

学位審查報告書

(ふりがな)	たまだ よしのり
氏 名	玉田 芳紀
学位（専攻分野）	博 士 （ 理 学 ）
学 位 記 番 号	理 博 第 号
学位授与の日付	平成 22 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	理学研究科 化学専攻
(学位論文題目)	
磁性金属ナノ粒子の合成と物性評価	
論 文 調 査 委 員	(主査) 小野 輝男 教授 島川 祐一 教授 宗林 由樹 教授

理 学 研 究 科

京都大学	博士（理 学）	氏 名	玉田 芳紀
論文題目	磁性金属ナノ粒子の合成と物性評価		
（論文内容の要旨） 物質はナノメートルサイズにまで微小化すると、バルク状態とは異なる新規な物性や機能性を発現することがよく知られている。近年、その中で最も注目されているのが超常磁性現象である。これは熱擾乱効果が磁気異方性エネルギーに対して無視できなくなるために引き起こされる。 したがって、将来の超高密度磁気記録材料の開発においては、熱擾乱の効果を無視できる、大きな磁気異方性を有した物質の磁性ナノ粒子を作製することが必要不可欠である。このような大きな磁気異方性を有する物質として注目されるのが $L1_0$ 構造の鉄プラチナ (FePt) 合金であり、そのナノ粒子は超高密度磁気記録媒体材料として大変有望視されている。2005 年、当研究グループの山本・森本らは SiO_2 ナノリアクター法と呼ばれる特殊な方法を用いて、この $L1_0$-FePt ナノ粒子を合成することに初めて成功した。 本研究ではまず、SiO_2 ナノリアクター法によって合成された $L1_0$-FePt ナノ粒子の物性評価を行った。その結果、これらのナノ粒子は、熱処理後においても約 6 nm という微小な粒径を保持しているにも関わらず、$L1_0$ 構造に非常に良く規則化しており、室温において巨大な保磁力を示すことが見出された。この磁性ナノ粒子を磁気記録媒体へ応用するためには、さらにそれらの磁化容易軸を配向制御し、基板上へ固定することが大変重要となる。そこで本研究では次に、スチレンモノマー溶媒のラジカル重合を用いて、$L1_0$-FePt ナノ粒子の磁化容易軸が外部磁場によって制御可能であることを明らかにした。また、ここで得られた $L1_0$-FePt ナノ粒子配向体の特性を活かして、$L1_0$-FePt 合金における異方的なフォノン状態密度を観測し、第一原理法を用いてそれが良く再現されることを示した。最後に、ジチオール化合物および外部磁場を用いることによって、磁化容易軸を配向制御した $L1_0$-FePt ナノ粒子を基板上に固定化することに成功した。 一方、超常磁性現象を抑制するのではなく、積極的に活用しようとする研究も盛んに行われている。一般的に、高周波電子デバイスなどへ応用される磁性材料には磁気異方性が小さいことが要求され、高い飽和磁化を有する金属 Fe ナノ粒子はその点で大変有望な材料である。しかし、これは大気中で容易に酸化されるため、その合成は大変困難なものとなっている。 そこで本研究では、酸化鉄ナノ粒子表面にシリカ層を被覆し、それをカルシウムハイドライドにより還元することで、シリカに被覆された金属 Fe ナノ粒子を得ることに成功した。このナノ粒子における内部磁場はバルク状態とほぼ同様の値となることが明らかとなり、これはこのナノ粒子がバルク状態と同様に大きな飽和磁化を有することを示している。また、この飽和磁化は、還元熱処理 19 日後においても熱処理直後の 93% の値を保持することが見出された。これは、合成された金属 Fe ナノ粒子がシリカ層に被覆されているため、優れた耐酸化性を有することを示している。			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は「 $L1_0$ -FePt ナノ粒子の合成と物性評価」および「シリカに被覆された金属 Fe ナノ粒子の合成と物性評価」という二つの部分から構成されている。

前者に関しては、超高密度記録媒体材料として有望な新規物質、 $L1_0$ -FePt ナノ粒子の物性を微視的な観点から明らかにしており、それが大変優れた特性を有することを示した。次に、この $L1_0$ -FePt ナノ粒子を実際に磁気記録媒体材料として用いるためには、その磁化容易軸方向を配向制御し、基板上に固定する必要があることに注目し、様々な独創的な手法を用いてそれらを達成している。これらの結果は $L1_0$ -FePt ナノ粒子を磁気記録媒体材料として応用する上で礎となるものと期待される。また、その過程で得られた $L1_0$ -FePt ナノ粒子の磁化容易軸配向体を用いて、 $L1_0$ -FePt 合金の結晶に存在する異方的なフォノン状態密度の観測にも成功しており、さらに理論的な面からもそれを考察している。これらの結果は、基礎物性の観点からも大変興味深いものである。

後者に関して、飽和磁化の大きな金属 Fe ナノ粒子は、高周波磁性材料として大変有望視されているが、その反応性の高さから、大気中で安定に取り扱うことが非常に困難な物質であった。しかし、本研究では、酸化鉄をシリカ被覆した後に還元を行うという特殊な手法を用いて、耐酸化性の高い金属 Fe ナノ粒子を得ることに成功した。得られた金属 Fe ナノ粒子はシリカ層に被覆されており、空気中でも安定に取り扱うことが可能であるため、様々な分野において応用が進むと期待される。また、本研究ではこの新規に合成された金属 Fe ナノ粒子の物性を、様々な手法を用いて明らかにしており、これが優れた特性を有することも示している。

このように本研究では、硬磁性体および軟磁性体という対極にある金属ナノ粒子を扱っている。 $L1_0$ -FePt ナノ粒子においては、その物性評価、磁化容易軸の配向制御、および基板上への固定という一連の操作を行っており、ここから得られた知見は、 $L1_0$ -FePt ナノ粒子を用いた磁気記録媒体を実現する上で、大きな役割を果たしていくものと考えられる。さらに、本研究では、耐酸化性の高い金属 Fe ナノ粒子の合成にも成功している。このナノ粒子は大きな飽和磁化を有することから、高周波磁性材料として魅力的な材料である。また、歴史ある金属 Fe の新たな側面をもった物質と言え大変興味深い。

以上のように、本研究の成果は学術的、技術的に大きな意味を持っており、磁性ナノ粒子の研究分野において大きく貢献したものである。したがって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 22 年 1 月 19 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行ない、その結果合格と認めた。