

尖劈型微波暗室材料及其性能的测试*

微波吸收材料组

(中国科学院物理研究所)

微波吸收材料具有良好的吸收电磁波的性能,它可用来屏蔽雷达机身、天线架以及雷达场所周围的地面和建筑物,消除这些物体产生的杂波干扰引起的天线方向图畸变,提高雷达测向的准确度。吸收材料还可用作微波设备的终端负载和衰减器件。随着雷达技术的发展,微波吸收材料已广泛用来建造微波暗室(又称微波吸收室或微波无反射室),以形成等效无反射自由空间,供卫星、火箭、飞机等进行遥控或通讯调试;或供雷达系统进行天线方向图、天线阻抗及天线耦合的测试;以及供测定各种飞行器的有效散射面积^[1-3]。

早期的微波暗室所用的吸收材料是用玻璃纤维或动物毛发掺杂吸收物质作成的,这种暗室静区的性能一般只在20分贝左右(功率反射系数约为1%)^[4]。直至1960年前后,出现了用含有吸收物质的泡沫塑料作成的平板型微波吸收材料,由于其吸收性能的限制,用这种平板型材料建造微波暗室,一般须在室内壁上采用纵向或横向隔板式结构,但由于隔板突出于壁平面,使反射表面移近室的中心,限制了使用面积,也等于增加了来波的人射角^[5]。近几年来,具有优异吸收性能的尖劈型(角锥型)吸收材料出现后,已被用来建造构型简单的高性能微波暗室,这种材料在其主要使用频段,吸收率可达得20—50分贝(功率反射系数1—0.001%),用其建成微波暗室后,静区的吸收性能尚可优于材料10分贝以上^[6]。

我们曾研制了两种供建造微波暗室及其它用途的平板型吸收材料:聚苯乙烯硬泡沫板型和聚氨酯软泡沫板型。前一种材料在使用频段内吸收率为20—25分贝(功率反射系数1—0.3%),后一种材料吸收率为23—30分贝(功率反射系数0.5—0.1%)。在此基础上,我们进而研制了正四角锥体的尖劈型吸收材料。(图1,图2)。此种材料在其主要使用频段内吸收率可达到30—50分贝(功率反射系数0.1—0.001%)。同时,与平板型材料不同,当来波入射角增大时,尖劈型材料仍能保持优异的吸收性能。本文将对此种材料的制备工艺及性能测试作一简述。

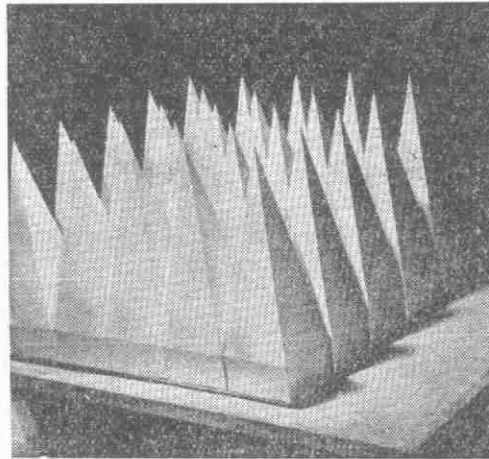


图1 尖劈型微波吸收材料外形照片

* 1972年7月5日收到。

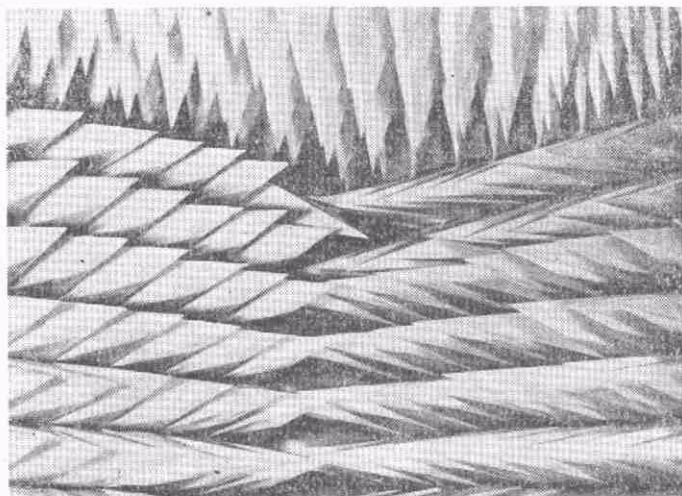


图 2 尖劈型吸收材料使用时的照片

一、工艺设计

尖劈型材料以聚氯乙烯树脂为基质加入吸收物质作成壳体，并在内部填充吸收材料制成。其个体单元如图 3 所示，其中锥部高度 a 与底部高度 b 之比为 $a:b \approx 5:1$ ；角锥夹角 $\alpha = 18^\circ$ 。调整壳体与填充物的电磁性能以实现阻抗匹配。

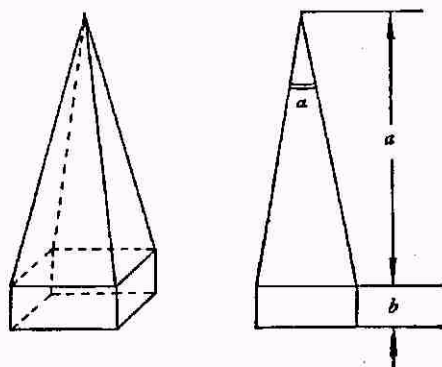


图 3 尖劈材料单元

制作工艺：在聚氯乙烯树脂中，加入增塑剂：邻-苯二甲酸二丁酯；热稳定剂和脱模剂：三盐基性硫酸铅、硬脂酸钙；以及吸收物质：碳黑、石墨等，制成尖劈外壳，将含有吸收物质的聚氨酯泡沫塑料填入壳内，即成尖劈材料单元。将尖劈单元用过氯乙烯胶粘结在 500×500 (mm) 的木质板上制成吸收体。并于表面喷涂白漆，使具有良好的反光性能。

二、性能测试

三种不同高度： $a + b = 18$ 厘米， $a + b = 23$ 厘米， $a + b = 32$ 厘米的尖劈型材

表 1 不同高度尖劈型材料的吸收性能

高度 (公分)	频率范围 (千兆赫)						
	40	10	6	3	2	1	0.5
18	<0.01 (>40 分贝)	<0.01 (>40)	<0.01 (>40)	0.01 (40)	0.03 (35)		
23	<0.01 (>40)	<0.01 (>40)	<0.01 (>40)	0.01 (40)	0.01 (40)	0.3 (25)	
32	<0.01 (>40)	<0.01 (>40)	<0.01 (>40)	0.01 (40)	0.01 (40)	0.1 (30)	0.3 (25)

料的吸收性能如表 1 所示。

从表 1 可以看出,材料在低频带的吸收性能随着高度增加而变好。

图 4 为 23 厘米高尖劈型材料在 1 千兆赫至 10 千兆赫的吸收性能曲线。由曲线可以看出从 2.5 千兆赫至 10 千兆赫其吸收性能皆在 40 分贝以上。图 5 为平板材料与尖劈型材料吸收性能与入射角度的关系。从图 5 看出:平板型材料当入射角度大于 50° 时,吸收性能明显变坏,而尖劈型材料由于对各种入射角度均有一接近垂直入射的平面,故当入射角度在 0°—70° 间变化时,其吸收性能无显著变化。

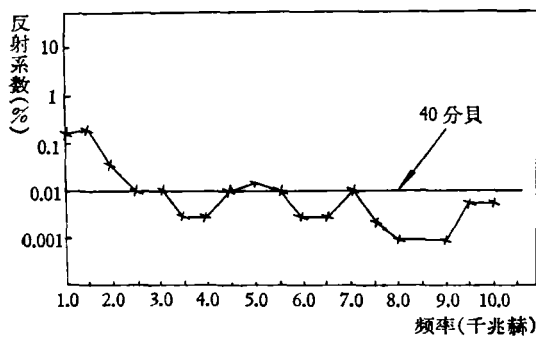


图 4 23 厘米高尖劈型材料吸收性能

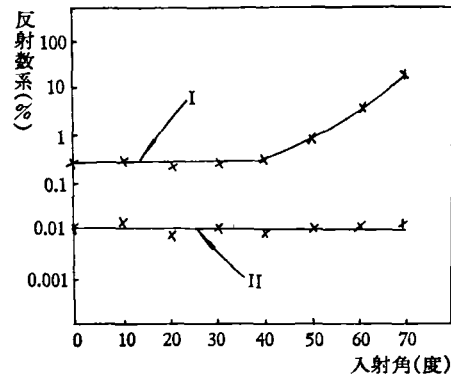


图 5 吸收性能与入射角度的关系

频率 3.0 千兆赫

I 平板型软泡沫材料;

II 尖劈型材料。

测试结果还表明:尖劈型材料在天线垂直极化位置与水平极化位置吸收性能相同。

对材料吸收性能的测试在微波暗室中进行。频率高于 2 千兆赫时采用功率反射法(图 6),低于 2 千兆赫时采用空间驻波法(图 7)。

用功率反射法测试时,样品架位于一弓形架下方,发射天线与接收天线可在弓形架上于样品架法线两侧自 0° 至 70° 调节。当两个天线对准样品架时,调整微波信号源及调配检波器,使样品架上为一金属板时,选频放大器指示最大,以同等大小的样品代替金属板

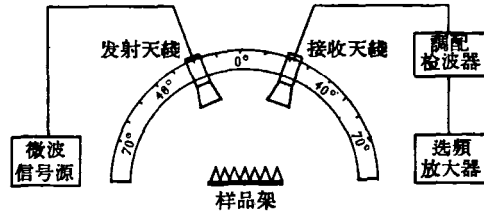


图 6 吸收性能测试的功率反射法

时获得的信号与金属板时获得信号之比即为样品的功率反射系数。为使测量准确起见，样品边长应有 6—10 个波长，天线与样品架距离应大于 20 个波长。当入射角度大于 50° 时，须在发射天线与接收天线之间沿样品架法线方向放置吸收隔板，以防发射信号直接进入接收天线。隔板的吸收性能须不低于暗室静区的性能，且应不透过电磁波。

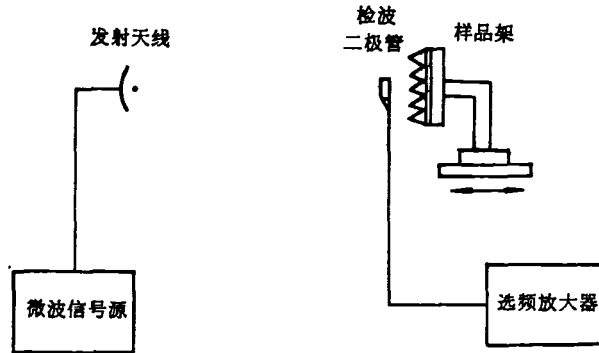


图 7 吸收性能测试的空间驻波法

用空间驻波法测试时，应使电磁波垂直入射于样品架平面以形成驻波。调微波信号源于选定频率，均匀地前后移动样品架，自选频放大器读出二极管检波信号中波腹极大点 I_{\star} 与相邻的极小点 I_{\star} ，由公式 $S = \sqrt{\frac{I_{\star}}{I_{\star}}}$ 计算出驻波比 S ，再由公式 $\rho_V = \frac{S-1}{S+1}$ 算出电压反射系数 ρ_V ，功率反射系数 ρ_P 可由式 $\rho_P = \rho_V^2$ 计算得出。用同样的方法分别测得同等大小的金属板与样品的功率反射系数 $\rho_{P\text{金}}$ 与 $\rho_{P\text{样}}$ ，以 $\rho_{P\text{样}}$ 与 $\rho_{P\text{金}}$ 之比 $\rho_{P\text{样}}/\rho_{P\text{金}} = \rho$ 作为样品的实际功率反射系数。

本工作是在北京墨汁厂协作下做成的，特此致谢。

参 考 资 料

- [1] Steven Galagan, *Micro Waves*, Vol. 9, 5 (1970), 69.
- [2] Я. А. Шнейдермен, *Зарудежная радиоэлектроника*, 6 (1969), 101.
- [3] William H. Emerson, *International Antenna and Propagation Symposium*, (1967), 208.
- [4] Steven Galagan, *Micro Waves*, Vol. 8, 12 (1969), 38.
- [5] Steven Galagan, *Micro Waves*, Vol. 9, 1 (1970), 44.
- [6] Steven Galagan, *Micro Waves*, Vol. 9, 4 (1970), 47.