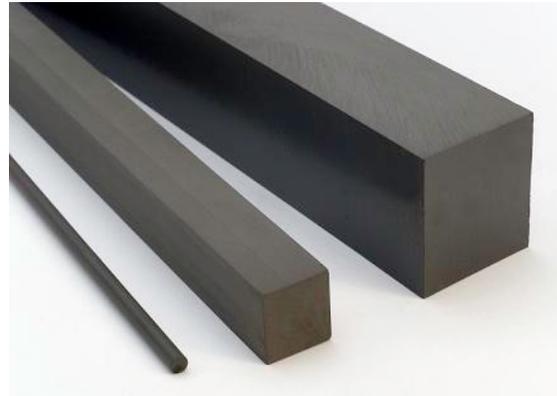


## MF

磁性損失材料装荷、  
機械加工可能な硬い吸収体



### 主な特徴

- 硬い、磁性損失材充填装荷のエポキシ化合物基材。
- より高い使用温度(260 °C)に対しては、電気的特性が同じ MF500F をご検討下さい。
- これらの製品では、その誘電特性と磁性特性を熟知しておく必要があります。そのため、この技術資料にはこれらの特性につき、自由空間に対する正規化値を記載しました。
- 多くの方法で加工ができます。「推奨する機械加工」の項をご参照下さい。
- MIL-STD-810E による耐菌性。

### 主な用途

- MF は、導波管や同軸線での、吸収、減衰、終端に広く使われています。
- 終端への使用には、後述の「終端設計の検討」をご参照下さい。
- スラッグ同調器のような機器の、ハイ Q のインダクターコア材料として好結果を残しています。その他にも磁性部品で、多くの用途があります。
- MF の小片にフィラメントリードを貫通させることで簡単なRFフィルターを形成、あるいはリード周辺に小片を適宜配置して、電気的に同等の中継用吸収体で固めてしまう方法もあります。
- アンテナの部材や、特定の自由空間用吸収体などにも用途があります。

### 寸法・種類

標準形状と寸法は下記の通りです。

- 板状： 30.5cm x 30.5cm. 厚さは 0.32, 0.64, 0.95, 1.27, 1.59, 1.91, 2.54, 3.81, 5.08, 5.35, 7.62cm の各種
- 丸棒状： 長さ 30.5cm, 径: 0.32, 0.64, 0.95, 1.27, 1.59, 1.91, 2.54, 3.81, 5.08, 6.35, 7.62cm の各種
- 角棒状： 長さ 30.5cm, 断面(正方形)： 0.64, 0.95, 1.27, 1.59, 1.91, 2.54, 3.81, 5.08cm の各種

標準以外の形状、寸法、構成の特注品も承ります。

## 関連製品

- MF500F: 電気的には MF に類似しているが、260 °C までの耐高温性。
- MR-UHF: 物理特性は MF と同じで、電気的特性は UHF 用に変更。
- MFS: 電気的特性は MF-117 と MF-124 と同じ、シリコーンゴムのシート状、角棒、丸棒状。耐熱温度は 160 °C まで。少々可撓性があるので、耐衝撃用途や、金属との膨脹差によって通常の MF では接着がはがれてしまうような場所に有用。
- CR: 硬化すれば MF と同じ電気的特性の硬い吸収体になる、エポキシ注型樹脂タイプ。180 °C まで使える。複雑な形状や、キャビティ充填に適する。
- CRS: CR のように注型可能な RTV シリコーンゴム。電気的特性は MF-117 と MF-124 のみに同じ。弾力性、強度あり。260 °C まで使用可能。

## 代表的な特性

- 周波数範囲: 1~18 GHz
- 色: ダークグレー
- 使用温度 °C : 180 まで
- 密度 g/cc : 1.6~4.9
- 硬度 ショア D : 85
- 引っ張り強度 kg/cm<sup>2</sup> : 560
- 熱膨張係数 /°C:  $\sim -30 \times 10^{-6}$
- 吸水率 % 24 時間: 0.3 以下
- 熱伝導度 (cal)(cm)/(sec)(cm<sup>2</sup>)(°C): -0.003

## 代表的な電気的特性

GHz		10-7	10-6	10-5	10-4	10-3	10-2	10-1	1.0	3.0	8.6	10.0	18.0
MF-110	K'	18	16	15	13	11	9	7	5	3.2	3	2.9	2.8
	tan δ <sub>d</sub>	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04
	K''	0.18	0.16	0.3	0.26	0.33	0.27	0.28	0.2	0.16	0.15	0.12	0.11
	M'	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1	1	1
	tan δ <sub>m</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.2
	M''	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.2
	dB/cm	0	0	0	0	0	0	0.01	0.09	0.26	2	2.2	6.6
	dB/in	0	0	0	0	0	0	0.03	0.23	0.66	5	5.6	17
	Z /Z <sub>0</sub>	0.26	0.27	0.28	0.3	0.33	0.37	0.4	0.47	0.59	0.59	0.59	0.6

代表的な電気的特

	GHz	10-7	10-6	10-5	10-4	10-3	10-2	10-1	1.0	3.0	8.6	10.0	18.0	
<b>MF-112</b>	K'	20	18	16	14	12	10	8	6	5.2	5	4.8	4.6	
	$\tan \delta_d$	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.03
	K''	0.4	0.36	0.48	0.42	0.36	0.4	0.32	0.24	0.26	0.25	0.19	0.14	
	M'	2	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	1.1	1.1	1	
	$\tan \delta_m$	0	0	0	0	0	0	0.01	0.02	0.03	0.22	0.23	0.26	
	M''	0	0	0	0	0	0	0.02	0.03	0.04	0.24	0.25	0.26	
	dB/cm	0	0	0	0	0	0	0.02	0.16	0.59	4.9	5.6	10.1	
	dB/in	0	0	0	0	0	0	0.05	0.41	1.5	12.4	14.2	25.7	
	IZI/Z <sub>0</sub>	0.32	0.32	0.34	0.35	0.37	0.39	0.43	0.48	0.52	0.47	0.48	0.47	
<b>MF-114</b>	K'	22	21	19	18	16	14	12	11	9.9	9.8	9.7	9.6	
	$\tan \delta_d$	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.05	0.05	
	K''	0.88	0.84	0.76	0.72	0.8	0.7	0.6	0.55	0.59	0.59	0.49	0.48	
	M'	2.8	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.1	1.9	1.3	1.1	1	
	$\tan \delta_m$	0	0	0	0	0	0	0.04	0.08	0.13	0.33	0.4	0.45	
	M''	0	0	0	0	0	0	0.09	0.17	0.25	0.43	0.44	0.45	
	dB/cm	0	0	0	0	0	0	0.04	0.57	2.2	10.8	13.2	24.9	
	dB/in	0	0	0	0	0	0	0.1	1.4	5.6	27.4	33.5	63.2	
	IZI/Z <sub>0</sub>	0.36	0.37	0.38	0.38	0.4	0.41	0.44	0.57	0.44	0.37	0.35	0.34	
<b>MF-116</b>	K'	40	35	30	26	23	20	18	17	16.5	16.2	16	15.8	
	$\tan \delta_d$	0.06	0.06	0.07	0.07	0.08	0.09	0.08	0.07	0.06	0.07	0.06	0.05	
	K''	2.4	2.1	2.1	1.8	1.8	1.8	1.4	1.2	0.99	1.1	0.96	0.79	
	M'	4.6	4.5	4.4	4.4	4.3	4.2	4	3	2.8	1.6	1.5	1.4	
	$\tan \delta_m$	0	0	0	0	0	0	0.04	0.13	0.21	0.47	0.68	0.73	
	M''	0	0	0	0	0	0	0.16	0.39	0.59	0.75	1.02	1.02	
	dB/cm	0	0	0	0	0	0	0.09	1.3	5	21	32	57	
	dB/in	0	0	0	0	0	0	0.23	3.3	12.7	53	81	145	
	IZI/Z <sub>0</sub>	0.34	0.36	0.38	0.41	0.43	0.46	0.47	0.42	0.42	0.33	0.33	0.33	
<b>MF-117</b>	K'	195	158	120	85	62	48	38	28	22.9	21.4	21	20.6	
	$\tan \delta_d$	0.18	0.21	0.23	0.24	0.22	0.18	0.12	0.09	0.06	0.02	0.02	0.02	
	K''	35	33	28	20	14	8.6	4.6	2.5	1.4	0.42	0.42	0.41	
	M'	5	5	5	5	5	5	4.8	4.1	3.4	1.2	1.1	1	
	$\tan \delta_m$	0	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0.39	1.36	1.5	2	
	M''	0	0	0	0	0	0	0.48	0.82	1.33	1.63	1.7	2	
	dB/cm	0	0	0	0	0	0.03	0.27	2.8	11	46	56	119	
	dB/in	0	0	0	0	0	0.08	0.69	7.1	28	117	142	302	
	IZI/Z <sub>0</sub>	0.16	0.18	0.2	0.24	0.28	0.32	0.36	0.39	0.4	0.3	0.31	0.33	

代表的な電気的特

	GHz	10-7	10-6	10-5	10-4	10-3	10-2	10-1	1.0	3.0	8.6	10.0	18.0
<b>MF-124</b>	K'	260	205	145	95	70	52	40	32	25.8	23.8	23.6	23
	$\tan \delta_d$	0.4	0.39	0.36	0.31	0.26	0.2	0.14	0.08	0.07	0.05	0.03	0.04
	K''	104	80	52	29	18	1	5.6	2.6	1.8	1.19	0.71	0.92
	M'	7	6.9	6.8	6.7	6.6	6.3	6	5	3.8	2.5	1.5	1
	$\tan \delta_m$	0	0	0	0	0	0	0.2	0.45	0.69	1.1	1.4	2.5
	M''	0	0	0	0	0	0	1.2	2.3	2.62	2.75	2.1	2.5
	dB/cm	0	0	0	0	0	0.03	0.48	6.5	20	63	67	149
	dB/in	0	0	0	0	0	0.08	1.2	16.51	50	160	170	378
	$ Z /Z_0$	0.16	0.18	0.21	0.26	0.3	0.34	0.39	0.42	0.42	0.39	0.33	0.34
<b>MF-175</b>	K'	320	250	170	105	78	56	42	36	27	25	24	24
	$\tan \delta_d$	0.5	0.49	0.46	0.41	0.36	0.26	0.16	0.06	0.05	0.03	0.02	0.02
	K''	160	123	78	43	28	15	6.7	2.2	1.35	0.75	0.48	0.48
	M'	8	7.9	7.8	7.7	7.6	7.3	7	6	4.4	1.8	1.3	1.1
	$\tan \delta_m$	0	0	0	0	0	0	0.4	0.6	0.8	1.4	1.6	3
	M''	0	0	0	0	0	0	2.8	3.6	3.52	2.5	2.1	3.3
	dB/cm	0	0	0	0	0.01	0.05	0.87	8.6	24	65	69	177
	dB/in	0	0	0	0	0.03	0.13	2.2	22	61	165	175	450
	$ Z /Z_0$	0.15	0.17	0.2	0.26	0.3	0.36	0.42	0.44	0.46	0.35	0.32	0.38
<b>MF-190</b>	K'	380	295	195	115	86	60	44	40	28	26	25	25
	$\tan \delta_d$	0.6	0.59	0.56	0.51	0.46	0.32	0.18	0.07	0.04	0.04	0.02	0.02
	K''	228	174	109	59	40	19	7.9	2.8	1.12	1.04	0.5	0.5
	M'	9	8.9	8.8	8.7	8.6	8.3	8	7	4.5	2	1.5	1.1
	$\tan \delta_m$	0	0	0	0	0	0	0.6	0.8	0.9	1.4	1.6	4
	M''	0	0	0	0	0	0	4	5.6	4.05	2.8	2.4	4.4
	dB/cm	0	0	0	0	0.01	0.06	1.3	12.6	27	70	75	217
	dB/in	0	0	0	0	0.03	0.15	3.3	32	69	179	190	551
	$ Z /Z_0$	0.14	0.16	0.2	0.26	0.3	0.36	0.46	0.47	0.47	0.36	0.34	0.43

代表的な電気的的特性の記号一覧

K' : 誘電率の実部

$\tan \delta_d$  : 誘電正接

K'' : 誘電率の虚部

M' : 透磁率の実部

$\tan \delta_m$  : 磁気損失正接

M'' : 透磁率の虚部

dB/cm : 単位距離あたりの減衰

$|Z|/Z_0$  : 正規化インピーダンスの比

## 終端設計の検討

- 終端、減衰材料の選定と設計のほとんどは、カットアンドトライ、手探り方法にかなり依存します。MF の中で最も広く使われているのは、MF-117 なので、実験を始める材料として最適です。まず過去の経験や概略寸法の予測を基に予備設計を行い、MF 材料を加工して VSWR や減衰度を測定し、それによって必要な改良をしていきます。
- 同軸線、導波管、ストリップラインの終端には、段階状または無段(均一)傾斜のテーパ形状が使われます。
- 段階状テーパの終端は狭帯域で、厳密な寸法精度が必要です。基本的に単一周波数での動作が予想される場所だけに推奨されます。段階数を二段以上にすれば使用帯域幅を広くでき、伝播方向の長さ制限がある場合に、有用です。段階状テーパ終端では、磁気特性と誘電特性の小さな変化に敏感なので、その性能再現性は困難です。
- 無段テーパの終端は、広い周波数帯域にわたってVSWRを低くできるので、全体にお奨めできます。寸法精度はそれほど厳しくなく、性能も磁気特性や誘電特性にあまり敏感ではありません。一般に、テーパの傾斜度を緩やかにする程、VSWR は低くなります。導波管周波数帯全域にわたってVSWRを1.01の低さにするには、特にM'とK'の値が高い材料では、長さ対底辺幅の比を10:1にすることが強く望まれます。逆方向への反射が起り得る取り付け底面、そこへ到達するエネルギーをほとんど皆無にするには、テーパを充分長くする必要があります。VSWRを1.01の低さにするには、一方の減衰度は少なくとも-25dBにしなければなりません。
- 壁取り付け方の無段テーパ終端は、熱伝導効率が最大で、高電力用途に適します。

## 推奨する機械加工

下記の検討事項の殆どは、基本の MF シリーズ材料だけでなく、高温用、注型用、モールディングパウダー状の同等品にも適用できます。MF は、旋盤、フライス盤、ドリル、鋸、研磨盤などの標準的な金属加工機械工具で精密公差の加工・成形が可能で、概して通常の手法を使いますが、下記の事前注意や制約に留意して下さい。

## 工具の段取り

- 旋盤、フライス盤、穴あけ、タッピング加工にはカーバイド工具を使って下さい。例えば、殆どの作業条件に合う、タイプ883のような汎用目的のカーバイド。長寿命には硬質カーバイドタップを。ネジ下ぎりは標準寸法で充分。
- 雄ねじは、通常のねじ切りダイスではなく、旋削または研削を、送りを軽く切り込みを浅くして切ります
- 鋸による裁断は、直径が 20.3cm~25.4cm の丸鋸を研削冷却液を使いながら高速回転することで、最良の仕上がりで最高精度での加工ができます。要求条件がそれほど厳しくない場合は、薄いカーボンホイール (例えば厚さ 0.079cm) やカーバイド鋸が使えます。加工物を固定したまま鋸を移動させ、鋸が加工物に入り込み易くなるように回転させることで、最良の結果が得られます。
- 平坦なシートなどの表面は、ブランチャードグラインダーを使えば最高の仕上げとなります。MF は磁気チャックで容易に固定できます。シートの寸法は加工機の高さによる制約を受けます。

## 冷却液

- 冷却液の使用を、特に精密公差のすべての作業にお奨めします。工作機械保護のため、防錆特性のある、工業用研削液か、水溶性の油を使って下さい。特に、余燼のため危険になるので、火花を発生する作業を冷却なしで、行ってはなりません。
- 使用済冷却液を再循環のため回収する場合は、冷却液ポンプが研削屑、鋸屑や切れ端を吸い込まないように二腔式の回収システムを使って下さい。再循環システムがない場合は、空気駆動スプレーや噴霧器が最良の結果をもたらします。

電気的特性が低下しない場合は、タップ付き金属インサート使用をご検討下さい。インサートは挿入場所に埋め込み注型するか、適当な組成の注型材料で接着して下さい。

## 速さと送り速度のヒント

作業の種類	速さ	送り速度
鋸挽き、回転	21.3～27.4 m/分	0.13～0.20 mm
雄ねじ切り	21.3～27.4 m/分	0.038 mm/孔型
雌ねじ切り	450 rpm	タッピング ヘッド
フライス削り	21.3～27.4 m/分	0.038～0.076 mm/ 歯

**EMERSON & CUMING**  
**MICROWAVE PRODUCTS N.V. 日本総代理店**

G&Gプランニング株式会社 電波事業部  
TEL 03-5461-8791 FAX 03-5461-8415  
HP: <http://www.ggp.jp> E-mail: [denpa@ggp.co.jp](mailto:denpa@ggp.co.jp)

◎本資料に記載されている性能値などは保証値ではありませんのでご了承ください。

◎本資料の記載内容を予告なく変更する、又は製品の製造を中止することありますので、その旨ご了承ください。

2012-6