内外 BM 技術動向

専務理事
大森 賢次

Intermag 2017 が Ireland の Dublin で April 24–28 に開催された。論文が IEEE Transactions on Magnetics (Volume: 53, Issue: 11, Nov. 2017) に掲載されたのでアブストラクトなどを参考にして興味ある内容を紹介する。

国立中正大学 (台湾) の Chang らは、液体急冷法で作製した $YCo_{5-x-y}Fe_xC_y$（x=0-0.3 および y=0-0.3）薄帯の磁気特性および微細構造を調べた。Fe 添加により YCo_5 薄帯の磁気特性（H_{CJ}=144 kA/m および $(BH)_{max}$=16.8 kJ/m^3）は、H_{CJ}=160-224 kA/m および $(BH)_{max}$=21.6-27.2 kJ/m^3 また、C 添加では H_{CJ}=560-1128 kA/m、$(BH)_{max}$=42.4-51.2 kJ/m^3 に向上した。最も興味深いのは鉄と C を共添加した $YCo_{4.6}Fe_{0.3}C_{0.3}$ であり $(BH)_{max}$ は 72.8 kJ/m^3、保磁力は 1200 kA/m となったことである。構造解析と熱磁気分析により Fe と C は YCo_5（5:1）結晶構造に入っており、キュリー温度を高めるほか、C 添加は結晶粒径を細かくして減磁曲線の角形性と $(BH)_{max}$ を向上させることが分かった。$Y(Co,Fe)_5C_x$ 相の形成と構造の微細化が、$YCo_{4.4}Fe_{0.3}C_{0.3}$ 薄帯の硬質磁気特性の向上をもたらす主な理由であるとしている。

北京大学 (中国) の Lu らは、Ce を La で置換することにより、正方晶 2 : 14 : 1 相を有する単相 $(La/Ce)_3Fe_{14}B$ 化合物を液体急冷法で作製した。作製後の $(La_{0.3}Ce_{0.7})_3Fe_{14}B$ 薄帯は 5.51 kOe の高い保磁力を有し、$(BH)_{max}$ は 7.68 MGOe であった。また、SPS 法で焼結した $(La_{0.3}Ce_{0.7})_3Fe_{14}B$ 磁石の磁気特性は不均質粒界および不均質構造のため劣化したが、依然として許容可能な残留磁化および保磁力を有し、5 wt%の NdCu 合金を添加作製した磁石の場合には B_r=5.14 kG、H_{CJ}=5.60 kOe に向上し、$(BH)_{max}$=4.59 MGOe となった。組成を微調整し、微細構造を改良することにより、磁気特性の改善が期待される。

国立中正大学 (台湾) の Lee らは、2 wt%の低融点 $R_{70}Cu_{30}$(R=Nd、Dy および Tb) 合金粉末を添加して NdFeB MQU-F 粉末を熱間塑性加工で異方化した NdFeB 磁石の保磁力増強効果を調べた。$Tb_{70}Cu_{30}$ 粉末を添加した磁石は、$Tb_2Fe_{14}B$ 相が最高の HA を有するために最も高い保磁力増強 (Δ iHc) 効果が見られた。結果は、市販の NdFeB MQU-F 粉末に 2 wt%の低融点 $Tb_{70}Cu_{30}$ 粉末 (約 1.6 wt%の Tb 使用) を添加して高温変形し、続けて 700℃で後焼鈍した結果、H_{CJ}=23.6 kOe となり、8.5 kOe（5.3 kOe/1wt% Tb 保磁力増加）の増加となった。保磁力増強への効果は、NdFeB 焼結磁石の Tb 添加効果で得られる値よりも高い。これは、より部厚い MQ3 マグネットの大量生産と高温での応用のための潜在的かつ経済的な方法であるかもしれないとしている。

CISRI(中国) の Song らは、鉄含有量の多い $Sm(Co_{0.65}Fe_{0.26}Cu_{0.07}Zr_{0.02})_{7.8}$ 異方性焼結磁石のステップ冷却過程における微細構造解析を系統的に調べた。焼結磁石は、約 32.5 MGOe の最大エネルギー積と、約 11.5 kG の残留磁束密度を示した。等温熱処理 (1103 K で 20 時間の熱処理) の段階で気泡構造が形成されていることがわかった。さらに、2:17 セル相の平均セルサイズは～ 150 から～ 105 nm に減少し、ラメラ相の密度はステップ冷却工程で～0.03 から～ 0.05 nm^{-1} に増加する。Cu 濃度は、1103 K の温度で急冷した試料で均一であるが、次いで、873 K までのステップ冷却の間に、特にセル境界において濃縮されて不均一になることが見出された。興味深いことは 873 K で急冷した試料には主相の [010] 帯に沿って典型的な双晶が存在することである。さらに、試料の磁化機構は、核生成が支配的なタイプから、ステップ冷却過程中にピン止めおよび核形成効果が共存するタイプに変換されると推測される。

東北大学の Sharma らは、アモルファスを利用して、従来の処理技術では不可能であった高度に規則化された状態の生成を試みた。アモルファス $Fe_{42}Ni_{41.3}Si_xB_{12-x}P_4Cu_{0.7}$(x=0 ～ 8 at%) 合金薄帯を 400℃で結晶化すると、低温で適切な原子拡散が起こり、$L1_0$FeNi 粒子が析出する。構造評価の結果、高度な化学秩序（S ≧ 0.8）を示した。析出した $L1_0$ 粒子の体積分率は低い。FeSiBPCu の結晶化薄帯は、2 つの磁性相（軟磁性マトリックス中に埋め込まれた硬磁性 $L1_0$FeNi 粒子）から構成される。より高い濃度の Si を含む合金では、高い保磁力（Hc ～ 700-750 Oe）が得られることが分かった。軟磁性マトリックスは Hc に強く影響するため、$L1_0$FeNi の実際のスイッチング磁界（≧ 3.7 kOe）は Hc よりもはるかに高い。また、報告されている規則 - 不規則転移温度より高い温度で $L1_0$FeNi 相が形成されるており、磁化の温度依存性と熱解析の結果から、$L1_0$FeNi 相は 550℃以下の温度で存在すこととが分かった。磁化反転メカニズムは、Hc の角度依存性によれば磁壁ピンニングタイプであることが分かった。

漢陽大學校 (韓国) の Lee らは、液体急冷法で作製した $Zr_{18}Co_{82-x}Cu_xB_2$（x=0, 1, 2, 3, 4) 薄帯の磁気特性と微細構造を調べ、Cu 添加が硬磁性菱面体晶 Zr_2Co_{11} 相の安定化に及ぼす効果を解析した。急冷薄帯では、菱面体晶 Zr_2Co_{11} 相の割合が x=3 まで増加した。さらに、Cu 添加はポスト熱処理過程で菱面体晶 Zr_2Co_{11} 相が Co および $ZrCo_5$ 相に分解するのを抑制する効果がある。特に、熱処理した $Zr_{18}Co_{79}Cu_3B_2$ 薄帯では、菱面体晶 Zr_2Co_{11} 相を有する再結晶粒子が、200 nm の長さを有し、整列した棒状粒子に成長することが分かった。Cu 添加は、急冷薄帯および熱処理した薄帯の両方の保磁力を増加させ、550 ℃で熱処理した $Zr_{18}Co_{80}Cu_2B_2$ 薄帯で 4.7 kOe の保磁力が得られた。

KIMS(韓国) の Cha らは、HDDR 法で作製した等方性粉 $(Nd_{12.5}Fe_{bal.}Ga_{0.3}Nb_{0.2}B_{6.4})$ を真空中 400 MPa、700 ℃でホットプレスして成形した後、変形速度 0.01~0.001 s^{-1} および変形度 0.5~1.5 の異なる変形条件で 700 ℃および 800 ℃でダイアップセットした。ダイアップセット後、球形から板状への粒子形態の変化に伴い、ひずみ強度の増加とともに保磁力は減少し、残留磁束密度は増加した。また、変形温度が高く変形速度が遅い場合は、保磁力をさらに低下させることが分かった。

700 ℃、変形度 1.4、歪み速度 0.001 s^{-1} で製造したダイアップセット磁石の保磁力は 800 ℃でのポスト熱処理後に約 2 kOe 増加した。保磁力、残留磁束密度および $(BH)_{max}$ はそれぞれ 10.4 kOe、12.4 kG および 35.6 MGOe となった。

N.C.S.R. DEMOKRITOS(Greece) の Karamanou らは、 商用の MQU-F を 3 種類の粒度 (>150 μm 62%、31< G s < 38 μm 25%、<4 μm 13%) とし、その粉末表面に、60 ml の Methyl metacrylate(MMA) に 0.6 g の benzoyl peroxide(BPO) を溶かしたモノマーでコーティングした後、1.5 GPa という高圧で成形することで真密度の 82.3 % を達成することに成功した。保磁力は元の粉末の特性を保持したが、角形性が少し劣化した。$(BH)_{max}$ は 8.5 MGOe であった。

CNRS(France) の Tyrman らは、少量の C をドープした $Mn_{55}Al_{45}$ 合金について、広い温度範囲での一連の磁気測定および中性子回折（ND）実験を行った。試料は、液体急冷法およびその後の熱処理で調製した。C 導入の最良の方法は、Mn および Al を $Mn_{23}C_6$ と一緒に溶解することで得られた。強磁性および常磁性τ相ならびに前駆体ε相の構造および磁気特性を測定した。2 つの副格子上の平均磁気モーメントを、磁気データの Weiss プロットと ND データのリートベルト精密解析で求めた。マンガン過剰な Mn-Al-C τ相合金では、L10 結晶格子の 1a および 1d サイトの Mn が異なる大きさの磁気モーメントを反対向きに保有しているいわゆるフェリ磁性となっていることが確認できた。

CNRS(France) の Tyrman らは、スパークプラズマ焼結（SPS）で得た Mn-Al-C 永久磁石の構造および磁気特性を調べた。元相であるε相から強磁性τ相への変換は、焼結プロセスと同時に起こる。タングステンカーバイドの坩堝を使用することにより、焼結温度を低下させることができ、二次相の析出を妨げることができた。その結果、焼結した試料は熱処理した粉末に比較してより高い保磁力を示したが、緻密化を確実にするために微細に粉砕した粉末は、焼結の間に相分解する傾向があることが判明した。

Ames Lab.(USA) の White らは、高純度および真球度を有する 2 種の異なる変性アルニコ "8" 粉末を高圧ガスアトマイズ法で作製し、レーザー加工によるネットシェイピング（LENS）システムを用いて 3 ㎜直径以上、約 20 ㎜高さのシリンダー内に仕込み、次いで熱処理した。磁気特性は、B_r=9 kG、H_{CJ}=1.8 kOe、$(BH)_{max}$=6 MGOe となり、焼結材より高い結果が得られた。また、B_r=7.5 kG、H_{CJ}=2.03 kOe、$(BH)_{max}$=4.8 MGOe という焼結品に匹敵する結果も得られた。これらの結果は、次世代のトラクションドライブモータおよび高温を必要とする他の用途および / または複雑なエンジニアリング部品形状で使用するアルニコ永久磁石のネットシェイプ処理の可能性を示した。

UFSC（Brazil) の Baldissera らは、MQP-S-9-8 粉と 34 vol%のポリアミド 12(PA-12) を混合して作製した粉末を用いて 3D プリンティング法 (AM) で直径・高さ 10 ㎜の試料を作製した。層厚（LT）、ハッチング間隔（HS）およびレーザー出力（LP）の 3 プロセスパラメーターを評価した結果、LT が LP および HS よりもより高密度化に影響することが分かった。ただ、PA-12 の割合が多かったため得られた密度は 3.6 g/㎤であり B_r=0.3 T であった。ただし H_{CJ} ～ 700kA/m であり元の粉末の値が実質的に残っていることが分かった。

長崎大学の Yanai らは、クエン酸を用いて Co-Pt 厚膜を酸メッキ浴に電気メッキし、アニールされた膜の磁気特性を評価した。最大保磁力は、浴中のクエン酸の量に依存する。30 g/L のクエン酸を含む浴では、43 at%の Co 含有量で約 800 kA/m の高い保磁力が得られた。めっき時間の増加に伴って膜厚が直線的に増加し、約 3.5 μm/min という高いめっき速度が得られた。その結果、60 μm の厚さの膜が高い保磁力を維持して実現された。

国立中山大学 (台湾) の Liu らは、シンクロナスリラクタンスモータ (SynRM) の磁束バリアとしてフェライトを適切な量、極性と配置を工夫して挿入することで動作効率と力率を改善した。実用化および構成上の懸案事項については、モータのステータは同じ定格の IM のステータと同一であるが、ロータ構造は、フェライトを収容するためにもともと最適化された基準 SynRM を調整した。目的の PMA-SynRM 設計に対して、特定のフェライト量でトルクとトルクリップルの全体的な影響を特徴付けることができる定義された性能指数に基づいて、リファレンス SynRM の実現可能なロータの変更を評価できる体系的評価プロセスを確立した構造的耐久性および製造上の利便性の問題を考慮してさまざまな負荷条件下の実験で検証した。3 馬力、4 極の PMA-SynRM を設計し、その性能を、対応する基準の SynRM および IM から得られた性能と比較して、その設計の妥当性を検証した。

鹿児島大学の Kai らは、無方向性電磁鋼板のベクトル磁気特性に及ぼす任意のせん断応力の影響について検討した。交番磁束条件および回転磁束条件の両方において H ベクトルの大きさおよび角度は、剪断応力角によって変化した。B ベクトル傾斜角に依存する H ベクトルの大きさと磁気損失は、剪断応力角の影響を強く受けることが分かった。また、B ベクトルと剪断応力方向が平行になると、H ベクトルの大きさと磁力損失が減少することがわかった。一方、回転磁束条件下では、せん断応力が印加されると磁力損失が増加した。これは、せん断応力を加えることにより、無方向性電磁鋼板のベクトル磁気特性を制御することが可能であることを示している。

RWTH Aachen Univ.(Germany) の Leuning らは、シートの厚さを横切り、色々な方向の微細構造を有する積層無方向珪素鋼板では、不均一性を考慮する必要がある。４種の商用品を検討した結果、あるものは非常に等方的であり、あるものは不均質であった。実験結果を検討しているモデルに適用してみた結果、不均質性による計算結果への影響が強調された。ただ、微細構造、テクスチャ、磁気特性の間の相関については、差別化して処理することにより、不均質なグレードであっても、計算値と測定値の誤差が 10%以下の良好な一致を示している。従って、等方性の初期評価が重要であることがわかる。

清州大学校 (韓国）の Jang らは、Fe に 7%、8%、9%、11%の Si-Cr 粉末を混合

した合金をガスアトマイズした後、25 ℃～ 750 ℃で熱処理して粉末の高周波数透磁率への Si 含有量、DO_3 相、B2 相生成の影響を調べた。すべての粉末のアトマイズプロセスで B2 相の形成を抑制することはできなかった。X 線回折装置で測定した Fe-7%、8%および 9%の Si-Cr 粉末における DO_3 相の発生温度は、それぞれ 550 ℃、550 ℃および 450 ℃であった。焼鈍温度を上げると DO_3 相が急激に成長し、Fe-11% Si-Cr 粉末を除いて格子定数は減少した。すべての粉末の保磁力は温度の上昇と共に減少した。しかし、Fe-8%、9% Si-Cr 粉末の保磁力は、450℃での焼鈍後に急激に増加した。透磁率は、Fe-11% Si-Cr 粉末を除いて、温度が上昇すると急激に減少した。したがって、アトマイズしたままの Fe-8% Si-Cr 粉末に於いて最大の透磁率が得られた。熱処理温度による粉末の保磁力および透磁率の変化は、DO_3 相の発生、Si の偏析および電気抵抗率の変化に起因する。

Evatec AG(Switzerland）の Falub らは、8" Si/200 nm 熱 -Si-SiO_2 ウェーハス上に堆積された Fe-28% Co-20% B(at.%) 合金に基づく面内一軸磁気異方性を有する非晶質 FeCoB/AlN 多層薄膜の構造および磁気特性を工業用の高スループットマグネトロンスパッタリングシステムを使用して研究した。プロセス条件およびハードウェア構成に依存して、多層膜は、入射方向に垂直に伸長した表面リップルからなる構造的異方性を示し、多層積層体全体がそのような構造になった。AlN 中間層の厚さおよびスパッタリングプロセスパラメータを変化させることにより、これらの膜の異方性磁界 H_k を 25 ～ 130 Oe の範囲で調整し、磁化容易軸 H_c に沿った保磁力を 0.2-0.3 Oe と低く維持した。多層構造の強磁性共鳴周波数は約 2 GHz であり、磁化ダイナミクスの実験的挙動は、古典的な Landau-Lifschitz-Gilbert モデルによって記述できた。磁区イメージングにより、エッジカーリング磁壁モデルと一致する、隣接する FeCoB 層間の強力な結合が確認できた。

NUST MISIS(RUSSIA) の Nematov らは、アモルファスまたは部分的に結晶構造を有する $Co_{71}Fe_5B_{11}Si_{10}Cr_3$ ガラス被覆マイクロワイヤの磁化プロセスおよび磁気インピーダンス（MI）に対する熱処理および印加応力の効果を調べた。研究中の合金は、アモルファスにストレスを掛けない状態で小さな正の磁歪（約 10^{-8}）を有する。アモルファスマイクロワイヤに引張応力を加えることにより、符号を変える応力依存磁歪による異方性タイプの変化により、ヒステリシスループに急激な変化が観察される。異方性タイプの修正は、再磁化および MI の間に誘導されるより高い周波数での高調波の応力感度を大きく向上させる。部分結晶構造を有するワイヤは磁気特性の顕著な応力依存性を示さなかったが、熱処理後に引張応力を印加したすると保磁力の顕著な増加が観察された。得られた結果を、磁気異方性の磁歪モデルの観点から検討し、合理的な説明がなされた。

NUST MISiS(RUSSIA) の Dzhumazoda らは、キュリー温度が高（613 K）および低（335 K）の 2 つの組成 $Co_{66.94}Fe_{3.83}Ni_{1.44}B_{11.51}Si_{14.59}Mo_{1.69}$ および $Co_{23.67}Fe_{7.14}Ni_{43.08}B_{13.85}Si_{12.26}$ のガラス被覆アモルファスマイクロワイヤにおける磁気インピーダンス（MI）の温度依存性を調べた。第 1 のタイプのワイヤは、小さな負の磁歪を有し、MI 検知素子として広く使用されている。センサ動作のためには、温度安定性が最も重要であるが、20 ℃～ 90 ℃の中温で MI が変化し、低磁場ではほぼ 200 %であることがわかった。これは、残留応力と応力依存磁歪の高温感受性によって説明され、これは磁化容易軸方向で急激な変化をもたらした。低いキュリー温度 T_c および正の磁歪を有する第 2 のタイプのワイヤは、磁化飽和および磁歪が低下したために、T_c の近傍でのみ、インピーダンスの大きくかつ高感度な変化を示し、一方、双安定タイプの磁化反転が残る。動的透磁率の周波数分散は、高周波特性および MI を抑制する T_c に近づくにつれて、より低い周波数にシフトする。このような MI の温度依存性は十分に制御可能であり、温度センサの用途に提案されている。

Univ. of Alabama(USA) の Ariake らは、$Fe_{73}Co_{25}Al_2$ 合金薄膜の軟磁気特性と磁化ダイナミクスの膜厚依存性の系統的検討を行った。これらの膜は、膜面に垂直に成長した柱状構造を有し、柱の平均幅は約 30 nm である。飽和磁化 M_s は約 1550 emu/cc であり、膜厚は 10 ～ 120 nm の範囲でほとんど変化しない。保磁力 H_c は膜厚が 11 ～ 50 nm の範囲で 15 ～ 64 Oe の範囲で増加し、さらに厚さが増加すると若干減少することがわかる。溶融シリカおよび MgO（100）基板上に堆積された膜のそれぞれにおいて、12~66 GHz の周波数範囲にわたって強磁性共鳴によって測定された実効減衰パラメータ α_{eff} は、膜厚が減少すると 0.0004 および 0.0006 に減少することが見出された。

Univ. of Perugia(Italy) の Candeloro らは、積層ゴス組織磁性材料における結晶粒配向の非破壊診断に関する予備的研究を提示した。局部格子方位の再構成は、非接触磁気測定および遅角プロットの精緻化によって得られる表面磁気異方性を利用することによって達成される。さらに、実験測定値を、結晶粒の磁気シミュレーションと比較して、システムの局所的な方向を外挿した。磁化容易軸と圧延方向との間の傾斜角の評価、並びに積層面に対する他の軸の角度の評価を、Fe-Si 粒子配向合金試料の異なる粒子に対して行った。

河北工業大学 (中国）の Zhao らは、パルス幅変調（PWM）技術は、現代の高速電気機器に一般的に使用されている。基本周波数は、典型的には、新しい SiC または GaAs ベースのパワートランジスタモジュールによって決定されるように、数十キロヘルツのスイッチング周波数を有するキロヘルツの範囲である。スイッチングは、主要なヒステリシスサイクルでマイナーループを導入し、100 μs 以下のオーダの持続時間をもたらし、結果として磁化ダイナミクスは強い表皮効果の影響を受ける。しかし、これらのマイナーループは振幅が比較的小さいので、それらの構成式は、マイナーループの平均勾配およびその静的エネルギー損失に応じて、等価透磁率（実数または複素数）で記述することができる。この透磁率を検索することによって、古典的な損失は、マクスウェル方程式の解析解によって直接的に計算される。本論文では、マイナーループの準線形近似に基づいて、0.194 mm 厚の無方向性 Fe-Si 3.2 %シートの PWM 誘導波形の磁気エネルギー損失を測定して計算した。50 mT と 0.2 T の間の小ループピークの振幅と 10 kHz まで

の周波数を調べた。結果は、提案されたモデルと 5 %以内で一致した。

長崎大学の Yanai らは、塩化アンモニウム（NH_4Cl）を添加したメッキ浴中で Fe-Ni 膜を電気めっきし、膜の磁気特性を評価した。NH_4Cl の量は、めっきプロセスの現在の効率および膜中の Fe 含有量に影響を与えなかった。約 95 %電流効率は、我々の以前の研究よりもはるかに高い。保磁力は NH_4Cl の添加量が 0 ～ 15 g/L になると劇的に減少し、非常に低い保磁力（10 A/m）の $Fe_{22}Ni_{78}$ 膜が得られた。メッキ浴中の Cl- 濃度は保磁力に影響し、低い保磁力を有する $Fe_{22}Ni_{78}$ 膜を得るためには、適度な低濃度の Cl- を有するメッキ浴が好ましいことがわかった。

長崎大学の Yanai らは、深い共晶溶媒は電気めっきによる Fe 系軟磁性膜生成で高い電流効率を示すため有望な溶媒である。本論文では、電気めっきした Fe-Ni 膜の表面粗さと軟磁気特性を改善するための添加剤としてグリシンを用いた。グリシン使用浴から調製した Fe リッチ膜（> 70 at.%）の保磁力は、非グリシン浴の保磁力よりも低い値を示した。メッキされた $Fe_{75}Ni_{25}$ 膜の表面粗さおよび結晶構造の評価から、表面が平滑で、フィルム中のアモルファス磁性相の体積分率の増加によって有効な結晶異方性が得られることが、グリシン系浴で作製した Fe リッチ膜の保磁力を小さくできる理由であることが分かった。

Univ. of Sheffield(U.K.) の Xue らは、低スイッチング周波数インバータで給電される電気機械の鉄損予測に焦点を当てて検討した。 改良された鉄損モデルは、パルス幅変調（PWM）の影響を考慮して、様々な既存の鉄損モデルを検討した後に開発される。改善された鉄損モデルを検証するために、鉄損試験が電気機械で実行される。予測された鉄損の結果は測定結果とよく一致し、改善された鉄損モデルはインバータによって給電される電気機械の鉄損が予測できることを示した。PWM の影響を考慮した場合としない場合の予測鉄損の比較により、PWM の影響により鉄損が大幅に増加することが判明した。特に、スイッチング周波数が低い場合に顕著である。

漢陽大学校 (韓国) の Lee らは、Fe-4.5wt % Si 粉末に MgO 被覆を試みた。MgO 粉を H2O と混合してゲル状液を作成し、磁性粉末にコートした後 90%VolN2、10%vol%H2 中で 800℃で 6 時間処理をした。FeSi 表面の Si が酸化され SiO2 になったものと MgO が反応して強固な Mg2SiO4 が形成され高い電気抵抗の被膜が得られた。その結果、コア材の鉄損は 800A/m の磁界下 100-200kHz の周波数でそれぞれ 43-93W/kg となった。WPC 用として MnZn フェライトや NiZn フェライト代替が可能である。

信州大学の Sugimura らは、新規な高周波電力変換用バルク磁心を実現するために、表面酸化された Fe 系アモルファス粉末 (2.56 μ m 粒度の 87.83Fe-6.59Si-2.54B-2.53Cr0.51C)/ エポキシ樹脂複合コアをリークトランス用に開発し、48V 入力 / 24V 出力の GaN パワーデバイス MHz スイッチング LLC 共振 DC-DC コンバータに応用した。複合コアトランスを使用したコンバータは、36W の出力で最大効率 93.1%、24 から 120W の出力範囲で高効率 90%を示した。Fe-AMO/ エポキシ樹脂複合コアは、コア損失が小さいため、MHz 電力変換のための Ni-Zn フェライトコアより優れている。さらに、耐熱性樹脂マトリックスおよび金属粉末のキュリー温度が高いことに起因する、より高い熱安定性もまた利点であると報告した。

嶺南大学校 (韓国）の Lee らは、EM 吸収および遮蔽効果を評価するために、MGF 充填 PC 複合シートを無電解めっきを用いて調製した。高導電性ネットワークは、磁性金属で被覆された布地と複合シート内の導電性 Ni グリッドによって形成した。PC 複合材に充填された MGF の電力吸収は、10GHz で 86%を超える良好な吸収挙動を示した。電力損失において、有効媒体の誘電特性は、透過性効果および導電性ネットワークの誘電特性よりも小さくなるであろう。PC 複合シートにおける 2 層 MGF のデカップリング効率は、PC 複合シートに充填された 1 層 MGF のものと比較して向上した。これらの結果は、近接場における代表的な Cu ホイルの結果と同等である。PC コンポジットシート中の Ni gird を有する 2 つの MGF の EMI SE は、X バンド領域で約 72dB 以上を示した。これらの値は Cu 箔に匹敵する。その結果、PC 複合シート中の Ni グリッドを有する積層 MGF は、近距離場及び遠方場における EMI 対策のための良好な候補材料の 1 つである。