高周波用 Co 基アモルファス超薄帯磁心の磁気特性

正員 八木 正 昭 (宮城高専)

非会員 沢 孝 雄 (東芝材応研)

正員 山 崎 二 郎 (九州工大)

Magnetic Properties of Ultrathin Co-Based Amorphous Ribbon Cores

Masaaki Yagi, Member (Miyagi National College of Technology), Takao Sawa, Non-member (Toshiba, New Materials Engineering Laboratory), Jiro Yamasaki, Member (Kyushu Institute of Technology)

Ultrathin $[(\text{Fe}_{0.05}\text{Co}_{0.95})_{0.95}\text{Cr}_{0.05}]_{75}(\text{Si}_{10.5}\text{B}_{0.5})_{25}$, $[(\text{Fe}_{0.05}\text{Co}_{0.95})_{0.94}\text{Cr}_{0.06}]_{76}(\text{Si}_{10.5}\text{B}_{0.5})_{24}$ amorphous ribbons were fabricated by a single roller technique in vacuum. Extremely low core loss and high initial permeability were attained in the range of 100 kHz~10 MHz for the cores made of 4~5 μm thick ribbons. For 4.7 μm thick ribbons, the core loss at 1 MHz was 0.86 J/m^3 ($=860 \text{ mW/cc}$) for $B_m = 0.1 \text{ T}$. This value was about 30~40% of those of Mn-Zn high-frequency ferrites and 5 μm Supermalloy tape wound cores. In addition, the initial permeability of this core measured at 1 and 10 MHz were about 13,000 and 1,200 for $H_m = 2 \text{ mOe}$, respectively.

Furthermore, the effect of transverse magnetic field annealing on the magnetic properties was also studied. The domain patterns of some ultrathin ribbons were observed by the Kerr effect and their relation to the soft magnetic properties was discussed.

キーワード: Co 基アモルファス合金, 高周波用磁心, 極薄薄帯, 低磁心損失, 高透磁率

1. ま え が き

近年, 各種の電子機器の小形化・軽量化の要求に従って, 電子機器用スイッチング電源の小形化が重要な課題になっている。このために, スwitching周波数の高周波化が進められ, 既に 200~500 kHz のものが実用に入っているようであり, 1 MHz を超える回路の研究も数年前から始まっており⁽¹⁾, 近い将来, MHz 帯をスイッチング周波数とする電源の実用化が強く期待されている。

回路・方式の研究に続いて, 最近, 電源用の種々の高周波磁心の開発研究も活発に行われている。新しく開発された磁心の代表的なものには, 高周波用フェライト磁心⁽²⁾, Fe 基微細結晶薄帯磁心⁽³⁾, 更に実用 Co 基のアモルファス薄帯磁心などがある。しかし, いずれの磁心も MHz 帯を動作周波数とするには, 磁心損

失を更に減少させる必要がある。

Co 基アモルファス薄帯は, 優れた軟磁性と高い抵抗率を有しているので, 高周波磁心として広く用いられてきたが, 渦電流損を下げるための板厚の極薄化が従来の製造法では極めて困難であり, この問題がアモルファス薄帯のいっそうの低損失化・高周波化にとって最も大きな課題となっていた。

通常, アモルファス薄帯は大気中のロール超急冷法で製造されているが, この製造法では溶融合金と冷却ロールの間に空気を巻込むので, 薄帯表面の凹凸やくぼみが避けられず, 実用製造の板厚の最小限界は 15~20 μm 程度とされてきた。

そこで, 著者らは, MHz 帯で実用できる極薄の低損失磁心を得るために, 真空中のロール超急冷法による薄帯製造法を詳しく検討してきた。その結果, 板厚 10 μm 以下のアモルファス薄帯の作製に成功し, 従来

のアモルファス磁心に比べ、大幅に損失を低減できることを明らかにした⁽⁴⁾⁽⁵⁾。

本研究では、更に低損失化を図るために、合金組成、製法条件および熱処理法などを詳しく検討した結果、板厚 $4.7\text{ }\mu\text{m}$ の Fe-Co-Cr-Si-B 薄帯で、最大磁束密度 $B_m=0.1\text{ T}$ 、周波数 1 MHz 、 100 kHz のとき、それぞれ、 0.86 J/m^3 、 0.13 J/m^3 の超低損失特性が得られた。

更に薄帯幅方向の磁界中熱処理について検討し、MHz 帯の透磁率および磁心損失の改善の可能性あることを明らかにした。また、カー効果による磁区観察では、幅方向磁界熱処理を施した薄帯において、磁壁の固着化や移動の抑制の現象を見だし、MHz 帯での軟磁気特性改善と磁区構造の関係を考察した。

本論文では、これらアモルファス超薄帯磁心の低損失化の検討結果を報告する。

2. 試料作製・実験方法

本研究のアモルファス超薄帯は、真空中の超急冷法を用いて作製した。主な作製条件は次のとおりである。

作製原理：単ロール超急冷法

作製雰囲気：真空， $3\sim 5\times 10^{-5}\text{ Torr}$

合金組成： $((\text{Fe}_{0.05}\text{Co}_{0.95})_{0.95}\text{Cr}_{0.05})_{75}(\text{Si}_{0.5}\text{B}_{0.5})_{25}$
 $((\text{Fe}_{0.05}\text{Co}_{0.95})_{0.94}\text{Cr}_{0.06})_{76}(\text{Si}_{0.5}\text{B}_{0.5})_{24}$

溶解法：高周波誘導加熱法

冷却ロール：鉄（直径 240 mm ， $3,000\sim 4,200\text{ rpm}$ ）

ノズル：透明石英（方形スリット付き）

射出圧： $0.005\sim 0.04\text{ kg/cm}^2$

極薄アモルファス薄帯の作製法は、原理的には通常の大気中の製造法と全く同様であるが、極薄化を図るために、雰囲気制御、製造装置の振動の低減、溶融合金の射出量の制御などが重要である。

作製した薄帯は表面が極めて平滑で、平均板厚 $3\sim 10\text{ }\mu\text{m}$ 、板幅約 5 mm である。平均板厚は秤量法と SEM および電気マイクロメータによって決めた。

磁心損失の測定には鉄損計測システム（Ryowa MMS-0375 D, Iwatsu SY-8617）を用いた。透磁率はインピーダンスアナライザ（YHP 4192 A）を用いて求めた。特性測定の試料は、すべて熱処理を施したトロイダル磁心（直径 10 mm ）である。ひずみ取り熱処理条件は、 440°C 、 30 分 （Ar ガス中）である。磁界中熱処理は、ひずみ取り後に更に 1 kOe 、 200°C 、 1 時間 の条件で行った。

磁区観察には Kerr 効果を利用した超高感度ビデオカメラシステムを用いた。

3. 磁心損失

〈3・1〉 直流ヒステリシス損失 図 1 に Fe-Co-Cr-Si-B 系アモルファス超薄帯磁心の、直流 B - H ループから求めた直流ヒステリシス損失 W_h を示した。比較のために、Fe-Co-Si-B アモルファス薄帯磁心とスーパーマロイ磁心の W_h を示した。アモルファス磁心の W_h は、スーパーマロイと同様、最大磁束密度 B_m の増加に従って、 $B_m^{1.5\sim 1.7}$ で増加しているが、極薄の $5\text{ }\mu\text{m}$ のスーパーマロイ磁心に比べて極めて小さく、Fe-Co-Si-B 系では $1/4\sim 1/6$ 、Fe-Co-Cr-Si-B 系では $1/10\sim 1/40$ である。

極薄のスーパーマロイ磁心の W_h が大きいのは、圧延と熱処理の繰返し過程で生じる結晶粒の微細化によると説明されているが⁽⁶⁾、結晶組織をもたないアモルファス薄帯磁心の場合、本質的にこの問題がなく、特に Fe-Co-Cr-Si-B 系で W_h が大幅に減少しているのは、Cr の添加によって、誘導磁気異方性が大きく抑制されて軟磁性が向上した結果と考えられる。更に、

図 1 アモルファス超薄帯磁心の直流ヒステリシス損失

Fig. 1. DC hysteresis loss of ultrathin amorphous ribbon cores.

溶融合金と冷却ロールとの間のぬれ性が良くなり、急冷効果が高まり、同時に薄帯表面の平滑度が向上したことも W_h の減少に寄与していると思われる。

本研究の Fe-Co-Cr-Si-B 系アモルファス超薄帯の磁心損失 W_c が極めて低いのは、極薄化による渦電流損 W_e の低減効果が大いだが、同時に、上述したように、 W_h の低減効果も大きいためであり⁽⁵⁾、高周波用磁心の場合も W_h の低減は重要な問題である。

以上述べたように、Fe-Co-Cr-Si-B アモルファス薄帯の W_h は格段に小さいが、以下に述べるように、5~6 μm 以下の板厚では増加の傾向が見られる。

図 2 には直流ヒステリシス損失 W_h と表面粗さの板厚との関係を示した。アモルファス磁心の W_h は、板厚 5~6 μm 程度まではだいたい一定の値を示しているが、それ以下の薄さになると急激に増加し、3.8 μm では 6 μm 以上の場合の 3~4 倍の値になっている。

表面粗さは、薄帯幅方向に触針型粗さ計を走査して測定したもので、深さ 0.25 μm 以上の凹凸の 1 mm あたりの数で表してある。凹凸の数は、薄帯のロール面(急凝固過程で溶融合金がロールに接触する面)およびその逆のフリー面共に、板厚 5 μm 程度以下で急激に増加している。図からわかるように、表面粗さの板厚依存性は W_h の板厚依存性とだいたい一致しており、 W_h の増加は薄帯表面の粗度の増加によるものと

図 2 直流ヒステリシス損失と薄帯表面粗さの板厚依存性

Fig. 2. Thickness dependence of DC hysteresis loss and surface roughness.

考えられる⁽⁷⁾。超薄帯の表面の粗度の増加は、作製装置の振動や溶融合金の制御など作製方法・条件に起因するものと考えられ、極薄化にとっても重要であるので、更に詳しく検討中である。

〈3・2〉 磁心損失の板厚依存性 図 3 にはアモルファス超薄帯磁心の最大磁束密度 $B_m = 0.1\text{ T}$ の場合の、1 周期当たりの磁心損失 W_c と板厚の関係を示した。

((Fe-Co)Cr_{0.05})₇₅(Si-B)₂₅ アモルファス薄帯の場合、2~10 MHz の範囲では、板厚の減少に従って W_c が減少している。しかし、1 MHz 以下では異なった特性を示している。すなわち、板厚が 5 μm 以下の超薄帯の場合、1 MHz ではほぼ一定の値を示し板厚の低減による効果が見られなくなり、更に数百 kHz の領域では板厚の減少に伴って逆に増加している。板厚 3~5 μm の超薄帯の W_c の低周波域での増加の原因は、上に述べた直流ヒステリシス損 W_h の増加のほかに、磁壁数の減少などの磁区構造の変化による渦電流損の増加に起因しているものと思われる⁽⁵⁾。

一方、((Fe-Co)Cr_{0.06})₇₆(Si-B)₂₄ アモルファス超薄帯では、このような傾向が見られない点の特徴で、 W_c は板厚の減少に従って減少し、板厚 4.7 μm の場

図 3 アモルファス超薄帯磁心の 1 周期当たりの磁心損失の板厚依存性

Fig. 3. Thickness dependence of core loss per cycle at 100 kHz-10 MHz for $B_m = 0.1\text{ T}$.

合, 1 MHz で著者らの従来の最小値 1 J/m^3 を下回る 0.86 J/m^3 の極めて低い値が得られている。この理由は, 詳しくは検討中であるが, Cr の添加量のわずかな増加によって誘導磁気異方性が更に抑制され, その結果, Cr の添加量の少ない場合と異なり⁽⁵⁾, 磁区観察結果の項で示すように, 多数の微細な磁区が生成さ

図 4 アモルファス超薄帯磁心と他の高周波用磁心の磁心損失の周波数依存性
Fig. 4. Comparison of frequency dependence of core loss for ultrathin amorphous cores and other core materials.

表 1 アモルファス超薄帯磁心と他の代表的な高周波磁心の 1 周期当たりの磁心損失の比較
Table 1. Core loss per cycle of ultrathin amorphous cores compared with other core materials used high-frequency range for $B_m=0.1 \text{ T}$.

Core materials	Core loss W_c for $B_m=0.1 \text{ T}$ (J/m^3)				
	100 kHz	500 kHz	1 MHz	2 MHz	5 MHz
3.8 μm ((FeCo)Cr) _{0.05} ₇₅ (SiB) ₂₅	0.23	0.62	1.0	1.5	4.0
5.5 μm ((FeCo)Cr) _{0.05} ₇₅ (SiB) ₂₅	0.16	0.58	1.0	2.0	5.2
Ultrathin Amorphous					
4.7 μm ((FeCo)Cr) _{0.06} ₇₆ (SiB) ₂₄	0.13	—	0.86	—	—
7.4 μm ((FeCo)Cr) _{0.06} ₇₆ (SiB) ₂₄	0.16	0.68	1.2	2.2	5.2
7.4 μm ((FeCo)Cr) _{0.06} ₇₆ (SiB) ₂₄ ($H_{\perp}$)	0.17	0.63	1.1	2.0	4.7
Mn-Zn High frequency Ferrite (Ref. 2)	0.60	1.2	2.5	—	—
7.2 μm Fe-based Nanocrystal. ($H_{\perp}$)(Ref. 3)	0.44	1.3	—	—	—
5 μm Supermalloy tape core (Ref. 8)	0.80	1.8	2.8	4.9	9.7

($H_{\perp}$): Transverse mag. field ann.

れたためと思われる。

〈3・3〉 磁心損失の周波数特性 図 4 にはアモルファス超薄帯磁心の 1 周期当たりの磁心損失 W_c の周波数依存性を示した。アモルファス超薄帯磁心は, 測定した全範囲にわたって, 極薄スーパーマロイ磁心, 高周波用フェライト磁心および Fe 基微細結晶磁心に比べ, 格段に小さな値を示している。例えば, 板厚がほぼ等しい $5.5 \mu\text{m}$ のアモルファス磁心[図中(2)]と $5 \mu\text{m}$ のスーパーマロイ磁心⁽⁸⁾ [図中(7)]を比較すると, 100 kHz, 1 MHz, 10 MHz において, 前者は後者に対して, それぞれ約 1/5, 1/3, 1/2 値になっている。同様に, $6.9 \mu\text{m}$ のアモルファス磁心と $7.2 \mu\text{m}$ の Fe 基微細結晶磁心⁽³⁾を比較すると, 測定された範囲で, アモルファス磁心はほぼ 1/2 の低損失である。

表 1 には, $B_m=0.1 \text{ T}$ のときの, 本研究のアモルファス超薄帯磁心と他の代表的な高周波用磁心の W_c の値の比較を示した。本研究で得られた板厚 $5 \mu\text{m}$ 前後の Co 基アモルファス超薄帯磁心の磁心損失は, 最近開発された高周波用フェライト磁心⁽²⁾ および Fe 基微細結晶超薄帯磁心⁽³⁾ に比べても 30~40% の低い値で, 高周波で格段に優位性のあることが明らかである。100 kHz および 1 MHz の W_c の最小値は, 板厚 $4.7 \mu\text{m}$ の ((Fe-Co)Cr)_{0.06}₇₆(Si-B)₂₄ 磁心の, それぞれ 0.13 J/m^3 ($=13 \text{ mW/cc}$), および 0.86 J/m^3 ($=860 \text{ mW/cc}$) である。

4. 透磁率の周波数特性

図 5 に励磁境界 $H_m=2 \text{ mOe}$ のときのアモルファス超薄帯磁心の初透磁率 μ' の 1 kHz~10 MHz の周波数特性を示した。((Fe-Co)Cr)_{0.06}₇₆(Si-B)₂₄ および ((Fe-Co)Cr)_{0.05}₇₅(Si-B)₂₅ アモルファス磁心は, 共に 100 kHz 以上の高周波領域で極めて高い透磁率を示し

図 5 アモルファス超薄帯磁心の初透磁率の周波数特性

Fig. 5. Frequency dependence of initial permeability for a driving field of $H_m=0.2$ mOe.

ている。前者の板厚 $4.7 \mu\text{m}$ は 100 kHz で $60,000$, 1 MHz で $13,000$, 10 MHz で $1,200$, 後者の $5.5 \mu\text{m}$ の磁心では、それぞれの周波数で $55,000$, $10,000$, $1,200$ の値が得られている。また、前者 $7.4 \mu\text{m}$ の磁心は 1 kHz で $160,000$, 100 kHz で $80,000$ の高い値を示している。しかしながら、 $((\text{Fe-Co})\text{Cr}_{0.05})_{75}(\text{Si-B})_{25}$ アモルファス磁心の場合、板厚を更に減少させた 3.9 , $3.3 \mu\text{m}$ では、 10 MHz で μ' のわずかな増加が認められ、 $3.3 \mu\text{m}$ では $1,600$ の値が得られているが、 $1 \sim 100 \text{ kHz}$ の低周波領域では μ' は逆に急激に減少している。

この原因は詳しくは不明であるが、薄帯試料の磁区観察の結果、 $5 \mu\text{m}$ 以下の超薄帯では磁壁数の減少傾向が認められ、磁壁移動が支配的になる低周波領域での超薄帯の μ' の減少と磁心損失の増加は、共に磁壁数の減少によるものと考えられる⁽⁵⁾。

5. 薄帯幅方向磁界中熱処理効果

〈5・1〉 軟磁気特性に及ぼす効果 アモルファス合金の誘導磁気異方性を飽和磁化（キュリー温度）の低減や磁界中熱処理によって制御し、軟磁気特性を向上させようとする試みは従来からもなされており、数十 kHz までの周波数領域では効果があることが報告されているが⁽⁹⁾, MHz 帯での磁界中熱処理効果に関

図 6 磁心損失に及ぼす幅方向磁界中熱処理効果
Fig. 6. Effect of transverse magnetic field annealing to ribbon axis on core loss.

図 7 初透磁率に及ぼす幅方向磁界中熱処理効果
Fig. 7. Effect of transverse magnetic field annealing on initial permeability.

してはほとんど明らかになっていない。

そこで本研究では、MHz 帯での軟磁気特性を改善することを目的に、薄帯幅方向の磁界中熱処理効果に

ついて検討した。熱処理条件は、予備実験において最適ひずみ取り条件と判明した 440°C、30 分で無磁界中でひずみ取り熱処理した後⁽¹⁰⁾、更に幅方向に 1 kOe、200°C、1 時間の磁界中熱処理を行った。

図 6 および図 7 には、 $(\text{Fe-Co})\text{Cr}_{0.06}\text{(Si-B)}_{24}$ の磁心損失および初透磁率に及ぼす幅方向磁界中熱処理の効果を示した。図 6 の磁心損失 W_c では、ひずみ取りだけの熱処理に比べ変化は小さいが、幅方向磁界中熱処理を施すと、100 kHz では磁心損失はやや増すが、数百 kHz 以上で磁心損失の低減効果がわずかに現れ、MHz 領域で 10~15% の損失低減が認められた。図 7 の初透磁率 μ' では、幅方向磁界中熱処理によって、数十 kHz までの低周波領域で大幅に減少し、MHz 帯では 40~50% 向上している。このように、磁化回転が支配的になると考えられる MHz 帯において、大振幅励磁の磁心損失の低減効果はまだ小さいが、小振幅励磁の場合の初透磁率の改善には効果があ

ることがわかった。これら特性と磁区構造の関係を検討するために次節で述べるような磁区観察を行った。

〈5・2〉 磁区観察結果 磁区観察には、特性測定を行った上述の $(\text{Fe-Co})\text{Cr}_{0.06}\text{(Si-B)}_{24}$ と同一ロットの薄帯を、研磨や表面処理は施さない状態で、長さ数 cm 程度のリボン状で使用した。

図 8 はひずみ取り熱処理だけを施した試料の観察結果である。図の磁区模様は、薄帯長手方向にいったん正の十分大きな直流磁界 ($H=8.8$ Oe) を加えた後、磁界を 0 に戻し、逆に負の磁界を加えた場合のものである。磁界を 0 から負の方向に増加させると、数 μm ~10 μm の極めて微細な磁区が視野全体から多数現れ (図では白っぽくもややと現れている) [(b) 図]、更に磁界を増加すると、これら反転磁区が成長して負の飽和に至っている (図では全体に白っぽくなる) [(c) 図]。このように、明瞭な磁壁や大きな磁区は観察されない点が特徴である。これらの結果から、こ

図 8 ひずみ取り熱処理を行ったアモルファス超薄帯の磁区模様

Fig. 8. Domain patterns of ultrathin amorphous ribbons for stress relief annealing.

図 9 幅方向磁界中熱処理を行ったアモルファス超薄帯の磁区模様

Fig. 9. Domain patterns of ultrathin amorphous ribbons for transverse magnetic field annealing.

の試料薄帯の誘導磁気異方性は非常に小さい程度にまで抑制されていることがうかがえる。このような多数の微細な磁区が、先に示したこの合金系の超低損失・高透磁率特性に寄与しているものと考えられる。

図 9 はひずみ取り熱処理後に更に再び幅方向磁界中熱処理を加えた試料の観察結果である。観察は、上述の場合と同様、長手方向に十分大きな磁界を加えた後、磁界 0 から逆に負に磁界を増加させながら行った。 $H=0$ のときの磁区模様は、図に見られるように、薄帯幅方向に（長手方向にほぼ垂直に）平行な明瞭な磁壁によって構成されており、平均磁区幅は約 $100\ \mu\text{m}$ である。これらの磁壁は薄帯長手方向に磁界を増加させても、ほとんど動かない点が大きな特徴である（(b)図）。更に、磁界を大きく増加させても磁壁の移動は認められず、(c)図のように明瞭だった磁壁が崩れ、磁壁そのものが消滅するように見える。これは磁化の反転が主に磁化回転で行われていることを示しているものと思われる。また、これら磁区の振舞いは磁界の印加方向を正負逆にしても、同一場所に磁壁が再現性良く観測され、磁壁は固着されていると考えられる⁽¹⁰⁾。

これら磁区観察結果を〈5・1〉節で述べた磁気特性に直接結びつけることはできないが、定性的には次のように考えることができる。すなわち、幅方向磁界熱処理で、多数の極めて微細な磁区から幅方向に平行に固着された磁区構造に変化したことによって、磁壁移動が支配的な低周波領域では透磁率の大幅な低下と損失の増加が生じ、磁化回転が支配的と考えられる MHz 帯では初透磁率の改善がもたらされたものと思われる。これら固着化された幅方向磁区を更に細分化できれば、MHz 帯での大振幅励磁の磁心損失のいっそうの低減が可能になると考えられ、今後更に検討する予定である。

6. む す び

以上、Co 基アモルファス超薄帯磁心の高周波磁気特性について述べたが、これら磁心は従来の高周波用磁心に比べ、格段に低い磁心損失と高い透磁率を有しており、1 MHz 以上を動作周波数とする電源機器などへの実用が十分期待できると考えられる。本研究で明らかになった主な点は次のとおりである。

(1) 板厚 $5\ \mu\text{m}$ 前後のアモルファス薄帯磁心の 1 MHz の磁心損失は、代表的な他の高周波用磁心の 30~40% の低い値である。更に初透磁率は 1 MHz で約 10,000、10 MHz で 1,000~1,500 の極めて高い値で

ある。

最小磁心損失は、板厚 $4.7\ \mu\text{m}$ 磁心の場合で、 $B_m = 0.1\ \text{T}$ のとき、100 kHz で $0.13\ \text{J/m}^3 (=13\ \text{mW/cc})$ 、1 MHz で $0.86\ \text{J/m}^3 (=860\ \text{mW/cc})$ である。

(2) Cr を少量添加すると、軟磁気特性の改善と極薄化の加工の両面で有効であることがわかった。合金組成比と磁気特性および磁区構造との詳細な関係については、今後、更に検討する必要がある。

(3) 幅方向磁界中熱処理について検討した結果、MHz 帯の透磁率や磁心損失などの軟磁気特性が改善できる可能性があることがわかった。

(4) 磁区観察の結果、上記の高周波磁気特性の改善には薄帯幅方向の磁区の細分化と磁壁の固着化が寄与しているものと考えられる。

本研究について有益な御助言や御支援をいただいた大阪大学 白江教授、千葉大学 神教授はじめ、電気学会マグネティックス研究会の方々に感謝の意を表す。本研究の一部は、文部省科研費・一般研究(C) (平成 2~3 年度) および試験研究(B) (平成 3 年度) の補助を受けて行われた。関係各位に感謝する。

(平成 3 年 9 月 2 日受付)

文 献

- (1) K. Harada, T. Nabeshima, R. Hiramatsu & I. Norio: "A DC-to-DC Converter Controlled by Magnetic Amplifiers with 1 MHz Switching", IEEE PESC'84 Record, p. 382 (1984)
- (2) T. Sano, A. Morita & A. Matsukawa: "A New Power Ferrite for High Frequency Switching Power Supplies", Proc. of HFPC Conf., San Diego, CA, May 1-5, 1988.
- (3) 吉沢・山内:「超微結晶合金「ファインメット」の誘導磁気異方性および磁気特性の板厚依存性」, 日本応用磁気学誌, 14, 193 (1990)
- (4) M. Yagi, T. Sato, Y. Sakaki, T. Sawa & K. Inomata: "Very low loss ultrathin Co-based amorphous ribbon cores", J. Appl. Phys., 64, 6050 (1988)
- (5) M. Yagi & T. Sawa: "Soft Magnetic properties of Ultrathin Co-Based Amorphous Ribbons with Thickness of 3-10 μm ", IEEE Trans. Magnetics, 26, No. 5, 1409 (1990)
- (6) 柳・佐藤:「高周波用 Superalloy 磁心の最小損失条件」, 通信学論, J-68C, 202 (昭 60-3)
- (7) 八木・沢:「アモルファス超薄帯磁心の高周波磁気特性」, 電気学会マグネティックス研資, MAG-90-118 (平 2)
- (8) T. Sato & Y. Sakaki: "100 kHz-10 MHz Iron Loss Measuring System", IEEE Trans. Magnetics, MAG-23, 2593 (1987)
- (9) T. Sawa, S. Hashimoto & K. Inomata: "Magnetic Properties of Co-Based Amorphous Alloys Annealed with Magnetic Field Transverse to the Ribbon Axis", ibid., MAG-23, 3509 (1987)
- (10) 八木・沢:「アモルファス超薄帯磁心の熱処理効果」, 電気学会マグネティックス研資, MAG-91-138 (平 3)

八 木 正 昭 (正員)

昭和16年12月15日生。40年3月東北大学工学部電気工学科卒業。41年10月同大学工学部電気工学科助手, 53年7月宮城高専電気工学科講師, 55年4月同助教授, 59年7月同教授, 現在に至る。工学博士。アモルファス磁性材料と応用に関する研究に従事。日本応用磁気学会, 日本金属学会会員。

山 崎 二 郎 (正員)

昭和21年2月27日生。49年3月九州大学大学院工学研究科修士課程修了。51年3月同博士課程中退。同年4月同大学工学部電気工学科助手, 58年11月九州工業大学講師, 59年6月同助教授, 63年6月同教授, 現在に至る。アモルファス磁性体, 永久磁石材料の物性と応用に関する研究に従事。日本応用磁気学会, 日本応用物理学会, IEEE 会員。

沢 孝 雄 (非会員)

昭和53年慶応義塾大学大学院工学研究科修士課程修了。同年(株)東芝入社, 現在, 同社新素材応用研究所に勤務。アモルファス合金の材料応用に関する研究開発に従事。