

## 技術委員会より

## 内外 BM 技術動向

技術委員 大森賢次  
(住友金属鉱山 (株))

2006年9月12日(火)～9月14日(木)に第30回日本応用磁気学会学術講演会が島根大学で開催された。山陰地方での学会ということで参加者数減が危ぶまれたが、700名の登録があり無事に終了した。県として学術講演会に対する補助などを積極的に行っているようであり、待遇は大変良かった。ハード磁性材料とソフト磁性材料について以下に簡単にまとめる。

## ハード磁性材料：

東邦大の片山らは、SmCoCuの膜を、Sm膜を挟んで積層した。三方晶のSm上に成膜することで面に垂直方向にc軸配向が実現できた。

長崎大の中野らは、ポストアニーリング法を用いて異方性NdFeB系ナノコンジット磁石膜[NdFeB(150nm)/Ta(20nm)]<sub>12</sub>を作製した。Nd:Fe=11:89ではFeとNdFeBの2つのキュリー点が観測できた。ヒステリシスループと合せて考えると異方化が実現できている。(BH)<sub>max</sub>は87kJ/m<sup>3</sup>程度であるが、Ta層を省いて計算すると100kJ/m<sup>3</sup>になる。Fe<sub>3</sub>B系ではTaなしで計算して117kJ/m<sup>3</sup>が得られた。

東北大の加藤らは、UHVスパッタ法を用いて高磁化、高保磁力、高配向度を有するNdFeB系異方性薄膜磁石(40nm厚さ)を試作した。下地層をTaとして5-7nmの厚さにした場合、H<sub>cj</sub>、(BH)<sub>max</sub>=36MGOeともに極大を示した。

長崎大の中野らは、パルス熱処理法を用いてNdFeB系厚膜磁石の高保磁力化を試みた。要求特性は、Br 0.8T, H<sub>cj</sub> 800kA/m, (BH)<sub>max</sub> 100kJ/m<sup>3</sup>, 厚さ100μmである。PLD法を用いることで、高保磁力1,305kA/mを得た。Br 0.62T, (BH)<sub>max</sub> 64kJ/m<sup>3</sup>であり、向上が必要である。

大分大の榎園らは、マイクロ磁石の開発を進めている。Cuを添加することでリボン状の長いものが得られた。

東北大の加藤らは、焼結磁石を熱処理する際に14Tの強磁場を印加することで保磁力の向上が可能であることを報告した。Dy 3%で保磁力37%、Dy 10%で保磁力20%それぞれ向上すること、およびDy無しでも14.6kOeの保磁力が得られることをこれまでに報告してきた。今回は、Dy無しの試料で14.6kOe(磁場中熱処理)、9.8kOe(磁場なし熱処理)の高温での保磁力および(BH)<sub>max</sub>の変化を測定した。室温ではほぼ同じ(BH)<sub>max</sub>であるが、130℃では磁場中熱処理したもので2倍程度大きな(BH)<sub>max</sub>を示すことがわかった。(トヨタから、Brの温度変化が小さいことが重要であるとコメントがあった。)

静岡理工大の小林らは、DyフリーのNdFeB系焼結磁石の磁化反転において着磁可能な多磁区粒子の役割について報告した。平均粒径が3.1μmの試料では再多磁区化は起こらないが、500℃熱処理試料では-1Tより大きな磁界の下で再多磁区化が進んでいる。

九工大の竹澤らは、NdFeB焼結磁石の温度変化に対する磁区と磁化過程について報告した。温度を高めて磁区観察するのはこれまで難しかったが、基準画像を用いて処理することでコントラストに優れた像を得ることが可能になった。

NEOMAXの広沢らは、NdFeB系HDDR粉の磁化過程を、リコイルカーブを解析することで評価した。0.5μm程度の粒径の場合、等方性と同様に単磁区的な挙動を示すことがわかった。

信州大の劉らは、垂直磁気異方性を有するNdFeB薄膜の磁化過程を報告した。5nm厚さのTa膜の上に成

膜した NdFeB の磁化過程は、20nm の時はニュークリエーションに近づき、5nm の際はピニングに近づくことが分かった。

明治大の西尾らは、La-Co 置換 M 形 Sr フェライト磁石の温度係数に関する検討を報告した。 $\alpha$  (HcI) は Sv/HcI で決定されることが実験的に明らかになった。

千葉工大の齋藤は、化学還元法(無電界めっき)で作製した Co-Zn-Mn 合金粉末で、1kOe 以上の保磁力を示すことを報告した。Mn 添加は粒径を小さくする効果がある。

奈良高専の藤田らは、Co-Pt 電析による薄膜磁石の試作を行っている。5mA/cm<sup>2</sup> の電流印加で、膜厚 100  $\mu$  m を 11 時間掛けて作製した。Pt 濃度を高めると電流効率も増加する結果が得られた。

長崎大の中野らは、Fe-Pt 磁石膜の規則-不規則変態過程と熱磁気特性の関係について報告した。キュリー温度が規則度に伴って変化する(確かめられたものではない)という経験則で調べた。

長崎大の中野らは、PLD 法で Fe-Pt 磁石膜を作製した。レーザーパワーを高めるとターゲットから基板への放射熱、および基板に到達した原子が高い運動エネルギーを有するためか、保磁力は増加した。

明治大の山元らは、高保磁力の Didymium-Fe-Co-Nb-V-Y-B 系急冷薄帯の試作について報告した。Nb-V の複合添加が保磁力の向上、および温度特性の改善に有用であることが述べられた。この組成に Y を添加すると磁化およびエネルギー積は低下するものの、保磁力の向上が可能になった。ただ、この現象は平均結晶粒径が 63nm であり、特に小さくなっているわけではないことが分かった。

明治大の山元らは、低希土類 Pr-Fe-Co-Ti-Nb-Y-B 系急冷薄帯の試作について報告した。Y を添加することでキュリー温度が上昇した。また、磁束の温度依存性も向上した。

安川電機の佐々木らは、液体急冷法で作製した Nd-

Fe-Co-B-Ga-Zr 薄帯を、水素処理した場合の磁気特性を報告した。異方性 HDDR 粉の製造を考えているとのこと。

松下電器の山下らは、希土類ボンド磁石の新規な異方性方向の連続制御法を報告した。あらかじめ磁石の形と配向方向を制御した後、変形させることで磁極の切り替わり位置で周方向に磁化を向かせる工夫をした。これによって 150kJ/m<sup>3</sup> のエネルギー積を有しながら、コギングトルクが MQP 磁石 (80kJ/m<sup>3</sup>) に比べて小さくすることに成功した。

FDK の清宮らは、高保磁力を有する NdFeB 焼結磁石を多極着磁する際に、SmCo 焼結磁石で極数分のレイアウトをして、NdFeB 磁石をキュリー点以上に急速加熱後、界磁空間内で冷却する方法を開発した。

#### ソフト磁性材料：

長崎大学の福永らは、透磁率を制御した Fe 系トロイダルコアの高温特性について報告した。小型化、大電流化、高周波化に伴う発熱・放熱に対応するため、トロイダルコアの高温特性の評価を行った。幅 2mm 程度のアモルファス薄帯の面に垂直方向に異方性を付与した試料を使うことで、250℃程度までであれば大きな磁気特性の劣化が無いことを見出した。(最小内径は 3mm)

崇城大の宗像らは、3-6GHz で動作する磁心を開発するため Co<sub>35</sub>Fe<sub>65</sub> 合金膜に大きな一軸異方性を付与することを試みている。下地層に Ru(厚さ 2nm)を用いることで 970Oe の異方性磁界が得られ、10GHz の周波数で使える可能性が示された。

富士通の三宅らは、垂直磁気記録用のヘッド材として FeCo の電析膜を検討している。Ni<sub>10</sub>Fe<sub>90</sub> と Fe<sub>70</sub>Co<sub>30</sub> の 4 層積層膜で Bs の低下を損なわず保磁力の低減ができたとのこと。

東北大学の高橋は、負の Ku を有する一軸性結晶材料を Co に Ir を添加した系で見出した。小さい面内磁気異方性を利用した超高周波対応ソフト材料、垂直磁気記録媒体における裏打ち層または ECC 媒体、スピントランスファートルクデバイスなどに使われる材料と

して期待できる。

信州大の佐藤らは、スクリーン印刷法によるセンダスト粉とポリイミドの複合厚膜の試作と評価を行った。大電流・低損失パワーインダクタとして MnZn フェライト複合膜に比べて優れていることが分かった。

信州大学の佐藤らは、Fe-Si/MnIr の交換結合磁性膜への磁界中熱処理効果について報告した。反強磁性体と強磁性体の交換結合により異方性磁界を増大させ強磁性共鳴周波数のマイクロ波帯への高周波化を試みている。

NEC トーキンの吉田らは、900MHz 帯 RFID タグ用フェライトめっき膜について報告した。スピンスプレーフェライトめっき法で Ni-(Zn)-Co フェライトの試作を行った。3.3-5.4GHz でも 100MHz の透磁率 7~8 が維持されており、高周波透磁率改善には Co 添加が有効であることが分かった。

名古屋工大の安達らは、桂化木を模倣したフェライト多孔体の試作を行った。桂化木に NiZn フェライトゾルを含浸した後、空气中で焼成することで多孔体とした。機械強度の向上が課題である。

九工大の開道らは、モータにおける究極鉄損の追求と題して講演した。高純度電解鉄を用いて電磁鋼板 (3.1wt% Si-Fe) を試作することでヒステリシス損を 20% 低減できた。

九工大の竹澤らは、モータコア用無方向性珪素鋼板の磁区構造に及ぼす加工歪みの影響を報告した。加工端付近で垂直方向のストライプ磁区が見られるが、熱処

理で圧延方向のストライプ磁区および無方向性珪素鋼板に特徴的な複雑な磁区構造へ変化することが分かった。

岐阜大の栢らは、偏磁下での電磁鋼板の磁気損失の検討をした。磁束の変化の大きさを同じにしても直流磁界を印加することで実効磁壁数が異なるため磁気損失が増大することが分かった。

三菱マテリアルの石山らは、MgO 系絶縁被膜を有する低鉄損圧粉磁心の低鉄損化について報告した。水アトマイズ鉄粉の表面を酸化させた後、Mg 粉末を添加混合して真空中 650°C で熱処理することで 50nm 厚さの MgO 皮膜を付けた。780MPa でリングを成形した後、600°C で焼成した。400Hz の周波数では 0.35mm 厚さの積層鋼板と同等の低鉄損となった。

大分大の戸高らは、ワイヤー状に加工した鉄基の強磁性形状記憶合金について報告した。Ni 量を増やすと延性は向上するがマルテンサイト変態開始温度が低下する。Co 量を増やすと磁化および形状記憶効果が増大する。

大分大の戸高らは、Fe-Mn-Si 基形状記憶薄帯の形状記憶特性を報告した。Nd を 0.5 ~ 1.0wt% まで添加したところ、いずれも形状記憶効果は 100% であり、飽和磁化は Nd 添加量に応じて増大した。

大分大の戸高らは、インテリジェント誘導加熱材料について報告した。SUS430 に Al 添加と同時に Sm を添加することでキュリー温度を 300°C 程度にできることを見出した。