確認・厚みの比較

- サンプルの皮膜組成確認、酸化膜厚の計測
- 装置：多機能走査型X線光電子分光分析装置（XPS）
アルバック・ファイ製 PHI5000 VersaProbe III
 - X線源：AlK α 線 加速電圧 15 kV
 - ビーム径：100 $\mu\text{m}\Phi$
 - スパッタ条件：スパッタイオンAr $^+$



結果 1 : CuとAlの抵抗率

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

R : 抵抗値
 ρ : 抵抗率
 l : 物体の長さ
 A : 断面積

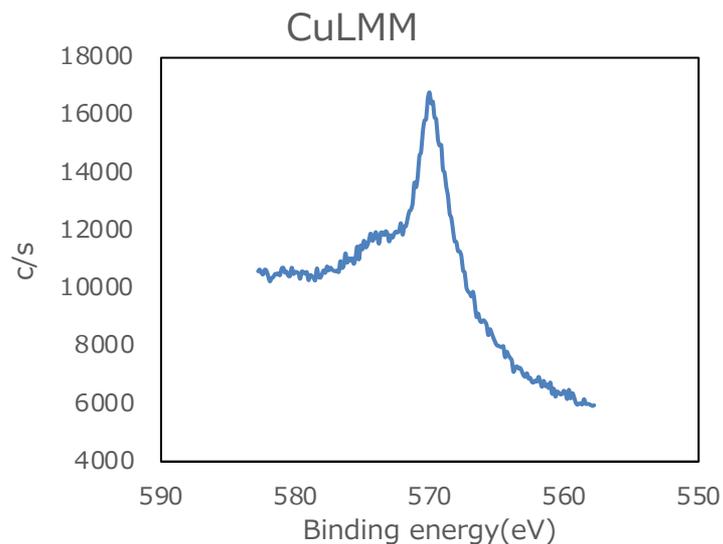
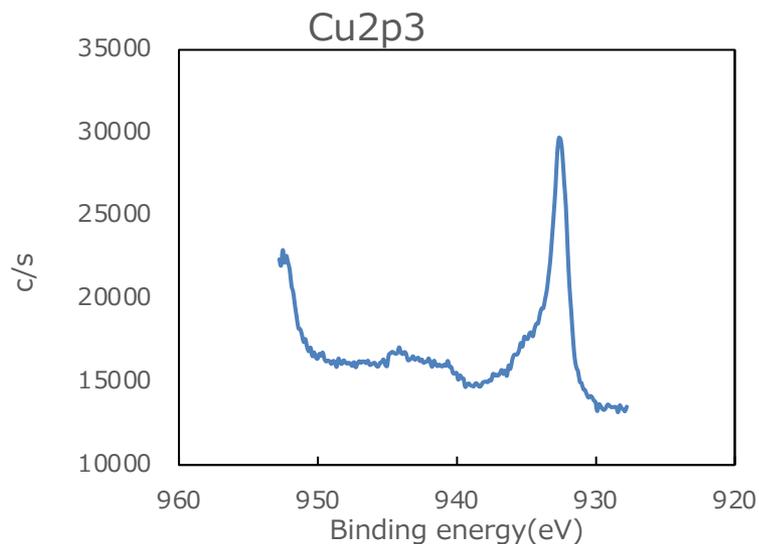
抵抗値の計測結果と文献値の比較

| | 抵抗値(mΩ) | 抵抗率(Ωm) | 文献値(Ωm) |
|----|---------|-----------------------|-----------------------|
| Cu | 0.110 | 2.20×10^{-8} | 1.68×10^{-8} |
| Al | 0.172 | 3.44×10^{-8} | 2.82×10^{-8} |

測定環境 : 21℃ 文献値の温度 : 20℃

AlはCuの1.6倍程度の抵抗値
→Alの抵抗値が高くなった原因ではない

結果 2 : 皮膜の組成同定(Cu)

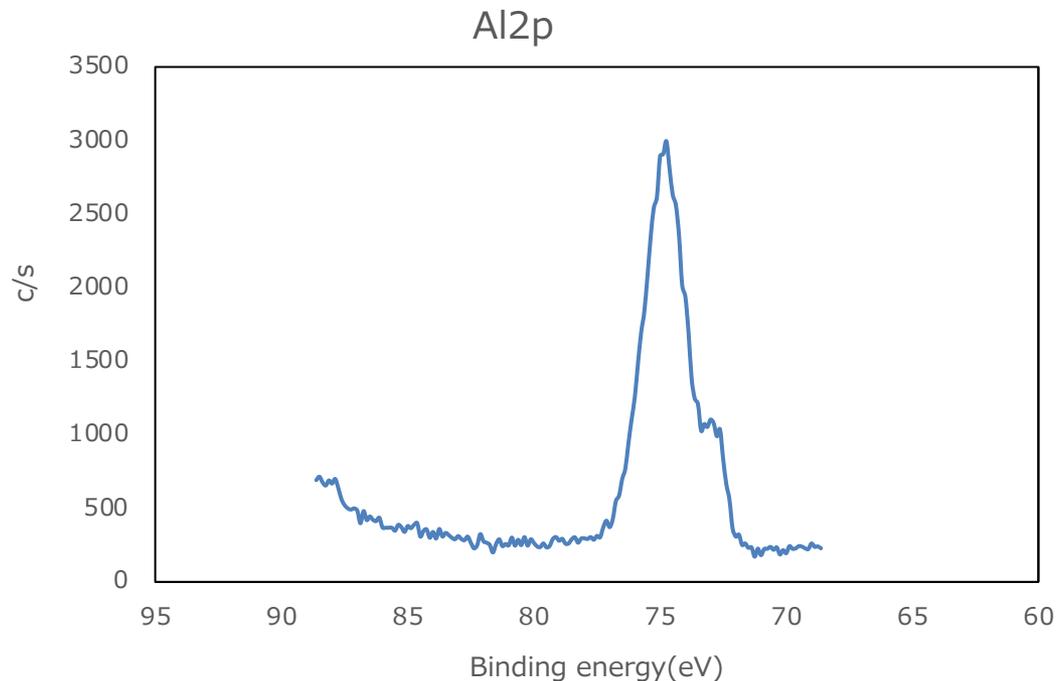


Cu₂Oのピークが現れるエネルギー値

| | 測定値(eV) | 文献値(eV) |
|-------|---------|---------|
| Cu2p3 | 932.7 | 932.6 |
| CuLMM | 569.8 | 569.9 |

皮膜はCu₂Oであると同定

結果 2 : 皮膜の組成同定(AI)



Al₂O₃のピークが現れるエネルギー値

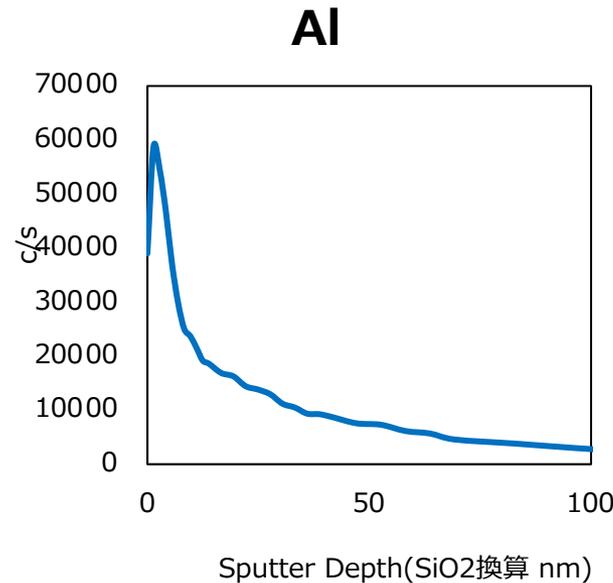
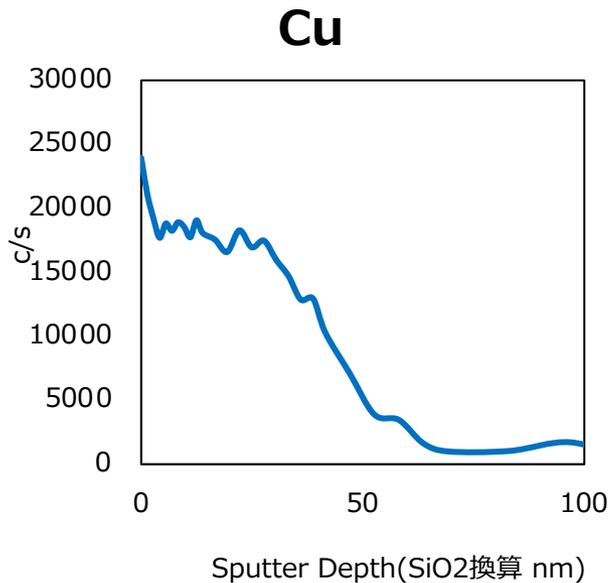
| | 測定値(eV) | 文献値(eV) |
|------|---------|---------|
| Al2p | 74.7 | 74.4 |

皮膜はAl₂O₃であると同定

結果 2 : 酸化膜厚の計測

- 当社保有のSiO₂標準サンプルのスputタレートを用い、スputタ時間→スputタ深さを換算
- 半値法を用いて評価

O1s強度



| | 酸化膜厚(nm) |
|----|----------|
| Cu | 39.9 |
| Al | 5.7 |

まとめ

Al母材の場合、20N/cm以上の締め付けが必要

- Cu, Alともにねじのトルクが小さいときは急激に、大きくするにつれ緩やかに抵抗値が下がることが確認された。
- Alの抵抗率はCuの1.6倍程度であった。
- AlはCuと比べて85%程酸化膜が薄かった。

酸化膜のデータを踏まえて被膜抵抗を算出した。

考察

- 皮膜の抵抗を計算する(接触面積はどちらも12 mm²とする)

$$R_r = \frac{\rho_r \times D_r}{S}$$

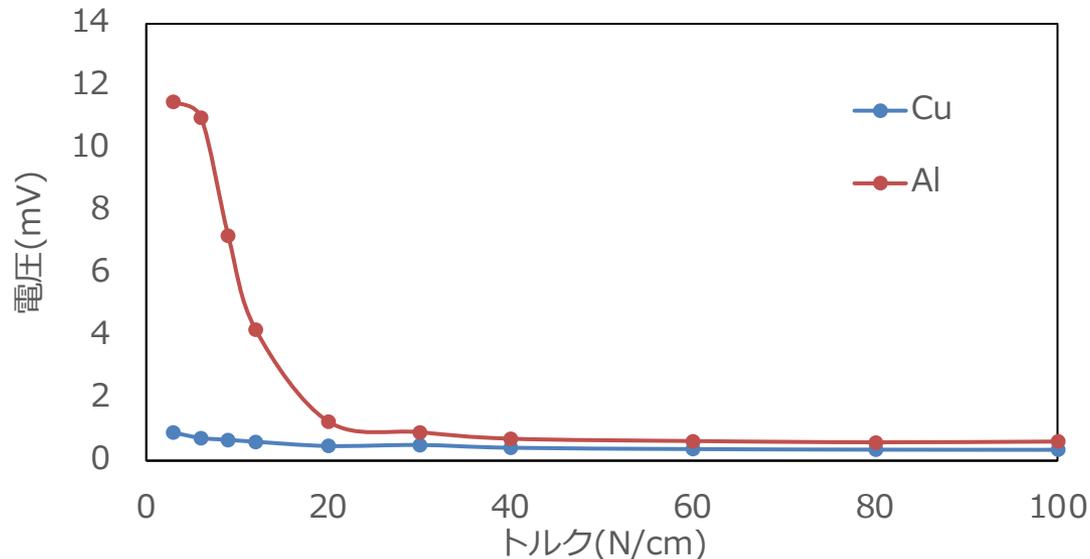
R_r : 皮膜抵抗、 ρ_r : 皮膜の抵抗率、
 D_r : 皮膜の厚み、 S : 接触面積

| | 皮膜の抵抗率(Ωm) | 酸化膜厚(nm) | 皮膜抵抗(Ω) |
|----|----------------------------|----------|----------------------|
| Cu | $10^6 \sim 10^7$ | 39.9 | 3.3×10^2 |
| Al | $10^{16} \sim 10^{17}$ | 5.7 | 4.8×10^{12} |

Alの皮膜の抵抗率が非常に大きく、
膜厚や接触面積は抵抗にほぼ影響しない

考察

- 20 N/cm以下の低トルクするとき抵抗値が急激に下がるのは酸化膜が破れるためであると推測した
- 20 N/cm以上の高トルクするとき抵抗値が緩やかに下がるのは母材との接触面積が大きくなるためであり、最終的にはAlの抵抗値はCuの1.6倍となり物性値に近づく



クオルテック
「受託研究」ページ

クオルテック
「お問い合わせ」