

## MgO(001)基板上に形成した単結晶 Fe-Al 合金薄膜の構造と磁気特性

阿部達哉・川井哲郎・大竹充・二本正昭・桐野文良\*・稲葉信幸\*\*

(中央大, \*東京藝大, \*\*山形大)

Structure and Magnetic Properties of Fe-Al Alloy Single-Crystal Thin Films Formed on MgO(001) Substrates

Tatsuya Abe, Tetsuroh Kawai, Mitsuru Ohtake, Masaaki Futamoto, Fumiyoshi Kirino\*, and Nobuyuki Inaba\*\*

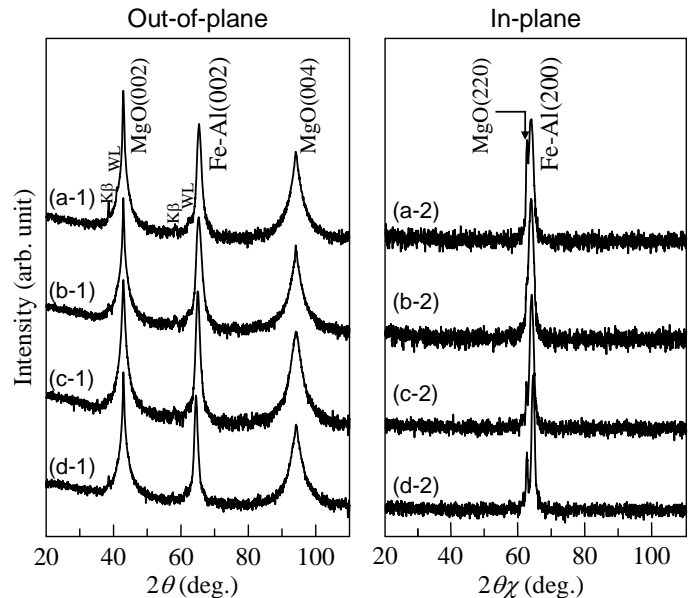
(Chuo Univ., \*Tokyo Univ. Arts, \*\*Yamagata Univ.)

**はじめに** 軟磁性Fe合金は変圧器の鉄心やモータの磁心、磁気センサなどの薄膜応用まで幅広く用いられている。磁性材料の基本構造や磁気特性を把握するためには、単結晶基板に対して結晶方位制御されたエピタキシャル膜を用いること有効である。我々は、これまで、MgO(001)基板上にFe-B<sup>1,2)</sup>やFe-Si<sup>3)</sup>合金膜を形成し、基本特性を調べてきた。本研究では、代表的な高透磁率材料であるFe-Al合金に対してエピタキシャル膜の形成を試み、基板温度およびAl/Fe組成が構造と磁気特性に及ぼす影響について系統的に調べた。

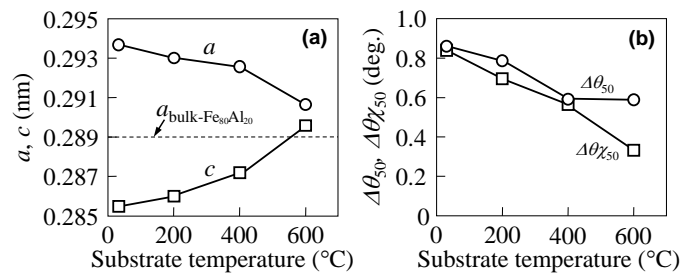
**実験方法** 膜形成には超高真空RFマグネトロンシステムを用いた。MgO基板上に室温(RT)から600°Cの間の一定基板温度で40 nm厚のFe<sub>100-x</sub>Al<sub>x</sub> (at. %)合金膜を形成した。xを0から30 at. %の間で変化させた。構造評価にはRHEED, XRD, AFM, 磁化曲線測定にはVSMを用いた。

**実験結果** 実験結果の一例としてFe<sub>80</sub>Al<sub>20</sub>合金膜の面外および面内XRDパターンをFig. 1に示す。RHEED観察により、室温(RT)~600°Cの基板温度範囲でFe-Al膜はエピタキシャル成長し、その方位関係はFe<sub>80</sub>Al<sub>20</sub>(001)[100] || MgO(001)[110]であることを確認した。面外Fe-Al(002)および面内Fe-Al(200)基本反射は観察されているが、超格子反射は認められない。このことから、D0<sub>3</sub>やB2などの規則相は形成されておらず、不規則相(A2)が形成されていることが分かる。Fig. 2(a)に基本反射の回折角から算出した面内格子間隔*a*と面外間隔*c*を示す。格子ミスマッチ(-3%)の影響を受けて、面内格子は膨張し、面外格子は収縮していることが分かる。基板温度が増加すると、*a*および*c*はバルク値に近づいており、歪が緩和されていることが分かる。Fig. 2(b)に $\Delta\theta_{50}$ および $\Delta\theta_{\chi_{50}}$ の基板温度依存性を示す。基板温度の上昇に伴い、いずれの値も減少していることから、配向分散も減少していることが分かる。当日は、Fe-Al合金のAl組成依存性および磁気特性についても報告する予定である。

**参考文献** 1) M. Ohtake, T. Kawai, Y. Asai, M. Futamoto, and N. Inada: ICAUMS 2014, A6-10, Haikou, China, 29th Oct. 2014.  
2) T. Kawai, T. Aida, M. Ohtake, and M. Futamoto: INTERMAG 2015, ED-05, Beijing, China, 14th May 2015.  
3) T. Kawai, T. Aida, M. Ohtake, and M. Futamoto: *J. Appl. Phys.*, **117**, 17A303 (2015).



**Fig. 1** (a-1)–(d-1) Out-of-plane and (a-2)–(d-2) in-plane XRD patterns of Fe<sub>80</sub>Al<sub>20</sub> films deposited on MgO(001) substrates at (a) RT, (b) 200 °C, (c) 400 °C, and (d) 600 °C. The intensity is shown in logarithmic scale.



**Fig. 2** Substrate temperature dependences of (a) *a*, *c* and (b)  $\Delta\theta_{50}$ ,  $\Delta\theta_{\chi_{50}}$ .