

⚠ 重要なお知らせ NOTICE OF DISCLAIMER

- 本解説書に記載された情報の使用に際して、弊社もしくは第三者の特許権、著作権、その他知的所有権などの権利に対する保証または実施権の許諾を行うものではありません。また、本解説書に記載された情報を使用したことによって、第三者の知的所有権などの権利に関わる問題が生じた場合、弊社はその責を負いませんのであらかじめご了承ください。
 - 本解説書の一部または全部を、弊社の文書による承認なしに転載または複製することを固くお断りいたします。
 - 本製品についての詳細な取扱説明書あるいは仕様書を用意しております。ご使用に際しましては、その内容を十分ご確認のうえ、そこに記載される仕様範囲内でご使用ください。
 - 本解説書、取扱説明書、詳細データ、本製品についてのご質問・ご要望は、弊社にお問い合わせください。
- Information in this brochure does not grant patent right, copyright or intellectual property rights of Hitachi Metals or that of third parties. Hitachi Metals disclaims all liability arising out using information in this brochure for any case of patent right, copyright or intellectual property rights of third parties.
 - Do not duplicate in part or in its entirety this brochure without written permission from Hitachi Metals, Ltd.
 - This brochure and its contents are subject to change without notice; specific technical characteristics are subject to consultation and agreement.
 - Please inquire about our handling manual for specific applications of FINEMET®, these manuals detail the exact guaranteed characteristics of FINEMET® for a specific application.



http://www.hitachi-metals.co.jp

情報部品カンパニー

〒105-8614 東京都港区芝浦一丁目2番1号(シーバンスN館)
Tel.(03)5765-4058 Fax.(03)5765-8319

関西支店

〒541-0041 大阪市中央区北浜三丁目5番29号(日生淀屋橋ビル)
Tel.(06)6203-9751 Fax.(06)6222-3414

中部東海支店

〒460-0003 名古屋市中区錦二丁目13番19号(瀧定ビル)
Tel.(052)220-7470 Fax.(052)220-7486

Information System Components Company

2-1 Shibaura 1-chome, Seavans North Bldg. Minato-ku, Tokyo
105-8614, Japan
Tel.+81-3-5765-4058 Fax.+81-3-5765-8319

Kansai Sales Office

5-29 Kitahama 3-chome, Nissei Yodoyabashi building Chuo-ku,
Osaka 541-0041, Japan
Tel.+81-6-6203-9751 Fax.+81-6-6222-3414

Chubu-Tokai Sales Office

13-19 Nishiki 2-chome, Takisada building, Naka-ku Nagoya-shi,
Aichi, 460-0003, Japan
Tel.+81-52-220-7470 Fax.+81-52-220-7486

北米 North America

Hitachi Metals America, Ltd. Chicago Office

2101 S. Arlington Heights Road Suite 116
Arlington Heights, IL 60005-4142
Tel.847-364-7200 Fax.847-364-7279

東南アジア South-East Asia

Hitachi Metals Singapore Pte. Ltd.
12 Gul Avenue, Singapore 629656
Tel.+65-6861-7711 Fax.+65-6861-9554

Hitachi Metals (Thailand) Ltd.

Bangkok Branch

Unit 13B, 13th Floor, Ploenchit Tower, 898 Ploenchit Road,
Lumpini, Pathumwan, Bangkok 10330, Thailand
Tel.+66-2-263-0889-0890 Fax.+66-2-263-0891

欧州 Europe

Hitachi Metals Europe GmbH

Immermannstrasse 14-16, 40210 Dusseldorf, Germany
Tel.+49-211-16009-67 Fax.+49-211-16009-30

香港 Hong Kong

Hitachi Metals Hong Kong Ltd.

Units 2212-14, 22/F., Miramar Tower,
132 Nathan Road, Tsimshatsui,
Kowloon, Hong Kong
Tel.+852-2724-4183 Fax.+852-2311-2095

本解説書記載の住所、連絡先は2010年7月現在のものです。
変更になる場合もございますので、お電話やファクシミリが繋がらない場合は、
お手数ですが、下記までご連絡をお願い申し上げます。
日立金属株式会社 コミュニケーション室

Tel.(03)5765-4076 10800-500-5055
Fax.(03)5765-8312
E-mail: hmcc@hitachi-metals.co.jp

Above contact addresses are as of July 2010. The addresses are subject to change without notice.

If your telephone call and/or fax cannot get through, please contact us as follows:
Hitachi Metals, Ltd. Corporate Communication Group .
Tel. +81-3-5765-4076 Fax. +81-3-5765-8312 E-mail: hmcc@hitachi-metals.co.jp



このカタログは、地球環境保護に配慮するため、植物油インキで印刷制作しています。

FINEMET®

HITACHI

2010.7

ナノ結晶軟磁性材料

ファインメット®

Nanocrystalline soft magnetic material

FINEMET®

ファインメットの名前の由来

結晶粒が細かく、磁気特性が優れていることから、
“fine(きめ細かい、優れている)”と、“metal(金属)”
というふたつの単語を組み合わせて名づけました。

◎「ファインメット®」は日立金属の登録商標です。

FINEMET®, this name derives from the combination of “FINE” and “METAL”, which indicates the material's features of being formed with fine crystal grains and having excellent magnetic properties.

FINEMET® is a registered trademark of Hitachi Metals, Ltd.

本解説書はファインメット®の特長とその応用例について解説します。
This brochure describes characteristics of FINEMET® and gives examples of applications made of FINEMET®.



Materials Mag!c
Hitachi Metals

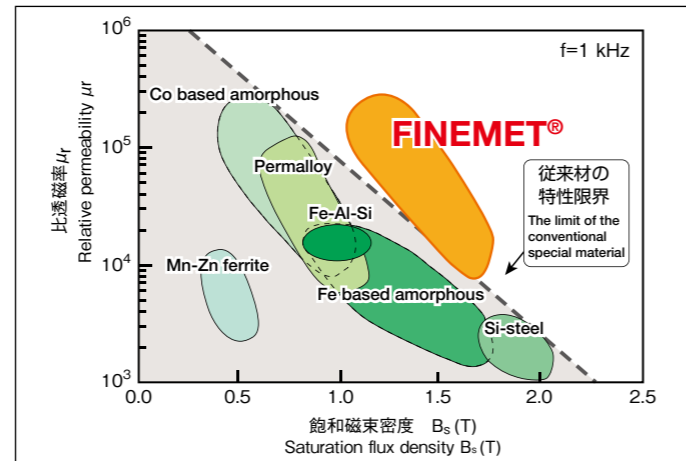
飽和磁束密度と比透磁率が高く、コアロスが少ないナノ結晶 Fe(鉄)基軟磁性材料 **ファインメット®**

FINEMET® Nanocrystalline Fe-based Soft Magnetic Material with High Saturation Flux Density, High Relative Permeability and Low Core Loss

従来材の特性を超えるファインメット®
Superior to Conventional Material

軟磁性材料の比透磁率と飽和磁束密度の関係

Relationship between relative permeability and saturation flux density of various soft magnetic materials



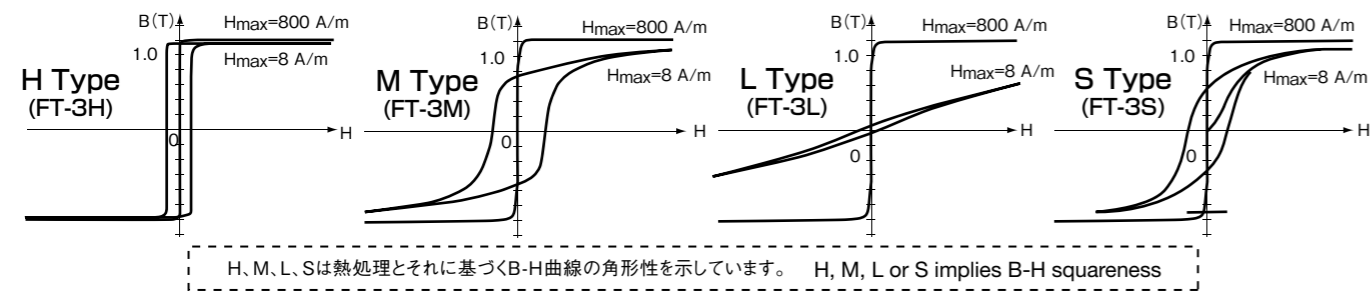
ファインメット®のB-H曲線の形状制御 B-H Curve Control for FINEMET®

リボンを巻いて構成した閉磁路コアに磁路方向の直流磁界を印加して熱処理すればHタイプ、磁界を印加せずに熱処理すればMタイプ、磁路と垂直方向の直流磁界を印加すればLタイプとなります。SタイプはH、M、Lタイプから得られた知見をもとに、熱処理に改良を加えたFINEMET®最大の透磁率を実現したものです。

FINEMET® core's magnetic properties, "B-H curve" can be controlled by applying a magnetic field during annealing. There are four types of B-H curves. 1) H type: a magnetic field is applied in a circumferential direction during annealing. 2) M type: no magnetic field is applied during annealing. 3) L type: a magnetic field is applied vertically to the core plane during annealing. 4) S type: having the highest permeability of FINEMET® result of improvement of annealing process based on findings in H, M and L type magnetic field controlling.

B-H曲線の例(直流)

Examples of DC B-H curve



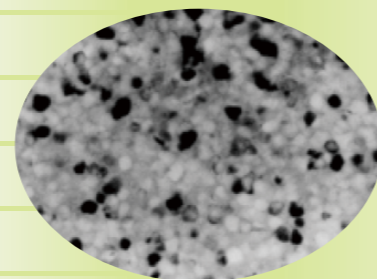
ファインメット®を構成する材料技術と応用分野 Features and Typical Applications of FINEMET®

日立金属は、パーマロイ、アモルファス、そしてファインメット®などの金属軟磁性材料から、フェライトにいたる幅広い軟磁性材料について、組成分析から製造や加工、評価、回路設計まで豊富な技術を蓄積しています。また、薄帯を始めとする素材の質的・量的革新を進めると同時に、特長ある応用を開発しています。そして、「素材に立脚した応用」と「応用に立脚した素材」の両面から、省エネ、小型軽量化、高機能化を追求します。

Hitachi Metals, Ltd. produces various types of soft magnetic materials, such as Permalloy, soft ferrite, amorphous metal, and FINEMET®, and we use these materials in our product's applications. We continually improve our material technology and develop new applications by taking advantage of the unique characteristics these materials provide. FINEMET® is a good example. It is our hope, FINEMET® will be the best solution for your application.

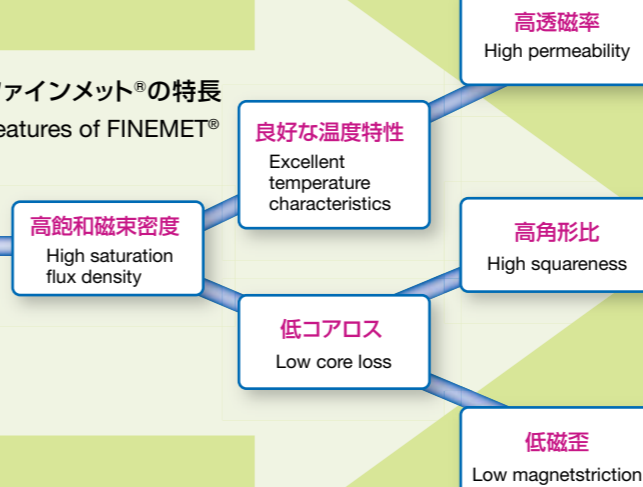
材料技術および応用技術 Technology

- 超急冷技術 Rapid quenching
- ナノ構造制御技術 Nano structure control
- 熱処理技術 Annealing
- 評価技術 Measurement
- 磁気回路設計技術 Electromagnetic circuit designing
- 電気・電子回路設計技術 Electromagnetic and electro circuit designing



ファインメット®の透過型電子顕微鏡写真
Picture of FINEMET® through a transmission electron microscope

ファインメット®の特長 Features of FINEMET®



- 省エネ化** Energy saving: EMIフィルタ/コモンモードチョーク, 磁気シールド/電磁波吸収素子, 電流センサー/磁気センサー
- 小型・軽量化** Volume reduction: EMI filters/Common mode chokes, Magnetic shielding sheets, Electromagnetic wave absorbers, Current sensors/Magnetic sensors
- 高機能化** High performance: 磁気増幅器/磁気バルス圧縮回路, サージアブソーバ/可飽和リアクトル, 高電圧バルストランス
- 低ノイズ化** Noise reduction: 高周波パワートランス/アクティブ・フィルタ, 平滑チョークコイル/加速空洞
- 高周波化** High frequency use: High frequency power transformers, Active filters/Smoothing choke coils, Accelerator cavity

ファインメット®とは What is FINEMET®?

ファインメット®の素材は、Feを主成分にして、これにSi(シリコン)とB(ボロン)および微量のCu(銅)とNb(ニオブ)を添加した独自組成の高温融液を約100万°C/秒で急冷固化したアモルファス(非晶質)薄帯です。この素材を結晶化温度以上で熱処理し、結晶粒径をこれまで実現できなかった10nm(nm:ナノメートル、1nm=0.001μm=百万分の1mm)程度まで小さくしています。結晶の微細化により磁気特性はアモルファスのときに比べて大幅に向上します。従来、結晶質磁性材料では、結晶組織が細かいほど軟磁気特性は悪くなるとされてきましたが、日立金属オリジナルのファインメット®が、この常識をくつがえしました。

The precursor of FINEMET® is amorphous ribbon (non-crystalline) obtained by rapid quenching at one million °C/second from the molten metal consisting of Fe, Si, B and small amounts of Cu and Nb. These crystallized alloys have grains which are extremely uniform and small, "about ten nanometers in size". Amorphous metals which contain certain alloy elements show superior soft magnetic properties through crystallization. It was commonly known that the characteristics of soft magnetic materials are "larger crystal grains yield better soft magnetic properties". Contrary to this common belief, soft magnetic material consisting of a small, "nano-order", crystal grains have excellent soft magnetic properties.

ファインメット®の特長 Features

- 1) 飽和磁束密度と透磁率の両方が高い**
飽和磁束密度はFe(鉄)基アモルファスと同等で、かつ透磁率はCo(コバルト)基アモルファスと同等です。
- 2) コアロスが少ない**
コアロスはFe基アモルファスの1/5以下、かつCo基アモルファスと同等の値のため、省エネルギー化できます。
- 3) 磁歪が低い**
磁歪が低いため、加工時の応力による特性の劣化が少なく、可聴周波成分が入力されたときの騒音も小さくできます。
- 4) 温度特性が良好で、かつ経時変化が少ない**
温度変化による透磁率の変化量は、-40°C~150°Cの範囲で±10%以内となっています。経時変化も少なく、Co基アモルファスのような実用上問題となる透磁率低下もありません(ご参照:P9比透磁率の経時変化グラフ)。
- 5) 広帯域で特性が良好**
透磁率とコアロスは、ともに広い周波数帯域において、Co基アモルファスと同等の特性を有しています。また、薄帯のため高抵抗であり、低コアロスとなっています。
- 6) B-H曲線の形状制御が可能**
B-H曲線の形状・角形比は、熱処理によって高・中・低と制御できます。使用目的や、用途に合わせて選択が可能です。

- 1) Satisfy both high saturation magnetic flux density and high permeability**
High saturation magnetic flux density comparable to Fe-based amorphous metal. High permeability comparable to Co-based amorphous metal.
- 2) Low core loss**
1/5th the core loss of Fe based amorphous metal and approximately the same core loss as Co-based amorphous metal.
- 3) Low magnetostriction**
Less affected by mechanical stress. Very low audio noise emission.
- 4) Excellent temperature characteristics and small aging effects**
Small permeability variation (less than ±10%) at a temperature range of -50°C~150°C. Unlike Co-based amorphous metals, aging effects are very small.
- 5) Excellent characteristics over wide frequency range**
High permeability and low core loss over wide frequency range, which is equivalent to Co-based amorphous metal.
- 6) Flexibility to control magnetic properties "B-H curve shape" during annealing**
Three types of B-H curve squareness, high, middle and low remanence ratio, corresponding to various applications.

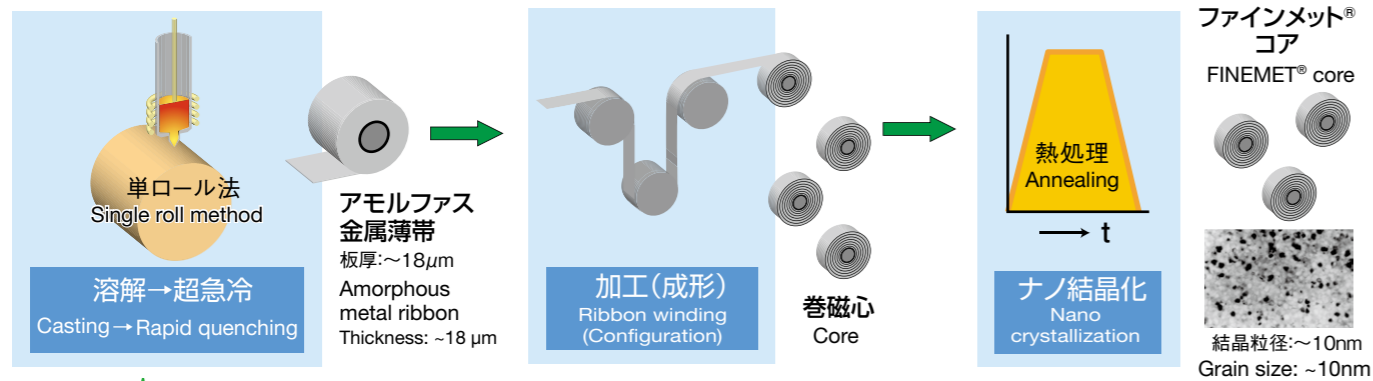
本解説書に記載されたデータは保証値ではありません。本解説書に記載された製品についての詳細なカタログ、仕様書を用意しております。ご使用に際しましては、製品カタログ、仕様書の内容を十分ご確認ください。
For safety and the proper usage, you are requested to approve our product specifications or to transact the approval sheet for product specifications before ordering. This catalog and its contents are subject to change without notice.

本解説書に記載されたデータは保証値ではありません。本解説書に記載された製品についての詳細なカタログ、仕様書を用意しております。ご使用に際しましては、製品カタログ、仕様書の内容を十分ご確認ください。
For safety and the proper usage, you are requested to approve our product specifications or to transact the approval sheet for product specifications before ordering. This catalog and its contents are subject to change without notice.

ファインメット®の製造方法 Manufacturing Process of FINEMET®

ファインメット®用のアモルファス薄帯の製造法と、典型的なファインメット®コアの製造方法を示します。素材のアモルファス薄帯は、単ロール法と呼ばれる超急冷法で溶湯を急速凝固させて製造します。このため、素材は平均18μmと極薄です。巻磁心の製造は、薄帯を所定形状に巻き回して成形したあと、熱処理によってナノ結晶組織とします。これにより初めてファインメット®固有の磁気特性が得られます。

A below diagram shows the process for the creation of amorphous ribbon for FINEMET® and a typical FINEMET® core. The amorphous ribbon is the precursor material of FINEMET®. This ribbon, "which is about 18μm in thickness", is cast by rapid quenching, called "single roll method", then the amorphous ribbon is wound into a toroidal core. Finally, the heat treatment is applied to the core for crystallization in order to obtain excellent soft magnetic properties of FINEMET®.



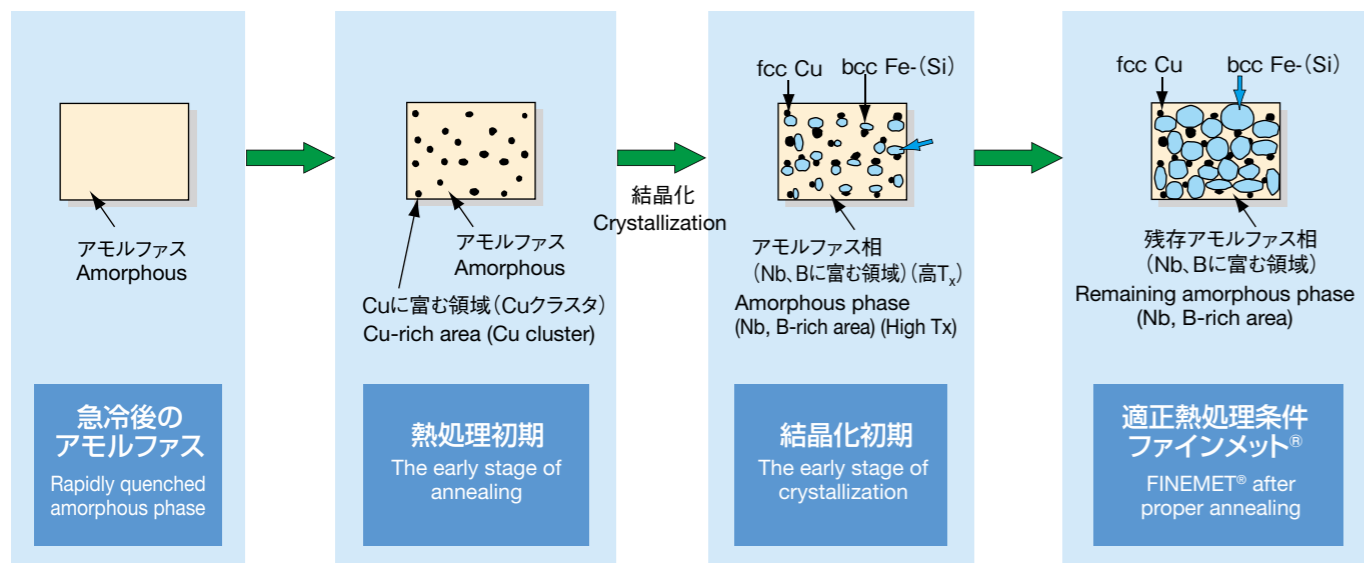
Fe (鉄) を主成分に、これにSi (シリコン) とB (ボロン) および微量のCu (銅) とNb (ニオブ) を添加した高温融液を約100万℃/sで急冷固化します。

Apply rapid quenching to high temperature melt consists of Fe, as a main phase, Si, B, Cu and Nb.

ファインメット®の結晶化の模式図 Crystallization Process of FINEMET®

アモルファスを出発点として、アモルファス→Cuに富む領域形成→Cu相界面からbcc Fe相結晶化→bcc Fe(-Si)相形成と結晶化が進行します。同時に、bcc Fe(-Si)相の周囲にNbとBに富む高い結晶化温度(高Tx)のアモルファス相が残存し、アモルファス相が安定化され、結晶粒の成長が抑制されます。このように、Cuによる結晶相の核生成効果とNbによるbcc結晶粒成長抑制効果の相乗効果によって均一微細なナノ結晶組織が実現されます。

Amorphous metal as a starting point, Amorphous→Cu-rich area→the nucleation of bcc Fe from Cu→bcc Fe (-Si) shows the crystallization process. At the final stage of this crystallization process, the grain growth is suppressed by the stabilized remaining amorphous phase at the grain boundaries. This stabilization occurs because the crystallization temperature of the remaining amorphous phase rises and it becomes more stable through the enrichment of Nb and B. Synergistic effects of Cu addition, "which causes the nucleation of bcc Fe" and Nb addition, "which suppresses the grain growth" creates a uniform and very fine nanocrystalline microstructure.

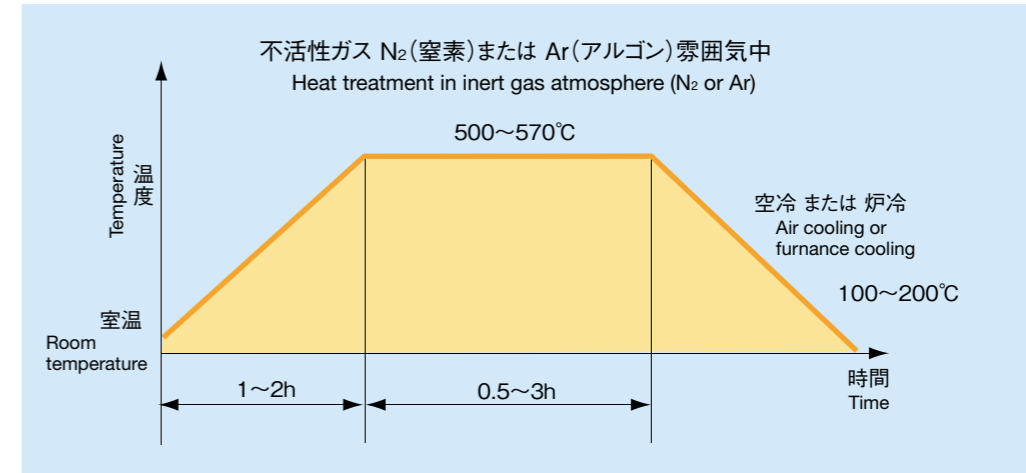


熱処理条件 Annealing Conditions

Mタイプ用の典型的な熱処理条件を示します。磁気特性に応じて最適な条件を選択します。

The diagram shows the typical annealing conditions for M type. This process requires proper heat treatment conditions according to the desired magnetic properties.

【Mタイプ用の熱処理パターン例】
Example of annealing for M type

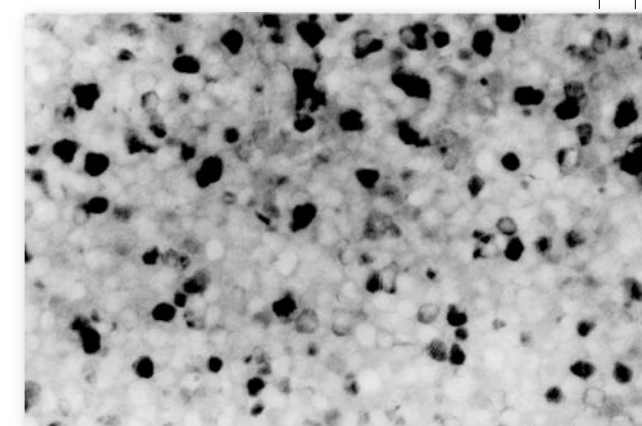


ファインメット®のマイクロ組織 Microstructure of FINEMET®

透過電子顕微鏡によるマイクロ組織写真を示します。約10nmの均一で超微細な結晶粒組織が特徴です。主相はbcc Fe(-Si)相で、結晶粒の周囲にアモルファス相が残存しています。

A below picture shows the microstructure of FINEMET® through a transmission electron microscope. FINEMET® consists of ultra fine crystal grains of 10nm order. Main phase is bcc Fe (-Si) and remaining amorphous phase around the crystal grains.

【ファインメット®のマイクロ組織】
Microstructure of FINEMET®



本解説書に記載されたデータは保証値ではありません。本解説書に記載された製品についての詳細なカタログ、仕様書を用意しております。ご使用に際しましては、製品カタログ、仕様書の内容を十分ご確認ください。
For safety and the proper usage, you are requested to approve our product specifications or to transact the approval sheet for product specifications before ordering. This catalog and its contents are subject to change without notice.



本解説書に記載されたデータは保証値ではありません。本解説書に記載された製品についての詳細なカタログ、仕様書を用意しております。ご使用に際しましては、製品カタログ、仕様書の内容を十分ご確認ください。
For safety and the proper usage, you are requested to approve our product specifications or to transact the approval sheet for product specifications before ordering. This catalog and its contents are subject to change without notice.

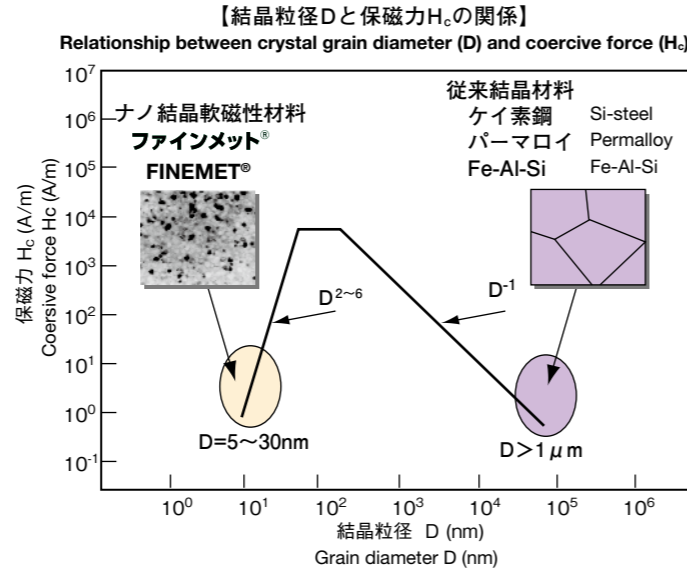
基本特性 Basic Properties

軟磁性材料の結晶粒径と保磁力 Grain Size and Coersive Force of Soft Magnetic Materials

従来の結晶質軟磁性材料の粒径Dは、1μmよりもはるかに大きく、Dが小さくなるほど軟磁気特性が劣化、Hcは増加することが知られています。このため、熱処理でDを大きく成長させ、軟磁気特性を改善してきました。Dをナノオーダーとするファインメット®の開発により、従来とは異なる性質が明らかとなり、軟磁気特性の更なる改善が実現しました。Dの従来領域では、HcはDの逆数に比例、ナノオーダー領域では2から6乗に比例し、逆の依存性となります。

In the conventional soft magnetic materials, "whose grain size is far larger than 1μm", it was well known that soft magnetic properties become worse and coercive force increases when crystal grain size becomes smaller. For example, coercive force is thought to be inversely proportional to D. Therefore, main efforts to improve the soft magnetic properties were directed to make the crystal grain size larger and/or to make the magnetic domain size smaller by annealing and working. However, FINEMET® demonstrated a new phenomenon; reduction of grain size, "to a nano-meter level", improves the soft magnetic properties drastically.

In this nano-world, the coercive force is directly proportional to D on the order of D² to D⁶. This is absolutely contrary to the conventional concepts for improving the soft magnetic properties.



物理的特性 Physical Properties

ファインメット®(熱処理済)の物性を示します。抵抗率はFe基アモルファスと同等ですが、飽和磁歪定数が10⁻⁷オーダーと低く、キュリー温度が570℃と高いことが特長です。

The table shows physical properties of annealed FINEMET® material. FINEMET® has resistivity as high as amorphous metals, and has much lower magnetostriction and about 570℃ higher Curie temperature than Fe-based amorphous metal.

【材料の物理的特性】 Physical properties of FINEMET® material

材料名 Material	密度 Density (×10 ³ kg/m ³)	抵抗率 Resistivity (μΩ·m)	飽和磁歪定数 Saturation magnetostriction (10 ⁻⁶)	キュリー温度 Curie temperature (°C)
FINEMET® (FT-3)	7.3	1.2	<1×10 ⁻⁶	~570

標準磁気特性 Standard Magnetic Characteristics

【ファインメット®と従来材の磁気特性(ノーカット・トロイダルコア)】 Magnetic properties of FINEMET® and conventional materials (Non-cut toroidal core)

材料 Material	板厚 Thickness (μm)	B _s (T)	B _r /B _s (%)	H _c (A/m)	μ _r (1kHz) (×10 ³)	μ _r (100kHz) (×10 ³)	P _{cv} (kW/m ³)	λ _s (×10 ⁻⁶)	T _c (°C)
FINEMET®	FT-3H	18	1.23	89	0.6	30.0	5.0	<1	~570
	FT-3M			50	2.5	70.0	15.0		
	FT-3L			5	0.6	23.0	17.0		
	FT-3S			40	1.5	100.0	20.0		
Fe基アモルファス Fe based amorphous	25	1.56	83	2.0	5.0	5.0	2200	+27	395
Co基アモルファス高透磁率材 Co-based high permeability amorphous metal	18	0.55	5	0.3	115.0	18.0	280	≒0	180
Co基アモルファス高角形比材 Co-based high squareness amorphous metal	18	0.60	85	0.3	30.0	10.0	460	≒0	210
方向性3%ケイ素鋼 Oriented 3% Si-steel	230	1.90	85	10.0	2.7	0.8	8400	-0.8	750
6.5%ケイ素鋼 6.5% Si-steel	100	1.30	63	45.0	1.2	0.8	5800	-0.1	700
50%Niパーマロイ 50%Ni Permalloy	25	1.50	95	12.0	-	-	3400	+25	500
80%Niパーマロイ高透磁率材 80% Ni high permeability Permalloy	25	0.74	55	0.5	50.0	5.0	1000	≒0	460
80%Niパーマロイ高角形比材 80% Ni high squareness Permalloy	25	0.74	80	2.4	-	-	1200	≒0	460
Mn-Znフェライト高透磁率材 Mn-Zn high permeability ferrite	-	0.39	26	5.0	10.0	10.0	500	-0.6	120
Mn-Znフェライト低損失材 Mn-Zn low core loss ferrite	-	0.52	25	12.0	2.5	2.5	600	-0.6	240

注1) B_s, B_r / B_s, H_c: 直流磁気特性 (H_m=800A/m, 25°C), μ_r (1kHz): 比透磁率 (1kHz, H_m=0.05A/m, 25°C), μ_r (100kHz): 比透磁率 (100kHz, H_m=0.05A/m, 25°C), P_{cv}: コアロス (100kHz, B_m=0.2T, 25°C), λ_s: 飽和磁歪定数, T_c: キュリー温度
注2) 上記特性は、当社での測定による

*Note1: B_s, B_r / B_s, H_c: DC magnetic properties (H_m=800A/m, 25°C), μ_r (1kHz): relative permeability (1kHz, H_m=0.05A/m, 25°C), μ_r (100kHz): relative permeability (100kHz, H_m=0.05A/m, 25°C), P_{cv}: core loss (100kHz, B_m=0.2T, 25°C), λ_s: Saturation magnetostriction, T_c: Curie temperature
*Note2: Above properties are taken measurement by Hitachi Metals Ltd.



本解説書に記載されたデータは保証値ではありません。本解説書に記載された製品についての詳細なカタログ、仕様書を用意しております。ご使用に際しましては、製品カタログ、仕様書の内容を十分ご確認ください。
For safety and the proper usage, you are requested to approve our product specifications or to transact the approval sheet for product specifications before ordering. This catalog and its contents are subject to change without notice.

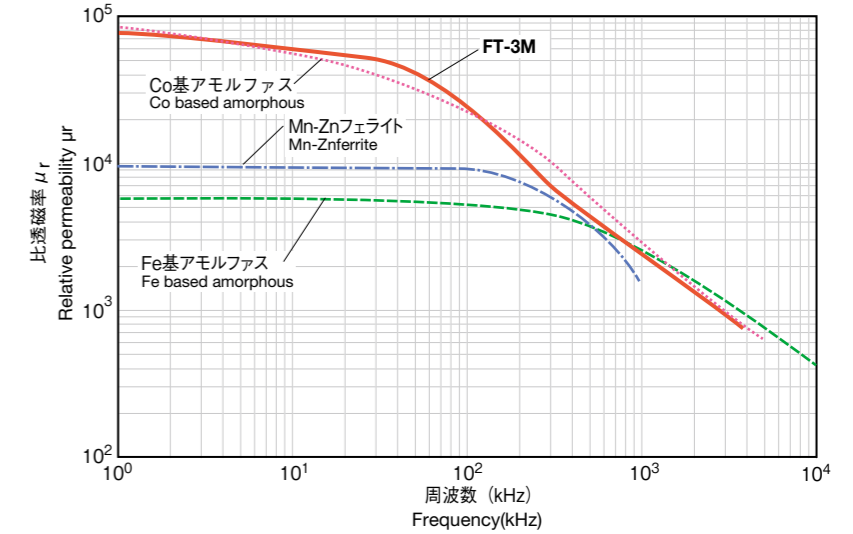
周波数特性

Frequency Characteristics

比透磁率の周波数特性 Frequency Dependence of Relative Permeability

中角形比高透磁率材FT-3M、Co基アモルファス、Fe基アモルファスおよびMn-Znフェライトの比透磁率の周波数特性比較を示します。FT-3Mは、広帯域でFe基アモルファスやMn-Znフェライトを凌ぎ、Co基アモルファスと同等の高い比透磁率を示します。

The graph shows frequency dependence of relative permeability for FT-3M (medium square ratio of BH curve), Co-based amorphous metal, Fe-based amorphous metal and Mn-Zn ferrite. FT-3M has much higher permeability than Fe based amorphous metals and Mn-Zn ferrite, and has permeability as high as Co-based amorphous metals over a wide frequency range.

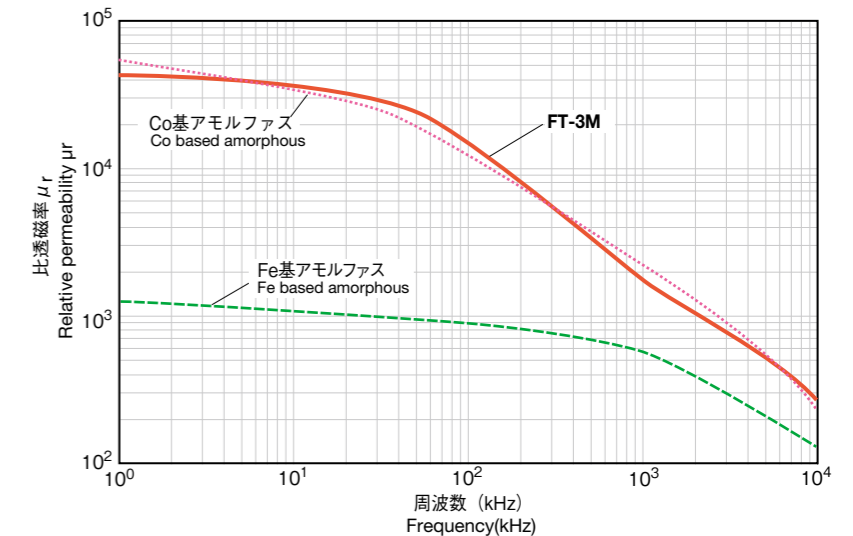


比透磁率の周波数特性(エポキシ樹脂含浸後) Frequency Dependence of Relative Permeability (After resin molding)

エポキシ樹脂含浸したFT-3Mの比透磁率の周波数特性を示します。FT-3Mは、磁歪が低く硬い(変形し難い)ことから含浸しても比透磁率が高く、かつ広い帯域で安定しています。

注) エポキシ樹脂の種類、含浸条件により異なる場合があります。

The graph shows frequency dependence of relative permeability for resin molded FT-3M. FT-3M and Co-based amorphous cores show small permeability degradation after the resin molding due to their small magnetostriction.



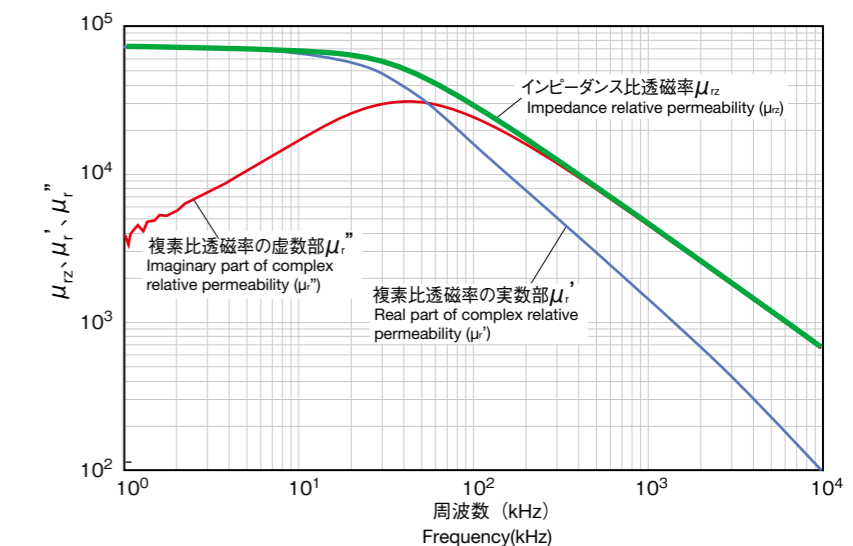
インピーダンス比透磁率および複素比透磁率 Complex Relative Permeability and Impedance Relative Permeability

FT-3Mのインピーダンス比透磁率μ_{rz}および複素比透磁率の実数部μ'_rと虚数部μ''_rの周波数特性を示します。50kHz付近でμ'_rはμ_r'よりも大きくなります。μ_{rz}とμ'_r、μ''_rには、次のような関係があります。

$$\mu_{rz} = \sqrt{\mu_r'^2 + \mu_r''^2}$$

The graph shows real part (μ'_r) and imaginary part (μ''_r) of the complex relative permeability and the impedance relative permeability (μ_{rz}) for FT-3M material. μ'_r becomes larger than μ_r' 50kHz. Relationship between μ_{rz}, μ'_r and μ''_r is

$$\mu_{rz} = \sqrt{\mu_r'^2 + \mu_r''^2}$$



本解説書に記載されたデータは保証値ではありません。本解説書に記載された製品についての詳細なカタログ、仕様書を用意しております。ご使用に際しましては、製品カタログ、仕様書の内容を十分ご確認ください。
For safety and the proper usage, you are requested to approve our product specifications or to transact the approval sheet for product specifications before ordering. This catalog and its contents are subject to change without notice.

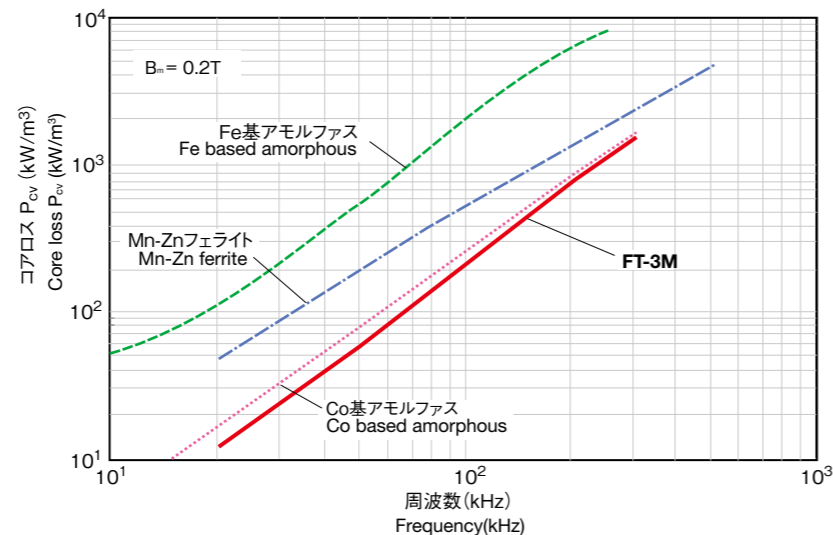
コアロス特性
Core Loss

コアロスの周波数特性(エポキシ樹脂含浸前) Frequency Dependence of Core Loss (Before resin molding)

エポキシ樹脂含浸前のFT-3M、Fe基アモルファス、Co基アモルファス、およびMn-Znフェライトのコアロスの周波数特性を示します。FT-3Mは、Mn-ZnフェライトやFe基アモルファスよりも低コアロスで、Co基アモルファスと同等です。

The graph shows frequency dependence of core loss for nonresin molded cores made of FT-3M, Fe-based amorphous metal, Co-based amorphous metal and Mn-Zn ferrite.

FT-3M cores show lower core loss than Mn-Zn ferrite and Fe-based cores, and has the same core loss as Co-based amorphous core.



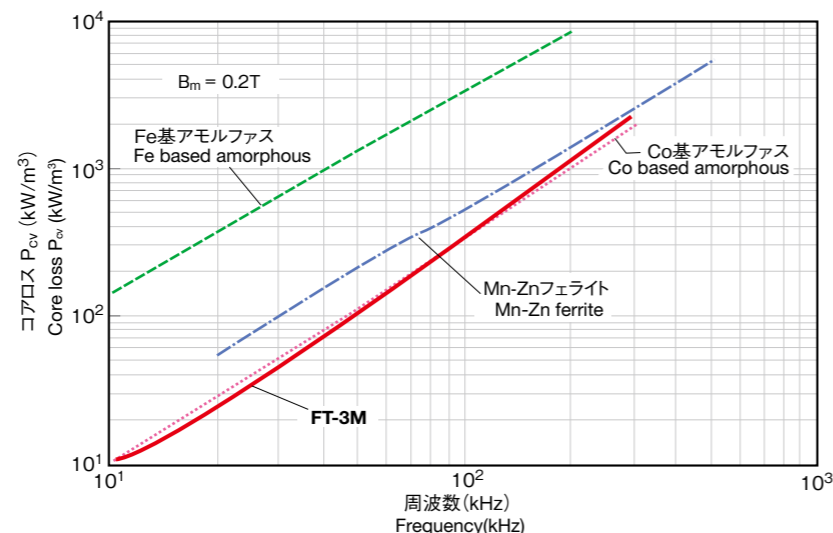
コアロスの周波数特性(エポキシ樹脂含浸後) Frequency Dependence of Core Loss (After resin molding)

エポキシ樹脂含浸したFT-3Mのコアロスの周波数特性を示します。

FT-3Mは、含浸してもコアロスはフェライトより低く、Co基アモルファスと同等で、かつ広い周波数帯域で安定しています。

注) エポキシ樹脂の種類、含浸条件により異なる場合があります。

The graph shows frequency dependence of core loss for the resin molded cores made of FT-3M. FT-3M core shows stable core loss over wide frequency range with lower core loss than ferrite cores and have the same core loss as Co-based amorphous core.

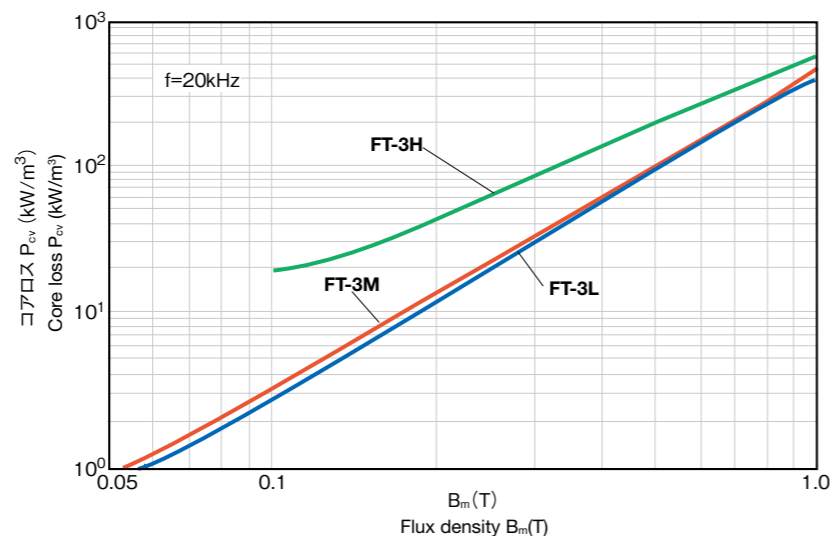


*Note: Data may vary depending on resin and/or molding conditions

コアロスのBm依存性 Bm Dependence of Core Loss

FT-3H、FT-3MおよびFT-3Lの20kHzのコアロスのBm依存性を示します。FT-3MとFT-3Lが、ほぼ同程度にコアロスが小さくなっています。これに対し、高角形のFT-3Hは、低Bm側でこれらよりも大きなコアロスになっていますが、Bmが大きくなるにつれて、その差が小さくなります。

The graph shows Bm dependence of core loss for FT-3H, 3M and 3L at 20kHz. FT-3M and 3L show lower core loss than FT-3H. As Bm becomes higher, core loss difference among those materials becomes smaller.



温度依存性
Temperature Characteristics

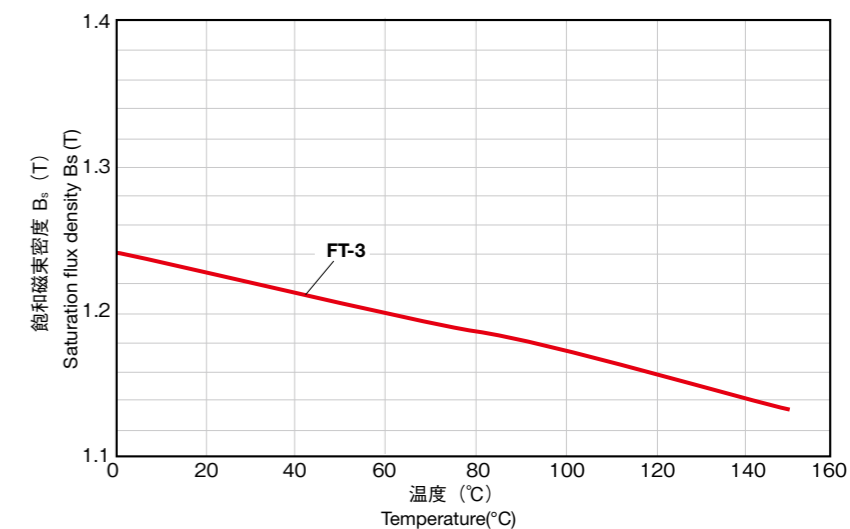
飽和磁束密度の温度依存性 Temperature Dependence of Saturation Flux Density

FT-3の飽和磁束密度Bsの温度依存性を示します。FT-3のBsの温度依存性は非常に小さく、例えば温度が25°Cから150°Cに上昇しても、Bsの低下率は10%以下となっています。

注) このデータは、熱処理(結晶化)済材料の値を示します。Bsの値は、Hタイプ、Mタイプ、Lタイプで同じため、BHタイプを記載していません。

The graph shows temperature dependence of saturation flux density (Bs) for FT-3. FT-3 has very small temperature dependence of saturation flux density. The decreasing rate of saturation flux density is less than 10% at range from 25°C to 150°C.

*Note: This data shows value of annealed (crystallized) material. Because Bs value for H type, M type and L type are same, the data does not describes BH type.

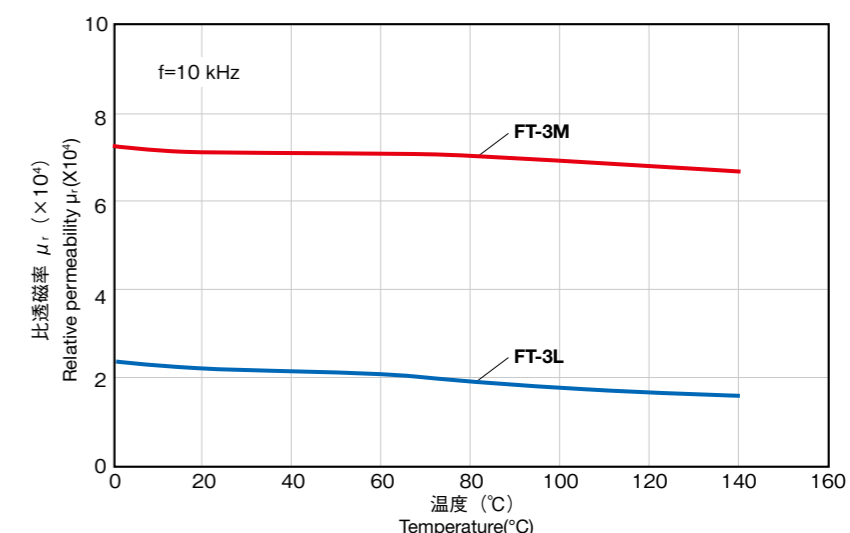


比透磁率の温度依存性 Temperature Dependence of Relative Permeability

FT-3M、FT-3Lの10kHzにおける比透磁率の温度依存性を示します。

温度依存性が小さく、例えば、比透磁率の変化率は、0°Cから150°Cの範囲で、25°Cの比透磁率に対し、±10%よりも小さな値となっています。

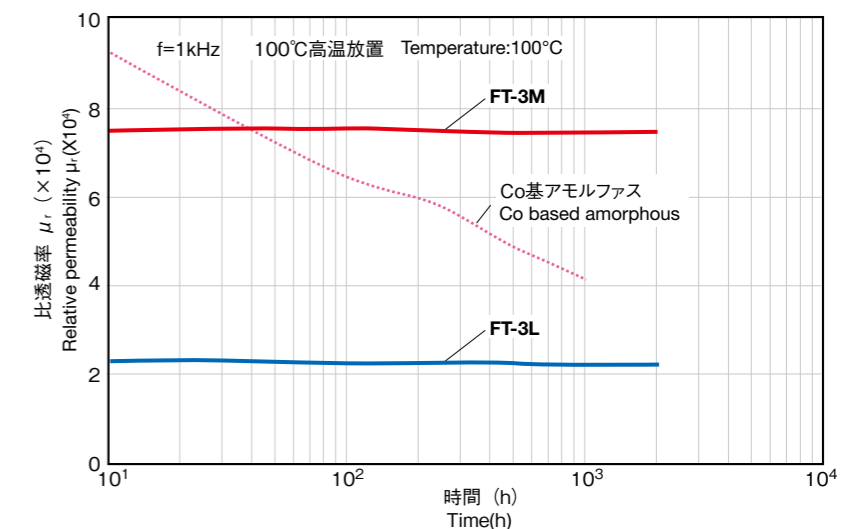
The graph shows temperature dependence of relative permeability at 10kHz for FT-3M and FT-3L. The variation of relative permeability is very small at a temperature range from 0°C to 150°C, "which is within ±10% of the average value".



比透磁率の経時変化 Aging Effect on Relative Permeability

FT-3M、FT-3Lを100°Cの高温に放置したときの比透磁率(f=1kHz)の経時安定性を示します。FT-3M、FT-3Lの比透磁率は、時間が経過しても、Co基アモルファスのように低下することなく、ほとんど一定の値を示します。

The graph shows aging effects at 100°C on relative permeability at 1kHz for FT-3M, FT-3L and Co-based amorphous metal. The relative permeability of Co-based amorphous metal decrease rapidly as the aging time increasing, however FT-3M, FT-3L are quite stable.



EMIフィルタ用コモンモードチョーク Common Mode Chokes for *EMI Filters

高比透磁率を活かした小型化
Volume reduction with high permeability

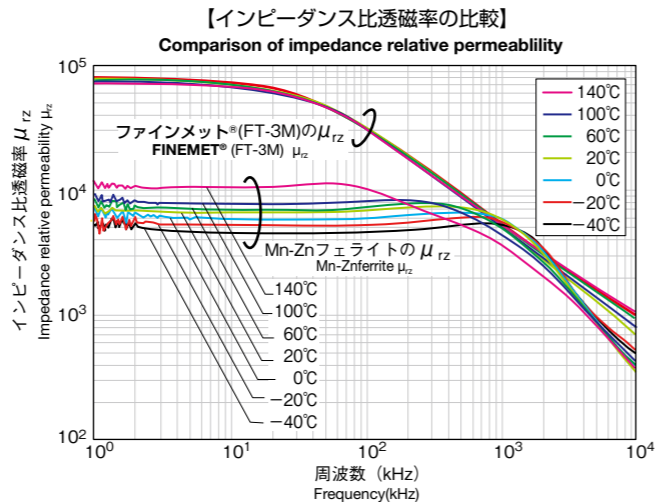
ファインメット®コアのインピーダンス比透磁率 μ_{rz} は、Mn-Znフェライトコアの μ_{rz} に比べて広い周波数帯域で大きな値を示すとともに、温度による変化も極めて小さくなっています。このためEMIフィルタ用コモンモードチョークに、ファインメット®コアを適用すると、自己発熱による温度上昇を含めた使用温度範囲を0°C~100°Cとした場合、Mn-Znフェライトコアに比べて、同一性能で約1/2程度の体積まで小型化が図れます。

また、ファインメット®コアの飽和磁束密度Bsは、Mn-Znフェライトコアの約3倍あるため、パルス性のノイズに対し飽和しにくいという特長もあります。

EMI:電磁干渉 (Electro Magnetic Interference)

Compared with Mn-Zn ferrite, FINEMET® has higher impedance permeability (μ_{rz}) and much smaller temperature dependence of permeability over a wider frequency range. Consequently, the volume of FINEMET® core can be reduced to 1/2 the size of a Mn-Zn ferrite core while maintaining the same performance at operating temperature of 0°C~100°C. Also, it has approximately three times higher saturation flux density than Mn-Zn ferrite and as a result it is hardly saturated by pulse noise.

*EMI: Electro Magnetic Interference



ファインメット®可飽和コア FINEMET® Saturable Cores

従来材の2倍の高飽和磁束密度で高Vt積サージに対応
High voltage surge suppression with high saturation flux density

ファインメット®可飽和コアには、FT-3H材を使用しています。マグアンプ方式のスイッチング電源において、過飽和特性を用いて電圧制御を行うため、低電圧、大電流回路にて寸法、ノイズの面で優れた特性を得られます。またビーズにはFT-3M材を使用しています。表に示すように、従来材であるCo基アモルファスやNi-Znフェライトの2倍以上の飽和磁束密度があり、Co基アモルファスと同等の低コアロス、高パルス透磁率を有しています。キュリー温度が570°Cと高いため、高温での動作にも優れています。ダイオードのリバースリカバリ電流のようなサージ電流およびリングングの抑制用可飽和コアとして好適です。

FINEMET® saturable cores are made of FT-3H material. Having high saturation characteristics, the cores can offer high performance in noise suppression and size reduction in low voltage high current magamp circuit of Magamp system switch mode power supply. FINEMET® beads are made of FINEMET® FT-3M material. As below table describes, the saturation magnetic flux density is twice as high as that of Co-based amorphous metal and Ni-Zn ferrite, and the pulse permeability and the core loss are comparable to Co-based amorphous metal. Because of the high curie temperature (570°C), FINEMET® beads shows excellent performance at high temperature. These cores are suitable for suppression of reverse recovery current from the diode and ringing or surge current from switching circuit.

【ファインメット®ビーズ (FT-3H、FT-3M) と従来材の比較】

Comparison of magnetic and physical properties among FT-3H, FT-3M and conventional materials

材料名 Material	FINEMET®		Co基アモルファス Co-based amorphous	Ni-Znフェライト Ni-Zn ferrite
	FT-3H	FT-3M		
飽和磁束密度Bs*(T) *Saturation flux density Bs (T)	20°C	1.23	0.60	0.38
	100°C	1.20	0.53	0.29
角形比Bt/Bs* *Squareness ratio Bt/Bs	20°C	0.89	0.50	0.71
	100°C	0.93	0.48	0.60
保磁力Hc*(A/m) *Coercive force Hc (A/m)	20°C	0.60	2.50	0.30
	100°C	0.56	2.70	0.29
パルス透磁率 μ_p **	2,000		3,500	4,500
コアロスPcv**(J/m³)	7.50		7.50	6.0
キュリー温度Tc(°C)	570		210	200
飽和磁歪定数 $\lambda_s(\times 10^{-6})$	~0		~0	-7.8
抵抗率 $\rho(\mu\Omega \cdot m)$	1.2		1.3	1×10^{12}
密度d(kg/m³)	7.3 $\times 10^3$		7.7 $\times 10^3$	5.2 $\times 10^3$

*: 最大磁化力800A/m時の直流磁気特性 ** : パルス幅0.1 μ s、動作磁束密度量 $\Delta B=0.2T$
*: DC magnetic properties at 800A/m ** : Pulse width 0.1 μ s, operating magnetic flux density $\Delta B=0.2T$

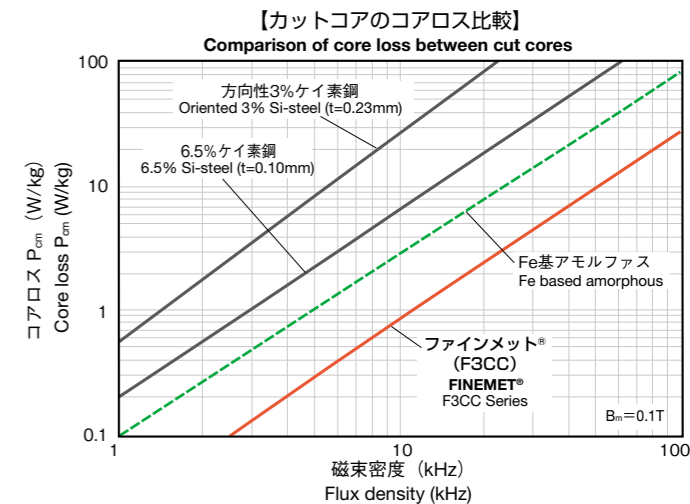


ファインメット®F3CCシリーズ カットコア FINEMET® F3CC Series Cut Core

小型化とコアロスの低減
Size reduction and lower core loss

ファインメット®F3CCカットコアのコアロス(10kHz, Bm=0.1T)は、Fe基アモルファスカットコアの1/3以下、ケイ素鋼薄板(0.1mm)カットコアの1/8以下となっています。このため、高周波インバータ用高周波パワートランス等のコアにファインメット®を適用すると、大幅な低ロス化と小型化ができます。また、飽和磁歪定数が10⁻⁷オーダーであるため、可聴周波数成分を含む高周波で駆動した場合にも、Fe基アモルファスカットコアで問題となるような大きな騒音は生じません。

The core loss of FINEMET® F3CC Series cut core has less than 1/3rd the core loss of Fe based amorphous metal, and less than 1/8th the core loss of silicon steel at 10kHz, Bm=0.1T. FINEMET® has significantly lower core loss and thus makes it possible to reduce the size of the core for high frequency power transformer etc. Also, the magnetostriction of FINEMET® is 10⁻⁷ order and, as a result, cores made from this material will make very little audible noise when compared to cut cores made from Fe based amorphous metal.



パルスパワー用コア Pulsed Power Cores

小型化とコアロスの低減
Size reduction and lower core loss

ファインメット®コアの層間絶縁は、高耐圧セラミックコーティングを施しています。この適用先として、エキシマレーザや加速器などで使用される高電圧パルス電源の磁気パルス圧縮回路用可飽和コアや昇圧パルストランス用コア、あるいは誘導加速器やRF加速器の加速空洞用コアがあります。Fe基アモルファスコアと同等の小型化、Co基アモルファスコアと同等のトータルコアロス化が可能です。

FINEMET® pulsed power cores use a thin ceramic insulation which has a high break down voltage. FINEMET® pulsed power cores are suitable for saturable cores and step-up pulse transformer cores that are used in high voltage pulsed power supplies for Excimer lasers and accelerators, and for cavity cores used in induction accelerators and RF accelerators.



【磁気パルス圧縮回路用可飽和コアに適用した場合の比較】

Comparison of core materials applied in saturable cores for magnetic pulse compression circuit

コア材質 Core material	FINEMET® (FT-3H)	Fe基アモルファス Fe-based amorphous metal	Co基アモルファス Co-based amorphous metal	Ni-Znフェライト Ni-Zn ferrite
層間絶縁材 Insulation	セラミック Ceramic	PETフィルム PET film	PETフィルム PET film	-
実効動作磁束密度K $\cdot\Delta B_m$ (T)	1.54	2.04	0.78	0.65
パルス半周期のコアロスPc (J/m³)	710	1680	180	70
飽和領域の比透磁率 $\mu_{r(sat)}$	~1	~1.3	~1	~3
リセット磁化力H _(reset) (A/m)	8	40	8	160
可飽和リアクトル体積比	1	0.74	3.95	16.8
可飽和リアクトルのトータルコアロス比	1	1.75	1.0	1.66

パルス幅圧縮比=5.0 (入力パルス幅0.5 μ s、出力パルス幅0.1 μ s)
Pulse duration compression ratio: 5.0 (input pulse duration 0.5 μ s, output pulse duration 0.1 μ s)

K: コアの占積率、 ΔB_m : 最大動作磁束密度
K: Packing factor ΔB_m : Maximum operation flux density



本解説書に記載されたデータは保証値ではありません。本解説書に記載された製品についての詳細なカタログ、仕様書を用意しております。ご使用に際しましては、製品カタログ、仕様書の内容を十分ご確認ください。
For safety and the proper usage, you are requested to approve our product specifications or to transact the approval sheet for product specifications before ordering. This catalog and its contents are subject to change without notice.



本解説書に記載されたデータは保証値ではありません。本解説書に記載された製品についての詳細なカタログ、仕様書を用意しております。ご使用に際しましては、製品カタログ、仕様書の内容を十分ご確認ください。
For safety and the proper usage, you are requested to approve our product specifications or to transact the approval sheet for product specifications before ordering. This catalog and its contents are subject to change without notice.