



元素添加によるナノ結晶軟磁性合金のナノ結晶構造評価

佐野 光哉¹, 岡 智絵美¹, 櫻井 淳平¹, 山崎 貴大², 秦 誠一¹

1 名古屋大学, 2 東京理科大学

キーワード：ナノ結晶材料, 磁歪材料, 軟磁性材料, 振動ハーベスタ

1. 背景と研究目的

IoT センサの自立電源として磁歪式振動ハーベスタが注目されている^[1]. 発電素子の小形化のためには, 発電密度向上のために高い磁歪感受率を示す合金必要である. そのため本研究では, ナノ結晶軟磁性合金への元素添加による磁歪の発現により, 高磁歪感受率の達成を目指している.

本実験は, 添加元素の影響各元素添加条件における熱処理温度によるナノ結晶粒径を調査することで, 添加元素による結晶化挙動への影響の考察へつなげることを狙いとしている. 本研究の目的である磁化・磁歪挙動の考察において, 結晶粒径は重要な要因であることから, この影響を調べることで, より精緻な元素添加効果の評価が期待される. しかし, X 線回折測定などの他の測定手法では, 結晶粒径の評価が困難である. そのため, 本実験手法 (小角 X 線散乱法) の測定が必要である.

2. 実験内容

本研究で用いるサンプルは, 厚さ 150 μm の Si 基板上に RF マグネトロンスパッタ装置によって成膜し, 各条件で熱処理することにより作製した. サンプル組成は Fe-M-Si-B-P-C-Cu ($M = \text{Al, Ga}$) であり, 熱処理は Ar 雰囲気下において 200-650 $^{\circ}\text{C}$ の範囲で実施した.

上記に示す通りサンプルは Si 基板上に成膜された薄膜サンプルであるため, 斜入射小角 X 線散乱法 (GI-SAXS) により小角散乱実験を実施した. 侵入深さがサンプル膜厚と同程度になるよう, 各測定条件を設定し, 測定データはイメージングプレート検出器により二次元で取得した. 得られた二次元データを自動一元化ソフトウェアを用い一次元データに加工することで解析を行った.

3. 結果および考察

Al, Ga 添加サンプルにおいて成膜直後, 熱処理後の GI-SAXS 測定結果を Fig. 1 に示す. グラフの横軸は, ナノ結晶が球形であると仮定した際の粒径に相当する $d (= 2\pi/q)$ [nm] としている.

$d =$ 数 10 nm 程度の構造について, Ga 添加サンプルでは成膜直後は少なく, 熱処理によって増加していることがわかる. これはナノ結晶化によるものであると考える. これに対し Al 添加サンプルでは, 成膜直後から数 10 nm 程度の構造が確認できる. XRD 測定による結晶構造解析では, 成膜直後の結晶化は確認されていないため, アモルファスの組成ゆらぎなどを検出していると考えており, 現在調査中である.

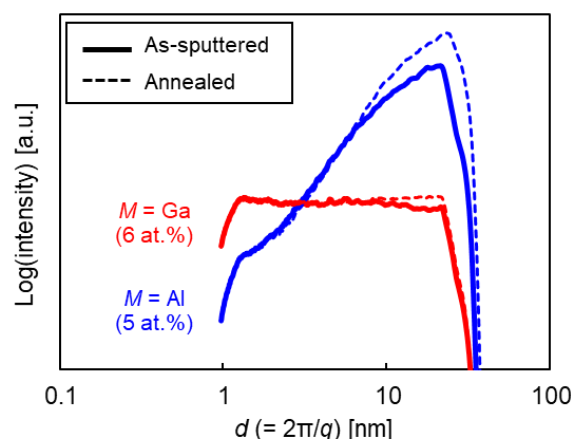


Fig. 1 GI-SAXS results for Al- and Ga-doped samples. Solid lines show results for as-sputtered samples, and dashed lines show the results for annealed samples.

4. 参考文献

1. Zhangxian Deng and Marcelo J Dapino, Smart Materials and Structure Vol.26 (2017) 103001 (18pp)