



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108886883 B

(45)授权公告日 2020.04.03

(21)申请号 201680083953.6

(22)申请日 2016.12.01

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108886883 A

(43)申请公布日 2018.11.23

(30)优先权数据
2016-073350 2016.03.31 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2018.09.27

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2016/085826 2016.12.01

(87)PCT国际申请的公布数据
W02017/168840 JA 2017.10.05

(73)专利权人 JX金属株式会社

地址 日本东京

(72)发明人 田中幸一郎

(74)专利代理机构 北京伟思知识产权代理事务
所(普通合伙) 11725

代理人 聂宁乐

(51)Int.Cl.

H05K 9/00(2006.01)

B32B 15/08(2006.01)

审查员 罗婷

权利要求书2页 说明书14页 附图1页

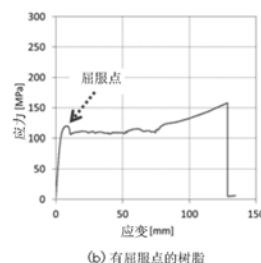
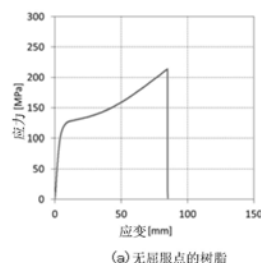
(54)发明名称

电磁波屏蔽材料

(57)摘要

本发明提供对1MHz以下的低频电磁场的磁场屏蔽特性良好、重量轻、成型加工性也优良的电磁波屏蔽材料。所述电磁波屏蔽材料具有将至少二张金属箔隔着树脂层进行密合层叠的结构，构成树脂层的树脂在150℃无屈服点，构成电磁波屏蔽材料的金属箔与树脂层的所有组合满足下述的式(A)，式(A)： $\sigma_M \times d_M \times d_R \geq 3 \times 10^{-3}$ ；并满足下述的式(B)，式(B)：

$$\frac{\sum_{a=1}^i (d_{Ra} \times f_{Ra})}{\sum_{b=1}^j (d_{Mb} \times f_{Mb})} \geq 0.8$$
 进一步，所有的



CN 108886883 B

金属箔满足下述的式(C)，式(C)： $\{(d_{Rb1} \times f_{Rb1}) + (d_{Rb2} \times f_{Rb2})\} / (d_{Mb} \times f_{Mb}) \geq 0.8$ 。

1. 一种电磁波屏蔽材料,其具有将至少二张金属箔隔着树脂层进行密合层叠的结构,构成树脂层的树脂在150℃无屈服点,

构成电磁波屏蔽材料的金属箔与树脂层的所有组合满足下述的式(A):

$$\text{式(A)}: \sigma_M \times d_M \times d_R \geq 3 \times 10^{-3}$$

σ_M 表示金属箔在20℃的电导率,单位是S/m,

d_M 表示金属箔的厚度,单位是m,

d_R 表示树脂层的厚度,单位是m;

当将构成电磁波屏蔽材料的树脂层的数量设为*i*、金属箔的张数设为*j*时,满足下述的式(B):

$$\text{式(B)}: \frac{\sum_{a=1}^i (d_{Ra} \times f_{Ra})}{\sum_{b=1}^j (d_{Mb} \times f_{Mb})} \geq 0.8$$

d_{Ra} 表示第*a*张树脂层的厚度,单位是 μm ,

f_{Ra} 表示第*a*张树脂层在150℃、拉伸应变为4%时的应力,单位是MPa,

d_{Mb} 表示第*b*张金属箔的厚度,单位是 μm ,

f_{Mb} 表示第*b*张金属箔在150℃、拉伸应变为4%时的应力,单位是MPa;

进一步,当将构成电磁波屏蔽材料的金属箔的张数设为*j*时,从第1张到第*j*张的所有的金属箔满足下述的式(C):

$$\text{式(C)}: \{ (d_{Rb1} \times f_{Rb1}) + (d_{Rb2} \times f_{Rb2}) \} / (d_{Mb} \times f_{Mb}) \geq 0.8,$$

*b*表示从1到*j*的整数,

d_{Rb1} 表示与第*b*张金属箔的一个表面邻接的树脂层的厚度,单位是 μm ,

f_{Rb1} 表示与第*b*张金属箔的一个表面邻接的树脂层在150℃、拉伸应变为4%时的应力,单位是MPa,

d_{Rb2} 表示与第*b*张金属箔的另一个表面邻接的树脂层的厚度,单位是 μm ,

f_{Rb2} 表示与第*b*张金属箔的另一个表面邻接的树脂层在150℃、拉伸应变为4%时的应力,单位是MPa,

d_{Mb} 表示第*b*张金属箔的厚度,单位是 μm ,

f_{Mb} 表示第*b*张金属箔在150℃、拉伸应变为4%时的应力,单位是MPa。

2. 如权利要求1所述的电磁波屏蔽材料,其特征在于,构成电磁波屏蔽材料的各金属箔在20℃的电导率为 $1.0 \times 10^6 \text{S/m}$ 以上。

3. 如权利要求1所述的电磁波屏蔽材料,其特征在于,构成电磁波屏蔽材料的各金属箔的厚度为4~50 μm 。

4. 如权利要求2所述的电磁波屏蔽材料,其特征在于,构成电磁波屏蔽材料的各金属箔的厚度为4~50 μm 。

5. 如权利要求1所述的电磁波屏蔽材料,其特征在于,构成电磁波屏蔽材料的各树脂层在20℃的相对介电常数为2.0~10.0。

6. 如权利要求2到4中任一项所述的电磁波屏蔽材料,其特征在于,构成电磁波屏蔽材料的各树脂层在20℃的相对介电常数为2.0~10.0。

7. 如权利要求1到5中任一项所述的电磁波屏蔽材料,其特征在于,构成电磁波屏蔽材料的各树脂层的厚度为4~500 μm 。

8. 如权利要求6所述的电磁波屏蔽材料,其特征在于,构成电磁波屏蔽材料的各树脂层的厚度为4~500 μm 。

9. 如权利要求1到5中任一项所述的电磁波屏蔽材料,其特征在于,通过热压来密合层叠构成电磁波屏蔽材料的金属箔以及树脂层。

10. 如权利要求6所述的电磁波屏蔽材料,其特征在于,通过热压来密合层叠构成电磁波屏蔽材料的金属箔以及树脂层。

11. 如权利要求7所述的电磁波屏蔽材料,其特征在于,通过热压来密合层叠构成电磁波屏蔽材料的金属箔以及树脂层。

12. 如权利要求8所述的电磁波屏蔽材料,其特征在于,通过热压来密合层叠构成电磁波屏蔽材料的金属箔以及树脂层。

电磁波屏蔽材料

技术领域

[0001] 本发明涉及电磁波屏蔽材料。特别地,本发明涉及可适用于电气或电子设备的涂覆材料或封装材料的电磁波屏蔽材料。

背景技术

[0002] 近年,全世界对地球环境问题的关心高涨,电动汽车、混合动力汽车等搭载有二次电池的注重环境型汽车不断普及。在这些汽车中,大多采用如下方式:将搭载的二次电池所产生的直流电流经由逆变器转换成交流电流之后,将必要的电力供应给交流电机,得到驱动力。由于逆变器的开关操作等产生了电磁波。由于电磁波阻碍车载的音响设备、无线设备等的信号接收,因此采取了将逆变器或将电池、电机等与逆变器一起容纳在金属制成的壳体中来屏蔽电磁波的措施(日本特开2003-285002号公报)。为了屏蔽1MHz以下的低频的电磁场,特别是500kHz以下的低频电磁场,使用磁导率高的金属作为电磁波屏蔽材料。

[0003] 另外,不限于汽车,包括通信设备、显示器以及医疗设备在内的多数的电气或电子设备发射电磁波。电磁波可能会引起精密设备的误操作,进一步,还忧心其对人体的影响。因此,开发了使用电磁波屏蔽材料减轻电磁波的影响的各种技术。例如,使用层叠铜箔和树脂膜形成的铜箔复合体作为电磁波屏蔽材料(日本特开平7-290449号公报)。铜箔具有电磁波屏蔽性,层叠树脂膜以加强铜箔。另外,还已知在绝缘材料形成的中间层的内侧和外侧分别层叠金属层得到的电磁波屏蔽结构(日本专利第4602680号公报)。另外,还已知具备基底基板 and 形成在所述基底基板的一个表面上的层叠部件的电磁波屏蔽用光学部件,所述层叠结构由包含金属层以及高折射率层(五氧化二铌)的多个重复单位膜构成(日本特开2008-21979号公报)。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本特开2003-285002号公报

[0007] 专利文献2:日本特开平7-290449号公报

[0008] 专利文献3:日本专利第4602680号公报

[0009] 专利文献4:日本特开2008-21979号公报

发明内容

[0010] 发明要解决的技术问题

[0011] 在汽车中,从提高燃料效率的观点出发,轻量化成为大课题。因此,若想通过高磁导率金属得到充分的屏蔽特性则需要厚的金属,在轻量化的观点不优选。因此,从金属材料向树脂材料、碳纤维材料转换的研究也正在进行。然而,虽然树脂材料、碳纤维材料能够立体成型但是无法期待其电磁波屏蔽效果。但是,若使金属制成的电磁波屏蔽材料的厚度过薄则无法得到优良的屏蔽效果,由于薄的金属层没有延展性因此容易形成裂纹成型加工也变难。日本特开平7-290449号公报中记载的技术和日本专利第4602680号公报记载的技术

也同样,得到优良的屏蔽效果所必需的电磁波屏蔽材料的厚度必须非常大,无法实现足够的轻量化,另外,也无法得到优良的成型性。日本特开2008-21979号公报中记载的技术是层叠纳米级的金属层以确保光的通过的技术,因此电磁波屏蔽特性有限度,由于过薄也难以成型。

[0012] 在这一点上,日本特开平7-290449号公报以及日本专利第4602680号公报记载的技术使用绝缘层和金属层的复合体来实现屏蔽效果,虽然能够实现一定程度的轻量化,但是这些公报中与绝缘层和金属层的复合体形成的屏蔽材料的成型加工性相关的考察不足。虽然能够使用片状的屏蔽材料,但是要求配合壳体的内表面或外表面形状成型加工成复杂的立体形状的情况也很多,因此若能够提供具有优良的立体成型性的电磁波屏蔽材料,则是有利的。

[0013] 本发明鉴于上述情况而创造,其一个课题在于,提供对1MHz以下的低频电磁场的磁场屏蔽特性良好、重量轻、成型加工性也优良的电磁波屏蔽材料。

[0014] 解决技术问题方法

[0015] 当对金属箔单体施加拉伸应力时,整体不会均匀变形,而是局部地变形。应力集中在该局部变形处,并且会破裂,因此延展性不高。另一方面,树脂层整体容易均匀地变形,因此比金属箔延展性高。当密合层叠金属箔与树脂层时,树脂层支撑金属箔,因此金属箔也会均匀地变形,延展性改善,并且抑制成型加工时的破裂。

[0016] 另外,一般在80~300℃的高温环境下进行薄的树脂层的加工。因此,为了改善成型加工性,成型温度区域的延展性很重要。为了在金属箔上密合层叠树脂层改善延展性,考虑该成型温度区域内的金属层以及树脂的强度平衡,并适当地组合金属层以及树脂是有效的。另外,还存在虽然树脂在常温下无屈服点,但是在成型温度区域软化并产生屈服点的情况。在屈服点树脂容易局部地变形,因此使用在成型温度区域无屈服点的树脂是有利的。

[0017] 因此,本发明在一个方面,提供一种电磁波屏蔽材料,其具有将至少二张金属箔隔着树脂层进行密合层叠的结构,

[0018] 构成树脂层的树脂在150℃无屈服点,

[0019] 构成电磁波屏蔽材料的金属箔和树脂层的所有组合满足下述的式(A):

[0020] 式(A): $\sigma_M \times d_M \times d_R \geq 3 \times 10^{-3}$

[0021] σ_M : 金属箔在20℃的电导率(S/m)

[0022] d_M : 金属箔的厚度(m)

[0023] d_R : 树脂层的厚度(m);

[0024] 当将构成电磁波屏蔽材料的树脂层的数量设为*i*、金属箔的张数设为*j*时,满足下述的式(B):

[0025] (公式1)

$$[0026] \quad \text{式(B)}: \frac{\sum_{a=1}^i (d_{Ra} \times f_{Ra})}{\sum_{b=1}^j (d_{Mb} \times f_{Mb})} \geq 0.8$$

[0027] d_{Ra} : 第*a*张树脂层的厚度(μm)

[0028] f_{Ra} : 第*a*张树脂层在150℃、拉伸应变为4%时的应力(MPa)

[0029] d_{Mb} : 第b张金属箔的厚度 (μm)

[0030] f_{Mb} : 第b张金属箔在150℃、拉伸应变为4%时的应力 (MPa) ;

[0031] 进一步, 当将构成电磁波屏蔽材料的金属箔的张数设为j时, 从第1张到第j张的所有金属箔满足下述的式 (C) :

[0032] 式 (C) : $\{(d_{Rb1} \times f_{Rb1}) + (d_{Rb2} \times f_{Rb2})\} / (d_{Mb} \times f_{Mb}) \geq 0.8$,

[0033] b: 从1到j的整数

[0034] d_{Rb1} : 与第b张金属箔的一个表面邻接的树脂层的厚度 (μm)

[0035] f_{Rb1} : 与第b张金属箔的一个表面邻接的树脂层在150℃、拉伸应变为4%时的应力 (MPa)

[0036] d_{Rb2} : 与第b张金属箔的另一个表面邻接的树脂层的厚度 (μm)

[0037] f_{Rb2} : 与第b张金属箔的另一个表面邻接的树脂层在150℃、拉伸应变为4%时的应力 (MPa)

[0038] d_{Mb} : 第b张金属箔的厚度 (μm)

[0039] f_{Mb} : 第b张金属箔在150℃、拉伸应变为4%时的应力 (MPa)。

[0040] 本发明所涉及的电磁波屏蔽材料在一个实施例中, 构成电磁波屏蔽材料的各金属箔在20℃的电导率为 $1.0 \times 10^6 \text{S/m}$ 以上。

[0041] 本发明所涉及的电磁波屏蔽材料在另一个实施例中, 构成电磁波屏蔽材料的各金属箔的厚度为4~50 μm 。

[0042] 本发明所涉及的电磁波屏蔽材料在又一个实施例中, 构成电磁波屏蔽材料的各树脂层在20℃的相对介电常数为2.0~10.0。

[0043] 本发明所涉及的电磁波屏蔽材料在又一个实施例中, 构成电磁波屏蔽材料的各树脂层的厚度为4~500 μm 。

[0044] 本发明所涉及的电磁波屏蔽材料在又一个实施例中, 通过热压来密合层叠构成电磁波屏蔽材料的金属箔以及树脂层。

[0045] 发明的效果

[0046] 根据本发明, 能够提供对1MHz以下的低频电磁场的磁场屏蔽特性良好、重量轻、成型加工性也优良的电磁波屏蔽材料。

附图说明

[0047] 图1是表示用于说明树脂的屈服点的应力和应变的关系的图表。

具体实施方式

[0048] (金属箔)

[0049] 作为用于本发明所涉及的电磁波屏蔽材料的金属箔的材料, 没有特别限制, 但是从提高对交流磁场、交流电场的屏蔽特性的观点出发, 优选采用导电性优良的金属材料。具体地, 优选由电导率为 $1.0 \times 10^6 \text{S/m}$ (20℃的值。以下同样如此。) 以上的金属形成, 金属的电导率更优选为 $10.0 \times 10^6 \text{S/m}$ 以上, 进一步更优选为 $30.0 \times 10^6 \text{S/m}$ 以上, 最优选为 $50.0 \times 10^6 \text{S/m}$ 以上。作为此类金属, 可列举电导率为约 $9.9 \times 10^6 \text{S/m}$ 的铁, 电导率为约 $14.5 \times 10^6 \text{S/m}$ 的镍, 电导率为约 $39.6 \times 10^6 \text{S/m}$ 的铝, 电导率为约 $58.0 \times 10^6 \text{S/m}$ 的铜, 以及电导率为约 61.4

$\times 10^6 \text{S/m}$ 的银。当考虑电导率和成本两方面时,在实用性上优选采用铝或铜。用于本发明所涉及的屏蔽材料的金属箔可以全部是相同的金属,也可以每层使用不同的金属。另外,也能够使用上述的金属的合金。还可以在金属箔表面上形成以促进接合、耐环境性、耐热以及防锈等为目的的各种表面处理层。

[0050] 例如,为了提高金属面成为最外层时所必需的耐环境性、耐热性,能够实施镀Au、镀Ag、镀Sn、镀Ni、镀Zn、镀Sn合金(Sn-Ag、Sn-Ni、Sn-Cu等)、铬酸盐处理等。也可以组合这些处理。从成本的观点出发优选为镀Sn或镀Sn合金。

[0051] 另外,为了提高金属箔与树脂层的密合性,能够实施铬酸盐处理、粗化处理、镀Ni等。也可以组合这些处理。粗化处理容易得到密合性,是优选的。

[0052] 另外,为了提高对直流磁场的屏蔽效果,能够设置相对磁导率高的金属层。作为相对磁导率高的金属层,可列举Fe-Ni合金镀层、Ni镀层等。

[0053] 使用铜箔时屏蔽性能改善,因此纯度高的铜箔是优选的,纯度优选为99.5质量%以上,更优选为99.8质量%以上。作为铜箔,能够使用轧制铜箔、电解铜箔、金属化的铜箔等,但是弯曲性以及成型加工性优良的轧制铜箔是优选的。在铜箔中添加合金元素制成铜合金箔时,这些元素和不可避免的杂质的合计含量小于0.5质量%即可。特别地,若铜箔中含有合计为200~2000质量ppm的选自Sn、Mn、Cr、Zn、Zr、Mg、Ni、Si以及Ag的群组的至少一种以上的元素,则与相同厚度的纯铜箔相比伸长率改善,因此是优选的。

[0054] 用于本发明所涉及的屏蔽材料的金属箔的厚度优选为每一张 $4\mu\text{m}$ 以上。当小于 $4\mu\text{m}$ 时,金属箔的延展性显著降低,有时屏蔽材料的成型加工性不够。另外,当每一张箔的厚度小于 $4\mu\text{m}$ 时,为了得到优良的电磁波屏蔽效果需要层叠多张金属箔,因此产生制造成本上升的问题。从这样的观点出发,金属箔的厚度更优选为每一张 $10\mu\text{m}$ 以上,进一步更优选为 $15\mu\text{m}$ 以上,进一步更优选为 $20\mu\text{m}$ 以上,进一步更优选为 $25\mu\text{m}$ 以上,还更优选为 $30\mu\text{m}$ 以上。另一方面,每一张箔的厚度超过 $100\mu\text{m}$ 时会使成型加工性恶化,因此箔的厚度优选为每一张 $100\mu\text{m}$ 以下,更优选为 $50\mu\text{m}$ 以下,进一步更优选为 $45\mu\text{m}$ 以下,进一步更优选为 $40\mu\text{m}$ 以下。

[0055] 从提高屏蔽性能的观点出发,优选隔着树脂层层叠多个构成屏蔽材料的金属箔。但是,当金属箔的层为两张时,在频率为1MHz以下的低频区域,为了得到25dB以上的磁场屏蔽特性,所需的金属箔的合计厚度变厚,每一张金属箔的厚度也变大,因此成型加工性也受到恶劣影响。因此,从使金属箔的合计厚度变薄同时还确保优良的电磁波屏蔽特性的观点出发,更优选层叠三张以上的金属箔。通过层叠三张以上的金属箔,即使金属箔的合计厚度相同,但与金属箔为单层的情况或层叠两张金属箔的情况相比,屏蔽效果显著改善。另一方面,虽然金属箔的层叠张数多更能改善电磁波屏蔽特性,但是当增多层叠张数时层叠工序增多,因此会导致制造成本升高,另外,由于屏蔽改善效果也有饱和的倾向,因此构成屏蔽材料的金属箔优选为五张以下,更优选为四张以下。

[0056] 因此,在本发明所涉及的屏蔽材料的一实施方式中,能够将金属箔的合计厚度设为 $15\sim 150\mu\text{m}$,也能够设为 $100\mu\text{m}$ 以下,又能够设为 $80\mu\text{m}$ 以下,还能够设为 $60\mu\text{m}$ 以下。

[0057] (树脂层)

[0058] 通过隔着树脂层密合层叠多张金属箔,能够显著改善电磁波屏蔽效果的同时,由于抑制了金属箔的破裂所以成型加工性显著改善。由此,能够同时实现电磁波屏蔽材料的轻量化和电磁波屏蔽效果。使金属箔彼此直接重叠时,虽然由于金属箔的合计厚度增大因

此屏蔽效果改善,但是不能得到显著的改善效果。而本发明由于在金属箔之间存在树脂层,因此电磁波的反射次数增多,可使电磁波衰减。另外,使金属箔彼此直接重叠时,无法得到成型加工性的改善效果。

[0059] 从提高电磁波屏蔽材料的成型加工性的观点出发,构成树脂层的树脂优选在150℃无屈服点。由于存在虽然在常温下无屈服点,但是会因成型加工时的加热而软化并发现屈服点的树脂,因此在加热时无屈服点很重要。虽然成型加工温度因树脂层的种类、成型形状而不同,但一般为80~300℃左右,更一般为100~180℃附近,因此在本发明中作为代表值采用150℃。

[0060] 在本发明中,在150℃无屈服点是指:当对于与构成树脂层的树脂相同树脂,按照JIS K7127:1999,制作宽度12.7mm×长度150mm的测试片,在150℃的温度下以50mm/min的拉伸速度沿测试片的长度方向在到应变150mm为止的范围内进行拉伸测试,制成应力-应变曲线时,不存在应力不增大而应变增大的点。在图1中,图1(a)表示无屈服点的树脂以及图1(b)表示有屈服点的树脂两者的代表性的应力-应变曲线。

[0061] 作为树脂层,与金属箔的阻抗之差大的树脂层,在能得到优良的电磁波屏蔽效果方面更优选。产生大的阻抗之差需要树脂层的相对介电常数小,具体地,优选为10(20℃的值。以下同样如此。)以下,更优选为5.0以下,进一步更优选为3.5以下。原理上说,相对介电常数不会小于1.0。一般来说获取的材料相对介电常数即使低也为2.0左右,即使继续降低并接近1.0,屏蔽效果的上升也有限,另一方面材料自身变得特殊并且价格昂贵。若考虑兼具成本和效果,则相对介电常数优选为2.0以上,更优选为2.2以上。

[0062] 作为构成树脂层的材料,从加工性的观点出发,优选为合成树脂。另外,作为构成树脂层的材料,能够使用膜状的材料。在树脂层中能够混入碳纤维、玻璃纤维以及芳纶纤维等纤维强化材料。作为合成树脂,从容易获取和加工性的观点出发,可列举:PET(聚对苯二甲酸乙二醇酯)、PEN(聚萘二甲酸乙二醇酯)以及PBT(聚对苯二甲酸丁二醇酯)等聚酯,聚乙烯以及聚丙烯等烯烃系树脂,聚酰胺,聚酰亚胺,液晶聚合物,聚缩醛,氟树脂,聚氨酯,丙烯酸树脂,环氧树脂,硅树脂,酚醛树脂,三聚氰胺树脂,ABS树脂,聚乙烯醇,尿素树脂,聚氯乙烯,聚碳酸酯,聚苯乙烯,丁苯橡胶等,其中由于加工性、成本的理由,优选为PET、PEN、聚酰胺、聚酰亚胺。合成树脂是聚氨酯橡胶、氯丁二烯橡胶、硅橡胶、氟橡胶、苯乙烯系、烯烃系、氯乙烯系、聚氨酯系、酰胺系等弹性体。其中,能够合适地使用容易通过热压与金属箔接合的聚酰亚胺、聚对苯二甲酸丁二醇酯、聚酰胺、聚氨酯等。

[0063] 虽然树脂层的厚度没有特别限制,但是当每一张的厚度薄于4μm时有屏蔽材料的(拉伸)断裂应变减小的倾向,因此优选每一张树脂层的厚度为4μm以上,更优选为7μm以上,进一步更优选为10μm以上,进一步更优选为20μm以上,进一步更优选为40μm以上,进一步更优选为80μm以上,进一步更优选为100μm以上。另一方面,每一张的厚度超过600μm时也有屏蔽材料的(拉伸)断裂应变减小的倾向。因此,每一张树脂层的厚度优选为600μm以下,更优选为500μm以下。

[0064] 作为密合层叠树脂层与金属箔的方法,可列举:热压,超声波接合,用粘合剂来接合,在金属箔上涂覆熔融的树脂、使树脂固化并形成膜的方法等。其中,从成型加工温度区域中接合强度的稳定性出发,优选为热压。热压是在加热到树脂层与金属箔两者的熔点以下之后施加压力使两者密合,使其产生塑性变形并接合的方法。还优选采用施加超声波振

动的同时进行热压的热接合 (thermal bonding)。虽然也能够经由粘合剂来密合层叠,但是当使用粘合剂时,存在粘合剂因成型加工时的热而软化,使金属箔与树脂层的密合强度降低的可能性。因此,热压是优选的。热压时,从提高树脂层与金属箔的密合性的观点出发,优选加热到比树脂层的熔点低30℃的温度以上,更优选加热到比树脂层的熔点低20℃的温度以上,进一步更优选加热到比树脂层的熔点低10℃的温度以上。但是,当加热到所需温度以上时,树脂层熔融并且在压力下被挤出,厚度均匀性和物理性能受损,因此在热压时优选加热到比树脂层的熔点高20℃的温度以下,更优选加热到比树脂层的熔点高10℃的温度以下,进一步更优选加热到树脂层的熔点以下。另外,从提高树脂层与金属箔的密合性的观点出发,热压时的压力优选为0.05MPa以上,更优选为0.1MPa以上,进一步更优选为0.15MPa以上。但是,加压到所需压力以上时,不仅密合力不会提高,而且树脂层会变形并且厚度均匀性受损,因此优选将热压时的压力设为60MPa以下,更优选设为45MPa以下,进一步更优选设为30MPa。

[0065] (电磁波屏蔽材料)

[0066] 电磁波屏蔽材料(简称为“屏蔽材料”)能够设为优选将两张以上、更优选三张以上的金属箔隔着树脂层进行密合层叠的结构。作为电磁波屏蔽材料的层叠结构的示例,可列举以下示例。

[0067] (1) 金属箔/树脂层/金属箔

[0068] (2) 金属箔/树脂层/金属箔/树脂层

[0069] (3) 树脂层/金属箔/树脂层/金属箔/树脂层

[0070] (4) 金属箔/树脂层/金属箔/树脂层/金属箔/树脂层

[0071] (5) 树脂层/金属箔/树脂层/金属箔/树脂层/金属箔/树脂层

[0072] 在(1)~(5)中,能够不隔着树脂层层叠多张金属箔来构成一个“金属箔”,能够不隔着金属箔层叠多个树脂层来构成一个“树脂层”。也就是说,不隔着树脂层层叠的多张金属箔能够看做是一张金属箔,不隔着金属箔层叠的多个树脂层能够看做是一个树脂层。另外,还能够设置除了树脂层和金属箔之外的层。然而,如下文所述,在本发明中将满足式(C)设为重要的必要条件,因此构成屏蔽材料的所有金属箔至少一个表面与树脂层邻接。

[0073] 但是,从成型加工性的观点出发,构成电磁波屏蔽材料的各金属箔优选两面被树脂层夹着。通过各金属箔的两面被树脂层夹着,能够增强成型加工时的防止破裂的效果。也就是说,与金属箔形成层叠体的最外层的状态、在层叠体的内层存在没有隔着树脂层层叠多张金属箔之处的状态相比,优选层叠体的两个最外层由树脂层构成,树脂层与金属箔一张一张地交替层叠的结构。

[0074] 从显著提高电磁波屏蔽效果的观点出发,构成电磁波屏蔽材料的金属箔和树脂层的所有组合优选以满足下述的式(A)的方式来选择金属箔和树脂层。

[0075] 式(A): $\sigma_M \times d_M \times d_R \geq 3 \times 10^{-3}$

[0076] σ_M : 金属箔在20℃的电导率(S/m)

[0077] d_M : 金属箔的厚度(m)

[0078] d_R : 树脂层的厚度(m)

[0079] 另外,如下定义在下述的说明中使用的符号。

[0080] Z_R : 树脂层的阻抗(Ω)= $Z_0 \times \sqrt{1/\epsilon_R}$

[0081] ϵ_R :树脂层在20°C的相对介电常数

[0082] γ_R :传播常数= $j \times 2\pi \sqrt{(\epsilon_R / \lambda)}$;j是虚数单位

[0083] λ :波长(m):1MHz下为300m

[0084] Z_0 :真空的阻抗=377 Ω

[0085] 当将入射波的电场设为 E_x^i ,将磁场设为 H_x^i ,将透射波的电场设为 E_x^t ,将磁场设为 H_x^t 时,能够使用四元素矩阵用以下的关系来表示屏蔽特性。

[0086] (公式2)

$$[0087] \begin{pmatrix} E_x^t \\ H_x^t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_x^i \\ H_x^i \end{pmatrix} \quad (\text{式1})$$

[0088] 此时,若使用谢昆诺夫公式,则能够用下式表现屏蔽效果(SE)。

[0089] (公式3)

$$[0090] SE = 20 \log | (a+b/Z_0+cZ_0+d) / 2 | \quad (\text{式2})$$

[0091] 当使用金属箔作为屏蔽材料的构成要素时,能够使 $a=1, b=0, c=\sigma_M \times d_M, d=1$ 。将它们代入式1则形成下式。

[0092] (公式4)

$$[0093] \begin{pmatrix} E_x^t \\ H_x^t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \sigma_M d_M & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_x^i \\ H_x^i \end{pmatrix} \quad (\text{式3})$$

[0094] 当使用树脂层作为屏蔽材料的构成要素时,能够使 $a=1, b=Z_R \times \gamma_R \times d_R, c=\gamma_R \times d_R / Z_R, d=1$ 。将它们代入式1则形成下式。

[0095] (公式5)

$$[0096] \begin{pmatrix} E_x^t \\ H_x^t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & Z_R \gamma_R d_R \\ \gamma_R d_R / Z_R & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_x^i \\ H_x^i \end{pmatrix} \quad (\text{式4})$$

[0097] 进一步,能够使用与各层对应的四元素矩阵的积从理论求出层叠树脂层以及金属箔时的屏蔽特性。例如,由金属(M1)/树脂(R1)/金属(M2)的层叠结构构成屏蔽材料时的入射波和透射波能够用以下的公式表示。

[0098] (公式6)

$$[0099] \begin{pmatrix} E_x^t \\ H_x^t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \sigma_{M1} d_{M1} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & Z_{R1} \gamma_{R1} d_{R1} \\ \gamma_{R1} d_{R1} / Z_{R1} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \sigma_{M2} d_{M2} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_x^i \\ H_x^i \end{pmatrix} \\ = \begin{pmatrix} 1+Z_{R1} \gamma_{R1} d_{R1} \sigma_{M2} d_{M2} & Z_{R1} \gamma_{R1} d_{R1} \\ \sigma_{M1} d_{M1} + Z_{R1} \gamma_{R1} d_{R1} \sigma_{M1} d_{M1} \sigma_{M2} d_{M2} + \gamma_{R1} d_{R1} / Z_{R1} + \sigma_{M2} d_{M2} & 1+Z_{R1} \gamma_{R1} d_{R1} \sigma_{M1} d_{M1} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_x^i \\ H_x^i \end{pmatrix} \quad (\text{式5})$$

[0100] 另外,由金属(M1)/树脂(R1)/金属(M2)/树脂(R2)/金属(M3)的层叠结构构成屏蔽材料时的入射波和透射波能够用以下的公式表示。

[0101] (公式7)

$$[0102] \quad \begin{pmatrix} E_x^t \\ H_x^t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \sigma_{M1}d_{M1} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & Z_{R1}\gamma_{R1}d_{R1} \\ \gamma_{R1}d_{R1}/Z_{R1} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \sigma_{M2}d_{M2} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & Z_{R2}\gamma_{R2}d_{R2} \\ \gamma_{R2}d_{R2}/Z_{R2} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \sigma_{M3}d_{M3} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_x^i \\ H_x^i \end{pmatrix} \quad (式6)$$

[0103] 若展开上式,则得到下式。

[0104] (公式8)

$$[0105] \quad \begin{pmatrix} E_x^t \\ H_x^t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_x^i \\ H_x^i \end{pmatrix} \quad (式7)$$

[0106] 其中,A、B、C以及D如下。

$$[0107] \quad A = 1 + Z_{R1}\gamma_{R1}d_{R1}\sigma_{M2}d_{M2} + Z_{R2}\gamma_{R2}d_{R2}\sigma_{M3}d_{M3} + Z_{R1}\gamma_{R1}d_{R1}\sigma_{M3}d_{M3} + Z_{R1}\gamma_{R1}d_{R1}Z_{R2}\gamma_{R2}d_{R2}\sigma_{M2}d_{M2}\sigma_{M3}d_{M3}$$

$$[0108] \quad B = Z_{R2}\gamma_{R2}d_{R2} + Z_{R1}\gamma_{R1}d_{R1}Z_{R2}\gamma_{R2}d_{R2}\sigma_{M2}d_{M2} + Z_{R1}\gamma_{R1}d_{R1}$$

$$[0109] \quad C = \sigma_{M1}d_{M1} + \sigma_{M2}d_{M2} + \sigma_{M3}d_{M3} + \gamma_{R1}d_{R1}/Z_{R1} + \gamma_{R2}d_{R2}/Z_{R2} + Z_{R1}\gamma_{R1}d_{R1}\sigma_{M1}d_{M1} + Z_{R1}\gamma_{R1}d_{R1}\sigma_{M1}d_{M1}\sigma_{M3}d_{M3} + Z_{R1}\gamma_{R1}d_{R1}Z_{R2}\gamma_{R2}d_{R2}\sigma_{M1}d_{M1}\sigma_{M2}d_{M2}\sigma_{M3}d_{M3} + Z_{R2}\gamma_{R2}d_{R2}\sigma_{M2}d_{M2}\sigma_{M3}d_{M3} + Z_{R2}\gamma_{R2}d_{R2}\sigma_{M3}d_{M3}\gamma_{R1}d_{R1}/Z_{R1}$$

$$[0110] \quad D = Z_{R2}\gamma_{R2}d_{R2}\sigma_{M1}d_{M1} + Z_{R2}\gamma_{R2}d_{R2}\sigma_{M1}d_{M1}\sigma_{M2}d_{M2} + Z_{R2}\gamma_{R2}d_{R2}\sigma_{M2}d_{M2} + Z_{R1}\gamma_{R1}d_{R1}\sigma_{M1}d_{M1} + Z_{R2}\gamma_{R2}d_{R2}\gamma_{R1}d_{R1}/Z_{R1}$$

[0111] 根据以上的示例能够从理论上理解,通过增大所使用的金属箔与树脂层的所有组合的 $\sigma_M \times d_M \times Z_R \times \gamma_R \times d_R$,能够改善金属箔和树脂层的层叠体的屏蔽效果。然而,例如在“畠山贤一著《从头学的电磁屏蔽讲座》(《初めて学ぶ電磁遮へい講座》)科学信息出版(2013年),56页”中记载的,以往($Z_R \times \gamma_R \times d_R$)在低频区域非常小看做近似0,因此若按照该考虑方法,则 $\sigma_M \times d_M \times Z_R \times \gamma_R \times d_R$ 也是近似0的参数。与此相对,本发明人组合合适的金属箔和树脂层并通过调整 d_R , σ_M 以及 d_M 使 $\sigma_M \times d_M \times Z_R \times \gamma_R \times d_R$ 成为不近似0程度的大的值,可知在低频区域也能够产生显著的影响。

[0112] 本发明人在重复进行金属箔与树脂层的层叠体的屏蔽效果的实验中,发现即使是1MHz左右的低频区域 $\sigma_M \times d_M \times d_R$ 也能产生显著的影响,还发现构成电磁波屏蔽材料的金属箔和树脂层的所有组合以满足 $\sigma_M \times d_M \times d_R \geq 3 \times 10^{-3}$ 的方式选择金属箔和树脂层,在提高屏蔽效果方面非常有效。构成电磁波屏蔽材料的金属箔与树脂层的所有组合优选 $\sigma_M \times d_M \times d_R \geq 1 \times 10^{-2}$,更优选 $\sigma_M \times d_M \times d_R \geq 4 \times 10^{-2}$,进一步更优选 $\sigma_M \times d_M \times d_R \geq 8 \times 10^{-2}$,进一步更优选 $\sigma_M \times d_M \times d_R \geq 1 \times 10^{-1}$ 。

[0113] 虽然 $\sigma_M \times d_M \times d_R$ 没有设定特别的上限,但是从厚度和使用的材料的平衡出发,构成电磁波屏蔽材料的金属箔和树脂层的所有组合通常为 $\sigma_M \times d_M \times d_R \leq 10$,典型地为 $\sigma_M \times d_M \times d_R \leq 1$ 。

[0114] 另外,从提高树脂层对金属箔的支撑性能并改善成型加工性的观点出发,在进行成型加工的高温区域中两者的强度平衡很重要。在实验的150℃,当树脂层整体的每单位宽度的强度(($d_{R1} \times f_{R1}$) + ($d_{R2} \times f_{R2}$) + ...)除以金属箔整体的每单位宽度的强度(($d_{M1} \times f_{M1}$) + ($d_{M2} \times f_{M2}$) + ...)的值为0.8以上时,延展性良好。也就是说,当将构成电磁波屏蔽材料的树脂层的层数设为i,将金属箔的张数设为j时,优选满足下式(B)。

[0115] (公式9)

$$[0116] \quad \text{式(B)}: \frac{\sum_{a=1}^i (d_{Ra} \times f_{Ra})}{\sum_{b=1}^j (d_{Mb} \times f_{Mb})} = \frac{(d_{R1} \times f_{R1}) + (d_{R2} \times f_{R2}) + \dots + (d_{Ri} \times f_{Ri})}{(d_{M1} \times f_{M1}) + (d_{M2} \times f_{M2}) + \dots + (d_{Mj} \times f_{Mj})} \geq 0.8$$

[0117] $\Sigma (d_{Ra} \times f_{Ra}) / \Sigma (d_{Mb} \times f_{Mb})$ 优选为1.0以上,更优选为1.5以上,进一步更优选为2.0以上。另一方面,当树脂层的厚度超过必要或者成为超过必要的高强度时,会失去挠性并且加工性降低,因此 $\Sigma (d_{Ra} \times f_{Ra}) / \Sigma (d_{Mb} \times f_{Mb})$ 优选为6.0以下,更优选为5.0以下,进一步更优选为4.5以下。

[0118] 虽然式(B)控制金属箔与树脂层整体的应力与厚度的关系,但是当任一张金属箔非常厚并且与其邻接的树脂层非常薄时,该金属箔的延展性降低。因此,仅通过式(B)难以充分发挥树脂层对金属箔的支撑性能。因此,对构成屏蔽材料的各金属箔和与各金属箔邻接的两侧的树脂层的关系进行控制也很重要。具体地,当将构成电磁波屏蔽材料的金属箔的张数设为j时,从第1张到第j张的所有的金属箔优选满足下公式(C)。

$$[0119] \quad \text{式(C)}: \{ (d_{Rb1} \times f_{Rb1}) + (d_{Rb2} \times f_{Rb2}) \} / (d_{Mb} \times f_{Mb}) \geq 0.8$$

[0120] b: 从1到j的整数

[0121] d_{Rb1} : 与第b张金属箔的一个表面邻接的树脂层的厚度(μm)

[0122] f_{Rb1} : 与第b张金属箔的一个表面邻接的树脂层在150℃、拉伸应变为4%时的应力(MPa)

[0123] d_{Rb2} : 与第b张金属箔的另一个表面邻接的树脂层的厚度(μm)

[0124] f_{Rb2} : 与第b张金属箔的另一个表面邻接的树脂层在150℃、拉伸应变为4%时的应力(MPa)

[0125] d_{Mb} : 第b张金属箔的厚度(μm)

[0126] f_{Mb} : 第b张金属箔在150℃、拉伸应变为4%时的应力(MPa)

[0127] 此处,在屏蔽材料的最外层为金属箔的情况等金属箔的一个表面或两个表面没有与树脂层邻接的情况下,假设与厚度为0并且在150℃、拉伸应变为4%时的应力为0的树脂层邻接,进行 $(d_{Rb1} \times f_{Rb1}) + (d_{Rb2} \times f_{Rb2})$ 的计算。

[0128] 构成屏蔽材料的所有的金属箔的 $\{ (d_{Rb1} \times f_{Rb1}) + (d_{Rb2} \times f_{Rb2}) \} / (d_{Mb} \times f_{Mb})$ 优选为1.0以上,更优选为1.5以上,还更优选为2.0以上。另一方面,由于当树脂层的厚度超出必要或者成为超过必要的高强度时,会失去挠性并且加工性降低,因此构成屏蔽材料的所有的金属箔的 $\{ (d_{Rb1} \times f_{Rb1}) + (d_{Rb2} \times f_{Rb2}) \} / (d_{Mb} \times f_{Mb})$ 优选为6.0以下,更优选为5.0以下,进一步更优选为4.5以下。

[0129] 在式(B)以及式(C)中,树脂层以及金属箔在150℃、拉伸应变为4%时的应力(MPa)是按照JIS K7127:1999,制造宽度12.7mm×长度150mm的测试片,在150℃的温度下以拉伸速度50mm/min沿测试片的长度方向进行拉伸试验时,拉伸应变为4%处的应力。

[0130] 在本发明所涉及的电磁波屏蔽材料的一实施方式中,能够将电磁波屏蔽材料的整体厚度设为50~1500 μm ,也能够设为1000 μm 以下,还能够设为600 μm 以下,还能够设为400 μm 以下,还能够设为300 μm 以下,还能够设为250 μm 以下。

[0131] 根据本发明所涉及的电磁波屏蔽材料的一实施方式,在1MHz下能够具有25dB以上的磁场屏蔽特性(在接收侧信号衰减了多少),优选能够具有30dB以上的磁场屏蔽特性,更

优选能够具有40dB以上的磁场屏蔽特性,进一步更优选能够具有50dB以上的磁场屏蔽特性,进一步更优选能够具有60dB以上的磁场屏蔽特性,例如能够具有36~90dB的磁场屏蔽特性。在本发明中,磁场屏蔽特性用KEC法来测量。KEC法是指关西电子工业振兴中心的《电磁波屏蔽特性测量法》。

[0132] 本发明所涉及的电磁波屏蔽材料特别地能够适用于屏蔽从电气或电子设备(例如,逆变器、通信机、共振器、电子管或放电灯、电气加热设备、电动机,发电机、电子部件、印刷电路、医疗设备等)发射的电磁波的用途。

[0133] (实施例)

[0134] 以下和比较例一起示出本发明的实施例,但是提供这些示例是为了更好地理解发明及其优点,并非意在对发明进行限定。

[0135] <试验例1:膜嵌入成型的适用可能性评价>

[0136] 准备以下的材料作为金属箔以及树脂膜。其均为市售品。分别准备在150°C存在屈服点和不存在屈服点的聚酰亚胺膜。其他的树脂膜均选择在150°C不存在屈服点的树脂膜。无屈服点的情况评价为○,有屈服点的情况评价为×,结果在表1中表示。

[0137] Cu:轧制铜箔(20°C下的电导率: 58.0×10^6 S/m,厚度:参照表1)

[0138] Al:铝箔(20°C下的电导率: 39.6×10^6 S/m,厚度:参照表1)

[0139] PI:聚酰亚胺膜(20°C下的相对介电常数:3.5,熔点:无,厚度:参照表1)

[0140] PA:聚酰胺膜(20°C下的相对介电常数:6.0,熔点:300°C,厚度:参照表1)

[0141] PP:聚丙烯膜(20°C下的相对介电常数:2.4,熔点:130°C,厚度:参照表1)

[0142] PC:聚碳酸酯膜(20°C下的相对介电常数:3.0,熔点:150°C,厚度:参照表1)

[0143] PU:聚氨酯膜(20°C下的相对介电常数:6.5,熔点:180°C,厚度:参照表1)

[0144] 以表1中记载的层叠顺序重叠这些金属箔以及树脂膜之后,在不使用粘合剂而使用PI的示例中,在4MPa的压力下进行330°C×0.5小时的热压,对于PA在6MPa的压力下进行300°C×0.5小时的热压,对于PP在6MPa的压力下进行130°C×0.5小时的热压,对于PC在6MPa的压力下进行140°C×0.5小时的热压,对于PU在6MPa的压力下进行180°C×0.5小时的热压,得到密合层叠金属箔以及树脂膜形成的电磁波屏蔽材料。

[0145] 需要说明的是,电导率按照JIS C2525:1999的双桥法测量。相对介电常数通过JIS C 2151:2006中记载的B法测量。

[0146] 按照上述的试验顺序,使用岛津制作所制造的型号AGS-X的拉伸试验装置来评价树脂膜在150°C有无屈服点。另外,按照上述的方法,使用岛津制作所制造的型号AGS-X的拉伸试验装置,来测量树脂膜在150°C、拉伸应变为4%时的应力(MPa)以及金属箔在150°C、拉伸应变为4%时的应力(MPa)。结果在表1中示出。需要说明的是,表1中,“层叠结构”的材料记载顺序和“厚度”以及“拉伸应变为4%时的应力”中的材料的记载顺序相同。

[0147] (磁场屏蔽效果)

[0148] 将上述的电磁波屏蔽材料设置在磁场屏蔽效果评价装置(TSJ公司的型号TSES-KEC)中,在25°C的条件下,通过KEC法评价200KHz下的磁场屏蔽效果。结果在表1中示出。磁场屏蔽效果为25dB以上的情况记做◎,23dB以上且小于25dB的情况记做○,小于23dB的情况记做×。结果在表1中示出。

[0149] (成型试验)

[0150] 对90mm×90mm的片状的各电磁波屏蔽材料,通过加压成型试验机(北口精机公司制造,特殊定制商品),使用制作直径30mm的半球的模具,在模具温度150℃,压力1MPa的条件下进行成型试验。此时的变薄率为约25%。以半球的外周面侧为表1的“层叠结构”一栏中表示的最右侧的材料的方式,制造成型品。

[0151] 确认成型试验后的成型品有无裂纹。不仅确认成型品的最外层有无裂纹,还使用X射线CT(东芝IT控制系统公司制造的微距CT扫描器,TOSCANER32251μHd,管电流120μA,管电压80kV)来观察内部以确认内部有无裂纹。成型品的外表面或内部观察到金属箔或树脂膜的裂纹时成型性记做×,没有观察到裂纹时成型性记做○。进一步,对于没有观察到裂纹的成型品,确认2张以上的金属箔局部地变薄记做○,确认任意一个金属箔局部地变薄记做◎,确认任何一张金属箔均没有局部地变薄时记做◎◎。结果在表1中示出。

[0152] (表1-1)

[0153]

	层叠结构	厚度 (μ m)	拉伸应变为 4% 时的应力													
			第一树脂层		第二树脂层		第三树脂层		第四树脂层		第五树脂层					
			fR1 MPa	fM1 MPa	fR2 MPa	fM2 MPa	fR3 MPa	fM3 MPa	fR4 MPa	fM4 MPa	fR5 MPa	fM5 MPa				
实施例 1	PI/Cu/PI/Cu/PI	50, 33, 75, 33, 50	60	100	60	100	60	100	60	100	60	100	60	100	60	100
实施例 2	PI/Cu/PI/Cu/PI/Cu/PI	50, 17, 75, 17, 75, 17, 50	60	100	60	100	60	100	60	100	60	100	60	100	60	100
实施例 3	Cu/PI/Cu	33, 100, 33	0	100	60	100	0	100	60	100	0	100	60	100	0	100
实施例 4	Cu/PI/Cu/PI/Cu	17, 75, 17, 75, 17	0	100	60	100	60	100	60	100	60	100	60	100	60	100
实施例 5	PI/Cu/PI/Cu/PI	100, 17, 50, 17, 25, 17	60	100	60	100	60	100	60	100	60	100	60	100	60	100
实施例 6	PI/Cu/PI/Cu/PI	50, 8, 13, 8, 50	60	100	60	100	60	100	60	100	60	100	60	100	60	100
实施例 7	PI/Cu/PI/Cu/PI/Cu/PI/Cu/PI	50, 12, 50, 12, 50, 12, 50, 12, 50	60	100	60	100	60	100	60	100	60	100	60	100	60	100
实施例 8	PP/Cu/PP/Cu/PP/Cu/PP	100, 17, 100, 17, 100, 17, 100	40	100	40	100	40	100	40	100	40	100	40	100	40	100
实施例 9	PC/Cu/PC/Cu/PC	50, 33, 100, 33, 50	90	100	90	100	90	100	90	100	90	100	90	100	90	100
实施例 10	PU/Cu/PU/Cu/PU/Cu/PU	100, 12, 100, 12, 100, 12, 100	30	100	30	100	30	100	30	100	30	100	30	100	30	100
实施例 11	PA/Cu/PA/Cu/PA	50, 33, 100, 33, 50	80	100	80	100	80	100	80	100	80	100	80	100	80	100
实施例 12	PI/Al/PI/Al/PI/Al/PI	50, 20, 75, 20, 75, 20, 50	60	50	60	50	60	50	60	50	60	50	60	50	60	50
实施例 13	PC/Cu/PU/Cu/PC	50, 33, 100, 33, 50	90	100	30	100	90	100	30	100	90	100	30	100	90	100
比较例 1	PI/Cu/PI	50, 12, 50	60	100	60	100	0	100	60	100	0	100	60	100	0	100
比较例 2	PI/Cu/PI	300, 300, 300	60	100	60	100	0	100	60	100	0	100	60	100	0	100
比较例 3	Cu/PI/Cu	17, 250, 17	0	100	60	100	0	100	60	100	0	100	60	100	0	100
比较例 4	Al/PI/Al/PI/Al	6, 9, 6, 9, 6	0	50	60	50	60	50	60	50	60	50	60	50	60	50
比较例 5	PI/Cu/PI/Cu/PI	50, 33, 75, 33, 50	60	100	60	100	60	100	60	100	60	100	60	100	60	100
比较例 6	PI/Cu/PI/Cu/PI/Cu/PI	50, 17, 75, 17, 75, 17, 50	60	100	60	100	60	100	60	100	60	100	60	100	60	100
比较例 7	Cu/PI/Cu	33, 75, 33	0	100	60	100	60	100	60	100	60	100	60	100	60	100
比较例 8	Cu/PI/Cu/PI/Cu	70, 75, 70, 75, 70	0	100	60	100	60	100	60	100	60	100	60	100	60	100
比较例 9	PI/Cu/PI/Cu/PI/Cu/PI	25, 70, 25, 33, 100, 17, 100	60	100	60	100	60	100	60	100	60	100	60	100	60	100

[0154] (表1-2)

[0155]

	金属箔总厚		树脂层总厚		总厚度		式(A) 最小值	式(B)	式(C) 最小值	屈服点	成型性	屏蔽效果 (dB)	屏蔽效果
	厚度 μm	厚度 μm	厚度 μm	厚度 μm	厚度 μm	厚度 μm							
实施例 1	66	175	175	241	0.096	1.6	2.3	○	24.1	◎	◎		
实施例 2	51	250	250	301	0.049	2.9	4.4	○	29.9	◎◎	◎		
实施例 3	66	100	100	166	0.191	0.9	1.8	○	26.4	○	◎		
实施例 4	51	150	150	201	0.074	1.8	2.6	○	29.9	◎	◎		
实施例 5	51	175	175	226	0.049	2.1	0.9	○	35.5	○	◎		
实施例 6	16	113	113	129	0.006	4.2	4.7	○	44.9	◎	◎		
实施例 7	48	250	250	298	0.035	3.1	5.0	○	25.6	◎	◎		
实施例 8	51	400	400	451	0.099	3.1	4.7	○	34	◎	◎		
实施例 9	66	200	200	266	0.096	2.7	4.1	○	26.4	◎◎	◎		
实施例 10	36	400	400	436	0.070	3.3	5.0	○	28.2	◎	◎		
实施例 11	66	200	200	266	0.096	2.4	3.6	○	26.4	◎◎	◎		
实施例 12	60	250	250	310	0.059	5.0	7.5	○	26.2	○	◎		
实施例 13	66	200	200	266	0.096	1.8	2.3	○	26.4	◎	◎		
比较例 1	12	100	100	112	0.035	5.0	5.0	○	1.1	○	×		
比较例 2	300	600	600	900	5.220	1.2	1.2	○	22.8	○	×		
比较例 3	34	250	250	284	0.247	4.4	8.8	×	24.9	×	○		
比较例 4	18	18	18	36	0.002	1.2	1.8	○	3.3	○	×		
比较例 5	66	175	175	241	0.096	1.6	2.3	×	24.1	×	○		
比较例 6	51	250	250	301	0.049	2.9	4.4	×	29.9	×	◎		
比较例 7	66	75	75	141	0.144	0.7	1.4	○	24.1	×	○		
比较例 8	210	150	150	360	0.305	0.4	0.6	○	61.4	×	◎		
比较例 9	120	250	250	370	0.048	1.3	0.4	○	38.7	×	◎		

[0156] (考察)

[0157] 可知实施例1~13所涉及的电磁波屏蔽材料示出了优良的磁场屏蔽效果。另一方

面,这些电磁波屏蔽材料的金属箔的总厚度小,实现了轻量化,成型加工性也良好。

[0158] 另一方面,比较例1以及比较例2中仅使用了一张金属箔,因此屏蔽效果不充分。特别地,在比较例2中,虽然使用了300 μm 的厚度大的金属箔,但是与实施例1~13相比屏蔽效果小。

[0159] 比较例3由于使用有屈服点的树脂膜,因此在成型试验中产生裂纹。

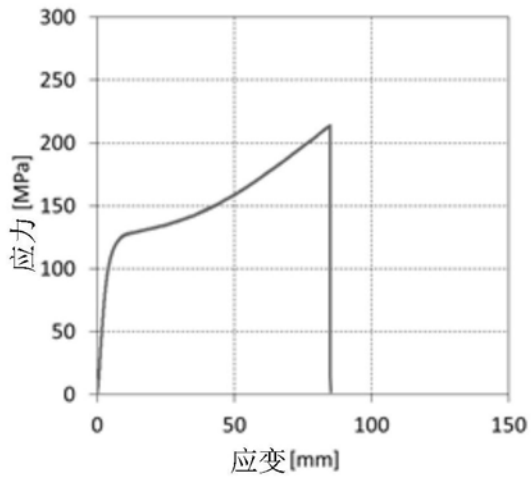
[0160] 比较例4由于没有满足式(A),因此无法获得充分的屏蔽效果。

[0161] 比较例5以及比较例6由于使用有屈服点的树脂膜,因此在成型试验中产生裂纹。

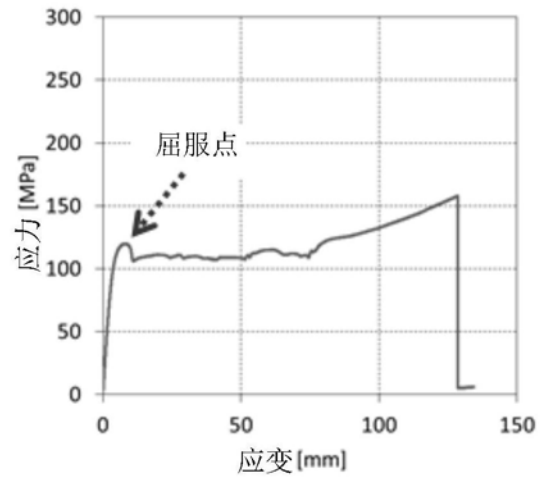
[0162] 比较例7由于不满足式(B),因此在成型试验中产生裂纹。

[0163] 比较例8由于不满足式(B)以及式(C),因此在成型试验中产生裂纹。

[0164] 比较例9由于不满足式(C),因此在成型试验中产生裂纹。



(a) 无屈服点的树脂



(b) 有屈服点的树脂

图1