



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111031663 B

(45) 授权公告日 2023. 05. 05

(21) 申请号 201811173307.6

(22) 申请日 2018.10.09

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 111031663 A

(43) 申请公布日 2020.04.17

(73) 专利权人 金居开发股份有限公司  
地址 中国台湾台北市

(72) 发明人 宋云兴 高羣祐 吴宗宪

(74) 专利代理机构 隆天知识产权代理有限公司  
72003  
专利代理师 张福根 冯志云

(51) Int. Cl.  
H05K 1/09 (2006.01)  
G25F 3/02 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 110952117 A, 2020.04.03

JP 2008285751 A, 2008.11.27

JP 2009218206 A, 2009.09.24

CN 105874891 A, 2016.08.17

JP 2004152904 A, 2004.05.27

审查员 王桂斌

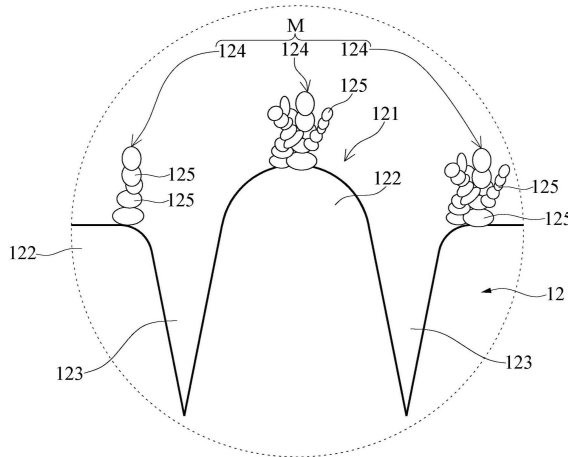
权利要求书1页 说明书7页 附图7页

(54) 发明名称

铜箔基板

(57) 摘要

本发明公开一种微粗糙电解铜箔及铜箔基板。微粗糙电解铜箔包括一微粗糙表面。微粗糙表面具有多个凸峰、多个凹槽以及多个微结晶簇。凹槽具有U形剖面轮廓及/或V形剖面轮廓, 凹槽的平均宽度介于0.1至4微米, 凹槽的平均深度小于或等于1.5微米。微结晶簇位于凸峰顶部。每一个微结晶簇由多个平均直径小于或等于0.5微米的微结晶堆栈构成。微粗糙电解铜箔的微粗糙表面的R1r值低于1.3。微粗糙表面与基材之间有良好的接合力, 且具有良好的介入损失有表现, 能够有效地抑制讯号损耗。



1. 一种铜箔基板,其特征在于,所述铜箔基板包括:

一基材;以及

一微粗糙电解铜箔,其包括一贴附在所述基材的微粗糙表面,所述微粗糙表面形成有多个凸峰、多个凹槽以及多个微结晶簇,所述凹槽具有U形剖面轮廓及/或V形剖面轮廓,所述凹槽的平均宽度介于0.1至4微米,所述凹槽的平均深度小于或等于1.5微米,所述微结晶簇位于所述凸峰顶部,每一个所述微结晶簇由多个平均直径小于或等于0.5微米的微结晶堆栈构成,每一个所述微结晶簇的平均高度小于或等于2微米;

其中,所述铜箔基板于20GHz的介入损失介于0至-1.5db/in;

其中,所述微粗糙电解铜箔与所述基材间的剥离强度大于4.3lb/in。

2. 根据权利要求1所述的铜箔基板,其特征在于,所述铜箔基板于16GHz的介入损失介于0至-1.2db/in。

3. 根据权利要求2所述的铜箔基板,其特征在于,所述铜箔基板于8GHz的介入损失介于0至-0.65db/in,所述铜箔基板于12.89GHz的介入损失介于0至-1.0db/in。

4. 根据权利要求3所述的铜箔基板,其特征在于,所述铜箔基板于8GHz的介入损失介于0至-0.63db/in,所述铜箔基板于12.89GHz的介入损失介于0至-0.97db/in,所述铜箔基板于16GHz的介入损失介于0至-1.15db/in,所述铜箔基板于20GHz的介入损失介于0至-1.45db/in。

5. 根据权利要求1所述的铜箔基板,其特征在于,所述微结晶簇的平均最大宽度小于或等于5微米;多个所述微结晶簇构成一分岔状的结晶团;每一个所述微结晶簇的平均高度小于或等于1.8微米;每一个所述微结晶簇由多个微结晶堆栈构成,所述微结晶的平均直径小于或等于0.5微米;所述微粗糙电解铜箔的微粗糙表面的R1r值低于1.26。

6. 根据权利要求1所述的铜箔基板,其特征在于,所述基材在10GHz频率下的Dk值小于或等于4.0且在10GHz频率下的Df值小于或等于0.015。

## 铜箔基板

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种铜箔,特别是涉及一种电解铜箔及具有此铜箔的铜箔基板。

### 背景技术

[0002] 随着信息和电子产业的发展,高频高速的讯号传输已成为现代电路设计与制造的一环。电子产品为了能符合高频高速的讯号传输需求,所采用的铜箔基板在高频下需要有良好的介入损失(insertion loss)表现,以防止高频讯号在传递时产生过度的损耗。铜箔基板的介入损失与其表面粗糙度有高度关联。当表面粗糙度降低时,介入损失有较佳的表现,反之则否。但是降低粗糙度的同时,也会导致铜箔与基材间的剥离强度下滑,影响到后端产品的良率。因此,如何将剥离强度维持在业界水平,并提供良好的介入损失表现,已成为本领域所欲解决的课题。

### 发明内容

[0003] 本发明所要解决的技术问题在于,针对现有技术的不足提供一种微粗糙电解铜箔。

[0004] 为了解决上述的技术问题,本发明所采用的其中一技术方案是,提供一种微粗糙电解铜箔。所述微粗糙电解铜箔包括一微粗糙表面。所述微粗糙表面具有多个凸峰、多个凹槽以及多个微结晶簇。所述凹槽具有U形剖面轮廓及/或V形剖面轮廓,所述凹槽的平均宽度介于0.1至4微米,所述凹槽的平均深度小于或等于1.5微米。所述微结晶簇位于所述凸峰顶部。每一个所述微结晶簇由多个平均直径小于或等于0.5微米的微结晶堆栈构成。所述微粗糙电解铜箔的微粗糙表面的R1r值低于1.3。

[0005] 优选地,每一个所述微结晶簇由多个微结晶堆栈构成,所述微结晶的平均直径小于或等于0.5微米,每一个所述微结晶簇的平均高度小于或等于2微米。

[0006] 优选地,每一个所述微结晶簇由多个微结晶堆栈构成,所述微结晶的平均直径小于或等于0.5微米,每一个所述微结晶簇的平均高度小于或等于1.3微米。多个所述微结晶构成一分岔状的结晶团。

[0007] 优选地,所述微粗糙电解铜箔的微粗糙表面的R1r值低于1.26。

[0008] 为了解决上述的技术问题,本发明所采用的其中一技术方案是,提供一种铜箔基板,其包括一基材以及一微粗糙电解铜箔。所述微粗糙电解铜箔包括一贴附在所述基材的微粗糙表面,所述微粗糙表面形成有多个凸峰、多个凹槽以及多个微结晶簇,所述凹槽的平均宽度介于0.1至4微米,所述凹槽的平均深度小于或等于1.5微米,所述微结晶簇位于所述凸峰顶部,所述微结晶簇的平均高度小于或等于2微米。所述铜箔基板于20GHz的介入损失(Insertion Loss)介于0至-1.5db/in。所述微粗糙电解铜箔与所述基材间的剥离强度大于4.31b/in。

[0009] 优选地,所述铜箔基板于16GHz的介入损失介于0至-1.2db/in。

[0010] 优选地,所述铜箔基板于8GHz的介入损失介于0至-0.65db/in,所述铜箔基板于

12.89GHz的介入损失介于0至-1.0db/in。

[0011] 优选地,所述铜箔基板于8GHz的介入损失介于0至-0.63db/in,所述铜箔基板于12.89GHz的介入损失介于0至-0.97db/in,所述铜箔基板于16GHz的介入损失介于0至-1.15db/in,所述铜箔基板于20GHz的介入损失介于0至-1.45db/in。

[0012] 优选地,所述微结晶簇的平均最大宽度小于或等于5微米;部份的所述微结晶簇形成有分岔结构;每一个所述微结晶簇的平均高度小于或等于1.8微米;每一个所述微结晶簇由多个微结晶堆栈构成,所述微结晶的平均直径小于或等于0.5微米;所述微粗糙电解铜箔的微粗糙表面的R1r值低于1.26。

[0013] 优选地,所述基材在在10GHz频率下的Dk值小于或等于4且在10GHz频率下的Df值小于或等于0.020,更佳地,所述基材11在10GHz频率下的Dk值小于或等于3.8且在10GHz频率下的Df值小于或等于0.015。

[0014] 本发明的其中一有益效果在于,微粗糙表面与基材之间有良好的接合力,且有良好的介入损失表现,能够有效地抑制讯号传送时的损耗。

[0015] 为使能更进一步了解本发明的特征及技术内容,请参阅以下有关本发明的详细说明与附图,然而所提供的附图仅用于提供参考与说明,并非用来对本发明加以限制。

## 附图说明

[0016] 图1为侧视示意图,说明本发明铜箔基板的其中一实施方式。

[0017] 图2为图1的II部分的放大示意图。

[0018] 图3为示意图,说明微粗糙电解铜箔的生产设备。

[0019] 图4为扫描式电子显微镜图,说明实施例1微粗糙电解铜箔的表面形态。

[0020] 图5为扫描式电子显微镜图,说明实施例1微粗糙电解铜箔的截面形态。

[0021] 图6为扫描式电子显微镜图,说明比较例3的铜箔表面形态。

[0022] 图7为扫描式电子显微镜图,说明比较例3的铜箔截面形态。

## 具体实施方式

[0023] 以下是通过特定的具体实施例来说明本发明所公开有关“微粗糙电解铜箔及铜箔基板”的实施方式,本领域技术人员可由本说明书所公开的内容了解本发明的优点与效果。本发明可通过其他不同的具体实施例加以施行或应用,本说明书中的各项细节也可基于不同观点与应用,在不悖离本发明的构思下进行各种修改与变更。另外,本发明的附图仅为简单示意说明,并非依实际尺寸的描绘,事先声明。以下的实施方式将进一步详细说明本发明的相关技术内容,但所公开的内容并非用以限制本发明的保护范围。

[0024] 参阅图1,本发明铜箔基板1,包括一基材11以及二片微粗糙电解铜箔12。微粗糙电解铜箔12分别贴合在基材11的两相反侧。值得一提的是,铜箔基板1也可以仅包括一片微粗糙电解铜箔12。

[0025] 基材11较佳是具有低Dk值及低Df值,以抑制介入损失(insertion loss)。较佳地,所述基材11在10GHz频率下的Dk值小于或等于4且在10GHz频率下的Df值小于或等于0.020,更佳地,所述基材11在10GHz频率下的Dk值小于或等于3.8且在10GHz频率下的Df值小于或等于0.015。

[0026] 基材11可采用预浸片含浸合成树脂再固化而成的复合材料。预浸片可例举如：酚醛棉纸、棉纸、树脂制纤维布、树脂制纤维不织布、玻璃板、玻璃织布，或玻璃不织布。合成树脂可例举如：环氧树脂、聚酯树脂、聚酰亚胺树脂、氰酸酯树脂、双马来酰亚胺三嗪树脂、聚苯醚树脂，或酚树脂。合成树脂层可以是单层或多层，并没有一定的限制。基材11可选自但不限于EM891、IT958G、IT150DA、S7439G、MEGTRON 4、MEGTRON 6，或MEGTRON 7。

[0027] 参阅图1及图2，微粗糙电解铜箔12是对铜箔表面以电解法进行粗糙化处理而得。电解法粗糙化处理可对铜箔的任一表面进行处理，因此，微粗糙电解铜箔12具有位于至少一侧的微粗糙表面121。在本发明的其中一实施方式中，是取反转铜箔(Reverse Treated copper Foil, RTF)作为生箔，而后对其光泽面进一步执行粗糙化处理而获得微粗糙电解铜箔12。

[0028] 微粗糙表面121用来贴附在基材11，其包括多个凸峰122、多个凹槽123以及多个微结晶簇124。两个相邻的凸峰122界定出一个凹槽123。凹槽123具有U形剖面轮廓及/或V形剖面轮廓，凹槽123的平均深度小于或等于1.5微米，较佳是小于或等于1.3微米，更佳是小于或等于1微米。凹槽123的平均宽度介于0.1至4微米。

[0029] 微结晶簇124的平均高度小于或等于2微米，较佳是小于或等于1.8微米，更佳是小于或等于1.6微米。前述的平均高度是指微结晶簇124顶部至凸峰122顶部的距离。微结晶簇124的平均最大宽度小于或等于5微米，较佳是小于或等于3微米。每一个微结晶簇124是由多个微结晶125堆栈构成，且微结晶125的平均直径小于或等于0.5微米，较佳是介于0.05至0.5微米，更佳是介于0.1至0.4微米。每一个微结晶簇124沿其自身高度方向的微结晶125平均堆栈数量是15个以下，较佳是13个以下，更佳是10个以下，又更佳是8个以下。微结晶125在堆栈成微结晶簇124时，可以迭成塔状结构，也可以向外延伸而呈现分岔结构，而构成分岔状的结晶团M。

[0030] 微结晶簇124彼此间的排列方式并没有一定，可以是无序的排列，也可以是大致沿着相同的方向排列，或者是以数个微结晶簇124排成一行且每列的延伸方向部分相同。

[0031] 微粗糙电解铜箔12的微粗糙表面121平均高度较佳是大于0.5微米，更佳是大于1.5微米，又更佳是大于2.0微米。当微粗糙表面121的平均粗糙度Rz符合前述范围时，就能与基材11间有良好的接合力表现，也就是说，当提高平均粗糙度Rz即可有效提高与基材11间的接合力，使得剥离强度(Peel strength)有效提高。较佳地，以1oz铜箔基板1来说，微粗糙电解铜箔12与基材11间的剥离强度大于4.3lb/in，较佳地是大于4.5lb/in，更佳地是大于4.7lb/in。因为在黏合于基板11时，涂覆在微粗糙表面上的黏胶会渗入到凹槽123及微结晶簇124的底部，所以黏合至基板11后能够有效提高剥离强度。

[0032] 透过前述微粗糙表面121的形态，微粗糙电解铜箔12与基材11间能具有足够的剥离强度，并且还能有效地抑制讯号传送时的损耗。微粗糙表面121的R1r值低于1.3，较佳地是低于1.26，更佳地是低于1.23，又更佳地是低于1.2。所述的R1r值是指展开长度比，也就是待测物在一单位长度之中的表面轮廓长度比。数值越高代表表面愈加崎岖，当数值等于1时，代表完全平整。R1r满足关系式 $R1r = R1o/L$ 。其中，R1o是指被测的轮廓长度，L是指被测的距离。

[0033] 当微粗糙电解铜箔12的R1r值低于1.3时，铜箔基板1(如IT170GRA1+RG311)会有较佳的介入损失表现。铜箔基板1在8GHz时的介入损失介于0至-0.65db/in，更佳是介于0至-

0.63db/in,又更佳是介于0至-0.60db/in,再更佳是介于0至-0.57db/in。铜箔基板1在12.89GHz的介入损失介于0至-1.0db/in,较佳是介于0至-0.97db/in,更佳地是介于0至-0.94db/in,又更佳地是介于0至-0.90db/in。铜箔基板1在16GHz的介入损失介于0至-1.2db/in,更佳地是介于0至-1.15db/in,又更佳地是介于0至-1.1db/in。铜箔基板1在20GHz的介入损失介于0至-1.5db/in,较佳地是介于0至-1.45db/in,更佳地是介于0至-1.4db/in,又更佳地是介于0至-1.36db/in,再更佳地是介于0至-1.34db/in。本发明的微粗糙电解铜箔12由频率4GHz至20GHz之间,皆能够有效地抑制讯号传送时的损耗。

[0034] [微粗糙电解铜箔制作方法]

[0035] 微粗糙电解铜箔12是将生箔浸入含铜镀液后,在一定的时间内进行电解粗糙化处理。本发明的实施方式中,是取反转铜箔(RTF)作为生箔,并对其粗糙面进行电解粗糙化处理。电解粗糙化处理可采用任何熟知的设备来进行,例如:连续式电解设备,或批次式电解设备。

[0036] 含铜镀液内含有铜离子、酸,以及金属添加剂。铜离子来源可例举如硫酸铜、硝酸铜,或其等的组合。酸可例举如硫酸、硝酸,或其等的组合。金属添加剂可例举如钴、铁、锌,或其等的组合。此外,含铜镀液还可以进一步添加熟知的添加剂,例如:明胶、有机氮化物、羟乙基纤维素(hydroxyethyl cellulose;HEC)、聚乙二醇(Poly(ethylene glycol)、PEG)、3-巯基-1-丙烷磺酸钠(Sodium 3-mercaptopropanesulphonate、MPS)、聚二硫二丙烷磺酸钠(Bis-(sodium sulfopropyl)-disulfide、SPS),或硫脲基化合物,但并不以此为限。

[0037] 粗糙化处理的次数是至少二次,每一次粗糙化处理中的含铜镀液的组成可以相同或不同。在本发明的其中一实施方式中,是采用两组含铜镀液交替进行粗糙化处理,且第一组含铜镀液的铜离子浓度较佳是介于10至30g/l、酸浓度较佳是介于70至100g/l,且金属添加剂的添加量较佳是150至300mg/l。而第二组含铜镀液的铜离子浓度较佳是介于70至100g/l、酸浓度较佳是介于30至60g/l,且金属添加剂的添加量较佳是15至100mg/l。

[0038] 电解的供电方法可采用定电压、定电流、脉冲型波形,或锯齿型波形,但不限于此。在本发明的其中一实施方式中,粗糙化处理是先采用第一组含铜镀液以定电流25至40A/dm<sup>2</sup>进行处理,而后再以第二组含铜镀液以定电流以定电流20至30A/dm<sup>2</sup>进行处理。较佳地,第一组含铜镀液以定电流30至56A/dm<sup>2</sup>进行处理,而第二组含铜镀液以定电流以定电流23至26A/dm<sup>2</sup>进行处理。需注意的是,前述定电流也能以脉冲型波形或锯齿型波形进行供电。此外,如要采用定电压进行供电,则须确保在各粗糙化处理的阶段中施加的电压值使电流值落于前述范围内。

[0039] 当粗糙化处理的次数为三次以上时,能够采用前述第一组及第二组含铜镀液交替使用来进行粗糙化处理。电流值控制在介于1至60A/dm<sup>2</sup>。在本发明的其中一实施方式中,第三次及第四次粗糙化处理分别采用第一组含铜镀液及第二组含铜镀液,且电流值分别控制在1至8A/dm<sup>2</sup>及40至60A/dm<sup>2</sup>。第五次以后的粗糙化处理的电流值控制在小于或等于5A/dm<sup>2</sup>。需注意的是,前述定电流也能以脉冲型波形或锯齿型波形进行供电。此外,如果要采用定电压进行供电,则须确保在各粗糙化处理的阶段中施加的电压值让电流值落于前述范围内。

[0040] 值得一提的是,微粗糙表面121的微结晶簇124排列方式及凹槽123延伸方向可透过含铜镀液的流场来进行控制。当不施加流场或形成紊流,即可使微结晶簇124间呈现无序排列;而当控制流场使其在铜箔表面沿着特定方向流动,就会形成有大致沿着相同的方向

排列的结构。然而,控制微结晶簇124排列方式及凹槽123延伸方向的方式不以此为限制,也可以采用钢刷预先刻出刮痕来形成不定向的凹槽123,制造者能采用任何熟知的方式进行调整。

[0041] 本发明的其中一较佳实施方式中,采用多槽及多电解辊的连续式电解设备进行粗糙化处理。其中,各个槽内交替容装第一组含铜镀液及第二组含铜镀液。供电方法采用定电流。生产速度控制在5至20m/min。生产温度控制在20至60℃。

[0042] 需注意的是,前述微粗糙电解铜箔制作方法也可以用于处理高温延展铜箔(High Temperature Elongation、HTE)或极低粗糙度铜箔(Very Low Profile、VLP)。

[0043] 以上已将铜箔基板1的各层结构及制造方法进行说明,以下将以实施例1至3为例示,并与比较例1至4相比较,以说明本发明的优点。

[0044] [实施例1]

[0045] 参阅图3,微粗糙电解铜箔是采用连续式电解设备2进行粗糙化处理。连续式电解设备2包括一个输料辊21、一个集料辊22、六个位在输料辊21与集料辊22间的槽23、六个分别放置在槽23上方的电解辊组24,以及六个分别位于槽23内的辅助辊组25。每一个槽23内设有一组白金电极231。每一个电解辊组24包括二个电解辊241。每一个辅助辊组25包括二个辅助辊251。每一个槽23内的白金电极231与对应的电解辊组24分别电性连接到外部电源供应器的阳极及阴极。

[0046] 在本实施例1中,采用反转铜箔(RTF)作为生箔,其购自金居开发有限公司(型号RG311)。生箔收卷于输料辊21,后依序绕行于电解辊组24及辅助辊组25,再卷收于集料辊22。各槽23内的含铜镀液组分及电镀条件如表1所示,其中,铜离子的来源是硫酸铜。极低粗糙度铜箔由第一槽至第六槽依序对生箔的粗糙面进行粗糙化处理,生产速度是10m/min,最后获得粗糙度Rz(JIS94)为小于或等于2.5um微米的微粗糙电解铜箔。而后,取二片微粗糙电解铜箔与一片基材IT170GRA1贴合,即完成制作。

[0047] 本实施例1以扫描式电子显微镜观测其表面及截面结构,分别显示于图4及图5。

[0048] 本实施例1微粗糙电解铜箔的剥离强度,是先于微粗糙表面上涂覆铜硅烷偶合剂并黏合至基材IT170GRA1固化后,再依照IPC-TM-650 4.6.8测试方法来进行测量。测试结果列于表2。

[0049] 本实施例1微粗糙电解铜箔的R1r值,是采用形状量测雷射显微镜(厂商:Keyence,型号:VK-X100)进行量测。测试结果列于表2。

[0050] 本实施例1微粗糙电解铜箔的介入损失,使用Micro-strip line(特性阻抗50Ω)的方法进行测试,并分别于频率4GHz、8GHz、12.89GHz、16GHz,及20GHz进行检测。测试结果列于表2。

[0051] [实施例2及3]

[0052] 生箔、电解设备及含铜镀液组分与实施例1相同,电镀条件如表1所示,生产速度是10m/min。而后,取二片微粗糙电解铜箔与一片基材IT170GRA1贴合,即完成制作。量测方式与实施例1相同,测试结果列于表2。

[0053] [比较例1及2]

[0054] 生箔、电解设备及含铜镀液组分与实施例1相同,电镀条件如表1所示,生产速度是10m/min。而后,取二片微粗糙电解铜箔与一片基材IT170GRA1贴合,即完成制作。量测方式

与实施例1相同,测试结果列于表2。

[0055] [比较例3]

[0056] 采用三井金属所产的反转铜箔(型号:MLS-G,下称MLS-G铜箔),以扫描式电子显微镜图观测其表面及截面结构,分别显示于图6及图7。将二片MLS-G铜箔与一片基材IT170GRA1贴合后,量测其剥离强度、R1r,以及介入损失,测试结果列于表2。

[0057] [比较例4]

[0058] 采用长春集团所产的反转铜箔(型号:RTF3,下称RTF3铜箔),以扫描式电子显微镜图观测其表面及截面结构。将二片RTF3铜箔与一片基材IT170GRA1贴合后,量测其剥离强度、R1r,以及介入损失,测试结果列于表2。

[0059] 表1

	第一槽	第二槽	第三槽	第四槽	第五槽	第六槽
Cu <sup>+2</sup> (g/l)	15.5~20.5	86.5~90.5	15.5~20.5	86.5~90.5	15.5~20.5	86.5~90.5
Cl (ppm)	<3	<3	<3	<3	<3	<3
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (g/l)	83~87	45~55	83~87	45~55	83~87	45~55
金属添加剂(ppm)	180~220	30~40	180~220	30~40	180~220	30~40
[0060] 实施例 1 (A/dm <sup>2</sup> )	30.56	24.60	48.15	4.63	1.05	4.92
实施例 2 (A/dm <sup>2</sup> )	33.34	24.60	48.15	4.63	1.05	4.92
实施例 3 (A/dm <sup>2</sup> )	36.11	24.60	48.15	4.63	1.05	4.92
比较例 1 (A/dm <sup>2</sup> )	46.30	24.60	48.15	4.63	1.05	4.92
比较例 2 (A/dm <sup>2</sup> )	55.56	24.60	48.15	4.63	1.05	4.92

[0061] 表2

		实施例 1	实施例 2	实施例 3	比较例 1	比较例 2	比较例 3 MLS-G	比较例 4 RTF3
剥离强度(lb/in)		4.75	4.87	5.09	5.12	5.50	5.02	5.10
Rlr		1.156	1.205	1.257	1.343	1.508	1.334	1.605
[0062] 介入损失 (db/in)	4GHz	-0.308	-0.317	-0.337	-0.352	-0.401	-0.344	-0.518
	8GHz	-0.565	-0.586	-0.614	-0.657	-0.738	-0.653	-0.848
	12.89 GHz	-0.884	-0.912	-0.960	-1.023	-1.149	-1.011	-1.248
	16GHz	-1.077	-1.114	-1.171	-1.250	-1.406	-1.234	-1.493
	20GHz	-1.329	-1.373	-1.447	-1.537	-1.736	-1.507	-1.805

[0063] 参阅图4及图5,实施例1的微粗糙表面具有多个沿着上下方向延伸的凹槽,且凹槽的延伸方向大致上平行。凹槽的宽度约介于0.1至4微米,深度小于或等于0.8微米。凹槽与凹槽间的凸峰处,有明显的微结晶簇形成于此。微结晶簇的高度小于或等于2微米,且每一个微结晶簇是由多数粒径介于0.1至0.4微米的微结晶堆栈而成。

[0064] 参阅图6及图7,MLS-G铜箔的表面是由多数粒径大于3微米的结晶均匀地披覆,且少数的微结晶相互聚集。由截面图得知,微结晶彼此间隔地分布在表面,并没有集中在特定的位置。

[0065] 参阅表2,在剥离强度的表现上,实施例1至3的剥离强度至少为4.75lb/in,大于业界标准4lb/in至少18%。由此可见,本发明微粗糙电解铜箔与基材有良好的接合力,有利于后续制程的进行,并维持产品良率。

[0066] 关于介入损失的表现,实施例1至3在频率8GHz至20GHz之间的介入损失,都优于比较例1至4。值得一提的是,通过控制微粗糙表面的表面形态以及将Rlr值调整至小于或等于1.3,明显可抑制铜箔基板在高频的讯号损失。此外,当Rlr值越低,可发现具有更进一步地降低讯号损失的效果。

[0067] 由上述可知,本发明的微粗糙电解铜箔在维持良好的剥离强度下,进一步优化了介入损失的表现,能有效地抑制讯号损耗。

[0068] 以上所公开的内容仅为本发明的优选可行实施例,并非因此局限本发明的权利要求书的保护范围,所以凡是运用本发明说明书及附图内容所做的等效技术变化,均包含于本发明的权利要求书的保护范围内。

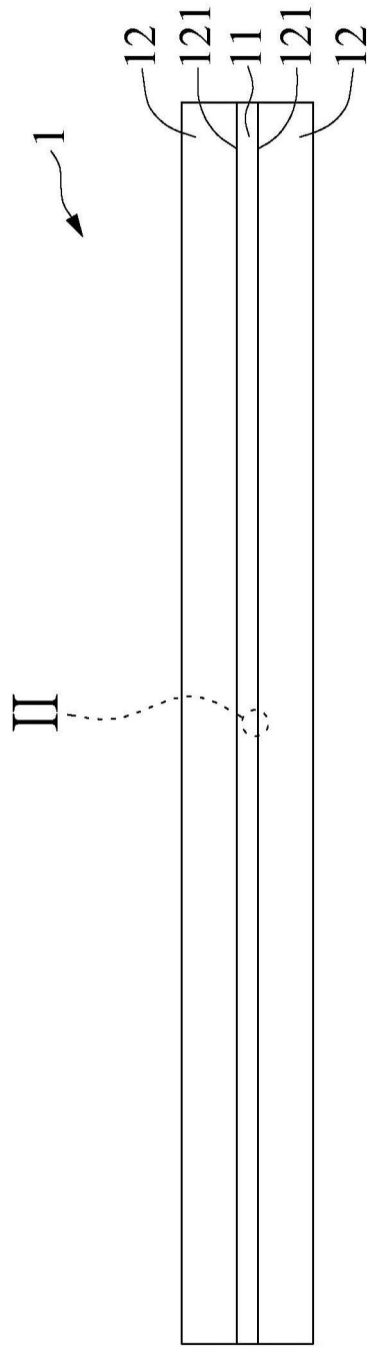


图1

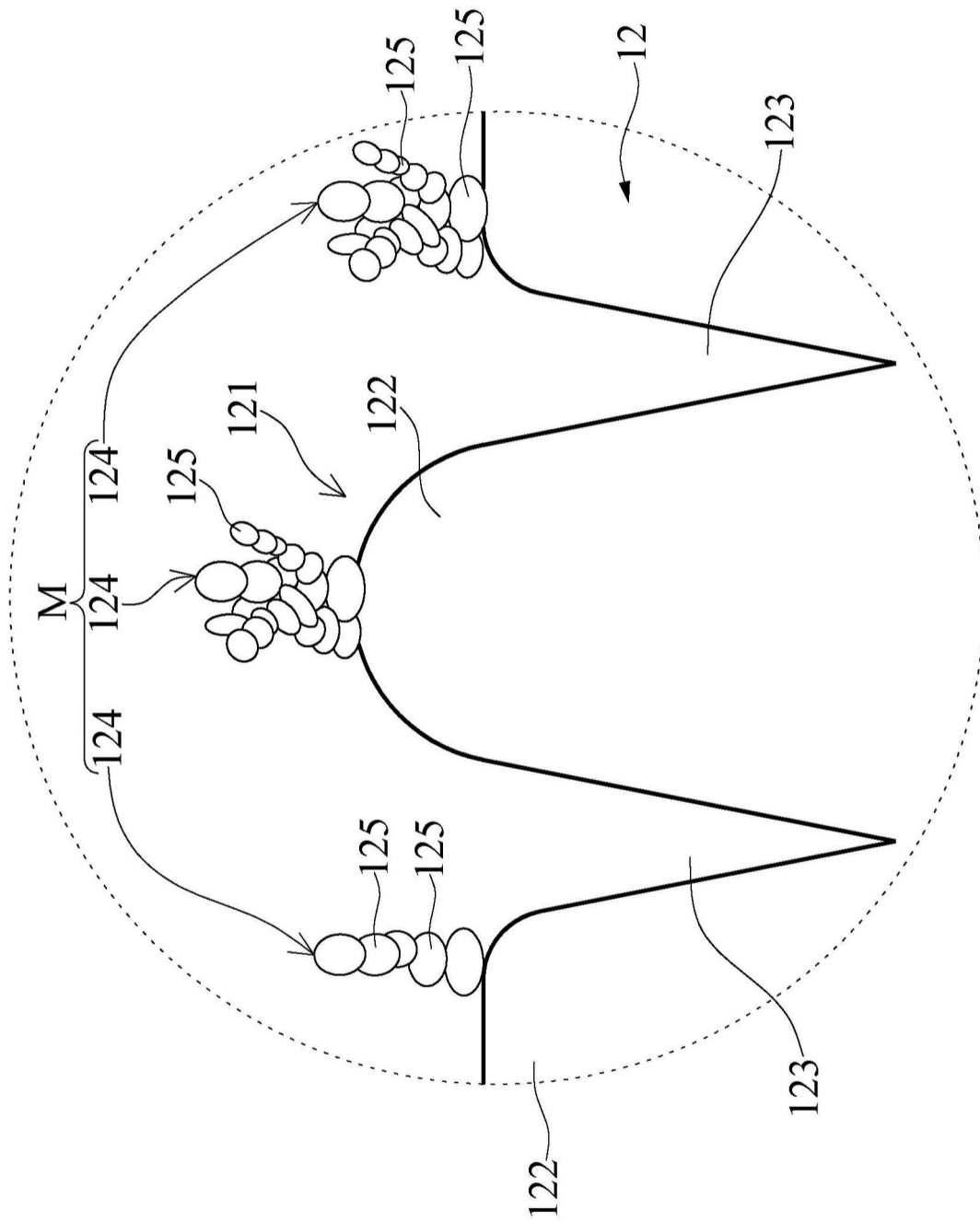


图2

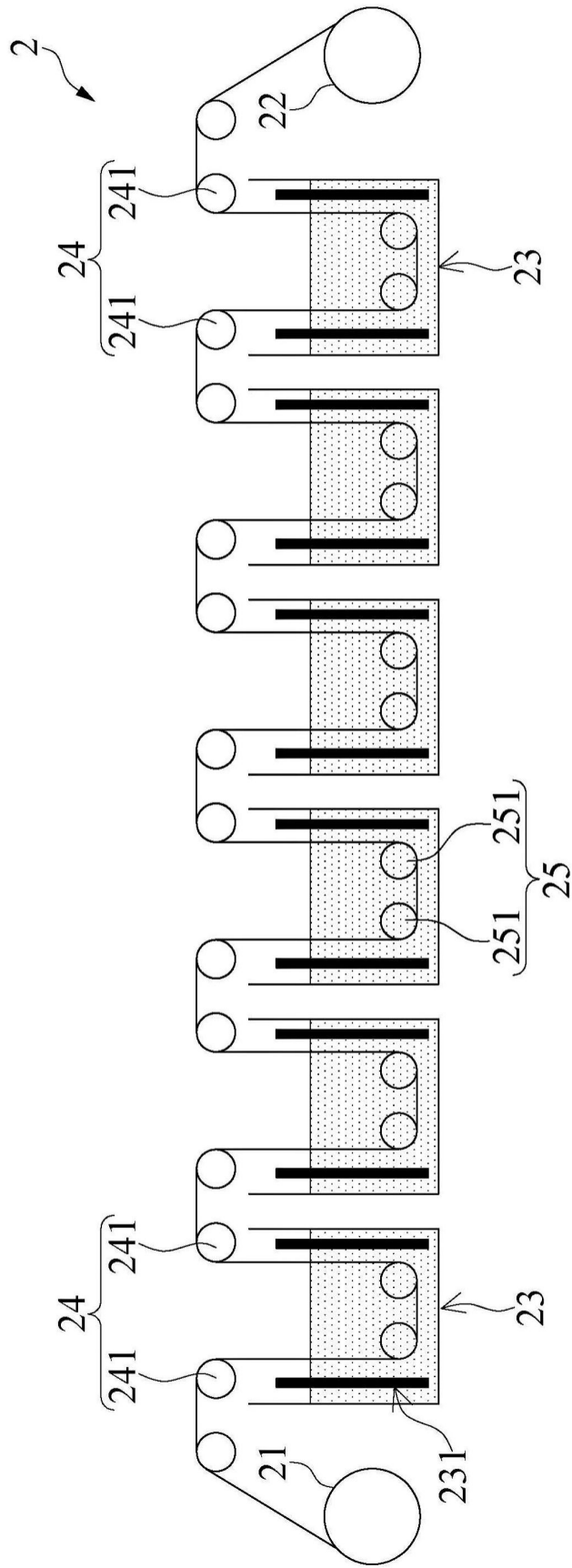


图3

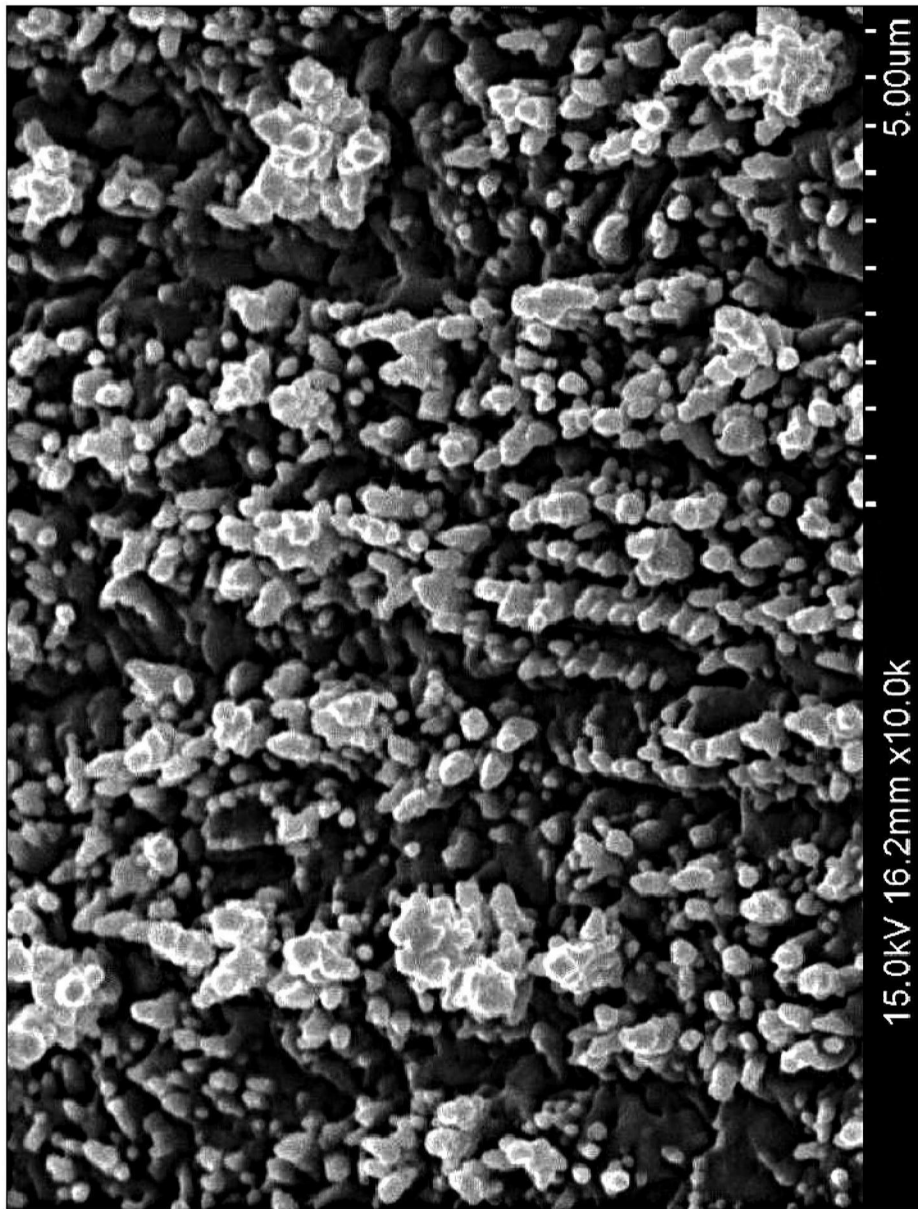


图4

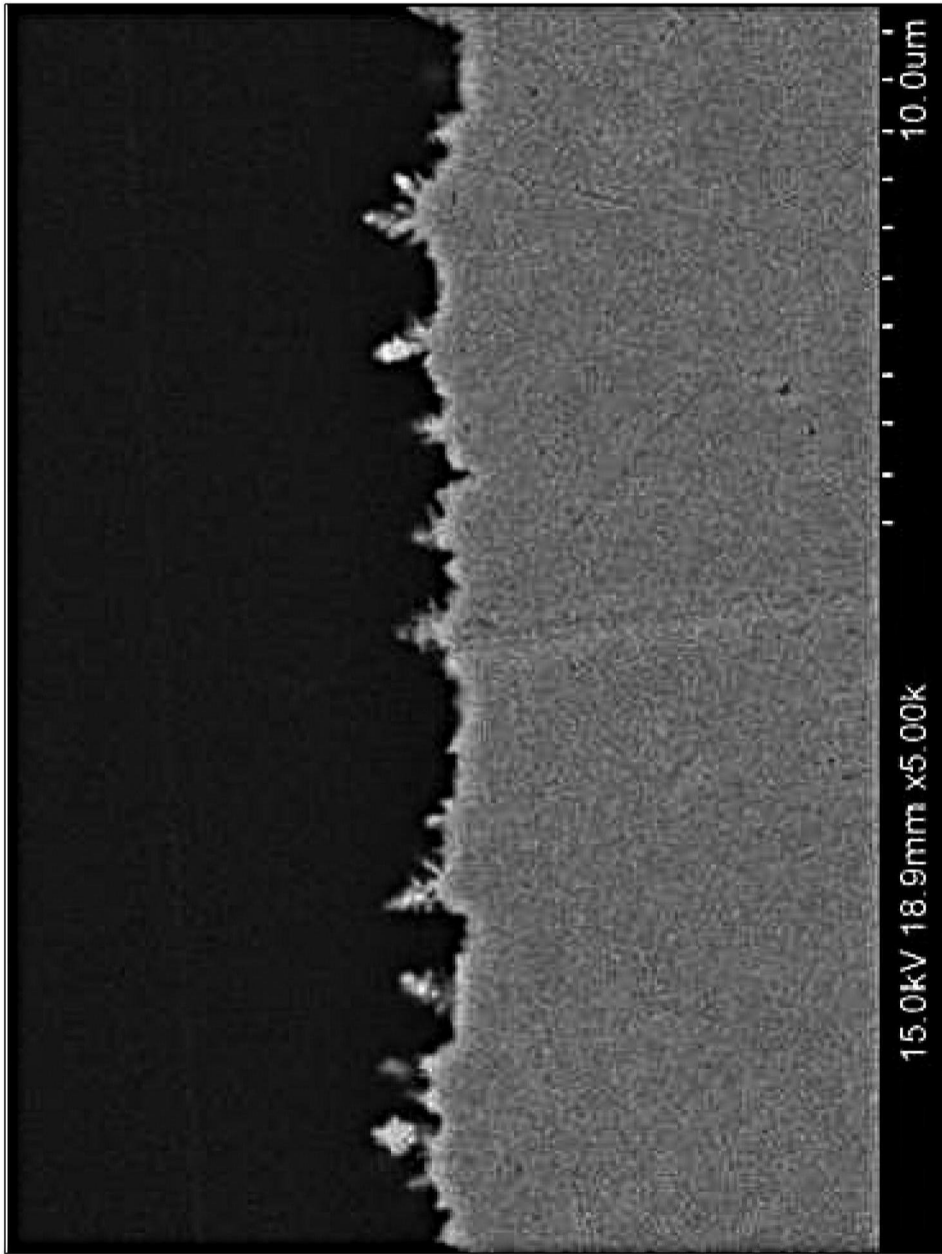


图5

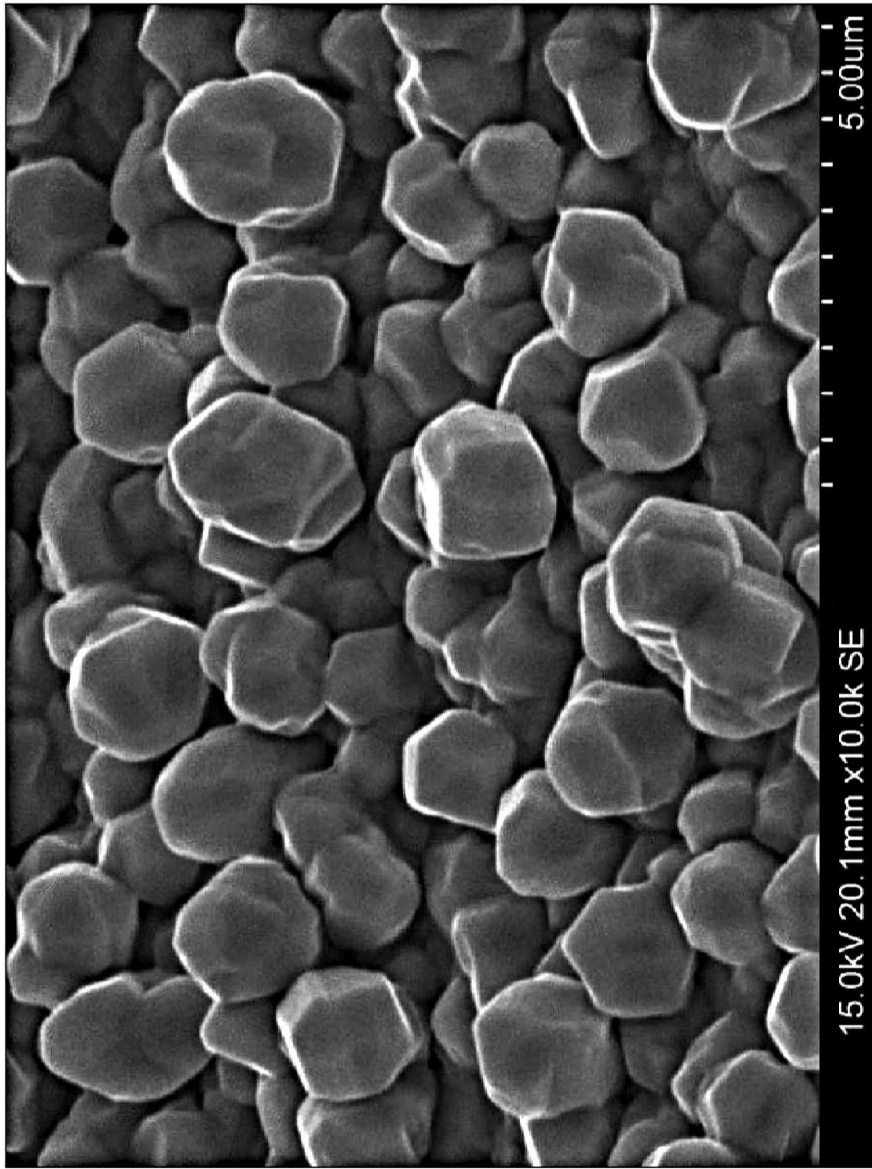


图6

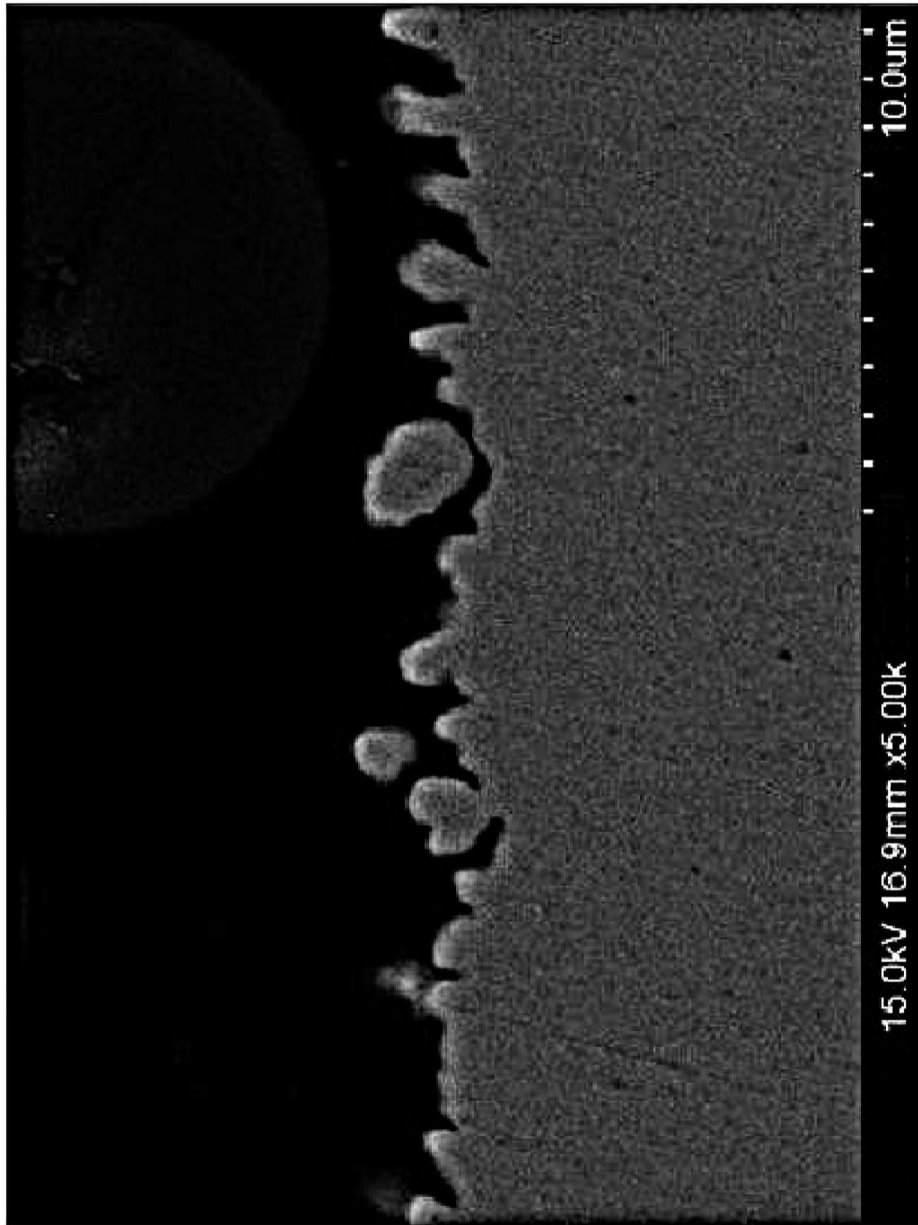


图7