

氏名(本籍)	おく　つ　かず　とし 奥　津　和　俊(茨城県)
学位の種類	博　士(工　学)
学位記番号	博　甲　第　3403　号
学位授与年月日	平成16年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	工学研究科
学位論文題目	Ti-Ni-Pd 形状記憶スパッタ薄膜の開発とマイクロアクチュエータへの応用

主査	筑波大学教授	工学博士	宮　崎　修　一
副査	筑波大学教授	工学博士	水　林　博
副査	筑波大学助教授	工学博士	木　塚　徳　志
副査	筑波大学講師	工学博士	金　　熙　榮

論　文　の　内　容　の　要　旨

Ti-Ni 形状記憶合金薄膜は大きな力と変位を発生し、また、単純な機構で利用できるために、マイクロアクチュエータ材料として非常に魅力的である。しかし、形状記憶合金は熱の伝達を介して動作するため、それを用いたマイクロアクチュエータの動作速度は冷却速度に律速され、俊敏な動作が苦手である。Ti-Ni 二元合金薄膜にPdを添加することによって変態温度を大幅に上昇させれば、冷却効率は大幅に向上し、マイクロアクチュエータを高速で駆動させることが可能となると考えられる。そこで本研究では、Ti-Ni-Pd 合金薄膜の形状記憶特性や内部組織に及ぼす熱処理条件の影響を明らかにし、Ti-Ni-Pd 高温形状記憶合金薄膜を用いた高速駆動マイクロアクチュエータを開発することを目的として実験を行った。

種々の組成の Ti-Ni-Pd 合金スパッタ薄膜を作製し、基板から剥離させた後、693K から 1073K の温度範囲で 1h の熱処理を施した。形状記憶特性を調べるために一定応力下での熱サイクル試験、内部組織を観察するために TEM 観察を行い、相の同定および格子定数の測定には X 線回折測定を行った。また、SiO₂/Si 基板上に Ti-Ni-Pd 薄膜をスパッタし、その反応層を XPS により組成分析した。Ti-Ni-Pd 薄膜を用いたマイクロアクチュエータの静的・動的特性評価にはレーザー変位計を使用した。

Ti-26.5Ni-22.7Pd 合金薄膜の変態温度は、熱処理温度の上昇に伴って、変態温度が上昇し、すべり臨界応力や最大回復歪みは増加した。結晶化温度付近で熱処理を施した試料には非平衡な板状析出物が密に生成されており、マルテンサイト変態を抑えられるために変態温度が低くなり、また、同時にすべり変形を抑えるためにすべり臨界応力が高くなったと考えられる。しかし、熱処理温度の上昇に伴って、この板状析出物は粗大化したためにこれらの効果が小さくなって、変態温度は上昇し、すべり臨界応力は低下したものと考えられる。この板状析出物の密度は熱処理時間の変化によっても変化した。723K 以下の熱処理温度では熱処理時間の増加に伴い、析出物は一旦密度が増加してから粗大化した。一方、723K 以上の熱処理温度では熱処理時間の増加に伴い、析出物が粗大化する様子のみが観察された。他の組成の Ti-Ni-Pd スパッタ薄膜についても、析出物密度は熱処理温度によって大きく変化し、その結果、熱処理温度の上昇に伴って変態温度が上昇した。

また、 SiO_2/Si 基板上にスパッタ蒸着させた Ti-Ni-Pd 合金薄膜について XPS による組成分析を行った結果、Ti-Ni-Pd 合金薄膜表面に大気中の酸素が固溶している層が確認された。また、Ti-Ni-Pd 合金層と SiO_2/Si 基板の界面にも SiO_2 層から酸素原子が供給されて TiO や TiO_2 などが生成され、また、Ti や Ni などがシリサイドとして存在していることが確認された。しかし、安定な形状記憶特性を示す 873K 以下の熱処理温度ではこれらの反応層は十分に小さいことが分かった。

Ti-Ni-Pd 合金薄膜を用いたマイクロアクチュエータを作製して Ti-Ni 合金薄膜を用いたマイクロアクチュエータと比較した結果、 $5\mu\text{m}$ の動作に必要な冷却時間は 9.0ms から 3.2ms に減少し、100Hz を超える周波数で高速駆動させることに成功した。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文では、Ti-Ni-Pd 合金スパッタ薄膜を高速駆動マイクロアクチュエータに応用するために必要な実験を非常に幅広く行っており、注目に値する。まず、Ti-Ni-Pd 合金スパッタ薄膜の形状記憶特性や機械的特性に及ぼす熱処理時間の影響を広い組成域で明らかにしている。また、安定な形状記憶特性を示す試料には緻密な板状析出物が生成され、内部組織と形状記憶特性には密接な関係があることが丁寧に説明されている。Ti-Ni-Pd 合金薄膜と SiO_2/Si 基板との反応性についても調べており、マイクロアクチュエータ作製のための熱処理条件を明らかにしている。最終的に 100Hz を超える周波数で動作するマイクロアクチュエータの開発に成功したことは非常に有用であり、Ti-Ni 系形状記憶合金に関する分野において重要な研究成果であると判断される。

よって、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。