

次世代磁気記録メディア PtFe 合金薄膜のフォノン

Phonons in PtFe thin films as a high-density magnetic recording media

角田頼彦^a、秀島真舟^a 北尾真司^b 瀬戸 誠^b 三井隆也^c

Yorihiko Tsunoda, Mabune Hideshima, shinji Kitao, Makoto Seto and Takaya Mitsui

^a 早稲田大理工、^b 京大原子炉、^c 日本原子力研究所

^a Waseda University, ^b KUR ^c JAERI

次世代の磁気記録メディアとして注目されている PtFe の薄膜合金のフォノン状態密度を、核共鳴非弾性散乱法を用いて測定し、バルクの試料の結果と比較した。薄膜のフォノンがバルクのそれに比べてソフトであること、バンドギャップの間にもフォノンが存在することが判明した。この原因は原子長距離秩序度が薄膜ではバルクに比べて低いことによると考えられる。

Phonon density of states for PtFe thin films, which is an important substance as an application to the high-density magnetic recording media, was studied by the nuclear resonant inelastic scattering method and the results were compared with those for the bulk specimen. We can point out two features for the thin films. 1) Phonons in thin film are softer than those in bulk sample. 2) There are phonon contributions in the band gap frequency. These features are explained by the low degree of atomic order parameter for the thin film.

背景と研究目的

L1₀ (CuAu I) 型原子構造を持つ PtFe 合金は、高いキュリー温度 ($T_C=750\text{K}$) と強い磁気異方性 ($7 \times 10^7 \text{erg/cm}^3$) を持ち、スピンは C 軸を向いているため、次世代の超高密度の垂直磁気記録メディアの最有力候補とされ、応用に向けた研究が盛んに行われている。最近、著者 (YT) 達の中性子散乱の実験から、この系で tetragonal な格子歪が高温で増大することを見つけた。この格子歪みは応用上重要な磁気異方性と直接的な関係があるため、この格子歪みの原因を究明することは重要である。フォノンはこの格子歪みに敏感である

ため本研究の目的はフォノンを通してこの系の格子歪みの原因に迫ることである。

実験

1) 試料作成—PtFe 薄膜試料は東北大金研、高梨教授の研究室で作成した。MgO 単結晶の上に Pt と Fe を交互に 25 層積層させた。散乱効率を上げるために ^{57}Fe アイソトープを混入させたが ^{57}Fe の濃度は同定できていない。また、比較のために PtFe 合金単結晶のバルク試料を作成した。これには ^{57}Fe を 30% に enrich した Fe を用いた。単結晶試料は中性子散乱から多磁区試料であることが確かめ

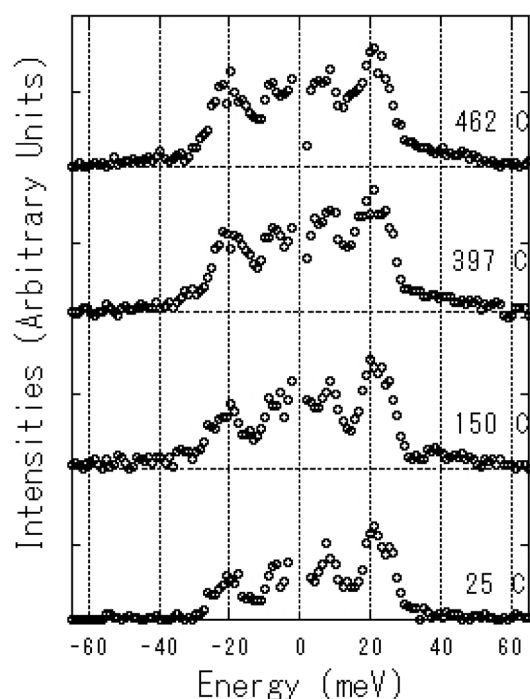


Fig.1 PtFe 薄膜フォノンスペクトルの温度変化

られている。 2) 測定—核共鳴非弾性散乱実験は BL11XU を用いて行われた。高温用電気炉を用いて試料を昇温し、300 K から 750 K の間の数点で測定が行われた。

実験データ

薄膜試料で得られたフォノンスペクトルの温度変化を Fig. 1 に示す。室温で 25meV 付近に見られたピークが高温では消滅していることがわかる。これから得られたフォノンの状態密度 (DOS) の室温と 735K の比較を Fig.2 に示す。核共鳴非弾性散乱では共鳴核である ^{57}Fe だけのフォノンが観測にかかるが、Fe 原子は Pt に比べて軽いため Fe 原子のフォノンの寄与は殆ど光学モードに集中する。状態密度は高温で全体に低エネルギー側にシフトし、フォノンが高温でソフト化しているのがわかる。27meV 付近のピークのシフトが著しい。15~20meV 付近の変化も大きい。

Fig. 3 は高温でのフォノンの状態密度を薄

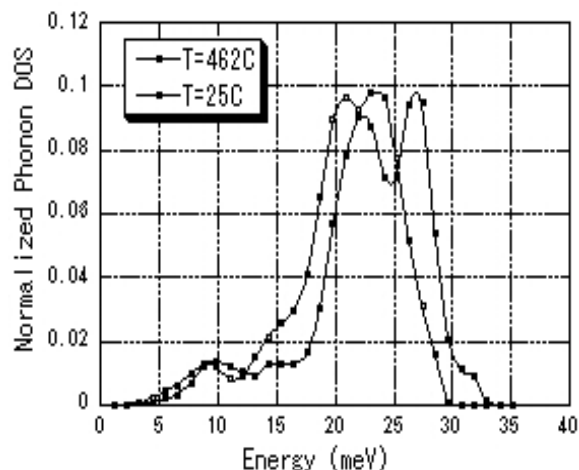


Fig. 2 PtFe 薄膜フォノン DOS の温度変化

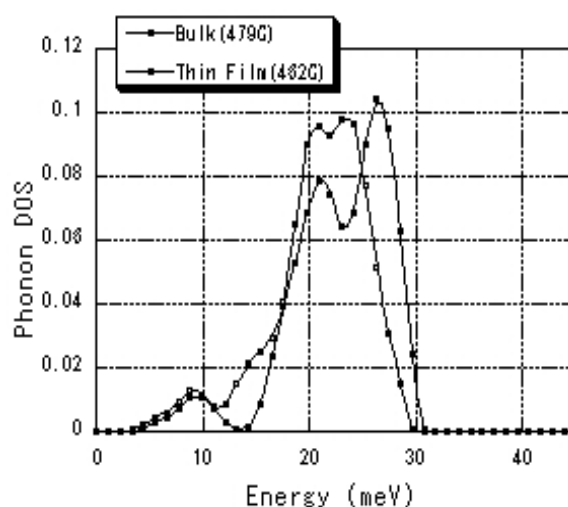


Fig. 3 高温に於ける PtFe 薄膜とバルクのフォノン DOS の比較

膜とバルクで比較したものである。薄膜のフォノンが全体に低いこと、また、バルクでは 14meV 付近に顕著なフォノンバンドギャップが見られるが、薄膜ではここにもフォノンの寄与があることがわかる。これらの特徴は室温でも観測される。

結果及び考察

薄膜とバルクの違いには 2つの原因が考えられる。一つは方向によるフォノンの異方性である。薄膜試料は c 面がそろった単結晶であるため、ある方向のフォノンが強調されて見えている可能性がある。他の一つは薄膜試

料は原子秩序度が低いことが知られている。
この試料でも X 線回折のデータから秩序度は 0.6~0.7 と考えられる。MgO の結晶の上に積層させるので高温に出来ないためである。秩序度が低いと音響モードと光学モードの区別があいまいになり、ギャップも消える。また、Pt は Fe より重いので Pt の振動に引きずられて Fe の振動がソフトになる。このことから、今回の実験結果は主に後者の原因が効いていると考えられる。 PtFe 薄膜の応用上の問題点の一つが、性能を上げるために試料を高温にしないで原子秩序度をいかに上げるかという点にあるので、これは薄膜試料作成技術がかかっている基本的な問題である。