

平成18年度科学研究費補助金（基盤研究（S））研究状況報告書

◆ 記入に当たっては、「平成18年度科学研究費補助金（基盤研究（S））研究状況報告書記入要領」を参照してください。

ローマ字		HIROTSU YOSHIHIKO					
① 研究代表者氏名		弘津 禎彦		② 所属研究機関・部局・職 大阪大学・産業科学研究所・教授			
③ 研究課題名	和文	気相急冷による硬質磁性合金ナノ粒子の形成と電子線構造解析ならびに磁性評価					
	英文	Fabrication of Hard Magnetic Alloy Nanoparticles by Vapor-Deposition and Their Electron Diffraction Structure Analysis and Magnetic Property Measurements					
④ 研究経費		平成16年度	平成17年度	平成18年度	平成19年度	平成20年度	総合計
18年度以降は内約額 金額単位：千円		33,400	22,600	11,100	11,100	6,600	84,800
⑤ 研究組織（研究代表者及び研究分担者） *平成18年3月31日現在							
氏名	所属研究機関・部局・職	現在の専門		役割分担（研究実施計画に対する分担事項）			
弘津 禎彦	大阪大学・産業科学研究所・教授	電子線結晶学・材料科学		構造解析・研究統括			
石丸 学	大阪大学・産業科学研究所・助教授	材料科学・計算科学		構造解析・計算機実験			
佐藤 和久	大阪大学・産業科学研究所・助手	材料科学		試料作製・構造解析・磁性評価			
平田 秋彦	大阪大学・産業科学研究所・助手	材料科学		試料作製・構造解析			
牧野 彰宏	東北大学・金属材料研究所・教授	磁性材料		磁性評価			
⑥ 当初の研究目的（交付申請書に記載した研究目的を簡潔に記入してください。）							
<p>90年代以降、コンピュータのハードディスクに代表される磁気記録媒体の記録密度は年々急上昇しつつある。この間、高密度媒体の開発や磁気ヘッドの高性能化により高密度化が図られてきた。しかしながら現在では媒体を構成する結晶粒サイズが10nm程度に達し、現行のCoCr系連続型磁気記録媒体では磁気ドメインの存在、磁性結晶粒間での交換結合による磁化反転ノイズの影響によりビットサイズに限界があり、更なる高密度化が難しくなりつつある。次世代超高密度磁気記録媒体として、(1)強磁性粒子が2次元均一分散し、(2)粒子サイズが10nm以下、かつ、(3)非磁性絶縁体により粒子間隙を隔離し磁性粒子間の交換結合が切れ、さらに(4)面内あるいは面垂直に磁化容易軸が配向したナノ粒子分散膜が(5)300℃程度以下で合成可能なこと、などが要請されている。そこで現在、孤立した硬質磁性ナノ粒子の合成と物性評価が盛んに行われており、特にL1₀型(CuAuI型)規則構造を有するFePt規則合金ナノ粒子が最も注目を集めている。しかしながら主に研究されているナノ粒子サイズは10nm程度が最も多く、5nm以下の超微細ナノ粒子の構造と物性に関して不明な点が多数残されている。本研究は、気相急冷プロセスを利用して、上記の条件を全て満たす平均粒径5nm以下の方位配向・孤立分散した硬質磁性合金ナノ粒子高密度分散膜を形成し、その規則構造と硬質磁性との関係、特に室温で安定した硬磁気特性が得られる臨界サイズ近傍を詳細に検討し、優れた超高密度磁気記録媒体材料の実現を目的としている。このために、気相急冷による合金ナノクラスター形成と磁場中熱処理による原子配列規則化・配向制御と電子線による極微構造解析、超伝導量子干渉磁束計による磁性評価を中心に研究を進める。</p>							

⑦ これまでの研究経過 (研究の進捗状況について、必要に応じて図表等を用いながら、具体的に記入してください。)

次世代超高密度磁気記録媒体材料の実現を目指し、ナノメートルサイズの方位配向・高密度孤立分散硬質磁性規則合金ナノ粒子を作製し、ナノ粒子組織及び規則構造について電子顕微鏡により調べ、ナノ組織・構造と硬質磁性との関係について検討を行った。

(1) 5nmサイズのL₁₀型FePt、FePdナノ粒子の作製と構造・磁性評価

電子ビーム蒸着法を用いて平均粒径の異なる方位配向L₁₀型FePt、FePdナノ粒子を作製し、その極微構造と磁気特性を調べた。まず、FePtナノ粒子の場合には粒径約2nmの粒子においても規則相形成が認められた。しかしながら、粒径4-5nm程度のFePtナノ粒子の場合、規則相形成にも関わらず保磁力は室温・低温ともに非常に低い値であった。FePdナノ粒子の場合には、粒径約5nm未満のFePdナノ粒子において不規則相が形成されることが判明した。すなわち粒径約5nm付近がFePdナノ粒子における規則化の限界粒径であることが判明した。室温及び10Kでの保磁力は右図1に示す様に、FePt、FePdナノ粒子ともに粒径約10nm以下で大きく減少したことから、磁化の熱擾乱の影響のみならず規則度の粒径依存性が重畳していると考えられる。

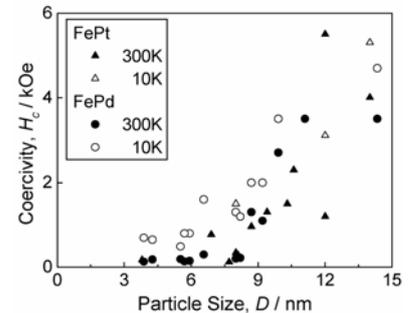


図1. L₁₀型FePt、FePdナノ粒子分散膜の保磁力の粒径依存性。熱処理は873K-3.6ks。

(2) L₁₀型FePt、FePdナノ粒子の長範囲規則度測定

電子回折強度測定と多重散乱を考慮した回折強度計算により、L₁₀型FePt、FePdナノ粒子2次元分散膜の長範囲規則度を測定する手法を考案した。この手法をナノビーム電子線に適用し、10nmサイズのFePdナノ粒子分散膜において、規則度の粒径依存性を実験的に初めて明らかにすることができた。図2に示す様に、粒径8nm以上のFePdナノ粒子では、個々の粒子の規則度は平均規則度0.79近傍に分布していた。一方、粒径約8nm以下の粒子では粒径低下に伴い規則度が0.60まで緩やかに減少した。したがって規則度の低下により、FePdナノ粒子では粒径約8nm以下の領域において、結晶磁気異方性エネルギーが低下することになる。このように極微小サイズ領域での保磁力の粒径依存性は、規則度の粒径依存性によることが判明し、解決が急がれていた超高密度磁気記録媒体形成の技術的限界の一端を提示することができた。

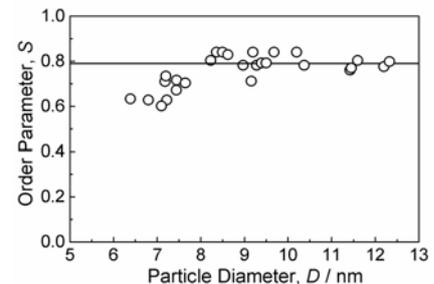


図2. L₁₀型FePdナノ粒子規則度の粒径依存性。実線は広領域での平均規則度。

(3) L₁₀型FePdCuナノ粒子の垂直磁気異方性発現

電子ビーム蒸着法により10-15nmサイズのCuを約7at%添加したFePd合金ナノ粒子を作製すると、(Fe+Cu)濃度が43-48at%の試料において著しい垂直磁気異方性が発現し、膜面垂直方向に3kOe以上の高い保磁力が現れた(図3)。この垂直磁気異方性の起源は、L₁₀構造のc軸の膜面垂直方向への優先配向によるものであることが、高分解能TEM観察及び暗視野像観察の結果判明した。合金組成制御により、垂直磁気異方性の誘起が可能であることを示した。

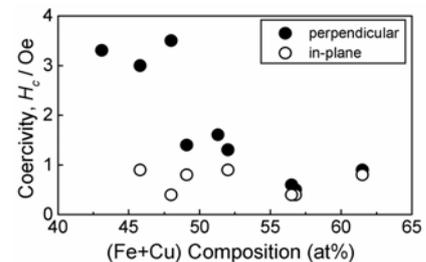


図3. FePdCuナノ粒子保磁力の組成依存性。

(4) L₁₀型FePtCuナノ粒子の低温合成

RFマグネトロンスパッタ法を用いたNaCl(001)基板上へのFe、Pt、Cuの高速成膜により、基板温度613K(340°C)にて方位配向・高密度分散したL₁₀型FePtCu規則合金ナノ粒子を、成膜後の熱処理等を行わずに直接、合成することができた。すなわち、従来と比較して、規則相形成温度を約260K低温化することができた。形成されるL₁₀型ナノ粒子は単結晶基板上でのエピタキシャル成長に起因して<100>配向しており、また、室温で1.4kOe、10Kにて5kOeの高い保磁力を示した。成膜時間制御により、形成されるナノ粒子サイズは約3-10nm、粒子密度は約0.5-3×10¹²cm⁻²の範囲で変化した。電子顕微鏡観察結果を図4に示す。

(5) L₁₀型規則合金の融点及び規則不規則変態に関する計算と実験

分子動力学法を用いて、L₁₀型規則構造を有するCu添加FePt合金の融点と、そのCu濃度依存性を調べた結果、Cu添加により融点が低下することを明らかにした。このとき、Cu添加濃度の増加とともに融点が低下することが判明した。Cu添加によるFePt薄膜規則化温度低減の起源の一つとして、融点降下による熱処理温度の相対的な上昇が挙げられるが、本結果はその前提である融点降下をシミュレーションにより示した結果として意義がある。また実験的には、高温その場電子回折実験により、粒径約13nmのFe-58at%Pdナノ粒子における規則不規則変態温度はバルク合金と比較して約80K低い、982Kであることが判明している。

(6) 超急冷による非晶質Fe-Pt系薄膜の形成 (研究分担者 牧野 彰宏)

RFマグネトロンスパッタ法を用いて、熱酸化Si(100)基板上に(Fe_{0.55}Pt_{0.45})_{100-x}Zr₃B_x (x=1.3-16.7at%)薄膜を形成すると、非晶質Fe-Pt-Zr-B薄膜が形成された。成膜後923Kにて1.8ks熱処理すると、粒径10-20nmのL₁₀型規則相が形成され、7.3at%B付近で約6kOeの高い保磁力が得られた。Fe-Pt系合金において非晶質薄膜を形成し、熱処理による結晶化を利用して、微細なL₁₀型FePtナノ結晶を高密度に析出させた点に意義がある。

⑧特記事項 (これまでの研究において得られた、独創性・新規性を格段に発展させる結果あるいは可能性、新たな知見、学問的・学術的なインパクト等特記すべき事項があれば記入してください。)

(1) 電子回折を利用した規則度測定手法の開発とそのナノビーム電子線への応用

従来、バルク合金や厚膜に対して用いられてきたX線回折法により、基板物質上に2次元的に孤立分散した10nmサイズの規則合金ナノ粒子の規則度を高精度で評価することは非常に困難であった。そこで、本研究では、*hh0* 系統反射励起条件下でイメージングプレートを利用した電子回折強度の定量測定と、マルチスライス法による電子の多重散乱を考慮した回折強度計算との併用により、L1₀型FePt、FePdナノ粒子2次元分散膜の長範囲規則度を測定する新手法を考案した。この手法を用いて、まず制限視野電子回折図形の定量解析により多数のFePtならびにFePdナノ粒子の平均規則度を測定した。このとき、ナノ粒子厚さ(電子線ホログラフィーにより測定)の測定誤差、電子線収束角、温度因子の誤差など、生じ得る規則度測定誤差について種々検討を行い、本手法が高精度であることを示した。続いて、この手法をナノビーム電子線に適用し、5-10nmサイズのFePdナノ粒子分散膜において、長範囲規則度の粒径依存性を実験的に初めて明らかにすることができた。この測定結果から、FePd合金ナノ粒子における規則化の限界粒径の存在が明らかになった。実際に高分解能電子顕微鏡観察の結果、粒径約5nm以下の領域において、高温相(不規則相)であるfcc構造を有するFe-Pdナノ粒子が観察された。また、保磁力の粒径依存性は規則度の粒径依存性によるものであることが判明し、極微細粒化による超高密度媒体形成の技術的限界の一端を示すことができた。さらに、本手法を発展させ、異なる加速電圧下での回折強度測定により、事前に試料厚さを測定すること無くナノ粒子の規則度と厚さを同時に計測できる新手法を考案した。この手法は構造パラメータ測定法として他分野への応用も期待できる。

(2) 方位配向・高密度分散・高保磁力L1₀型FePtCuナノ粒子の低温合成

「これまでの研究経過」でも述べたように、RFマグネトロンスパッタ法を用いたNaCl(001)基板上へのFe、Pt、Cuの高速同時成膜により、基板温度613K(340°C)にて方位配向・高密度分散したL1₀型FePtCu規則合金ナノ粒子を、成膜後の熱処理等を行わずに直接、合成することができた。すなわち、従来必要とされてきた熱処理温度873K(600°C)と比較して、規則相形成温度を約260K低温化することができた。単結晶基板上での粒子のエピタキシャル成長を利用するため、形成されるFePtCuナノ粒子は<100>配向しており、また、本手法にて形成されたナノ粒子の粒子密度は、従来行ってきた電子ビーム蒸着法で形成された粒子の場合と比較して、約一桁以上高い値であった。これまでも連続薄膜においてCu添加による低温規則化が報告されてきたが、汎用性のあるスパッタ法を用いて「方位配向・2次元高密度分散・高保磁力の3条件を同時に満たすL1₀型FePtCuナノ粒子の低温合成」が可能であることを示したのは本研究が最初である。また本研究結果は、透過電子顕微鏡法によるナノ組織解析を試料作製に毎回フィードバックし、方位配向性、粒子分散密度、結晶粒径など成膜条件を最適化する中で生まれた成果であり、ナノ組織制御における透過電子顕微鏡観察の有用性を示している。

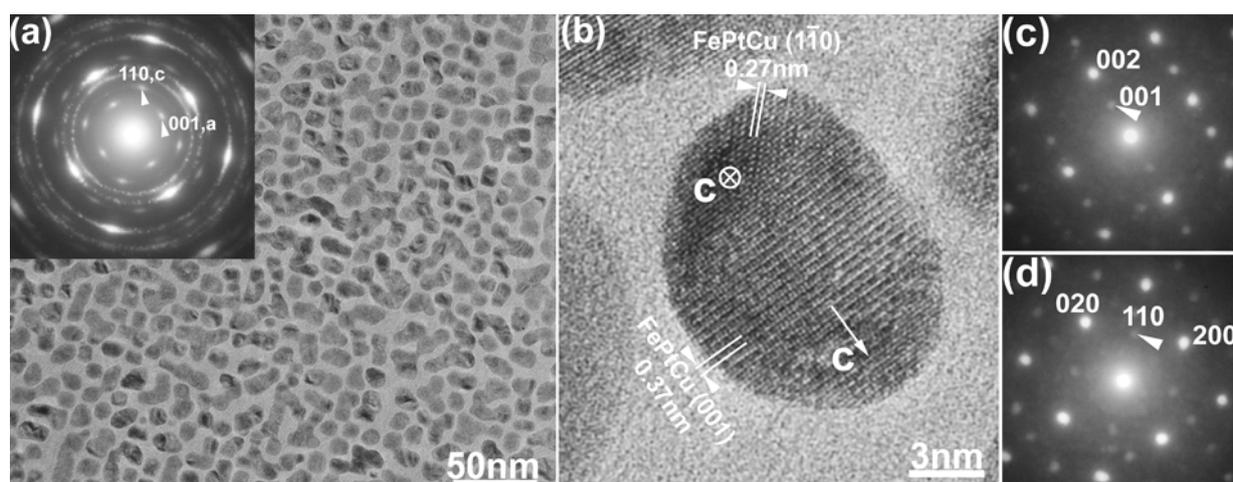


図4. 基板温度613Kにて成膜したL1₀型FePtCuナノ粒子の(a)透過電子顕微鏡像と制限視野電子回折図形、(b)高分解能電子顕微鏡像、(c)ナノビーム電子回折図形(c軸面内配向)、(d)ナノビーム電子回折図形(c軸垂直配向)。方位配向・高密度分散したL1₀型FePtCuナノ粒子高密度分散膜が613Kという非常に低温で合成されていることがわかる。

- ⑨研究成果の発表状況 (この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文(掲載が確定しているものを含む。)の全著者名、論文名、学協会誌名、巻(号)、最初と最後のページ、発表年(西暦)、及び国際会議、学会等における発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。)

学術論文

- ① “Direct Synthesis of isolated L1₀-FePtCu nanoparticles by rf-magnetron sputtering”, H. W. Ryu, K. Sato and Y. Hirotsu, *Solid State Phenomena*, *accepted for publication*.
- ② “Fabrication of oriented L1₀-FeCuPd and composite bcc-Fe/ L1₀-FeCuPd nanoparticles: alloy composition dependence of magnetic properties” H. Naganuma, K. Sato and Y. Hirotsu, *J. Appl. Phys.*, **99**(8), 08N706_1-08N706_3 (2006).
3. “Magnetic Properties and Structure of Fe-Pt-M-B (M = Zr, Nb and Ti) Alloys Produced by Quenching Technique”, A. Makino, T. Bitoh, A. Inoue and Y. Hirotsu, *Journal of Alloys and Compounds*, (2006) *in press*.
4. “Melt-Spun L1₀ Fe-Pt-(Zr, Nb and Ti)-B Nanocrystalline Alloys with High Coercivity”, A. Makino, T. Bitoh, A. Inoue and Y. Hirotsu, *Materials Science and Engineering A*, (2006), *in press*.
5. “Order-disorder transformation in L1₀-FePd nanoparticles studied by electron diffraction”, K. Sato and Y. Hirotsu, *Mater. Trans.*, **47**(1), 59-62 (2006).
- ⑥ “Long-range order parameter of single L1₀-FePd nanoparticle determined by nanobeam electron diffraction: Particle size dependence of the order parameter”, K. Sato, Y. Hirotsu, H. Mori, Z. Wang and T. Hirayama, *J. Appl. Phys.*, **98**(2), 024308_1-024308_8 (2005).
7. “Growth and atomic ordering of hard magnetic L1₀-FePt, FePd and CoPt alloy nanoparticles studied by transmission electron microscopy: alloy system and particle size dependence”, Y. Hirotsu and K. Sato *J. Ceramic Processing Research*, **6**(3), 236-244 (2005).
8. “Determination of order parameter of L1₀-FePd nanoparticles by electron diffraction”, K. Sato, Y. Hirotsu, H. Mori, Z. Wang and T. Hirayama *J. Appl. Phys.*, **97**(8), 084301_1-084301_7 (2005).
9. “Two dimensionally dispersed Fe/FePd nanocomposite particles synthesized by electron beam deposition”, Y. Hirotsu, K. Sato and J. Kawamura, *Mater. Sci. Forum*, **502**, 275-280 (2005).
10. “Fabrication of exchange-coupled α -Fe/L1₀-FePd nanocomposite isolated particles”, J. Kawamura, K. Sato and Y. Hirotsu, *J. Appl. Phys.*, **96**(7), 3906-3911 (2004).
11. “Magnetoanisotropy, long-range order parameter and thermal stability of isolated L1₀ FePt nanoparticles with mutual fixed orientation”, K. Sato and Y. Hirotsu, *J. Magn. Magn. Mater.*, **272-276**, 1497-1499 (2004).
12. “The investigation of multiply twinned L1₀-type FePt nanoparticles by transmission electron microscopy”, A. Kovács, K. Sato, G. Sáfrán, P. B. Barna and Y. Hirotsu, *Philos. Mag.*, **84**(20), 2075-2081 (2004).

国際会議論文

1. “Low Temperature Synthesis of High-Density FePtCu Nanoparticles Fabricated by Rf-magnetron Sputtering”, H. W. Ryu, K. Sato and Y. Hirotsu, *Proceedings of the 16th International Microscopy Congress (IMC16)*, *accepted for publication*.
2. “Characterization of 2D-dispersed FeCuPd Alloy Nanoparticles”, H. Naganuma, K. Sato and Y. Hirotsu, *Proceedings of the 16th International Microscopy Congress (IMC16)*, *accepted for publication*.
3. “Structure and magnetic property of nanocrystalline Pd-Co and Pd-Co-Fe layers”, A. Kovács, K. Sato and Y. Hirotsu *Proceedings of the 16th International Microscopy Congress (IMC16)*, *accepted for publication*.
4. “Order parameter analysis of L1₀-FePd particles by nano-beam electron diffraction”, K. Sato and Y. Hirotsu, *Archives of Materials Science*, **26**(1-2), 17-23 (2005).
5. “Fabrication and characterization of FeSi₂ nanoparticles on Si(100) substrate”, J. H. Won, K. Sato, M. Ishimaru and Y. Hirotsu, *Proc. Int'l Conf. New Frontiers of Process Science and Engineering in Advanced Materials (PSEA'04, The 14th Iketani Conference), Part2*, 47-51 (2004).

⑨研究成果の発表状況(続き) (この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文(掲載が確定しているものを含む。)の全著者名、論文名、学協会誌名、巻(号)、最初と最後のページ、発表年(西暦)、及び国際会議、学会等における発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。)

6. “Characterization of Isolated Fe-Pd Alloy Nanoparticles with Orientation”, K. Sato and Y. Hirotsu, *Proc. the 8th Asia-Pacific Conference on Electron Microscopy*, 524-525 (2004).
7. “Epitaxially-grown α -FeSi₂ nano-particles synthesized by electron beam deposition”, J. H. Won, K. Sato, M. Ishimaru and Y. Hirotsu, *Proc. the 8th Asia-Pacific Conference on Electron Microscopy*, 813-814 (2004).
8. “Structural Characterization of Oriented L1₀-FePd Nanoparticles”, K. Sato and Y. Hirotsu, *Trans. Mater. Res. Soc. Jpn.*, **29**(4), 1647-1650 (2004).

解説・総説

1. “方位配向・高密度分散L1₀型FePtCuナノ粒子の低温合成”, 佐藤和久, 柳韓蔚, 弘津禎彦, 材料開発のための顕微鏡法と応用写真集(分担執筆), 日本金属学会編集, 233 (2006).
2. “Fe-Pt-Zr-B急冷リボンにおけるL1₀-FePt規則相ナノ粒子の析出”, 牧野彰宏, 尾藤輝夫, 弘津禎彦, 佐藤和久, 材料開発のための顕微鏡法と応用写真集(分担執筆), 日本金属学会編集, 233 (2006).
3. “L1₀型FePdナノ粒子の極微構造と長範囲規則度の粒径依存性”, 佐藤和久, 弘津禎彦, 日本金属学会会報まてりあ, **44**(12), 988 (2005).
4. “規則合金ナノ粒子の透過電子顕微鏡による構造解析と今後の展望”, 佐藤和久, 日本金属学会会報まてりあ, **44**(5), 425-428 (2005).
5. “強磁性L1₀型規則合金ナノ粒子の構造と長範囲規則度”, 佐藤和久, 弘津禎彦, 日本顕微鏡学会会報顕微鏡, **39**(3), 144-149 (2004).

国際会議発表

1. “Effect of Cu addition on structural and magnetic properties of isolated L1₀-FeCuPd nanoparticles”, H. Naganuma, K. Sato, Y. Hirotsu, Sanken Int'l Symp. 2006 on Advanced Science and Technology for Materials, Biology, and Information by Quantum Beams, SIS-2006, Feb.8th-Feb.9th, Osaka.
2. “Low temperature ordering of high-density FePtCu nanoparticles fabricated by rf-magnetron sputtering”, H. W. Ryu, H. Naganuma, K. Sato and Y. Hirotsu, The 2nd Asian Forum on Magnetism, Dec.8th-Dec.10th, 2005, YoungPyeong, Korea.
3. “Perpendicular magnetic anisotropy of L1₀-FeCuPd nanoparticles induced by Cu addition”, H. Naganuma, K. Sato and Y. Hirotsu, MRS Fall Meeting, Nov.28-Dec.2, 2005, Boston, MA, USA.
4. “Fabrication and TEM characterization of hard magnetic ordered alloy nano-particles”, Y. Hirotsu and K. Sato, 4th 21st Century COE “Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience” Int'l Symp., Nov.18-19, 2005, Toba, (**invited**).
5. “Fabrication of oriented L1₀-FeCuPd and composite bcc-Fe/L1₀-FeCuPd nanoparticles: alloy composition dependence of magnetic properties”, H. Naganuma, K. Sato and Y. Hirotsu, 50th Annual Conference on Magnetism & Magnetic Materials, Oct.30th-Nov.3rd, 2005, San Jose, CA, USA.
6. “Determination of Order Parameter of L1₀-FePt and FePd Nanoparticles by Electron Diffraction”, K. Sato and Y. Hirotsu, Sanken International Symposium on Scientific and Industrial Nanotechnology 2004(SISSIN-2004): Advanced Characterization for Nanomaterials, Nanodevices and Nanoprocessing, Dec.6-7, 2004, Osaka.
7. “Growth and atomic ordering of hard magnetic L1₀-FePt, FePd and CoPt alloy nanoparticles studied by transmission electron microscopy”, Y. Hirotsu and K. Sato, 2004^{Fall} Int'l Symposium on Crystal Growth and Devices (2004^{Fall}ISCG&D), Nov.10-13, 2004, Seoul, Korea, (**invited**).
8. “Fabrication and Structural Analysis of Oriented L1₀-FePt and FePd Nanoparticles”, Y. Hirotsu and K. Sato, the first Asia Forum on Magnetism, Sept.21-24, 2004, Okinawa, (**invited**).
9. “Nanostructure and Long-range Order Parameter of L1₀-FePd Particles”, K. Sato and Y. Hirotsu, 5th Polish-Japanese Symposium on Advanced Methods of Materials Characterization, Aug. 29-Sept.1, 2004, Niedzica, Poland.

⑨研究成果の発表状況(続き) (この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文(掲載が確定しているものを含む。)の全著者名、論文名、学協会誌名、巻(号)、最初と最後のページ、発表年(西暦)、及び国際会議、学会等における発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。)

10. "Determination of long-range order parameter of $L1_0$ -FePt and FePd nanoparticles by electron diffraction", K. Sato and Y. Hirotsu, $L1_0$ Ordered Intermetallic and Related Phases for Permanent Magnet and Recording Applications, Aug.15-20, 2004, Copper Mountain, CO, USA.
11. "Structure and metallurgy of alloy nanoparticles in Fe-Pd system", Y. Hirotsu and K. Sato, $L1_0$ Ordered Intermetallic and Related Phases for Permanent Magnet and Recording Applications, Aug.15-20, 2004, Copper Mountain, CO, USA, (**invited**).
12. "Characterization of isolated Fe-Pd nanoparticles with orientation", K. Sato, J. Kawamura and Y. Hirotsu, 8th Asia-Pacific Conference on Electron Microscopy, June 7-11, 2004, Kanazawa.

学会発表

1. "L₁₀型FePdナノ粒子の規則構造と磁氣的性質の粒径依存性", 永沼博, 佐藤和久, 弘津禎彦, 日本金属学会 2005 年春期(138 回)大会, 早稲田大学, 2006 年 3 月
2. "Formation of nanocrystalline PdO", A. Kovács, K. Sato and Y. Hirotsu, 日本金属学会 2005 年春期(138 回)大会, 早稲田大学, 2006 年 3 月
3. "電子回折によるL₁₀型FePdナノ粒子の長範囲規則度とその粒径依存性", 佐藤和久, 日本顕微鏡学会第 50 回シンポジウム, 九州大学, 2005 年 11 月(招待)
4. "L₁₀型FePdナノ粒子規則構造の粒径ならびに温度依存性", 弘津禎彦, 佐藤和久, 日本金属学会 2005 年秋期(137 回)大会, 広島大学, 2005 年 9 月
5. "Formation of multiply twinned L₁₀-FePt nanoparticles", A. Kovács, K. Sato and Y. Hirotsu, 日本金属学会 2005 年秋期(137 回)大会, 広島大学, 2005 年 9 月
6. "L₁₀型FePdCuナノ粒子の構造形態と磁氣的性質の組成依存性", 永沼博, 佐藤和久, 弘津禎彦, 日本金属学会 2005 年秋期(137 回)大会, 広島大学, 2005 年 9 月
7. "Fe-Pt-M-B(M=Nb, Zr)スパッタ薄膜の微細構造と磁気特性", 西中川卓, 久津呂一也, 尾藤輝夫, 牧野彰宏, 佐藤和久, 弘津禎彦, 奥村肇, 日本金属学会 2005 年秋期(137 回)大会, 広島大学, 2005 年 9 月
8. "c 軸垂直配向 FePdCu 規則合金ナノ粒子の極微構造及び磁気特性", 永沼博, 佐藤和久, 弘津禎彦, 第 29 回日本応用磁気学会学術講演会, 信州大学, 2005 年 9 月
9. "ナノビーム電子回折によるL₁₀-FePdナノ粒子の長範囲規則度測定", 佐藤和久, 弘津禎彦, 日本顕微鏡学会第 61 回学術講演会, つくば国際会議場, 2005 年 6 月
10. "Cu 添加 Fe-Pd ナノ粒子の構造と磁性", 永沼博, 小寺貴士, 佐藤和久, 弘津禎彦, 日本金属学会 2005 年春期(136 回)大会, 横浜国立大学, 2005 年 3 月
11. "Structure and magnetic properties of oriented Fe-Pt-(Cu) nanoparticles", H. W. Ryu, T. Kotera, H. Naganuma, K. Sato and Y. Hirotsu, 日本金属学会 2005 年春期(136 回)大会, 横浜国立大学, 2005 年 3 月
12. "L₁₀ Fe-Pt-(Zr or Nb)-Bナノ結晶硬磁性合金の直接合成", 牧野彰宏, 尾藤輝夫, 佐藤和久, 弘津禎彦, 市坪哲, 松原英一郎, 日本金属学会 2005 年春期(136 回)大会, 横浜国立大学, 2005 年 3 月
13. "Fe-Pt-Zr-B スパッタ薄膜における構造と硬磁気特性の Zr 濃度依存性", 西中川卓, 尾藤輝夫, 牧野彰宏, 佐藤和久, 弘津禎彦, 奥村肇, 日本金属学会 2005 年春期(136 回)大会, 横浜国立大学, 2005 年 3 月
14. "(Fe_{0.55}Pt_{0.45})-Nb-B液体急冷薄帯の構造と硬磁気特性", 中川麻衣, 尾藤輝夫, 牧野彰宏, 佐藤和久, 弘津禎彦, 市坪哲, 松原英一郎, 日本金属学会 2005 年春期(136 回)大会, 横浜国立大学, 2005 年 3 月
15. "FePt, FePdナノ粒子サイズとL₁₀型規則構造形成", 佐藤和久, 弘津禎彦, 日本金属学会 2004 年秋期(135 回)大会, 秋田大学, 2004 年 9 月
16. "Fe-Pt-Zr-B スパッタ薄膜の微細構造と磁気特性", 西中川卓, 尾藤輝夫, 牧野彰宏, 佐藤和久, 弘津禎彦, 日本金属学会 2004 年秋期(135 回)大会, 秋田大学, 2004 年 9 月