

マイクロ圧縮試験による MEMS 用金電気めっきの機械的特性の評価

Mechanical Properties of Gold Electroplating Material for MEMS Device by Micro-Compression Test

○葭葉 将治^{1,2}、Chen Chun-Yi^{1,2}、Chang Tso-Fu Mark^{1,2}、山根 大輔^{1,2}、町田 克之^{1,2,3}、
益 一哉^{1,2}、曾根 正人^{1,2} (1. CREST、2. 東工大精研、3. NTTAT)

○Masaharu Yoshiba^{1,2}、Chun-Yi Chen^{1,2}、Tso-Fu Mark Chang^{1,2}、Daisuke Yamane^{1,2}、
Katsuyuki Machida^{1,2,3}、Kazuya Masu^{1,2}、Masato Sone^{1,2} (1. CREST、2. P&I Lab, Titech、3. NTTAT)

E-mail: yoshiba.m.aa@m.titech.ac.jp

近年、MEMS を用いた加速度センサーの小型化、精密化が期待されている。山根ら[1,2]は MEMS 加速度センサーの構造体を従来の Si から金にすることを提案している。金は密度が 19.30g/cm^3 と高く、このことにより非常に微小かつ高精度な加速度センサーを作製することが可能である。この金の構造体を用いた加速度センサーを実用化するためには、金材料の機械的性質を把握しておく必要がある。しかし、マイクロスケールの金材料の機械的性質はサイズ効果により一般的なバルクの金の機械的性質とは異なっている。そこで、本研究ではマイクロ圧縮試験を行いマイクロスケールでの金材料の機械的性質を調べた。

金材料は MEMS によく用いられる方法である電気めっき法で作製した薄膜を用いた。金薄膜は 3 種類存在し、それぞれ、定常電流でシアンを含む電解液を用いて作成した薄膜(CE-Cy)、定常電流で亜硫酸浴を用いて作成した薄膜(CE-S)、パルス電流で亜硫酸浴を用いて作成した薄膜(PE)となっている。全て金薄膜の結晶粒径は X 線回折パターンとシェラー式を用いて計算した。

マイクロ圧縮試験の試験片は四角柱形状で薄膜から集束イオンビーム (FIB) 加工機を用いて作成した。試験片の寸法は $10\mu\text{m} \times 10\mu\text{m} \times 20\mu\text{m}$ となっており長手方向が基板と金の界面と平衡になっている。圧縮試験は、自作した底が平らなダイヤモンドインデントアが組み込まれている微小材料試験機を用いて行った。測定条件は、ピエゾアクチュエーターを用いて変位制御で行い、変位速度は $0.1\mu\text{m/s}$ とした。

CE-Cy、CE-S、P の金薄膜の結晶粒径はそれぞれ 22.8nm、17.5nm、10.4nm であり、全ての金薄膜はナノオーダーの結晶粒を持っていた。降伏強度は全て 600MPa を超えており、それぞれを比較すると $\text{PE} > \text{CE-S} > \text{CE-Cy}$ の順となった。これは結晶粒径の大小と対応している。バルクの金材料の降伏強度は 200MPa 前後であることを考慮すると、全ての金薄膜は細粒化強化機構により強化されていることが分かる。興味深いのは CE-Cy の変形であり、脆性が確認された。以上より、マイクロスケールの金材料の特徴が定量的に明らかになった。

参考文献

[1] D. Yamane et al, Appl. Phys. Lett., 104 (2014) 074102.

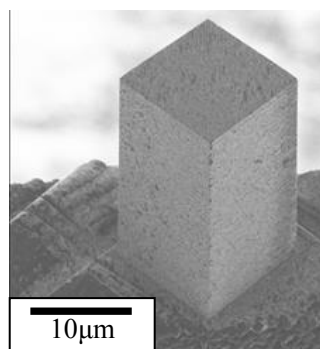


Fig.1 Scanning Ion Microscopy image of the pillar of pulse current electroplated Au film

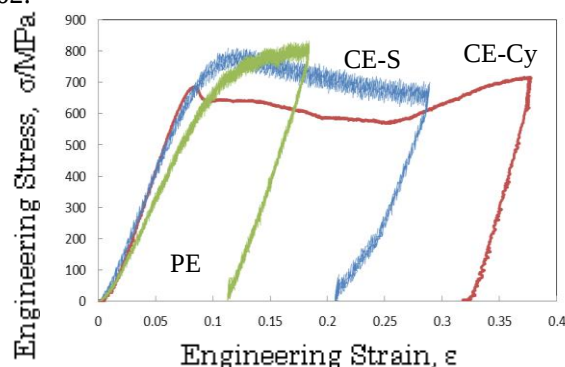


Fig.2 Stress-Strain curves of the pillars of Au films