

FeRh 合金薄膜の結晶化条件の違いによる磁気相転移温度への影響

福住正文

1 目的

Fe-Rh 金属間化合物は室温において非常に幅広い組成範囲（20～50at.%Rh）で B2 型規則構造を安定な相として存在する。すなわち化学量論組成のずれを空孔型欠陥や反構造型欠陥といった構造欠陥を内包することによって B2 型結晶構造を保っていると考えられる。さらに化学量論組成では室温付近で反強磁性—強磁性の磁気相転移が存在し、その相転移時には結晶構造は全く変わらないが、格子定数がおよそ 0.3%膨張する特徴を持っている。また、この磁気相転移にともない、60%の電気抵抗率の変化が生じることが知られている。両相における磁気物性および伝導物性が顕著に異なる上、転移や共存状態が室温付近で生じることから、スピントロニクス分野での応用も期待できる。一方で、相図に見られない結晶相が極めて高い応力で誘起されるなど結晶学的にも磁気学的にも非常に興味深い物質である。

これまで、Fe と Rh の組成や、また、基板や薄膜作製方法を変化させて電気抵抗率の温度変化から磁気相転移温度を調べた。その結果、格子のミスマッチングにより磁気相転移温度が変化した。特に、結晶化条件の違いで電気抵抗率の温度変化が大きく異なることが確認された（図 1）。そこで本研究では、その要因について、磁化の温度変化を振動試料型磁力計（VSM）、基板からの膜の組成変化は X線光電子分光分析装置（XPS）を用いて調べた。

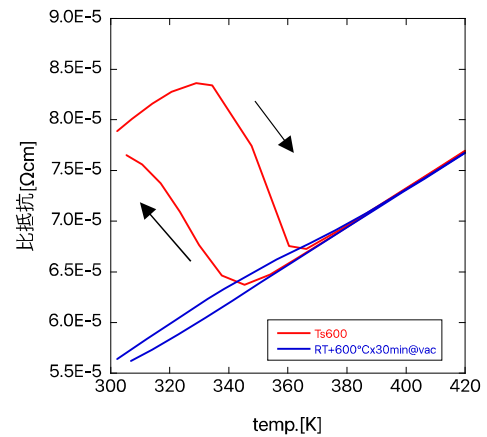


図 1 結晶化の違いによる電気抵抗率の温度の変化（Fe-58.5at.%Rh）

2 実験方法

結晶化条件として、スパッタリング法で室温成膜し、その後真空中（ 3.0×10^{-3} Pa）にて 600°C で 30 分間の熱処理を行う場合と、還元雰囲気（Ar+10% H_2 ）中で基板を 600°C で加熱して成膜する場合の 2 通りの方法で検討した。基板として Si(100)を用いた。VSM 測定では、外部磁場 15kOe で 223K から 423K まで温度を走査させて磁化を測定した。Ar エッチング（加速電圧 2kV、エッチング時間 2min、エッチング範囲 2mm x 2mm）により基板からの膜の組成変化を XPS で調べた。いずれの測定も薄膜組成は Fe-58.5at.%Rh とした。

3 結果と考察

図 2 に結晶化条件の異なる Fe-58.5at.%Rh 合金薄膜の 223K から 423K まで温度を走査させた時の磁化—温度特性測定結果を示す。室温成膜し真空中で熱処理した薄膜では 223K 以下でも磁化が残留しているが、基板加熱しながら成膜した薄膜では、223K 以下で磁化はほとんど残留しないことがわかった。また、室温成膜し真空中で熱処理し

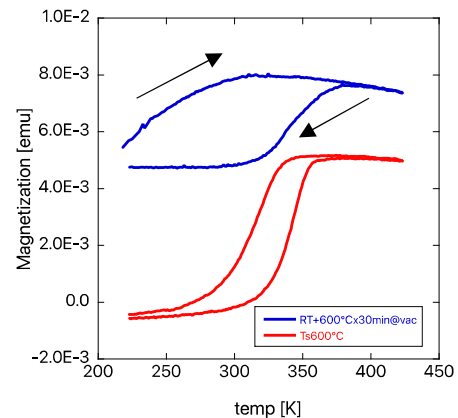


図 2 結晶化条件の違いによる磁化の温度変化

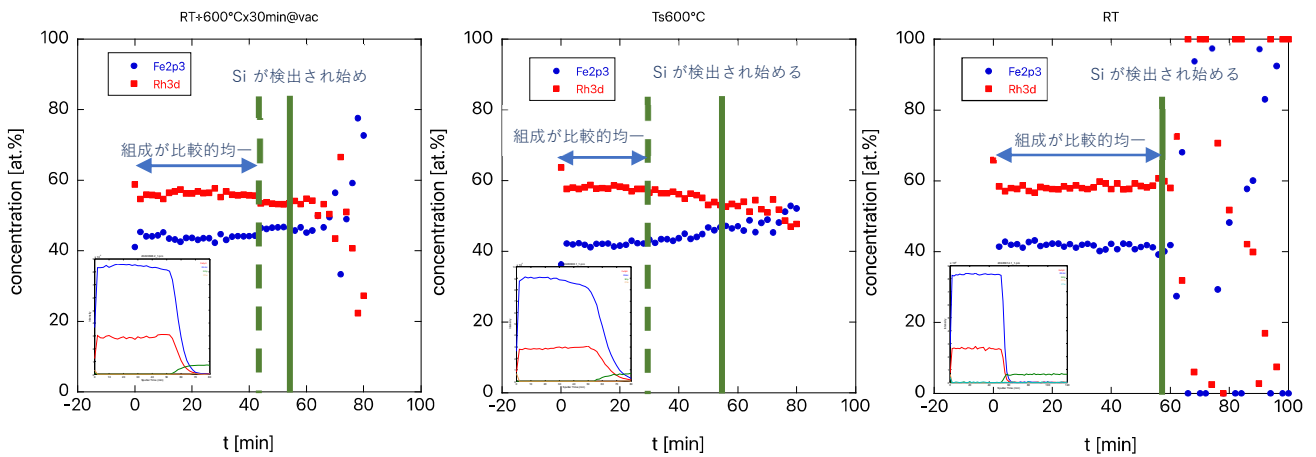


図3 結晶化条件の違いによる深さ方向の組成の変化

(左：室温加熱+真空熱処理，中央：基板加熱，右：室温成膜)

た条件では、温度に対する磁化の変化が緩やかで薄膜中に複数の組成を含むことが考えられる。

図3にXPSによる深さ方向の組成の変化について示す。横軸は薄膜表面をArエッチングした時間である。また、実線は基板のSiが検出され始める時間である。結晶化条件によって基板から表面までの組成の変化が異なることがわかった。室温で成膜した状態では、室温成膜+真空熱処理した薄膜では、基板表面から30nm程度がFeのリッチな組成となり破線を境に2つの異なる組成が存在すると考えられる。基板加熱しながら成膜した薄膜では、エッチング時間が30minまでは均一な組成であるが、30min以降は徐々にRh濃度が減少していくことがわかった。Fe-Rh合金は状態図から、Feの組成が55at.%以上では極低温まで強磁性を示す。そのため基板付近がFeリッチな組成を含む室温成膜+真空熱処理した薄膜では223K以下でも磁化が残留していると考えられる。

(問合せ先 福住正文)