

*課題番号 : F-12-KT-0034
 *支援課題名 (日本語) : ナノ構造体の機械特性評価 2
 *Program Title (in English) : Evaluation of Mechanical Property for Nano-components
 *利用者名 (日本語) : 澄川貴志
 *Username (in English) : Takashi Sumigawa
 *所属名 (日本語) : 京都大学工学研究科機械理工学専攻
 *Affiliation (in English) : Department of Mechanical Engineering and Science Graduate School of Engineering, Kyoto University

※概要 (Summary) :

動的斜め蒸着 (DOD) 法を用いてニッケル (Ni) らせん型ナノ要素集合薄膜を作製し、共振振動試験によってその変形剛性を明らかにする。らせん型ナノ要素集合薄膜の変形は、要素の形状と配列に起因して面内等方性を有することから、線形剛性マトリックスは二つの変数を用いて表される。試験片を膜厚方向に加振し、膜厚方向および面内方向の変位に対する周波数応答を測定して、それぞれの共振周波数を取得した。振動解析を用いた逆解析的手法により、線形剛性マトリックス中の二つの変数を特定した。

※実験 (Experimental) :

らせん型の Ni ナノ要素集合薄膜は、DOD 法を用いて厚さ 525 nm のシリコン (Si) (100) 単結晶基板上に作製した。成膜条件は、蒸着角 $\alpha = 84^\circ$ および基板回転角速度 $d\phi/dt = 0.50 \text{ deg/sec}$ である。その後、ナノ要素集合薄膜上に Ni の均質膜 (キャップ層) を堆積させた。作製した供試材から、集束イオンビーム (FIB) を用いてブロック状の試験片を切り出した。さらに、試験片の共振周波数を低減させるために、上部に金 (Au) の錘を搭載させた。試験片の振幅は、マイクロシステム アナライザ (京都大学ナノテクノロジーハブ拠点 装置 No. C16) を用いて測定した。

ナノ要素集合薄膜は、特定の方向に成長したナノ要素が離散的に配列した構造を有することから、その変形剛性は異方性 (面内等方変形剛性) を示す。そのときの線形剛性マトリックスは、次式で表される。

$$C_{ij} = \begin{pmatrix} \hat{\epsilon} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \hat{\nu} \\ \hat{\epsilon} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \hat{\nu} \\ \hat{\epsilon} & 0 & 0 & C_{33} & 0 & 0 & \hat{\nu} \\ \hat{\epsilon} & 0 & 0 & 0 & C_{44} & 0 & \hat{\nu} \\ \hat{\epsilon} & 0 & 0 & 0 & 0 & C_{44} & \hat{\nu} \\ \hat{\epsilon} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \hat{\nu} \end{pmatrix} \quad (1)$$

振動測定は、試験片上方向 (測定 1) および試験片横方向 (測定 2) の二種類を行い、式(1)中の C_{33} および C_{44} を特定する。

※結果と考察 (Results and Discussion) :

測定 1 では、周波数応答曲線上の $f = 3.01 \text{ MHz}$ にピークが存在し、この周波数で共振していることが明らかとなった。また、測定 2 では、 $f = 5.93 \text{ MHz}$ において共振を示した。実験結果をもとに有限要素法 (FEM) を用いた逆解析を実施し、 $C_{33} = 40 \text{ MPa}$ および $C_{44} = 140 \text{ MPa}$ を特定した。さらに異なる振動・方向からの測定を実施し、得られた結果に関する正当性を証明した。

※その他・特記事項 (Others) :

なし

共同研究者等 (Coauthor) :

なし

論文・学会発表 (Publication/Presentation) :

なし (H25 年度国内雑誌に投稿予定)

関連特許 (Patent) :

なし