

## 軟磁性 Ni 基合金単結晶薄膜の磁歪

芹澤伽那<sup>1,2</sup>・川井哲郎<sup>1</sup>・大竹充<sup>1</sup>・二本正昭<sup>2</sup>・桐野文良<sup>3</sup>・稲葉信幸<sup>4</sup>

(<sup>1</sup>横浜国大, <sup>2</sup>中央大, <sup>3</sup>東京藝大, <sup>4</sup>山形大)

### Magnetostriction of Soft Magnetic Ni-Based Alloy Single-Crystal Thin Films

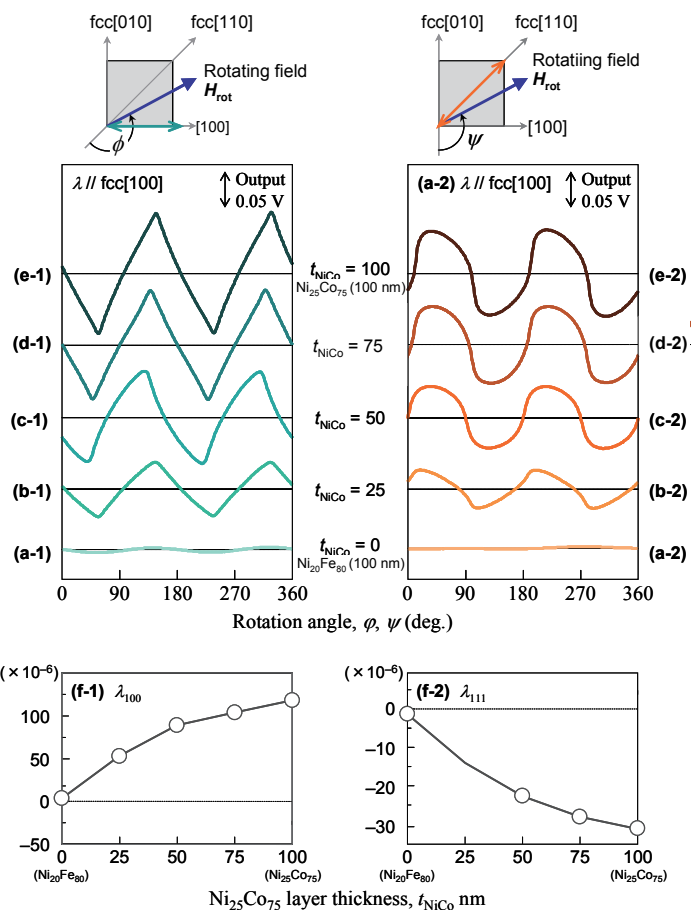
Kana Serizawa<sup>1,2</sup>, Tetsuroh Kawai<sup>1</sup>, Mitsuru Ohtake<sup>1</sup>, Masaaki Futamoto<sup>2</sup>, Fumiyoshi Kirino<sup>3</sup>, and Nobuyuki Inaba<sup>4</sup>  
(<sup>1</sup>Yokohama Nat. Univ., <sup>2</sup>Chuo Univ., <sup>3</sup>Tokyo Univ. Arts, <sup>4</sup>Yamagata Univ.)

**はじめに** 磁歪は基本磁気物性のひとつであり、大きさを制御することが応用では要求される。また、磁歪は結晶方位により異なるため、基本特性を把握するためには、方位制御された単結晶膜を用いて調べることが有効である。fcc 構造を持つ Ni 基合金は代表的な軟磁性材料であり、バルク状態では Ni-Fe 合金は小さな磁歪、Ni-Co 合金は大きな磁歪を示すことが知られている<sup>1)</sup>。本研究では、単結晶 Ni<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub> および Ni<sub>25</sub>Co<sub>75</sub> (at. %) 合金薄膜を Cu/Pd/MgO(001), (110) 基板上にエピタキシャル成長させ、回転磁界中における磁歪挙動を調べた。また、これらの合金を積層させた単結晶膜を形成し、磁歪の制御も試みた。

**実験方法** 膜形成には超高真空 RF マグネトロンスパッタリング装置を使用した。MgO(001), (110) 基板上に Pd 緩衝層を介して Cu(001), (110) 単結晶下地層を形成し、その上に fcc(001), (110) 単結晶 Ni<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub>(100- $t_{\text{NiCo}}$  nm)/Ni<sub>25</sub>Co<sub>75</sub>( $t_{\text{NiCo}}$  nm) 膜 ( $t_{\text{NiCo}}$  = 0-100 nm) をヘテロエピタキシャル成長させた。構造解析には RHEED および XRD, 磁化曲線測定には VSM, 磁歪測定には片持ち梁法を用いた。

**実験結果** fcc(001) 単結晶 Ni<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub>(100- $t_{\text{NiCo}}$  nm)/Ni<sub>25</sub>Co<sub>75</sub>( $t_{\text{NiCo}}$  nm) 膜の [100] および [110] 方向に対して 1.2 kOe の回転磁界を用いて測定を行った磁歪の出力波形を Fig. 1(a-1)-(e-1) および 1(a-2)-(e-2) にそれぞれ示す。Ni<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub> 単層膜 (Fig. 1(a)) では出力が小さく、Ni<sub>25</sub>Co<sub>75</sub> 単層膜 (Fig. 1(e)) は大きな出力が現れている。また、結晶方位により位相が異なっている。出力波形から求めた Ni<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub>, Ni<sub>25</sub>Co<sub>75</sub> 単層膜の磁歪定数は、それぞれ、( $\lambda_{100}$ ,  $\lambda_{111}$ ) = ( $3.8 \times 10^{-6}$ ,  $-14 \times 10^{-6}$ ), ( $118 \times 10^{-6}$ ,  $-31 \times 10^{-6}$ ) となった。Ni<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub> 膜は非常に小さな磁歪を示しているのに対して、Ni<sub>75</sub>Co<sub>25</sub> 膜では大きな磁歪が観察されている。また、fcc[100] 方向では正、fcc[111] 方向では負の値となっていることが分かる。なお、Ni<sub>75</sub>Co<sub>25</sub> 膜では、fcc[100] および [110] 方向に対して、波形が正弦状ではなく、それぞれ、三角およびバスタブ状に歪んでいるが、これは磁化と回転磁界方向が完全には一致していないために生じているものと解釈される<sup>2)</sup>。

Ni<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub> と Ni<sub>25</sub>Co<sub>75</sub> を積層させた場合、磁歪の出力値は単層膜のものの中間となった (Fig. 1(b)-(d))。Fig. 1(f) に  $\lambda_{100}$  および  $\lambda_{111}$  の  $t_{\text{NiCo}}$  値依存性を示す。層厚比を変化させることにより、磁歪の大きさを制御できることが分かる。当日は、(110) 単結晶膜の磁歪についても報告する。



**Fig. 1** Output waveforms of magnetostriction for fcc(001) single-crystal Ni<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub>(100- $t_{\text{NiCo}}$  nm)/Ni<sub>25</sub>Co<sub>75</sub>( $t_{\text{NiCo}}$  nm) films with  $t_{\text{NiCo}}$  = (a) 0, (b) 25, (c) 50, (d) 75, and (e) 100 nm measured along (a-1)-(c-1) [100] and (a-1)-(c-2) [110]. Ni<sub>25</sub>Co<sub>75</sub> layer thickness dependences of (f-1)  $\lambda_{100}$  and (f-2)  $\lambda_{111}$ .

1) S. Ishio, T. Kobayashi, H. Saito, S. Sugawara, and S. Kadowaki: *J. Magn. Magn. Mater.*, **164**, 208 (1996).

2) T. Kawai, T. Aida, M. Ohtake, and M. Futamoto: *J. Magn. Soc. Jpn.*, **39**, 181 (2015).