



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110106474 B

(45) 授权公告日 2021.04.09

(21) 申请号 201910498046.3

C23C 14/35 (2006.01)

(22) 申请日 2019.06.10

C23C 14/56 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

D06M 10/06 (2006.01)

申请公布号 CN 110106474 A

D06M 11/83 (2006.01)

(43) 申请公布日 2019.08.09

D06M 101/36 (2006.01)

(73) 专利权人 北京星网宇达科技股份有限公司

D06M 101/32 (2006.01)

地址 100176 北京市大兴区北京经济技术

D06M 101/40 (2006.01)

开发区科谷二街6号院1号楼7层

审查员 张改璐

专利权人 北京澜盾防务科技有限公司

(72) 发明人 徐韬 徐烨烽 潘姣

(74) 专利代理机构 北京超凡宏宇专利代理事务

所(特殊普通合伙) 11463

代理人 王焕

(51) Int. Cl.

C23C 14/20 (2006.01)

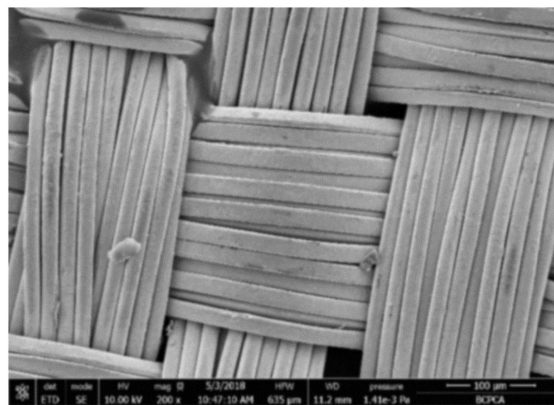
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

导电织物、其制备方法及应用

(57) 摘要

本发明涉及轻质、高强的导电织物、其制备方法及应用,所述导电织物包括纤维基材和镀覆在纤维基材表面的金属层;所述纤维基材选自芳纶纤维、聚芳酯纤维、碳纤维;所述导电织物的方块电阻为 $0.02\sim 0.50\ \Omega/\text{sq}$ ,屏蔽效能为 $40\sim 80\text{dB}$ 。所述导电织物的面密度小,拉伸强度高,方块电阻可低至 $0.02\ \Omega/\text{sq}$ ,屏蔽效能可达 $80\text{dB}$ ,具有轻质、高强、电导率高、电磁屏蔽性能优异的优势。本发明还涉及上述导电织物的制备方法以及应用。所述方法简单高效、无污染、镀层均匀无杂质,金属层附着力好,易于实现大批量生产。



1. 导电织物,其特征在于,包括纤维基材和镀覆在纤维基材表面的金属层;  
所述纤维基材选自芳纶纤维、聚芳酯纤维、碳纤维;  
所述导电织物的方块电阻为 $0.02\sim 0.50\ \Omega/\text{sq}$ ,屏蔽效能为 $40\sim 80\text{dB}$ ;  
所述芳纶纤维和聚芳酯纤维基材包括线密度为 $50\text{D}\sim 400\text{D}$ 、经密度和纬密度均为 $8\sim 40$ 根/cm的长丝;  
所述碳纤维基材包括 $1\sim 12\text{K}$ 、经密度和纬密度均为 $5\sim 10$ 根/cm的丝束;  
所述导电织物的面密度小于 $150\text{g}/\text{m}^2$ ,拉伸强度大于 $300\text{MPa}$ ;  
所述金属层的金属选自银、铝、铜;  
所述金属层在所述纤维基材表面的镀覆量为 $15\sim 50\text{g}/\text{m}^2$ 。
2. 根据权利要求1所述的导电织物,其特征在于,所述导电织物选自平纹织物、斜纹织物、缎纹织物。
3. 制备权利要求1或2所述的导电织物的方法,其特征在于,采用磁控溅射在纤维基材表面镀覆金属,获得导电织物;  
所述磁控溅射采用金属靶材,以氩气为轰击气体,对所述纤维基材进行真空溅射。
4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述磁控溅射的溅射电流为 $2.0\sim 4.5\text{A}$ ,溅射电压为 $300\sim 700\text{V}$ ,溅射时间为 $3\sim 15\text{min}$ 。
5. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述氩气的流量为 $10\sim 20\text{sccm}$ ,气体压力为 $0.3\sim 0.4\text{Pa}$ 。
6. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述真空溅射的真空度为 $1\times 10^{-3}\sim 5\times 10^{-3}\text{Pa}$ ;在磁控溅射过程中,所述纤维基材的卷绕速度为 $1\sim 20\text{r}/\text{min}$ 。
7. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:在所述磁控溅射前,对所述纤维基材进行除油处理和表面处理;  
所述除油处理包括:在处理介质存在下,将所述纤维基材进行超声和/或浸泡,洗涤、干燥。
8. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,所述处理介质选自丙酮、丁酮、甲醇、乙醇、乙醚、甲苯、二甲苯、四氢呋喃中的至少一种。
9. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,所述超声的时间为 $10\sim 60\ \text{min}$ ;所述浸泡的时间为 $12\sim 48\ \text{h}$ ;所述干燥的温度为 $50\sim 100^\circ\text{C}$ 。
10. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,所述表面处理为等离子处理和/或表面氧化处理。
11. 根据权利要求10所述的方法,其特征在于,所述等离子处理包括:将待处理的纤维基材置于低温等离子体改性设备中,抽真空至 $5\sim 10\text{Pa}$ ,充入氧气至 $10\sim 50\text{Pa}$ ,处理功率为 $10\sim 100\text{W}$ ,处理时间为 $1\sim 10\text{min}$ 。
12. 根据权利要求10所述的方法,其特征在于,所述表面氧化处理的温度为 $400\sim 600^\circ\text{C}$ 。
13. 权利要求1或2所述的导电织物或根据权利要求3-12中任一项所述的方法制备得到的导电织物在柔性电磁反射材料、电磁屏蔽材料方面的应用。

## 导电织物、其制备方法及应用

### 技术领域

[0001] 本发明涉及导电织物领域,具体而言,涉及轻质、高强的导电织物、其制备方法及应用。

### 背景技术

[0002] 导电织物在柔性电磁反射和电磁屏蔽材料领域具有广泛的应用,现有柔性导电织物多采用锦纶纤维或涤纶纤维作为基材,其力学强度和模量在一定程度上限制了其应用。

[0003] 金属银、铝、铜是自然界中较柔软和电阻率较低的金属。目前金属镀覆,尤其是镀银纤维和织物的生产方法多采用化学镀、电镀、真空蒸镀和磁控溅射镀等方法。化学镀和电镀均在溶液中进行,会产生废液污染环境,且化学镀银溶液的稳定性很差,每一次镀银都要现配现用,不能重复使用,因此成本较高。真空镀产生的镀层结合力较差,不利于多次重复使用。磁控溅射镀是一种高效的金属镀层工艺,镀层与基材结合牢度高,镀层分布均匀致密,具有装置性能稳定、操作控制方便、无环境污染等优势。

[0004] 现有技术对高强纤维及织物的磁控溅射镀覆金属研究和相关专利较少,主要研究集中在芳纶纤维的化学镀覆方面,且尚没有形成大批量生产能力。基于磁控溅射镀覆的方法,开发轻质、高强的导电织物十分具有现实意义。

[0005] 有鉴于此,特提出本发明。

### 发明内容

[0006] 本发明的第一目的在于提供一种轻质、高强的导电织物,所述导电织物以高强纤维织物为基材,表面镀覆金属层,具有电导率高、电磁屏蔽性能优异等特性。

[0007] 本发明的第二目的在于提供制备上述导电织物的方法,所述方法简单高效、无污染、所得镀层均匀无杂质、附着力好。

[0008] 本发明的第三目的在于提供上述导电织物在柔性电磁反射材料、电磁屏蔽材料方面的应用。

[0009] 为了实现本发明的上述目的,特采用以下技术方案:

[0010] 导电织物,其包括纤维基材和镀覆在纤维基材表面的金属层;所述纤维基材选自芳纶纤维、聚芳酯纤维、碳纤维;所述导电织物的方块电阻为 $0.02\sim 0.50\ \Omega/\text{sq}$ ,屏蔽效能为 $40\sim 80\text{dB}$ 。

[0011] 可选地,所述导电织物的方块电阻为 $0.02\sim 0.40\ \Omega/\text{sq}$ ,屏蔽效能为 $50\sim 80\text{dB}$ 。

[0012] 可选地,所述导电织物的方块电阻为 $0.02\sim 0.20\ \Omega/\text{sq}$ ,屏蔽效能为 $70\sim 80\text{dB}$ 。

[0013] 本发明中,芳纶纤维强度模量高,具有极好的尺寸稳定性、耐热、耐疲劳性及耐腐蚀性等;聚芳酯纤维强度比芳纶纤维更高,抗蠕变、耐弯曲、耐磨性优异;碳纤维轻质高强,具有优异的力学性能和导电性能。芳纶纤维、聚芳酯纤维和碳纤维兼具高强度和一定柔性,在其织物的表面沉积一层金属,如纯银,得到的导电织物既具有柔软可折叠的特性又具有银的高导电性质。

[0014] 可选地,所述芳纶纤维和聚芳酯纤维基材包括线密度为50D~400D、经密度和纬密度均为8~40根/cm的长丝。

[0015] 可选地,所述碳纤维基材包括1~12K、经密度和纬密度均为5~10根/cm的丝束,大丝束碳纤维可进行展宽处理使织物轻薄、扁平。

[0016] 本发明中,纤维基材的组织结构,例如线密度、经纬密度的取值,对导电织物的物理、机械性能(如强度、重量、蓬松度、表面附着性等)、加工特性以及耐化学特性等,均会有影响。通常来说,织物经纬密度越大,孔隙越小,镀层厚度越大,获得的导电织物电性能更加优异,但这会导致织物面密度增大,织物手感变硬,因此需要对织物的组织结构和金属镀覆工艺进行优化设计。

[0017] 可选地,所述芳纶纤维和聚芳酯纤维基材的长丝线密度可以独立地选自50D、100D、150D、200D、250D、400D。

[0018] 可选地,所述芳纶纤维和聚芳酯纤维基材的长丝经纬密度可以独立地选自8根/cm、9根/cm、10根/cm、11根/cm、12根/cm、13根/cm、14根/cm、15根/cm、16根/cm、17根/cm、18根/cm、19根/cm、20根/cm、25根/cm、30根/cm、35根/cm、40根/cm等。

[0019] 可选地,所述碳纤维基材的丝束可以独立地选自1K、3K、6K、12K。

[0020] 可选地,所述碳纤维基材的织物经纬密度可以独立地选自5根/cm、6根/cm、7根/cm、8根/cm、9根/cm、10根/cm。

[0021] 可选地,大丝束碳纤维可以进行展宽处理使织物轻薄、扁平。

[0022] 可选地,所述导电织物的面密度小于 $150\text{g}/\text{m}^2$ ,拉伸强度大于300MPa。

[0023] 可选地,所述纤维基材可以选自平纹织物、斜纹织物、缎纹织物。

[0024] 可选地,所述纤维基材选自平纹织物。

[0025] 可选地,所述金属层的金属选自银、铝、铜。

[0026] 可选地,所述金属层的金属选自银。

[0027] 可选地,所述金属层在所述纤维基材表面的镀覆量为 $15\sim 50\text{g}/\text{m}^2$ 。

[0028] 可选地,所述金属层在所述纤维基材表面的镀覆量可以独立地选自 $15\text{g}/\text{m}^2$ 、 $18\text{g}/\text{m}^2$ 、 $20\text{g}/\text{m}^2$ 、 $22\text{g}/\text{m}^2$ 、 $25\text{g}/\text{m}^2$ 、 $28\text{g}/\text{m}^2$ 、 $30\text{g}/\text{m}^2$ 、 $32\text{g}/\text{m}^2$ 、 $35\text{g}/\text{m}^2$ 、 $38\text{g}/\text{m}^2$ 、 $40\text{g}/\text{m}^2$ 、 $42\text{g}/\text{m}^2$ 、 $45\text{g}/\text{m}^2$ 、 $48\text{g}/\text{m}^2$ 、 $50\text{g}/\text{m}^2$ 。

[0029] 可选地,所述金属层在所述纤维基材表面的镀覆量为 $20\sim 40\text{g}/\text{m}^2$ 。

[0030] 本发明中,合适的金属层镀覆量的选择,会直接影响导电织物的导电性能和屏蔽效能。随着金属镀覆量增大,织物表面的金属层更加致密,更有利于形成完整的导电层,使导电性能和屏蔽性能增强。但金属镀覆量过大时容易导致金属层不均匀、镀层结合力下降。

[0031] 制备上述任一导电织物的方法,包括:采用磁控溅射在纤维基材表面镀覆金属,获得导电织物;所述磁控溅射采用金属靶材,以氩气为轰击气体,对所述纤维基材进行真空溅射。

[0032] 作为一种实施方式,制备导电织物的方法包括:采用磁控溅射在纤维基材表面镀银,获得导电织物;所述磁控溅射采用银靶材,以氩气为轰击气体,对所述纤维基材进行真空溅射。

[0033] 相比于化学镀覆,采用磁控溅射镀覆溅射率高、基材温度低、装置性能稳定、操作控制方便、无环境污染,并且完全不存在化学镀覆过程中的镀液稳定性差、镀膜过程中的环

境污染及织物耐服用性和耐水洗性差的问题,更重要的是,磁控溅射工艺得到的金属层分布更加均匀致密,镀层与基材结合牢度更高。由于芳纶纤维、聚芳酯纤维和碳纤维基材表面活性较差,采用常规方法得到的镀层结合力较差。本发明采用通过织物除油处理和表面处理可以增加纤维表面粗糙度和活性,再通过磁控溅射工艺可以使金属均匀紧密地结合到纤维上,得到结合力较强的高强导电织物。

[0034] 可选地,所述金属靶材采用99.9%~99.99%高纯金属靶材。

[0035] 作为一种实施方式,所述银靶材采用99.9%~99.99%高纯银靶材。

[0036] 可选地,所述磁控溅射的溅射电流为2.0~4.5A,溅射电压为300~700V,溅射时间为3~15min。

[0037] 可选地,所述溅射电流可以独立地选自2.0A、2.4A、2.5A、3.0A、3.5A、4.0A、4.5A。

[0038] 可选地,所述溅射电压可以独立地选自300V、350V、400V、450V、500V、560V、580V、600V、650V、700V。

[0039] 可选地,所述溅射时间可以独立地选自3min、4min、5min、6min、7min、8min、9min、10min、12min、14min、15min。

[0040] 可选地,所述氩气的流量为10~20sccm,气体压力为0.3~0.4Pa。

[0041] 可选地,所述氩气的流量可以独立地选自10sccm、12sccm、15sccm、18sccm、20sccm。

[0042] 可选地,所述真空溅射的真空度为 $1 \times 10^{-3} \sim 5 \times 10^{-3}$ Pa。

[0043] 可选地,所述真空溅射的真空度为 $2 \times 10^{-3} \sim 4 \times 10^{-3}$ Pa。

[0044] 可选地,在磁控溅射过程中,所述纤维基材的卷绕速度为1~20r/min。

[0045] 可选地,所述纤维基材的卷绕速度可以独立地选自1r/min、3r/min、5r/min、8r/min、10r/min、12r/min、15r/min、18r/min、20r/min。

[0046] 可选地,所述方法还包括:在所述磁控溅射前,对所述纤维基材进行除油处理和表面处理。

[0047] 本发明中,对纤维基材进行除油处理和表面处理能够改善纤维基材的表面附着力、表面活性、表面粗糙度等表面性能,有利于增强金属镀层与纤维基材之间的附着,显著增强镀层结合力。

[0048] 可选地,所述除油处理包括:在处理介质存在下,将所述纤维基材进行超声和/或浸泡,洗涤、干燥。

[0049] 作为一种实施方式,所述洗涤包括:用蒸馏水清洗多次,直至无刺激性气味残留。

[0050] 可选地,所述处理介质选自丙酮、甲醇、乙醇、丁酮、乙醚、甲苯、二甲苯、四氢呋喃等溶剂中的至少一种。

[0051] 可选地,所述超声的时间为10~60min;所述浸泡的时间为12~48h;所述干燥的温度为50~100℃。

[0052] 可选地,所述超声的时间为10~30min;所述浸泡的时间为24~48h;所述干燥的温度为70~100℃。

[0053] 作为一种实施方式,芳纶纤维、聚芳酯纤维的除油处理为超声处理。

[0054] 作为一种实施方式,碳纤维的除油处理为浸泡处理。

[0055] 可选地,所述表面处理为等离子处理和/或表面氧化处理。

[0056] 作为一种实施方式,芳纶纤维、聚芳酯纤维的表面处理为等离子处理;所述等离子处理包括:将待处理的纤维基材置于低温等离子体改性设备中,抽真空至5~10Pa,充入氧气至10~50Pa,处理功率为10~100W,处理时间为1~10min。

[0057] 作为一种实施方式,碳纤维的表面处理为表面氧化处理;所述表面氧化处理包括:在表面氧化温度、空气气氛下,采用氧化炉对碳纤维进行连续表面氧化处理。

[0058] 可选地,所述表面氧化的温度为400~600℃。

[0059] 可选地,所述表面氧化的温度为500~600℃。

[0060] 与现有技术相比,本发明的有益效果为:

[0061] (1) 本发明提供的导电织物,面密度小于150g/m<sup>2</sup>,拉伸强度大于300MPa,方块电阻可达0.02Ω/sq,屏蔽效能可达80dB,具有轻质、高强、电导率高、电磁屏蔽性能优异的优势。

[0062] (2) 本发明提供的导电织物的制备方法,采用磁控溅射镀覆金属,简单高效、无污染、镀层均匀无杂质,金属层附着力好,易于实现大批量生产。

[0063] (3) 本发明提供的导电织物,可以广泛应用于充气天线、电磁屏蔽帐篷、充气假目标、航空航天屏蔽电缆等柔性电磁反射及电磁屏蔽材料领域。

## 附图说明

[0064] 为了更清楚地说明本发明具体实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对具体实施方式或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施方式,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0065] 图1为本发明一种实施方式中,芳纶纤维的平纹镀银导电织物的电子显微镜照片;

[0066] 图2为本发明一种实施方式中,芳纶纤维镀银导电织物的屏蔽效能曲线;

[0067] 图3为本发明一种实施方式中,聚芳酯纤维镀银导电织物的屏蔽效能曲线;

[0068] 图4为本发明一种实施方式中,碳纤维镀银导电织物的屏蔽效能曲线。

## 具体实施方式

[0069] 下面将结合实施例对本发明的实施方案进行详细描述,但是本领域技术人员将会理解,下列实施例仅用于说明本发明,而不应视为限制本发明的范围。实施例中未注明具体条件者,按照常规条件或制造商建议的条件进行。所用试剂或仪器未注明生产厂商者,均为可以通过市购获得的常规产品。

[0070] 本发明中,导电织物的表面形貌采用美国FEI QUANTA FEG 650型号的电子显微镜观察。

[0071] 本发明中,纤维线密度采用拆线称重方法确定,经纬密度采用照布镜测量确定。

[0072] 本发明中,导电织物的面密度测定:采用万特圆盘取样器取样,采用万特电子天平测量质量。

[0073] 本发明中,导电织物的拉伸强度采用WDW-5型号的万能材料力学试验机测定。

[0074] 本发明中,金属镀层在纤维基材表面的镀覆量按照标准EPA-6010D-2018,用电感耦合等离子体发射光谱仪测定金属含量。

[0075] 本发明中,导电织物的屏蔽效能按照GJB 6190-2008电磁屏蔽材料屏蔽效能测量

方法测定。

[0076] 本发明中,导电织物的方块电阻采用广州四探针科技有限公司的RTS-9型双电测四探针测试仪测定。

[0077] 下面以金属银为典型金属,对纤维基材进行磁控溅射镀覆。金属铝、铜的镀覆过程与金属银大致相同,不同之处在于,根据金属铝、铜的具体物理特性,具体调整镀覆过程中的各参数设置。

[0078] 实施例1芳纶纤维导电织物的制备

[0079] 纤维基体:芳纶纤维,200D长丝,经纬密度为17根/cm;

[0080] 除油处理:将芳纶纤维置于丙酮中超声波15min进行除油,除油后取出用蒸馏水清洗多次,直至无刺激性气味,置于70℃烘箱中干燥备用;

[0081] 表面处理:将待处理纤维置于低温等离子体改性设备中,抽真空至6Pa,充入氧气至30Pa,处理功率30W,处理时间10min。

[0082] 磁控溅射镀银:采用99.99%高纯银靶材,将表面处理后的芳纶纤维置于样品架,样品架以10r/min的卷绕速度旋转,真空溅射室的真空度控制在 $4 \times 10^{-3}$ Pa,在磁控溅射镀银沉积过程中,通入高纯氩气作为轰击气体,氩气流量为20sccm,压力保持在 $3.3 \times 10^{-1}$ Pa,溅射电流2.4A,溅射电压580V,溅射时间8min。获得芳纶纤维导电织物。

[0083] 实施例2聚芳酯纤维导电织物的制备

[0084] 纤维基体:聚芳酯纤维,200D长丝,经纬密度为18根/cm;

[0085] 除油处理:将聚芳酯纤维置于丙酮中超声波15min进行除油,除油后取出用蒸馏水清洗多次,直至无刺激性气味,置于70℃烘箱中干燥备用;

[0086] 表面处理:将待处理纤维置于低温等离子体改性设备中,抽真空至6Pa,充入氧气至30Pa,处理功率50W,时间1min。

[0087] 磁控溅射镀银:采用99.99%高纯银靶材,将表面处理后的聚芳酯纤维置于样品架,样品架以10r/min的卷绕速度旋转,真空溅射室的真空度控制在 $4 \times 10^{-3}$ Pa,在磁控溅射镀银沉积过程中,通入高纯氩气作为轰击气体,氩气流量为20sccm,压力保持在 $3.3 \times 10^{-1}$ Pa,溅射电流2.4A,溅射电压580V,溅射时间8min。获得聚芳酯纤维导电织物。

[0088] 实施例3碳纤维导电织物的制备

[0089] 纤维基体:碳纤维,1K长丝,经纬密度为9根/cm;

[0090] 除油处理:将碳纤维置于50℃丙酮中浸泡24h除油,除油后取出用蒸馏水清洗多次直至无刺激性气味,置于70℃烘箱中干燥备用;

[0091] 表面处理:空气气氛下,采用600℃高温氧化炉对除油后的碳纤维进行连续表面氧化处理,提高表面粗糙度和活性。

[0092] 磁控溅射镀银:采用99.99%高纯银靶材,将表面处理后的碳纤维置于样品架,样品架以5r/min的卷绕速度旋转,真空溅射室的真空度控制在 $4 \times 10^{-3}$ Pa,在磁控溅射镀银沉积过程中,通入高纯氩气作为轰击气体,氩气流量为20sccm,压力保持在 $3.3 \times 10^{-1}$ Pa,溅射电流2.5A,溅射电压560V,溅射时间10min。获得碳纤维导电织物。

[0093] 实验例导电织物的性能表征

[0094] 对实施例1~3中制备的导电织物的表面形貌、面密度、拉伸强度、方块电阻、屏蔽效能进行表征。

[0095] 如图1所示,由芳纶纤维导电织物的电子显微镜照片可知,芳纶纤维导电织物表面镀银层分布均匀、镀层致密,镀层与纤维基材之间的附着良好,达到了很好的镀覆效果。

[0096] 导电织物的面密度、拉伸强度、方块电阻、屏蔽效能表征结果列于表1中,其中三种导电织物的屏蔽效能曲线分别如图2、图3和图4所示。

[0097] 表1导电织物的性能指标

导电织物	面密度 (g/m <sup>2</sup> )	拉伸强度 (MPa)	方块电阻 (Ω/sq)	屏蔽效能 (dB)
芳纶纤维导电织物	100	400	0.17	50
聚芳酯纤维导电织物	105	450	0.15	70
碳纤维导电织物	145	450	0.07	80

[0099] 由图2、图3和图4中以及表1中结果可知,导电织物的面密度小于150g/m<sup>2</sup>,拉伸强度在400MPa以上,导电织物轻质高强;导电织物的方块电阻极低,屏蔽效能可达80dB,表明导电性能和屏蔽性能优异,可以广泛用于柔性电磁反射及电磁屏蔽材料等领域。

[0100] 最后应说明的是:以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明,但本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。

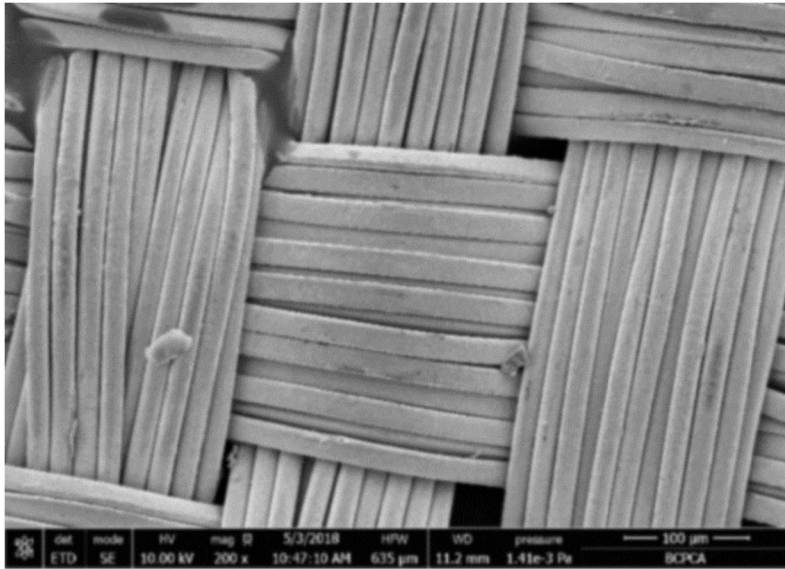


图1

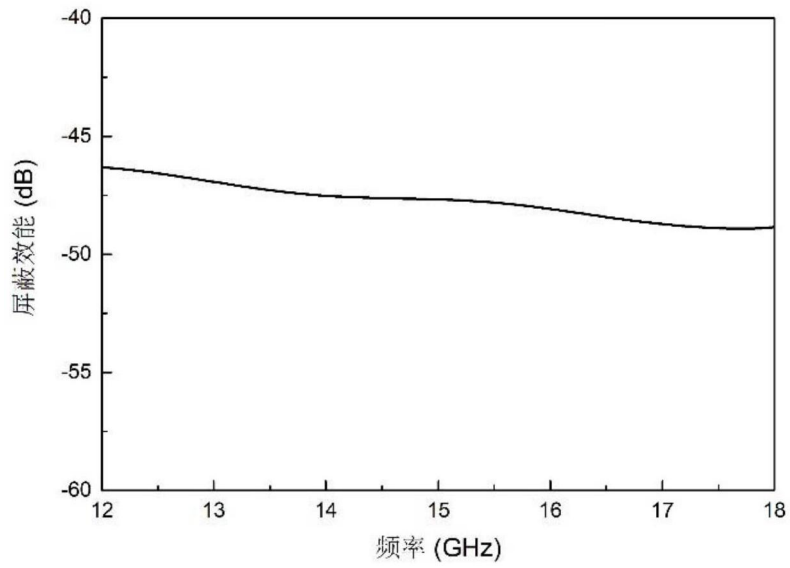


图2

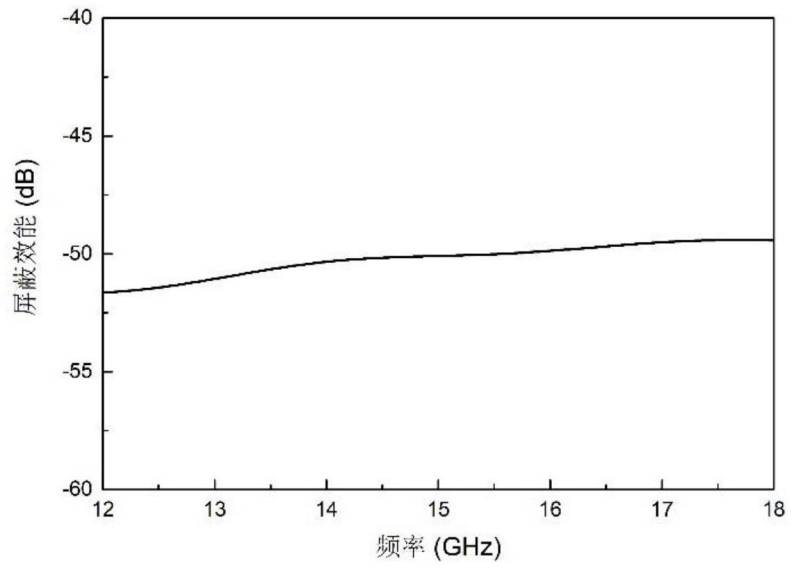


图3

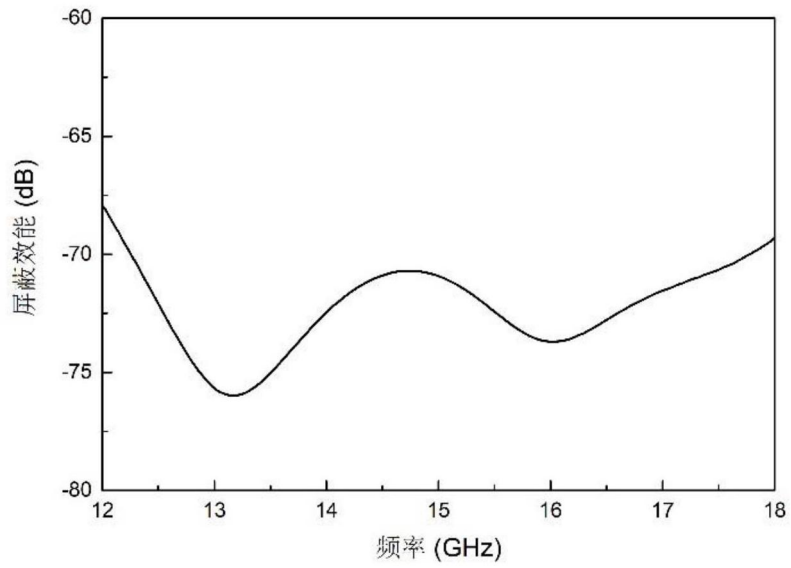


图4