

CETC 中国电科



产品手册



**中国电子科技集团公司第九研究所
(西南应用磁学研究所)**

地址：四川省绵阳市高新区滨河北路西段268号
电话：0816-2555068 0816-2555055
传真：0816-2869006
网站：www.siam.cn

Add: #268, West Section, Binhe Road Norh, High-tech
Zone, MianYang621000, Sichuan, China
Tel: +86-816-2555068 +86-816-2555055
Fax: +86-816-2869006
Http: www.siam.cn

Product
Manual

微波多晶铁氧体材料

中国电子科技集团公司第 9 研究所

Product
Manual

微波多晶铁氧体材料



中国电子科技集团公司第九研究所(西南应用磁学研究所), 始建于1967年, 主要从事军用磁性功能材料与特种元器件的研制、开发、生产、服务以及应用磁学基础研究, 是我国唯一的综合性应用磁学科研机构, 是国家国防科技工业的核心能力建设保留单位。

目前, 中国电科九所已形成微波磁性材料及器件技术、射频软磁材料与器件技术、稀土永磁材料与组件技术、LTCC材料及元器件技术四个主导领域, 产品涵盖海、陆、空、天所有应用领域, 主研的微波毫米波单晶及多晶铁氧体材料、器件及组件产品门类众多、性能优异、品质卓越。“十二五”期间完成鉴定成果200余项、申请专利30余项, 承担并完成了国家军用磁性元器件领域60%以上研制任务、50%以上的磁性配套产品; 形成了9大类、100多个系列、1600余种规格的军用磁性产品配套能力。全国军用电子元器件行业评比前十名(连续数年); 总装备部神舟系列及天宫一号等工程受表彰单位; 总装备部、科工局“十一五”武器装备承制先进单位。具备武器装备科研生产许可证、国防三级计量认证、国家二级保密资格单位证书。

目 录 c o n t e n t s

◎微波铁氧体材料概述	01
◎微波铁氧体材料的主要性能参数	01
◎微波铁氧体材料选用指南	02
◎贮存条件	03
◎清洗	03
◎型号命名方法	03
◎石榴石多晶材料	04
◎Y-AL系列微波铁氧体材料	04
◎小线宽系列微波铁氧体材料	04
◎高居里温度系列微波铁氧体材料	05
◎功率系列微波铁氧体材料	06
◎高功率铁氧体材料	07
◎高介电常数铁氧体材料	08
◎尖晶石多晶材料	09
◎LI铁氧体材料	09
◎NI铁氧体材料	10
◎产品尺寸表	11
◎现有套环产品尺寸类	11

微波铁氧体材料概述

微波铁氧体材料又称旋磁材料，是指适用于微波频段的旋磁介质。微波铁氧体材料在微波技术中占有重要地位并得到了广泛应用。

目前，利用微波铁氧体材料的旋磁效应及其非线性效应等特性，已制成了多种微波铁氧体器件。如隔离器/环行器、移相器、调制器等多晶器件，以及震荡器、倍频器、限幅器、滤波器等单晶器件。这些器件的性能，在很大程度上取决于微波铁氧体材料的选择极其合理利用。常用微波铁氧体材料有石榴石、尖晶石、六角晶系铁氧体等。

微波铁氧体材料主要性能参数

(1) 饱和磁化强度 M_s

由于材料的张量磁化率 χ 与 $\omega_m (= \gamma M_s)$ 成正比，故 M_s 越高旋磁性能越强。选用 M_s 高的材料，有利于提高器件的效率、缩小体积。但 M_s 的增高有可能使低场损耗增加，见图1。低场损耗是由磁晶各向异性场和不饱和磁化情况下、复杂磁畴和结构形成的局部退磁场所共同引发的共振吸收。这一共振吸收的上限为 $\omega_{max} = \gamma (H_a + M_s)$

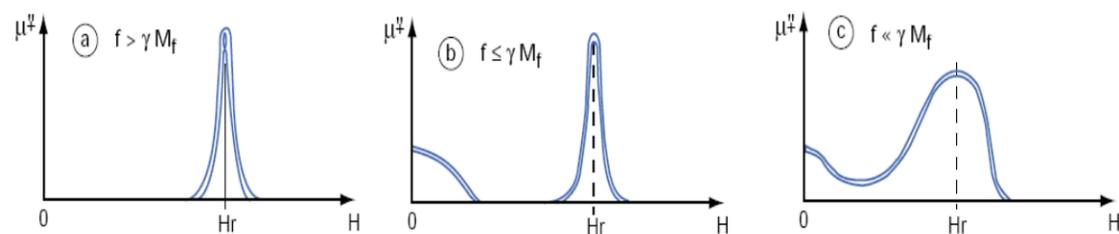


图1 不同频率下，材料的损耗与磁场的关系 ($f = \omega_{max}/2$)

微波铁氧体材料的 M_s 约为16~415 kA/m。材料的工作频率 $\omega < \omega_{max}$ 时，会出现低场损耗；如果工作频率 $\omega > \omega_{max}$ 时，则不会出现低场损耗。

因此，不同频段的铁氧体器件对 M_s 有不同的要求，应根据器件的工作频率，合理选择不同 M_s 的微波铁氧体材料。

(2) 铁磁共振线宽 ΔH_k 与H的关系

曲线中的吸收峰半宽度被定义为材料的铁磁共振线宽 ΔH 。 ΔH 越窄，表明共振曲线尾部对插入损耗的影响就小，更便于器件将工作点选在 μ'' 与 μ' 差值足够大的磁场下，即器件工作点选择范围较宽。

(3) 有效线宽 ΔH_{eff}

对于大部分工作在非共振区的器件来说，为了反映材料在工作磁场下的真实磁损耗特性，引入了有效线宽 ΔH_{eff} 的概念。其定义为： $\Delta H_{eff} = 2 \cdot M_s \cdot \text{Im}(1/\chi_+)$ 。其中， $\text{Im}(1/\chi_+)$ 表示正圆极化磁化率倒数的虚部。这就是说，非共振区的 ΔH_{eff} 直接与 μ'' 成正比，即 ΔH_{eff} 小，则磁损耗低。反之亦然。

(4) 介电损耗 $\text{tg} \delta_\epsilon$ 和相对介电常数 ϵ_r

介电损耗角正切 $\text{tg} \delta_\epsilon = \epsilon'' / \epsilon'$ ，用来表示材料在微波频率下的介电损耗，其中 ϵ'' 和 ϵ' 分别为复介电常数的虚部和实部。相对介电常数 $\epsilon_r = \epsilon' / \epsilon_0$ ， ϵ_0 为真空介电常数。

(5) 自旋波线宽 ΔH_k

ΔH_k 是微波铁氧体材料峰值功率承受能力的度量值， ΔH_k 可由测量平行泵激励下高功率临界场的最小值 h_c 来计算。 ΔH_k 越大，表面材料承受峰值功率的能力越强。提高材料的 ΔH_k 途径有两条：一是加入快弛豫离子，但这也带来了 ΔH 和 ΔH_{eff} 的增大；二是细化材料的晶粒，但细化晶粒的工艺较为复杂、对工艺设备的要求较高。实验证明， ΔH_k 与晶粒尺寸 a_0 有： $\Delta H_k \propto a_0^{-1}$ 的关系。

(6) 居里温度 θ_f 与 M_s 温度系数 α

M_s 在给定温度范围 ($\delta T = T_1 - T_2$) 温度系数 α ，定义为： $\alpha = \delta M_s / M_s (RT) \delta T$ 。其中 $\delta M_s = |M_s (T_2) - M_s (T_1)|$ ， $M_s (RT)$ 为 M_s 的室温值。微波铁氧体器件的工作温度范围及平均功率承受能力，均与材料的温度系数和居里温度有关。普遍要求材料具有高的 θ_f 和低的 α 。

微波铁氧体材料选用指南

我所生产的微波铁氧体材料产品，按材料的性质分为单晶铁氧体材料和多晶铁氧体材料；按晶体结构的不同，分为石榴石铁氧体材料和尖晶石铁氧体材料。

石榴石多晶铁氧体材料按掺杂的性质，分为A、DA、G、P、HD、HA等系列。尖晶石多晶铁氧体材料按主要成分的性质，分为Ni系和Li系两大系列。每一系列产品又有其不同的特性，为了帮助用户更好的了解和合理选用我所生产的微波铁氧体材料，特提出以下几点建议：

- 1、根据工作频率的不同，选用不同饱和磁化强度 M_s 的材料；
- 2、根据工作温度及温度范围的不同，选用不同温度系数 α 的材料；
- 3、根据器件承受功率的条件不同，选用不同自旋波 ΔH_k 的材料。

石榴石多晶材料

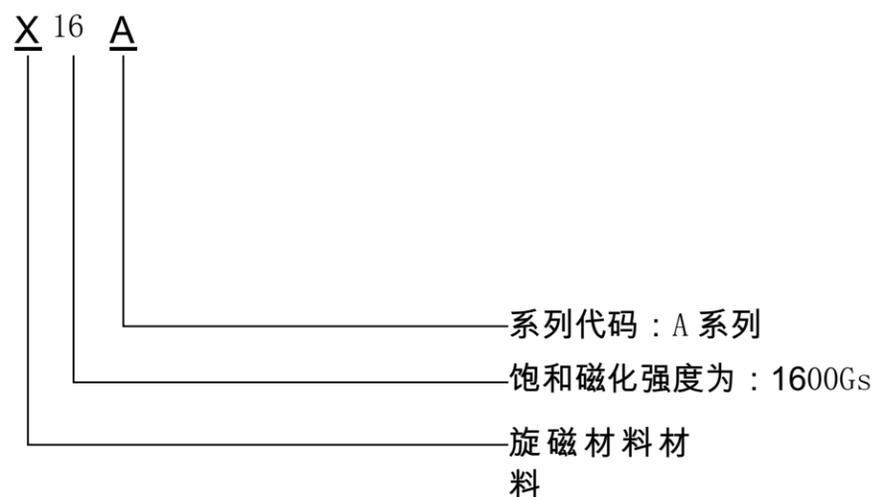
> 储存条件

- 1、长期贮存条件：
- 2、——相对湿度：25%~80%
- 3、——无酸性、碱性或其它有害气体。

> 清洗

禁止用酸碱液体清洗基片。

> 型号命名方法



> Y-Al系列微波铁氧体材料

- 特性：
 1. 饱和磁化强度MS的可调范围广
 2. 材料的磁损耗、介电损耗小
- 用途：

P—X频段环行器、隔离器

■ 典型技术指标及国外参照牌号

Y-Al Garnet

TYPES	SATURATION MAGNETIZATION 4 π Ms (Gauss) ±5%	CURIE TEMPERATURE T _c °C	LINE WIDTH ΔH (Oe)	SPIN WAVE LINE WIDTH ΔH (Oe) ±20%	DIELECTRIC CONSTANT ϵ' ±5%	DIELECTRIC LOSS TANGENT tan δ
16A	1600	250	≤ 40	2.0	14.0	≤ 0.0002
14A	1400	230	≤ 40	2.0	14.0	≤ 0.0002
12A	1200	220	≤ 40	2.0	14.2	≤ 0.0002
10A	1000	205	≤ 40	2.0	14.1	≤ 0.0002
8A	800	190	≤ 40	2.0	14.1	≤ 0.0002
6A	600	160	≤ 40	2.0	14.0	≤ 0.0002

> 小线宽系列微波铁氧体材料

- 特性：

材料的铁磁共振线宽小、损耗低
- 用途：

适用于低损耗隔离器、环行器

■ 典型技术指标及国外参照牌号

TYPES	SATURATION MAGNETIZATION ON 4πMs (Gauss) ±5%	CURIE TEMPERATURE Tc °C	LINE WIDTH ΔH (Oe)	SPIN WAVE LINE WIDTH ΔH(Oe) ±20%	DIELECTRIC CONSTANT ε' ±5%	DIELECTRIC LOSS TANGENT tanδ
19G ₃	1950	250	≤16	2	14.6	≤0.0002
18G ₃₂	1850	260	≤16	2	14.1	≤0.0002
18G ₂₀	1800	280	≤22	2	14.1	≤0.0002
Y1801	1650	250	≤16	2	14.1	≤0.0002
16G ₃	1600	240	≤16	2	14.0	≤0.0002
14G ₃₄	1400	220	≤16	2	13.8	≤0.0002
12G ₃₂	1200	210	≤16	2	13.6	≤0.0002
10G ₃	1000	200	≤16	2	13.4	≤0.0002
8G ₄	800	180	≤16	2	13.1	≤0.0002
14V	1400	230	≤16	2	13.5	≤0.0002
12V	1200	220	≤16	2	13.3	≤0.0002

> 高居里温度系列微波铁氧体材料

- 特性：
材料的电磁性能优异，损耗小、居里温度高
- 用途：
可广泛用于通讯频段的铁氧体隔离器、环行器

■ 典型技术指标及国外参照牌号

YIG

TYPES	SATURATION MAGNETIZATION 4πMs (Gauss) ±5%	CURIE TEMPERATURE Tc °C	LINE WIDTH ΔH (Oe)	SPIN WAVE LINE WIDTH ΔH(Oe) ±20%	DIELECTRIC CONSTANT ε' ±5%	DIELECTRIC LOSS TANGENT tanδ
18HD ₁	1800	295	≤40	<2	14.5	≤0.0002
18HD ₄	1800	290	≤30	<2	14.5	≤0.0002
18F ₆	1800	285	≤23	<2	14.5	≤0.0002

> 功率系列微波铁氧体材料

- 特性：
1. 材料电磁性能优异，损耗小、居里温度高、温度系数低
2. 可承受高峰值功率
- 特性：
可广泛用于微波频段的高功率铁氧体隔离器、环行器

■ 典型技术指标及国外参照牌号

TYPES	SATURATION MAGNETIZATION ON 4πMs (Gauss) ±5%	CURIE TEMPERATURE Tc °C	LINE WIDTH ΔH (Oe)	SPIN WAVE LINE WIDTH ΔH(Oe) ±20%	DIELECTRIC CONSTANT ε' ±5%	DIELECTRIC LOSS TANGENT tanδ
143P	1800	255	≤35	4.0	14.4	≤0.0002
127P	1600	265	≤35	5.0	14.3	≤0.0002
14H	1400	255	≤45	6.0	13.8	≤0.0002
12H	1200	260	≤50	7.0	13.7	≤0.0002
80P	1000	240	≤50	7.2	13.6	≤0.0002
8HA	850	235	≤50	8.5	13.4	≤0.0002
10HA11	1000	235	≤40	6.0	13.6	≤0.0002
8HA11	800	220	≤40	8.0	13.4	≤0.0002
6HA11	600	200	≤40	10.0	13.2	≤0.0002
4HA11	440	190	≤45	9.0	13.2	≤0.0002

> 高功率铁氧体材料

- 特性：
自旋波线宽大、温度系数低、居里温度高
- 用途：
可广泛用于高功率铁氧体隔离器、环行器

■ 典型技术指标及国外参照牌号

TYPES	SATURATION MAGNETIZATION ON $4\pi M_s$ (Gauss) $\pm 5\%$	CURIE TEMPERATURE T_c $^{\circ}\text{C}$	LINE WIDTH ΔH (Oe)	SPIN WAVE LINE WIDTH ΔH (Oe) $\pm 20\%$	DIELECTRIC CONSTANT ϵ' $\pm 5\%$	DIELECTRIC LOSS TANGENT $\tan\delta$
16HD	1600	260	≤ 80	16	14.0	≤ 0.0002
12HD C	1200	240	≤ 100	20	13.7	≤ 0.0002
10HD C	1000	235	≤ 110	20	13.5	≤ 0.0002
8H A D	800	220	≤ 107	20	13.5	≤ 0.0002
6H A D	600	200	≤ 100	19	13.4	≤ 0.0002

> 高介电常数铁氧体材料

- 特性：
自旋波线宽大、温度系数低、居里温度高
- 用途：
可广泛用于高功率铁氧体隔离器、环行器

■ 典型技术指标及国外参照牌号

TYPES	SATURATION MAGNETIZATION $4\pi M_s$ (Gauss) $\pm 5\%$	CURIE TEMPERATURE T_c $^{\circ}\text{C}$	LINE WIDTH ΔH (Oe)	SPIN WAVE LINE WIDTH ΔH_L (Oe) $\pm 20\%$	DIELECTRIC CONSTANT ϵ' $\pm 5\%$	DIELECTRIC LOSS TANGENT $\tan\delta$
X96E ₂₈	1200	190	≤ 30	2	28	≤ 0.0005
X147E ₂₀	1850	200	≤ 25	2	20	≤ 0.0002
X155E ₂₀	1950	220	≤ 25	2	20	≤ 0.0002

尖晶石多晶材料

> Li铁氧体材料

- 特性：
损耗小、居里温度高、温度稳定性好介电常数高
- 用途：
低场低损耗同轴、带线隔离器、环行器

■ 典型技术指标及国外参照牌号

Lithium Spinel Ferrite					
TYPES	SATURATION MAGNETIZATION 4 π Ms (Gauss) ±5%	LINE WIDTH ΔH (Oe)	SPIN WAVE LINE WIDTH ΔH (Oe) ±20%	DIELECTRIC CONSTANT ϵ' ±5%	DIELECTRIC LOSS TANGENT tan δ
XL21	2100	≤250	2.8	15.8	≤0.001
XL23	2300	≤250	2.8	15.6	≤0.001
XL26	2600	≤250	2.8	15.7	≤0.001
XL28	2800	≤250	2.8	15.9	≤0.001
XL30	3000	≤250	2.8	15.4	≤0.001
XL32	3200	≤250	2.8	15.6	≤0.001
XL38	3800	≤250	2.8	15.5	≤0.001
XL40	4000	≤250	2.8	15.0	≤0.001

> Ni铁氧体材料

- 特性：
损耗小、居里温度高、温度稳定性好、密度高、致密性好
- 用途：
可广泛用于高频同轴、带线、微带隔离器、环行器

■ 典型技术指标及国外参照牌号

Nickel Spinel Ferrite					
TYPES	SATURATION MAGNETIZATION 4 π Ms (Gauss) ±5%	LINE WIDTH ΔH (Oe)	SPIN WAVE LINE WIDTH ΔH (Oe) ±20%	DIELECTRIC CONSTANT ϵ' ±5%	DIELECTRIC LOSS TANGENT tan δ
XN43A	4300	≤200	8.0	13.3	≤0.0005
XN46A	4600	≤150	8.0	13.4	≤0.0005
XN49A	4900	≤150	8.0	13.4	≤0.0005
XN52A	5200	≤100	8.0	13.5	≤0.0005
XN21P	2100	≤200	20.0	12.2	≤0.0005
XN23P	2300	≤200	20.0	12.2	≤0.0005
XN25P	2500	≤200	20.0	12.5	≤0.0005
XN30P	3000	≤200	20.0	12.8	≤0.0005
XN33P	3300	≤200	20.0	12.8	≤0.0005
XN21B	2100	≤250	13.0	12.1	≤0.0005
XN25B	2500	≤200	13.0	12.2	≤0.0005
XN28B	2800	≤200	13.0	12.3	≤0.0005
XN30B	3000	≤200	13.0	12.4	≤0.0005
XN33B	3300	≤200	13.0	12.5	≤0.0005
XN30	3000	≤250	12.0	12.5	≤0.0005
XN33	3300	≤250	12.0	12.5	≤0.0005
XN36	3600	≤250	12.0	12.6	≤0.0005
XN40	4000	≤200	12.0	12.8	≤0.0005
XN45	4500	≤200	12.0	12.9	≤0.0005

产品尺寸表

产品尺寸表

> 现有套环产品尺寸表

编号	外径	内径	编号	外径	内径	编号	外径	内径	编号	外径	内径	编号	外径	内径
1	5.2	1.7	22	8.8	6.25	43	19.3	10.2	64	20.7	15.5	85	41.7	29.35
2	5	2.6	23	8.8	6.4	44	14.3	10.4	65	22.1	16.4	86	33.3	29.85
3	4.8	2.7	24	9.2	6.6	45	15.1	11	66	20	16.55	87	36.2	30.85
4	4.6	3	25	9.3	6.85	46	12.5	11	67	21.7	16.8	88	45.4	31
5	5.7	3.1	26	10.5	6.9	47	16	11.45	68	22.1	16.8	89	39.6	31.3
6	4.9	3.5	27	9.9	7.1	48	16.3	11.8	69	21.6	16.9	90	52	31.6
7	5.3	4.1	28	9.6	7.15	49	15.7	12.2	70	23.3	17.1	91	28.3	32.7
8	5.5	4.3	29	9.7	7.35	50	16.5	12.45	71	23.6	18	92	55.6	33.1
9	5.9	4.6	30	9.8	7.65	51	22	12.5	72	28.6	20.4	93	45.4	33.8
10	6.6	4.8	31	12.2	7.65	52	17.4	12.6	73	27.56	21.8	94	39.1	33.8
11	5.9	4.8	32	9.2	7.8	53	17.7	12.8	74	27.9	22.1	95	45.4	34
12	11.6	5	33	11.3	8.35	54	18.6	13.3	75	31.2	23.4	96	37.9	34.4
13	6.2	5.2	34	9.8	8.05	55	16.7	13.6	76	29.1	24	97	45.4	35.8
14	7.2	5.4	35	14.7	8.5	56	19.4	14	77	27.9	24.7	98	42.5	37.3
15	6.8	5.6	36	11.7	8.6	57	20.1	14.4	78	35.4	24.7	99	52.1	37.3
16	8.7	5.7	37	13.5	8.85	58	19.8	14.8	79	29.5	25.4	100	43.7	37.6
17	7.7	5.8	38	17.2	8.9	59	21	15.1	80	33.3	26.1	101	51.3	37.7
18	8.2	5.85	39	11.5	9.1	60	23.6	15.15	81	31.2	26.65	102	51.3	42.6
19	9.8	6	40	12.6	9.6	61	21.4	15.4	82	34.7	27.7	103	52.5	44.4
20	10.9	6	41	13.5	9.8	62	19.1	15.5	83	25.4	28	104	59.8	47.9
21	10.7	6.15	42	12.5	9.85	63	20.1	15.5	84	34.6	28.1			