

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^a, Mabune Hideshima^a, Shinji Kitao^b, Makoto Seto^b and Takaya Mitsui^c

早稲田大理工^a、京大原子炉^b、日本原子力研究所^c

Waseda University^a, KUR^b, JAERI^c

次世代垂直磁気記録媒体として注目されている $L1_0(\text{CuAu I})$ 型構造をもつ PtFe 薄膜のフォノンについてのこれまでの研究で、バルクの試料と異なる特徴として 1) 薄膜ではフォノンがソフトであること、2) バンドギャップにも状態密度が観測されることがあげられる。後者の原因を解明するために今回は原子秩序度の低い粉末試料を用いてフォノン状態密度を測定し、フォノンギャップが消滅している結果を得た。これから、薄膜試料は作成条件の制約から原子秩序度が低く、磁気異方性エネルギーに重大な影響を及ぼしている可能性があることがわかった

PtFe thin film is an important substance as an application to the high-density magnetic recording media. In our previous experiments, we reported that phonons in PtFe thin films have following features. 1) Phonons in PtFe thin film are softer than those for bulk specimen. 2) There exists phonon contribution even in the phonon band gap frequency of the bulk sample. In order to elucidate the origin of the latter, we studied phonon density of states for the powder specimen with chemical disorder. Comparing the results with previous data, we can conclude that the atomic order parameter of the thin film specimen was rather poor and it would give important influence for the magnetic anisotropy of the system.

研究の背景と目的

$L1_0(\text{CuAu I})$ 型構造の PtFe 合金は、高いキュリー温度と強い磁気異方性を持ち、スピンの C 軸を向いているため、次世代の超高密度垂直磁気記録媒体として注目されており、応用分野で多くの研究がなされている。磁気異方性に重大な影響を及ぼす格子歪との関係を調べる目的で、フォノンの状態密度を調べることを試みた。特に、応用材としての薄膜

試料についての情報を得ることが目的である。

これまでの実験で、薄膜のフォノン状態密度をバルクのそれと比較し、次のような特徴があることが判明した。1) 薄膜のフォノンはバルクに比べて全体にソフトである。2) Pt と Fe の質量差から生じるフォノンバンドギャップにも、薄膜では有限の状態密度が存在する。今回は 2) の原因を解明するため、原子秩序度の低い、粉末試料を用いて測定し、

薄膜試料と比較した。

試料作成と測定

PtFe 合金は秩序化しやすく、バルクでは熱処理だけでは無秩序の試料は作成できないためバルクの試料をダイヤモンドやすりでファイルして粉末試料を作成した。X線回折から、この粉末試料は無秩序系であることを確かめた。散乱効率を高めるために ^{57}Fe を30%にenrichしたPtFe合金を用いた。フォノン状態密度を測定する核共鳴非弾性散乱実験はBL11XU ビームラインにおいて、高温用電気炉を用いて300Kから750Kの数点の温度で測定を行った。

実験データ

無秩序粉末による核共鳴フォノンスペクトルから、多重散乱の補正をして得られたフォノンの状態密度曲線をFig.1に示す。また、これまでに得られた薄膜試料、バルクおよび粉末試料の室温におけるフォノンの状態密度曲線の比較をFig.2に示す。核共鳴非弾性散乱では合金を構成する原子(PtとFe)のうち、 ^{57}Fe の格子振動だけを観測している。Ptに比べてFeは軽いのでFeのフォノンの状態密度はほとんど高エネルギー側に集中していることがわかる。この粉末試料のフォノン状態密度をバルク試料のそれとくらべて次のような特徴が認められる。1) 高エネルギー領域に観測されるFeのフォノンのバンド幅が粉末の方が広い。2) バルクの試料で観測された13meV付近の顕著なフォノンバンドギャップがほとんど見えず、台地状になっている。これらの特徴は Pt_3Fe 合金で報告されている原子秩序による影響と定性的に一致し

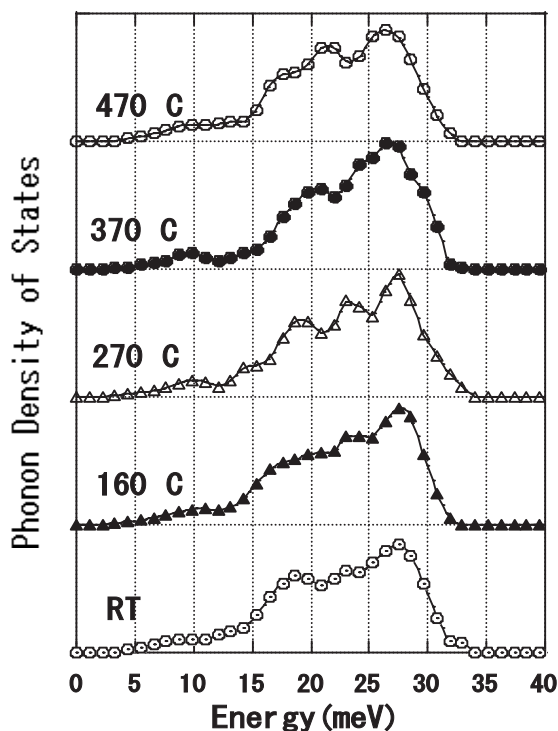


Fig.1 PtFe 粉末試料の Phonon DOS の温度変化

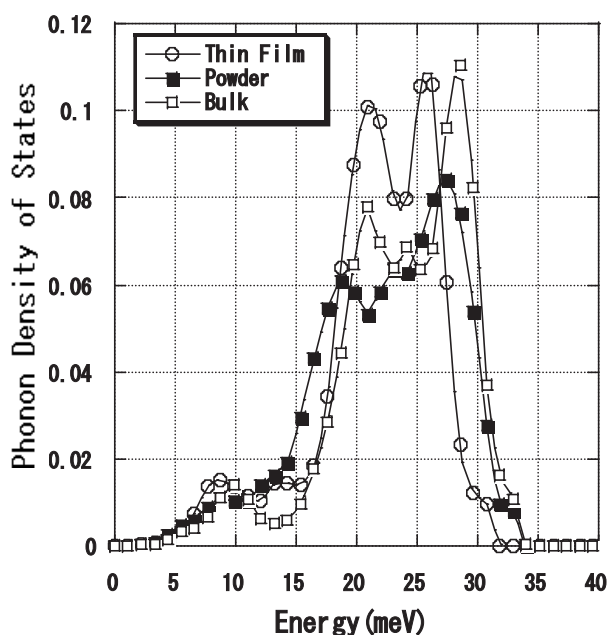


Fig.2 PtFe 合金のバルク、粉末、薄膜試料の室温に於ける Phonon DOS の比較

ている。また、2)の結果は薄膜試料でギャップの領域にも状態密度が存在する原因が、原子秩序度がバルクに比べて低いことに由来していることを証明している。しかし、薄膜では高エネルギー側のバンド幅はバルクのそれ

よりも狭く、粉末のそれとは更にその違いが顕著である。これは、薄膜試料は全領域にわたって C 面が揃っており、multi-domain のバルク試料や粉末とは異なって、ある方向（実験条件から C 面内）のフォノンが優先的に観測されたためと考えられる。このように、PtFe 薄膜は磁気記録材料として重要な物質であるが、原子秩序度が十分でなく、磁気異方性の性能を上げるためには秩序度をあげることが重要であると考えられる。