

# MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 基板上への高配向( $\alpha''+\alpha'$ )-Fe<sub>16</sub>N<sub>2</sub> 薄膜のエピタキシャル成長

## Epitaxial growth of highly oriented ( $\alpha''+\alpha'$ )-Fe<sub>16</sub>N<sub>2</sub> films on MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> substrates

○東小菌 創真<sup>1</sup>、伊藤 啓太<sup>1,2,3</sup>、具志 俊希<sup>1</sup>、都甲 薫<sup>1</sup>、末益 崇<sup>1</sup>

(筑波大 数理物質<sup>1</sup>、東北大 工<sup>2</sup>、学振<sup>3</sup>)

°S. Higashikozono<sup>1</sup>, K. Ito<sup>1,2,3</sup>, T. Gushi<sup>1</sup>, K. Toko<sup>1</sup>, and T. Suemasu<sup>1</sup>

(1. Inst. of Appl. Phys., Univ. of Tsukuba, 2. Dept. of Electronic Eng., Tohoku Univ., 3. JSPS)

E-mail: bk201111036@s.bk.tsukuba.ac.jp

【背景】 $\alpha''$ -Fe<sub>16</sub>N<sub>2</sub> はレアアースを用いない高飽和磁化材料として注目されているが、報告される飽和磁化の値は 1700 ~ 2300 emu/cm<sup>3</sup> と大きくばらついている<sup>1-4</sup>。超巨大飽和磁化の真偽と起源は未だ明らかでないが、下地との格子不整合率が飽和磁化に影響するという報告もある<sup>3,4</sup>。そこで本研究では、 $\alpha''$ -Fe<sub>16</sub>N<sub>2</sub> 薄膜の新たな成長基板として、格子不整合率が 0.08% と非常に小さい MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>(MAO)(001)基板に注目した。MAO(001)に加え、比較のために格子不整合率が-4.0% と大きい MgO(001)基板に、 $\alpha$ -Fe を緩衝層として( $\alpha''+\alpha'$ )-Fe<sub>16</sub>N<sub>2</sub> をエピタキシャル成長し、基板の違いが( $\alpha''+\alpha'$ )-Fe<sub>16</sub>N<sub>2</sub> の結晶性と磁気特性に与える影響を調べた。

【実験】分子線エピタキシー法により、MAO(001), MgO(001)基板上へ、 $\alpha$ -Fe(3, 10 nm)を緩衝層として $\alpha'$ -Fe<sub>8</sub>N をエピタキシャル成長した。全ての試料で Fe-N 層の成膜条件を揃え、基板および $\alpha$ -Fe の厚さのみを変えた。一部の試料で成長後に 150 °C のポストアニールを最大 100 時間行った。結晶性評価に反射高速電子線回折(RHEED)、 $\omega$ -2 $\theta$ X 線回折(XRD)、ロッキングカーブ測定を用いた。

【結果・考察】Fig. 1 に、各試料の as-grown での $\alpha$ -Fe(002)と $\alpha'$ -Fe-N(002)に対するロッキングカーブの FWHM の相関を示す。正の相関が得られたことから、 $\alpha$ -Fe 緩衝層の配向性が Fe-N 層の配向性に強く影響すると言える。Fe-N 層の配向性は $\alpha$ -Fe(3 nm)/MAO 上で最も向上した(FWHM = 0.08 deg)。Fig. 2 に、 $\alpha'$ -Fe<sub>8</sub>N(97 nm)/ $\alpha$ -Fe(3 nm)/MAO をポストアニールした際の $\omega$ -2 $\theta$ XRD パターンの変化を示す。アニール開始から 2 時間で $\alpha''$ 相固有の回折ピークである $\alpha''(002)$ ,  $\alpha''(006)$ が現れたが、20 時間以降は強度が増加せず、N 規則度は最大で  $D = 0.06$  であった。Fig. 3 に、アニール前後での試料の磁化曲線を示す。アニールにより磁化は殆ど増えず(1660 ± 90 → 1700 ± 90 emu/cm<sup>3</sup>)、純鉄と同程度で巨大な値ではない。しかし、膜中における $\alpha''$ 相の体積割合は低いと予想され、 $\alpha''$ 相の飽和磁化を議論するためにはアニール条件を再検討し N 規則度を向上させる必要がある。

【謝辞】本研究は、JSPS 科研費基盤 A(No. 26249037)の助成を受けた。

1) Y. Sugita *et al.*, J. Appl. Phys. **70**, 5977 (1991). 2) Y. Takahashi *et al.*, J. Magn. Magn. Mater. **232**, 18 (2001).

3) M. Yang *et al.*, Appl. Phys. Lett. **103**, 242412 (2013). 4) N. Ji *et al.*, Appl. Phys. Lett. **102**, 072411 (2013).

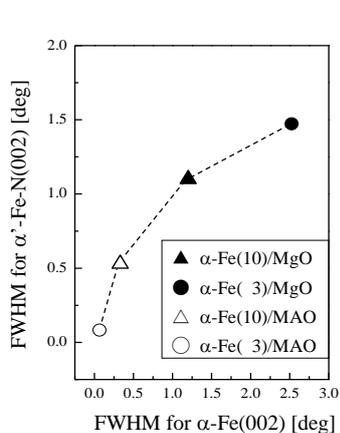


Fig.1 The relation between FWHMs for  $\alpha$ -Fe(002) and  $\alpha'$ -Fe-N(002).

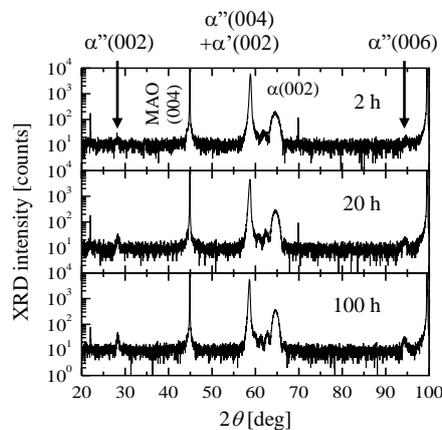


Fig.2 The change of  $\omega$ -2 $\theta$ XRD patterns against for annealing duration.

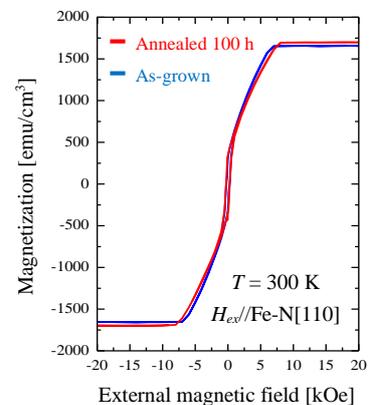


Fig.3  $M$ - $H$  loops for Fe-N(97)/Fe(3)/MAO before and after annealing.