



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1700360 B

(45) 授权公告日 2010.10.06

(21) 申请号 200510074647.X

(22) 申请日 2005.05.19

(30) 优先权数据

2004-149068 2004.05.19 JP

(73) 专利权人 同和控股(集团)有限公司

地址 日本东京

(72) 发明人 尾木孝造 藤野刚聪

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

代理人 张宜红

第 0007 段第 29-32 行、摘要。

US 5389122 A, 1995.02.14, 全文。

US 2003/0089199 A1, 2003.05.15, 全文。

CN 1387968 A, 全文。

JP 特开 2002-80901 A, 2002.03.22, 说明书  
第 0011-0013 段, 0022 段, 0028 段。

CN 1227148 A, 1999.09.01, 全文。

审查员 段满银

(51) Int. Cl.

H01B 1/00 (2006.01)

H01B 1/02 (2006.01)

B22F 9/24 (2006.01)

H05K 1/09 (2006.01)

H05K 1/11 (2006.01)

(56) 对比文件

同上。

JP 特开平 10-88207 A, 1998.04.07, 说明书

权利要求书 1 页 说明书 6 页

(54) 发明名称

球形银粉及其制造方法

(57) 摘要

本发明涉及一种球形银粉,它即使用于形成要在 600°C 或更低的低温下进行烧制以便形成导体的糊膏时,也具有优良的可分散性,而且能够获得优良的烧结度。本发明还涉及:将含有还原剂的水溶液加入到含有银离子的水反应体系中,通过还原的方式沉积银粒子,形成这样的球形银粉:其微晶的直径  $D_x$  (nm) 与 BET 比表面积 ( $m^2/g$ ) 的比率 ( $D_x/BET$ ) 为 5-200,微晶直径不大于 40nm,平均粒度不大于 5 微米,振实密度不小于  $2g/cm^3$ , BET 比表面积不大于  $5m^2/g$ 。

1. 一种球形银粉,其中单位为 nm 的微晶直径  $D_x$  与单位为  $m^2/g$  的 BET 比表面积的比例率  $D_x/BET$  为 39-119,该球形银粉的振实密度不小于  $5g/cm^3$ , BET 比表面积不大于  $5m^2/g$ ,微晶直径不大于 40nm,平均粒度不大于 5 微米。

2. 一种制备权利要求 1 所述的球形银粉的方法,其中将含有还原剂的水溶液加入到含有银离子水反应体系中,通过还原沉积银粒子,形成球形银粉,

其中将所述含有还原剂的水溶液以这样的速率加入:相对于含有银离子水反应体系中的银含量,不低于 1 当量 / 分钟;然后,立刻将分散剂加入到反应体系中。

3. 如权利要求 2 所述的制备球形银粉的方法,其中所述的分散剂是至少一种选自脂肪酸、脂肪酸盐、表面活性剂、有机金属、螯合剂和保护胶体的物质。

4. 如权利要求 2 所述的制备球形银粉的方法,其中所述的包含在含有还原剂的水溶液中的还原剂是至少一种选自抗坏血酸、烷醇胺、氢醌、肼和福尔马林的物质。

5. 如权利要求 2 所述的制备球形银粉的方法,其中所述球形银粉的表面通过这样的表面平滑工序使之平滑:其以机械方式引起粒子彼此碰撞。

6. 如权利要求 5 所述的制备球形银粉的方法,其中所述的银粒子在所述表面平滑工序之后,通过分级而脱除。

## 球形银粉及其制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明总的来说涉及一种球形银粉及其制造方法。具体地说,本发明涉及一种用于形成电子零件、电路板图案等的终端电极的球形银粉及其制造方法。

### 背景技术

[0002] 为了形成电子零件等的电极和电路,已经使用了导电糊膏,其中银粉分散于有机组分中。导电糊膏通常分为金属陶瓷类型糊膏(或要烧制的类型糊膏)和聚合物类型的糊膏(或树脂类型糊膏)。金属陶瓷类型糊膏具有与聚合物类型糊膏不同的用途和组分。

[0003] 一种典型的金属陶瓷类型糊膏包括银粉、含有乙基纤维素的载体或溶解于有机溶剂中的丙烯酸树脂、玻璃粉、无机氧化物、有机溶剂、分散剂等组分。金属陶瓷类型糊膏这样形成:进行浸渍或印刷,以便具有预定的图案,然后,烧制形成导体。这样的金属陶瓷类型糊膏用于形成混杂 IC、多层陶瓷电容器、片形电阻器等的电极。

[0004] 金属陶瓷类型糊膏的烧制温度根据其用途而变化。有这样的情形:其中金属陶瓷类型糊膏在高温下烧制到耐热陶瓷基材例如用于混杂 IC 的氧化铝基材或玻璃-陶瓷基材上,形成导体。也有这样的情形:其中金属陶瓷类型糊膏在低温下烧制到耐热性较低的基材上。

[0005] 如果糊膏在银熔点 960°C 以下尽可能高的温度下烧制,那么银烧结体的阻抗值就会下降。但是,除非使用适于烧制温度的银粉,否则会引起各种各样的问题。例如,如果糊膏在高温下烧制到陶瓷基材上,就会发生一些这样的情形:其中由于银烧结体与陶瓷基材之间的收缩不同,而引起裂纹和分层。为了解决这样的问题,有人提出了一种高结晶的银粉(见例如日本专利公开№ 2000-1706 和 2000-1707)。

[0006] 另一方面,典型的聚合物类型糊膏用作布线材料,例如通孔或膜、导电胶等。这样的聚合物类型糊膏包括银粉、热固性树脂例如环氧树脂或聚氨酯、固化剂、有机溶剂、分散剂等组分。聚合物类型糊膏这样形成:进行分散或印刷,以便具有预定的导电图案,然后在自室温至约 250°C 的温度下固化,通过使银粒子由固化和剩余树脂的收缩而彼此接触,来获得导电性。因此,为了增大银粒子彼此接触的面积,通常使用薄片状银粉,其通过机械加工成鳞片形状的银粉而获得。此外,树脂在 300°C 以上的温度下会劣化,使导体的电阻和粘合强度下降。

[0007] 然而,例如,在等离子体显示板(PDP)基材的情形下,构成基材的材料的玻璃耐热性低,使得糊膏不能在约 750-900°C 的高温下烧制,这与陶瓷基材的情形不同。由此就需求在更低的温度下烧制糊膏,而且考虑到基材的耐热性,需求在 600°C 或更低的温度下、事实上在 500-600°C 的低温下烧制糊膏来形成导体。因此,降低导体的电阻值很困难。

[0008] 当糊膏在低温下烧制时,如果加入软化点低于烧制温度的玻璃原料来促进烧制时,就可能降低导体的电阻值。但是,在由重复实施烧制而形成的 PDP 基材情形下,使用软化点极其低的玻璃原料不好,原因在于会引起导体的电阻值改变。

[0009] 另外,当使用银粉形成光敏糊膏时,如果银粉具有不稳定的形状或片状时,会引起

紫外光散射和 / 或反射,使图案有缺陷。

[0010] 此外,当导电图案由另一种方法例如印刷或转印方法形成时,如果银粉具有不确定的形状或片状,考虑到自筛板的可脱离性和可转移性,就不可能形成优良的导电图案。

### 发明内容

[0011] 由此,本发明的目的是解决上述问题,并提供一种球形银粉及其制造方法,该银粉即使用于形成要在 600℃或更低的低温下进行烧制以形成导体的糊膏时,它也能够获得优良的烧结度。本发明的另一个目的是提供一种具有优良的可分散性的球形银粉及其制造方法。

[0012] 为了达到上述及其它目的,本发明的发明人经认真研究发现:如果球形银粉的微晶直径  $D_x$  (nm) 与 BET 比表面积 ( $m^2/g$ ) 的比率 ( $D_x/BET$ ) 为 5-200,优选微晶直径不大于 40nm、平均粒度不大于 5 微米,该银粉用于形成要进行烧制的糊膏以形成导体时,即使烧制温度是 600℃或更低的低温,也可以获得优良的烧结度,而且可以由下述糊膏通过光敏糊膏方法、印刷方法或转移方法来获得优良的导电图案:该糊膏使用这样的球形银粉,该银粉具有优良可分散性、振实密度不小于  $2g/cm^3$ 、BET 比表面积不大于  $5m^2/g$ 。由此,本发明的发明人完成了本发明。

[0013] 根据本发明的一个方面,提供一种这样的球形银粉:其微晶的直径  $D_x$  (nm) 与 BET 比表面积 ( $m^2/g$ ) 的比率 ( $D_x/BET$ ) 为 5-200。该球形银粉优选具有不大于 40nm 的微晶直径,和不大于 5 微米的平均粒度。更优选地,该球形银粉的振实密度不小于  $2g/cm^3$ ,BET 比表面积不大于  $5m^2/g$ 。

[0014] 根据本发明的另一方面,提供一种制备上述球形银粉的方法,其中将含有还原剂的水溶液加入到含有银离子水反应体系中,通过还原沉积银粒子,形成球形银粉。在该方法中,优选在所述银粒子进行沉积之前或之后,将分散剂加入到类似浆料的反应体系中。所述的分散剂优选是至少一种选自脂肪酸、脂肪酸盐、表面活性剂、有机金属、螯合剂和保护胶体的物质。所述的包含在含有还原剂的水溶液中的还原剂优选是至少一种选自抗坏血酸、烷醇胺、氢醌、肼和福尔马林的物质。所述含有还原剂的水溶液优选以这样的速率加入:相对于含有银离子水反应体系中的银含量,不低于 1 当量 / 分钟。另外,球形银粉的表面优选通过这样的表面平滑工序使之平滑:其以机械方式引起粒子彼此碰撞。此外,银团粒优选在所述表面平滑工序之后,通过分级而脱除。

[0015] 根据本发明,可以制成这样的球形银粉:即使它用于形成要在 600℃或更低的低温下进行烧制以形成导体的糊膏时,它也具有优良可分散性、而且能够获得优良烧结度,

### 具体实施方式

[0016] 在本发明的球形银粉的一个优选实施方式中,该银粉的微晶的直径  $D_x$  (nm) 与 BET 比表面积 ( $m^2/g$ ) 的比率 ( $D_x/BET$ ) 为 5-200,而且优选地,银粉的微晶直径不大于 40nm,平均粒度不大于 5 微米。这样的银粉即使用于形成要在 600℃或更低的低温下进行烧制的糊膏,也能够获得优良的烧结度,这样就能够降低所制成导体的电阻值。

[0017] 如果银粉具有球形形状,它能够合适地用于光敏糊膏方法。如果银粉具有不确定形状或片状,就有这样的缺陷:银粉的光敏性不好,原因在于会引起紫外光的不规则反射和

/ 或散射。但是,如果银粉具有球形形状,它也适用于印刷或转印方法。

[0018] 本发明球形银粉的一个优选实施方式是其振实密度为  $2\text{g}/\text{cm}^3$  或更大, BET 比表面积为  $5\text{m}^2/\text{g}$  或更低。如果振实密度小于  $2\text{g}/\text{cm}^3$ , 就会引起银粉粒子的剧烈团聚, 这样, 即使采用上述任何方法, 也使得很难形成精细的布线。如果 BET 比表面积为大于  $5\text{m}^2/\text{g}$ , 糊膏的粘度就会过高, 使得可加工性不好。

[0019] 在制备本发明球形银粉的方法的一个优选实施方式中, 优选将含有还原剂的水溶液加入到含有银离子的水反应体系中, 通过还原方式来沉积银粒子。分散剂优选在所述银粒子基于还原进行沉积之前或之后, 加入到类似浆料的反应体系中。

[0020] 作为含有银离子的水反应体系, 可以使用含有硝酸银、银盐配合物或银中间体的水溶液或浆料。银盐配合物可以通过加入氨水、氨盐、螯合物或类似物来制成。银中间体可以通过加入氢氧化钠、氯化钠、碳酸钠或类似物来制成。其中优选使用通过向硝酸银水溶液中加入氨水形成的氨配合物, 这样可使银粉具有合适的粒子直径和球形形状。由于氨配合物的配位数是 2, 相对于 1 摩尔的银, 要加入 2 摩尔或更多的氨。

[0021] 还原剂可以选自抗坏血酸、亚硫酸盐、烷醇胺、含水过氧化氢、蚁酸、甲酸铵、甲酸钠、乙二醛、酒石酸、次磷酸钠、氢硼化钠、氢醌、肼、肼化物、连苯三酚、葡萄糖、五倍子酸盐、福尔马林、干燥过的硫酸钠和雕白粉。其中还原剂优选是一种或多种选自抗坏血酸、烷醇胺、氢醌、肼和福尔马林的物质。如果使用这些还原剂, 就可以获得这样的银粒子: 其具有合适的晶体和粒子直径。

[0022] 还原剂优选以这样的速率加入: 1 当量 / 分钟或更大, 目的是避免银粉团聚。虽然原因不详, 但是据认为: 如果还原剂在短时间内加入, 那么马上就会引起银粒子以还原方式进行的沉积, 在短时间内完成还原, 这样就使形成的核很难聚集, 由此改善可分散性。当还原进行时, 优选搅拌要反应的溶液, 目的是在更短时间内结束反应。

[0023] 分散剂优选是一种或多种选自脂肪酸、脂肪酸盐、表面活性剂、有机金属、螯合剂和保护胶体的物质。脂肪酸的例子包括: 丙酸、辛酸、月桂酸、肉豆蔻酸、软脂酸、硬脂酸、贝昂酸、丙烯酸、油酸、亚油酸、和花生四烯酸。脂肪酸盐的例子包括由脂肪酸和金属例如锂、钠、钾、钡、镁、钙、铝、铁、钴、锰、铅、锌、锡、镉、银和铜所形成的盐。表面活性剂的例子包括: 阴离子表面活性剂, 例如烷基苯磺酸盐和聚氧乙烯烷基醚磷酸盐; 阳离子表面活性剂, 例如脂肪季铵盐; 两性表面活性剂, 例如咪唑啉内铵盐; 和非离子表面活性剂, 例如聚氧乙烯烷基醚和聚氧乙烯脂肪酸酯。有机金属的例子包括: 乙酰丙酮三丁氧基锆、柠檬酸镁、二乙基锌、二丁基氧化锡、二甲基锌、四正丁氧基锆、三乙基铟、三乙基镓、三甲基铟、三甲基镓、单丁基氧化锡、四异氰酸酯硅烷、四甲基硅烷、四甲氧基硅烷、聚甲氧基硅氧烷、单甲基三异氰酸酯硅烷、硅烷偶联剂、钛酸盐偶联剂和铝偶联剂。螯合剂的例子包括: 咪唑、恶唑、噻唑、硒唑、吡唑、异恶唑、异噻唑、1H-1, 2, 3- 三唑、2H-1, 2, 3- 三唑、1H-1, 2, 4- 三唑、4H-1, 2, 4- 三唑、1, 2, 3- 噁二唑、1, 2, 4- 噁二唑、1, 2, 5- 噁二唑、1, 3, 4- 噁二唑、1, 2, 3- 噻二唑 (thiadiazole)、1, 2, 4- 噻二唑、1, 2, 5- 噻二唑、1, 3, 4- 噻二唑、1H-1, 2, 3, 4- 四唑、1, 2, 3, 4- 噁三唑、1, 2, 3, 4- 噻三唑、2H-1, 2, 3, 4- 四唑、1, 2, 3, 5- 噁三唑、1, 2, 3, 5- 噻三唑、吡唑、苯并咪唑、苯并三唑及其盐、和乙二酸、丁二酸、丙二酸、戊二酸、己二酸、庚二酸、软木酸、壬二酸、癸二酸、双十二烷基酸、马来酸、富马酸、邻苯二甲酸、间苯二甲酸、对苯二甲酸、乙醇酸、乳酸、羟基丁酸、甘油酸、酒石酸、苹果酸、丙醇二酸、羟基丙酸、杏仁酸、柠檬酸、和抗坏

血酸。保护胶体的例子包括：明胶、白蛋白、阿拉伯胶、普入塔比克酸 (protarbic acid) 和卵清酸。

[0024] 这样得到的球形银粉可以通过这样的表面平滑工序进行加工：其以机械方式引起粒子彼此碰撞。然后，银团粒可以通过分级从球形银粉中脱除。

[0025] 如果这样获得的球形银粉用于形成光敏糊膏，由此形成的光敏糊膏的光敏性是优良的，而且由此获得的图案的线性也很好，这样就能够获得精细的图案。如果这样得到的银粉用于印刷方法，它具有优良的从印刷板上剥离的性能，如果它用于转印方法，它具有优良的可转印性，这样，银粉就能够适用于各种方法。

[0026] 下面详细说明本发明的球形银粉及其制造方法的例子。

[0027] 实施例

[0028] 实施例 1

[0029] 向 3600ml 含有 12g/l 硝酸银作为银离子的水溶液中，加入 300ml 工业氨水，形成银氨配合物水溶液。向这样形成的银氨配合物水溶液中，加入 60g 氢氧化钠，以控制溶液的 pH 值。然后，在 10 秒钟内向该溶液中加入 90ml 工业福尔马林作为还原剂。之后，立刻向溶液中加入 0.5g 硬脂酸乳液，获得银浆料。接着，过滤这样获得的银浆料、用水洗涤、干燥，得到银粉。然后，使用高速混合器，由表面平滑工序，将这样获得的银粉的表面进行平滑化，并将由此平滑过的银粉分级，脱除直径大于 8 微米的银团粒。

[0030] 计算这样得到的银粉的微晶直径。另外，还测量了银粉的 BET 比表面积、振实密度和平均粒径  $D_{50}$ ，并评价了其导电性。此外，扫描电镜 (SEM) 证实了该实施例和下述实施例、对比例中获得的银粉均是球形银粉。

[0031] 银粉的微晶直径由下述 Scherrer 式得到：

$$[0032] \quad Dhkl = K \lambda / \beta \cos \theta$$

[0033] 其中 Dhkl 表示微晶直径（垂直于 hkl 方向上的微晶尺寸，埃）， $\lambda$  表示测量 X 射线的波长（埃，使用 Cu 钨时为 1.5405 埃）， $\beta$  表示基于微晶尺寸的衍射线的宽化（拉德，由半能量带宽表示）， $\theta$  表示衍射角的布拉格角（拉德，当入射角等于反射角时是一个角度，采用峰顶处的角度），K 表示 Scherrer 常数（它随 D 和  $\beta$  的定义而变，当半能量带宽用作  $\beta$  时  $K = 0.94$ ）。此外，采用粉末 X 射线衍射仪进行测量，(200) 平面上的峰数据用来进行计算。

[0034] 以下述方式评价导电性。首先，将 65 重量份银粉、14 重量份丙烯酸树脂 (BR-105，购自 Mitsubishi Rayon 有限公司)、21 重量份有机溶剂（单乙基醚乙酸二乙二醇酯（试剂））和 1 重量份玻璃原料 (GA-8，购自 Nippon Electric 玻璃有限公司) 由三辊轧机进行捏合，制成糊膏。接着，将该糊膏印刷到购买的钠玻璃基材上，在 550°C 烧制 10 分钟，得到烧结体。评价这样获得的烧结体的导电性。如果烧结体的电阻值不大于  $3 \times 10^{-6}$  欧姆·厘米，而且稳定，其导电性就评价为优良；如果烧结体的电阻值大于  $3 \times 10^{-6}$  欧姆·厘米，或不稳定，其导电性就评价为不好。

[0035] 结果，微晶直径为 32.4nm，BET 比表面积为  $0.75 \text{ m}^2/\text{g}$ 。另外，振实密度为  $5.0 \text{ g}/\text{cm}^3$ ，平均粒径  $D_{50}$  为 1.4 微米。此外，导电性优良。另外，微晶的直径  $D_x$  (nm) 与 BET 比表面积 ( $\text{m}^2/\text{g}$ ) 的比率 ( $D_x/\text{BET}$ ) 为 43。

[0036] 实施例 2

[0037] 向 3600ml 含有 12g/l 硝酸银作为银离子的水溶液中,加入 180ml 工业氨水,形成银氨配合物水溶液。向这样形成的银氨配合物水溶液中,加入 7g 氢氧化钠,以控制溶液的 pH 值。然后,在 10 秒钟内向该溶液中加入 192ml 工业福尔马林作为还原剂。之后,立刻向溶液中加入 0.1g 油酸,获得银浆料。接着,过滤这样获得的银浆料、用水洗涤、干燥,得到银粉。然后,使用食物混合器,将这样获得的银粉进行研磨。

[0038] 对于这样获得的银粉,计算微晶直径、测量 BET 比表面积、振实密度和平均粒径  $D_{50}$ 。导电性的评价由与实施例 1 中相同的方法进行。结果,微晶直径为 29.6nm, BET 比表面积为  $0.46\text{m}^2/\text{g}$ 。另外,振实密度为  $4.7\text{g}/\text{cm}^3$ ,平均粒径  $D_{50}$  为 2.1 微米。此外,导电性优良。另外,微晶的直径  $D_x(\text{nm})$  与 BET 比表面积 ( $\text{m}^2/\text{g}$ ) 的比率 ( $D_x/\text{BET}$ ) 为 64。

[0039] 实施例 3

[0040] 向 3600ml 含有 12g/l 硝酸银作为银离子的水溶液中,加入 180ml 工业氨水,形成银氨配合物水溶液。向这样形成的银氨配合物水溶液中,加入 1g 氢氧化钠,以控制溶液的 pH 值。然后,在 15 秒钟内向该溶液中加入 192ml 工业福尔马林作为还原剂。之后,立刻向溶液中加入 0.1g 硬脂酸,获得银浆料。接着,过滤这样获得的银浆料、用水洗涤、干燥,得到银粉。然后,使用高速混合器,由表面平滑工序,将这样获得的银粉的表面进行平滑化,并将由此平滑过的银粉分级,脱除直径大于 11 微米的银团粒。

[0041] 对于这样获得的银粉,计算微晶直径、测量 BET 比表面积、振实密度和平均粒径  $D_{50}$ 。导电性的评价由与实施例 1 中相同的方法进行。结果,微晶直径为 33.3nm, BET 比表面积为  $0.28\text{m}^2/\text{g}$ 。另外,振实密度为  $5.4\text{g}/\text{cm}^3$ ,平均粒径  $D_{50}$  为 3.1 微米。此外,导电性优良。另外,微晶的直径  $D_x(\text{nm})$  与 BET 比表面积 ( $\text{m}^2/\text{g}$ ) 的比率 ( $D_x/\text{BET}$ ) 为 119。

[0042] 实施例 4

[0043] 向 3600ml 含有 12g/l 硝酸银作为银离子的水溶液中,加入 150ml 工业氨水,形成银氨配合物水溶液。在 2 秒钟内,向这样形成的银氨配合物水溶液中,加入 13ml 工业肼作为还原剂。之后,立刻向溶液中加入 0.2g 油酸,获得银浆料。接着,过滤这样获得的银浆料、用水洗涤、干燥,得到银粉。然后,使用高速混合器,由表面平滑工序,将这样获得的银粉的表面进行平滑化。

[0044] 对于这样获得的银粉,计算微晶直径、测量 BET 比表面积、振实密度和平均粒径  $D_{50}$ 。导电性的评价由与实施例 1 中相同的方法进行。结果,微晶直径为 34.0nm, BET 比表面积为  $0.86\text{m}^2/\text{g}$ 。另外,振实密度为  $4.0\text{g}/\text{cm}^3$ ,平均粒径  $D_{50}$  为 1.7 微米。此外,导电性优良。另外,微晶的直径  $D_x(\text{nm})$  与 BET 比表面积 ( $\text{m}^2/\text{g}$ ) 的比率 ( $D_x/\text{BET}$ ) 为 39。

[0045] 对比例 1

[0046] 向 3600ml 含有 6g/l 硝酸银作为银离子的水溶液中,加入 50ml 工业氨水,形成银氨配合物水溶液。在 15 秒钟内,向这样形成的银氨配合物水溶液中,加入 60ml 工业含水过氧化氢作为还原剂。之后,立刻向溶液中加入 0.1g 硬脂酸钠,获得银浆料。接着,过滤这样获得的银浆料、用水洗涤、干燥,得到银粉。

[0047] 对于这样获得的银粉,计算微晶直径、测量 BET 比表面积、振实密度和平均粒径  $D_{50}$ 。导电性的评价由与实施例 1 中相同的方法进行。结果,微晶直径为 47.8nm, BET 比表面积为  $0.15\text{m}^2/\text{g}$ 。另外,振实密度为  $5.0\text{g}/\text{cm}^3$ ,平均粒径  $D_{50}$  为 6.5 微米。此外,导电性不好。另外,微晶的直径  $D_x(\text{nm})$  与 BET 比表面积 ( $\text{m}^2/\text{g}$ ) 的比率 ( $D_x/\text{BET}$ ) 为 318。

[0048] 对比例 2

[0049] 对于购买的雾化银粉 (5 微米), 计算微晶直径、测量 BET 比表面积、振实密度和平均粒径  $D_{50}$ 。导电性的评价由与实施例 1 中相同的方法进行。结果, 微晶直径为 42.6nm, BET 比表面积为  $0.21\text{m}^2/\text{g}$ 。另外, 振实密度为  $5.2\text{g}/\text{cm}^3$ , 平均粒径  $D_{50}$  为 5.3 微米。此外, 导电性不好。另外, 微晶的直径  $D_x(\text{nm})$  与 BET 比表面积 ( $\text{m}^2/\text{g}$ ) 的比率 ( $D_x/\text{BET}$ ) 为 203。

[0050] 这些结果如下表所示。在表中, 如果导电性的评价为优良, 表中导电性就用“优良”表示, 如果导电性的评价不好, 导电性就用“不好”表示。

[0051] 表

[0052]

	微晶直径 $D_x$ (nm)	BET ( $\text{m}^2/\text{g}$ )	振实密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	$D_{50}$ (微米)	$D_x/\text{BET}$	导电性
实施例 1	32.4	0.75	5.0	1.4	43	优良
实施例 2	29.6	0.46	4.7	2.1	64	优良
实施例 3	33.3	0.28	5.4	3.1	119	优良
实施例 4	34.0	0.86	4.0	1.7	39	优良
对比例 1	47.8	0.15	5.0	6.5	318	不好
对比例 2	42.6	0.21	5.2	5.3	203	不好