[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
H01M 4/52
H01M 4/32

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 99106037.7

[45] 授权公告日 2004 年 5 月 5 日

[11] 授权公告号 CN 1148819C

[22] 申请日 1999.4.28 [21] 申请号 99106037.7

[30] 优先权

[32] 1998. 4.28 [33] JP [31] 134484/1998

[32] 1999. 4. 7 [33] JP [31] 99986/1999

[71] 专利权人 日本电池株式会社

地址 日本京都

共同专利权人 GS－美尔可泰克株式会社

[72] 发明人 濑山幸隆 佐佐木秀树 村田利雄

审查员 罗 宁

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任公司

代理人 丁业平 王达佐

权利要求书 1 页 说明书 12 页 附图 2 页

[54] 发明名称 用于碱性电池的正极活性材料和使用该材料的电极

[57] 摘要

碱性电池的氢氧化镍正极活性材料包含镍化合价大于 2 的氢氧化镍粉末和形成在所述氢氧化镍粉末上的钴化合价大于 2 的钴化合物。 例如，氢氧化正镍粉末的表面覆盖有氢氧化正钴层。 将该正极活性材料用作原材料，通过把它们保持在三维多孔材料中以制备电极。

ISSN1008-4274

1. 碱性电池的氢氧化镍正极活性材料粉末，其特征是：主成分氢氧化镍粉末镍的化合价大于 2.3 价，且其表面上形成有钴的化合价大于 2 价的钴化合物。

2. 按照权利要求 1 的碱性电池的氢氧化镍正极活性材料粉末，其中所述氢氧化镍粉末的镍化合价小于所述钴化合物的钴化合价。

3. 按照权利要求 1 的碱性电池的氢氧化镍正极活性材料粉末，其中所述氢氧化镍粉末的镍化合价不大于 3。

4. 一种氢氧化镍电极，其特征是：以氢氧化镍为主成分的粉末正极活性材料被保持在三维多孔材料上，该正极活性材料是在以镍的化合价大于 2.3 价的氢氧化镍为主成分的粉末，且其表面上形成有钴的化合价大于 2 价的钴化合物。

5. 按照权利要求 4 的电极，其中所述正极活性材料包含在其表面上有钴化合价大于 2 的钴化合物形成且其镍化合价不大于 2 的第一氢氧化镍粉末以及在其表面上有钴化合价大于 2 的钴化合物形成且其镍化合价大于 2 的第二氢氧化镍粉末；

而且其中所述第一和第二氢氧化镍粉末的平均镍化合价不小于 2.07。

6. 按照权利要求 4 的电极，其中所述氢氧化镍粉末的平均镍化合价小于所述钴化合物的平均钴化合价。

7. 按照权利要求 4 的电极，其中所述三维多孔材料是三维金属多孔材料。

用于碱性电池的正极活性材料和使用该材料的电极

技术领域

本发明涉及用于碱性电池的氢氧化镍正极活性材料和使用氢氧化镍活性材料的氢氧化镍电极。

技术背景

含有主要由氢氧化镍组成的化合物作为活性材料的氢氧化镍电极已用作如镍-镉蓄电池和镍-氢化金属蓄电池的碱性电池的正电极。这种碱性蓄电池被用作小型便携式电子设备的电源。为改善这些电子设备，高容量的碱性蓄电池是人们所期望的。为此，控制碱性蓄电池放电容量的氢氧化镍电极必须具有很高的能量密度。

作为氢氧化镍电极，至今仍经常使用烧结电极。通过在多孔冲压金属上烧结镍粉末而得到基底，然后再用氢氧化镍活性材料浸渍基底，制备出烧结电极。然而，这种氢氧化镍电极有缺陷，即基底的空隙率为约 80%，因此难于浸渍大量活性材料。因此，这样的基底不宜于氢氧化镍电极的能量密度的提高。

另一方面，通过在三维多孔金属材料如发泡镍或纤维镍的基底中保留氢氧化镍活性材料而得到的非烧结氢氧化镍电极，其基底的空隙率不小于 95%。因此，同上述烧结氢氧化镍电极相比，这种电极适宜于氢氧化镍电极的能量密度的提高。在这些条件下，提高碱性蓄电池容量的研究主要利用非烧结氢氧化镍电极来进行。

非烧结氢氧化镍电极表现出氢氧化镍的导电性低。因此，必须在氢氧化镍电极中夹杂作为导电剂的钴化合物如氢氧化钴、一氧化钴和一氧化二钴或金属钴或用如 JP-A-62-117267(这里所用的术语“JP-A”

表示“未经审查的日本专利公开”)所公开的钴化合物或金属化合物包覆氢氧化镍颗粒表面。

人们认为所加入的钴化合物通过第一充电期间的电化学氧化转变成了具有高导电率的氢氧化正钴。然后，在电极中形成导电网络，在氢氧化镍电极中起有效导电剂的作用。对氢氧化镍颗粒表面的包覆可提高钴化合物与氢氧化镍的接触面积，同单纯加入钴化合物相比，增加了提高活性材料利用百分比的效果。

在碱性蓄电池中用作氢氧化镍电极的活性材料的氢氧化镍在充电期间被氧化，形成氢氧化正镍。而且，在放电期间被还原成氢氧化镍。氢氧化镍是比氢氧化正镍导电率低的材料。因此，氢氧化镍的缺陷在于它导致充电初始阶段特别是用于形成的第一充电期间的充电效率降低。

为解决这些问题，已提出如 JP-A-2-262245 和 JP-A-2-234356 所述的在制备氢氧化镍电极之前将氢氧化正镍均匀加入到氢氧化镍电极材料中的方法，氢氧化正镍是比氢氧化镍导电率要高的材料。

然而，发现将氢氧化正镍加入到具有常规钴化合物的氢氧化镍电极中所得到的放电容量比计算出的要小，所述常规钴化合物是掺入到电极中的具有 2 或更小的钴化合价的钴化合物如氢氧化钴和一氧化钴或金属钴。

本发明的目的是提供用于碱性电池的改进的氢氧化镍活性材料和使用该改进的氢氧化镍活性材料的氢氧化镍电极。

发明内容

发明者研究了导致上面现象的原因。结果，得出结论，钴化合价不大于 2 的钴化合物(即使部分钴化合价大于 2 但是低于化合价大于 2

的氢氧化镍的化合价)被氧化能力高的氢氧化正镍部分氧化，形成高价钴化合物，导致钴化合物在氢氧化镍电极中分布不良，不能足够形成氢氧化正钴导电网络，而氢氧化正钴据认为是保持氢氧化镍电极的导电率所必需的。根据这个结论发现在氢氧化镍颗粒表面上形成上述氢氧化正钴可解决上述问题。发明者在研究期间还发现了提高碱性电池放电容量的方法。

本发明的用于碱性电池的氢氧化镍正极活性材料其特征是在以镍的化合价大于 2.3 价的氢氧化镍为主成分的粉末的表面上形成有钴的化合价大于 2 价的钴化合物。

根据本发明，电极由将上述氢氧化镍正极活性材料保持于其中的三维多孔材料构成。

根据本发明，氢氧化镍电极中活性材料的利用百分比可得到提高，从而可提供高容量的碱性电池。

附图说明

图 1 是说明根据本发明镍-镉电池实施例的放电性能的图；和

图 2 是说明根据本发明镍-金属氢化物电池的另一实施例的放电性能的图。

具体实施方式

按照本发明的碱性电池的氢氧化镍正极活性材料主要包括镍化合价大于 2 的氢氧化镍粉末。钴化合价大于 2 的钴化合物在氢氧化镍粉末表面上形成。本发明氢氧化镍粉末的平均粒径在 7-30μm 的范围内，优选为约 10μm。该平均粒径包括在颗粒表面所形成的钴化合物的厚度。

按照本发明的氢氧化镍电极由三维多孔材料构成，该材料将上述

氢氧化镍正极活性材料保持在其中。

按照本发明的氢氧化镍粉末主要包括镍化合价大于 2 的氢氧化镍。如果氢氧化镍粉末的镍化合价超过 3，将产生 γ-氢氧化正镍，据认为这将对碱性蓄电池的充电-放电循环寿命有不利影响。因此，用作主成分的氢氧化镍的镍化合价优选不大于 3。

在镍化合价大于 2 的氢氧化镍粉末表面上形成的钴化合物优选以层状覆盖氢氧化镍粉末。如果钴化合物的钴化合价小于氢氧化镍粉末的镍化合价，由于氢氧化镍粉末的氧化能力强，钴化合物可被容易地氧化，这就难于保持其导电性。因此，钴化合物的钴化合价优选等于或大于氢氧化镍粉末的镍化合价。换句话说，该钴化合物是决定充当活性材料的氢氧化镍粉末的导电性的材料之一。因此，该钴化合物优选具有高的导电性。最好是氢氧化镍粉末的平均镍化合价不超过覆盖该氢氧化镍粉末的其钴化合价大于 2 的钴化合物的平均钴化合价。

上述三维多孔材料优选为三维多孔金属材料如发泡镍和纤维镍。

而且，按照本发明的氢氧化镍电极优选由第一氢氧化镍粉末和第二氢氧化镍粉末的混合物以及保持该混合物的三维多孔材料构成，第一氢氧化镍粉末的镍化合价不大于 2 且在其表面上形成的钴化合物的钴化合价大于 2，第二氢氧化镍粉末的镍化合价大于 2 且在其表面上形成的钴化合物的钴化合价大于 2。特别是，保持在三维多孔材料中的第一和第二氢氧化镍粉末混合物的平均镍化合价优选不小于 2.07。

这是因为当含氢氧化镍的全部氢氧化镍活性材料的平均镍化合价不超过 2.07 时，其镍化合价大于 2 的氢氧化镍表现出提高导电性的作用减低。

并且，本发明的氢氧化镍正极主要是由氢氧化镍粉末组成，其特

征是在以镍的化合价大于 2.3 价的氢氧化镍为主成分的粉末的表面上形成有化合价大于 2 价的钴的化合物。

作为本发明粉末的主成分的氢氧化镍活性材料的镍化合价大于 2。因此，按照本发明的粉末的导电率比传统的氢氧化镍粉末的导电率要高。而且，由于在氢氧化镍粉末表面上形成的其钴化合价大于 2 的钴化合物也具有高的导电率，可使用本发明的氢氧化镍粉末制备具有高导电率的氢氧化镍电极，从而提高碱性电池的氢氧化镍电极的利用百分比。

按照本发明的碱性电池的氢氧化镍活性材料可用作碱性电池特别是碱性蓄电池的正极活性材料。按照本发明的用于碱性电池的氢氧化镍粉末可单独用作活性材料。另一方面，按照本发明的用于碱性电池的氢氧化镍粉末可与主要由氢氧化镍组成的粉末制成的活性材料混合使用，通过在氢氧化镍颗粒表面上形成氢氧化正钴，即在粉末表面上形成其钴化合价大于 2 的钴化合物而制备所述的活性材料。所述混合物还包括夹杂其中的其它活性材料或添加剂。特别是，本发明氢氧化镍粉末可与镍化合价不大于 2 但在其表面上有钴化合价大于 2 的钴化合物形成的氢氧化镍粉末以混合物形式使用，这样容易控制正极的氢氧化镍活性材料中的镍化合价。

而且，本发明的活性材料可用作电极的原材料。优选将本发明的活性材料保持在三维多孔支撑物上，以制备电极。

实施例

在如下实施例和比较例中还将进一步描述本发明。

(实施例 1)

将氢氧化镍粉末分散在重量三倍于该粉末的纯净水中。然后用 23wt%氢氧化钠水溶液调节上述水性分散液至 PH 为 11 的弱碱性。然

后在惰性气体气氛下边搅拌边滴入硫酸钴水溶液到水性分散液中，以制备由在氢氧化镍粉末表面上覆盖有 10wt%氢氧化钴的氢氧化镍制成的活性材料。随后，在空气中抽出含活性材料的碱性悬浮液。将所抽出的悬浮液加热到 80℃温度，搅拌 3 小时，清洗，然后干燥，得到被化合价大于 2 的钴化合物包覆的氢氧化镍。之后对样品进行化学分析。结果，钴化合物包覆层是钴化合价为 3.0 的氢氧化正钴。氢氧化镍粉末的镍化合价是 2.0。

将 330g(氢氧化镍含量：3.24 摩尔)覆盖有氢氧化正钴的上述氢氧化镍在室温下分散在 5000cc 的 5wt%氢氧化钠水溶液中。然后将作为氧化剂的 231g(约 0.98 摩尔)的过二硫酸钠在搅拌下加入分散液中，引起按照如下反应方程式(1)的反应。搅拌 10 小时之后，清洗反应产物并干燥，得到活性材料粉末 A。

$$2Ni(OH)_2+S_2O_8^{2-}+2OH^- \rightarrow 2NiOOH+2SO_4^{2-}+2H_2O \quad (1)$$

然后对活性材料粉末 A 进行化学分析。结果，发现活性材料粉末 A 的钴化合价是 3.0 而镍化合价是 2.5。对活性材料粉末 A 也进行 X-射线衍射分析。结果，证实活性材料粉末 A 的衍射峰对应于氢氧化正钴、氢氧化镍和β-氢氧化正镍。

然后用 100 重量份的所得活性材料粉末 A、1 重量份的羧甲基纤维素和纯净水制备膏状样品。用所制得膏状样品浸渍发泡镍基底，进行压制，之后干燥，得到由本发明的活性材料粉末 A 制成的氢氧化镍电极 A。

对于负电极，使用公知的镉负极板，其制备过程是：通过将主要由 70 重量份的氧化镉粉末和 30 重量份的金属镉粉组成的膏状样品涂在冲孔金属上，再使冲孔金属干燥，然后压制冲孔金属。

然后使用 3 片所制得的正极板、4 片所得的负极板和亲水处理过的聚烯烃隔板来形成一个元件。将所形成的元件插入充满电解质溶液的电池壳，所述电解质溶液主要由氢氧化钾水溶液组成。然后将带有安全阀的盖焊接至电池壳上，得到含有本发明活性材料粉末 A 的本发明电池 A。

(比较例 1)

使用作为本发明活性材料粉末 A 的前体的 100 重量份覆盖有氢氧化正钴的氢氧化镍、1 重量份的羧甲基纤维素和纯净水，制备膏状样品。用该膏状样品浸渍发泡镍基底，进行压制，之后干燥，制备出氢氧化镍电极 B。除使用的是所制备的氢氧化镍电极 B 之外，以与实施例 1 相同方式得到比较电池 B。

(比较例 2)

将 200g(约 2.16 摩尔)氢氧化镍粉末分散在 2 升的 5wt%氢氧化钠水溶液中。然后将作为氧化剂的 309g(约 1.30 摩尔)的过二硫酸钠在搅拌下加入上述分散液中，引起按照如下反应方程式(1)的反应。搅拌 10 小时之后，清洗反应产物并干燥，得到活性材料粉末 C。

化学分析结果揭示，所得的活性材料粉末 C 的镍化合价是 3.0。X-射线衍射分析结果表明活性材料粉末 C 由 β-氢氧化正镍构成。

然后以 45：50 的重量比干混合所得的活性材料粉末 C 和覆盖有 10wt%氢氧化正钴的氢氧化镍粉末。使用 100 重量份的该混合粉末、1 重量份的羧甲基纤维素和纯净水，制备膏状样品。用制得的膏状样品浸渍发泡镍基底，进行压制，之后干燥，得到由活性材料粉末 C 组成的氢氧化镍电极 C。除使用的是所制备的氢氧化镍电极 C 之外，以与实施例 1 相同方式制得比较电池 C。

所有这些电池正极的理论容量均是 1000mAh。用容量过量的负

极制备这些电池，从而使该正极充当充放电期间的容量限定电极。

25℃下对这些电池的每个均进行在 100 mA 下 12 小时充电和 100 mA 下放电到 0.8V 的 10 次循环，然后在如下条件下测量放电容量：

充电...200 mA 下 120%(6 小时)

放电...200 mA 下到 0.8V

温度...25℃

测量结果如图 1 所示。使用活性材料的本发明电池 A 的放电容量为大约 1030mAh，所述活性材料主要由覆盖有氢氧化正钴的镍化合价为 2.5 的氢氧化镍组成。另一方面，使用覆盖有氢氧化正钴的氢氧化镍的比较电池 B 以及使用氢氧化正镍粉末和覆盖有氢氧化正钴的氢氧化镍粉末的比较电池 C 的放电容量分别为约 980mAh 和 1000mAh。

使用在其正极中夹杂有氢氧化正镍的电池 A 和 C 的放电容量比没有氢氧化正镍的比较电池 B 的放电容量大。这大概归结于在正极中夹杂氢氧化正镍导致活性材料自身的导电率升高，提高了活性材料的利用百分比。

使用主要由覆盖有氢氧化正钴的其镍化合价为 2.5 的氢氧化镍组成的活性材料的本发明电池 A 比使用氢氧化正镍和覆盖有氢氧化正钴的氢氧化镍的比较电池 C 的放电容量要大，其原因大概是本发明的电池 A 使用了均匀覆盖有氢氧化正钴的氢氧化镍粉末，甚至在放电最后阶段也可保持其导电率。

已参考镍-镉蓄电池描述了实施例，所述镍-镉蓄电池以镉电极作为负极。然而，使用锌电极或金属氢化物电极作为负极的其它碱性蓄电池也会得到类似效果。

本发明的氢氧化镍活性材料，在除了含有仅由镍化合物构成的单一组分颗粒之外还含有以固相溶解在其中的从钴、锰、锌、镉和钙组成的组中选择出的至少一种元素时，也表现出类似效果。

(实施例 2)

将氢氧化镍粉末分散在重量三倍于该粉末的纯净水中。然后加入23wt%氢氧化钾水溶液调节该水性分散液至 PH 为 11。搅拌该分散液体，同时在惰性气体气氛下滴加硫酸钴水溶液到上述水性分散液中，产生氢氧化镍活性材料，即在氢氧化镍粉末表面上覆盖有相对于氢氧化镍为 10wt%的氢氧化钴。随后，在空气中抽出含活性材料的碱性悬浮液。将所抽出的悬浮液于 80℃温度下搅拌 3 小时。之后，进行清洗，然后干燥，得到覆盖有其钴化合价大于 2 的钴化合物的氢氧化镍。然后对样品进行化学分析。结果，钴化合物包覆层的钴化合价为 3.0。氢氧化镍粉末的镍化合价是 2.0。

之后，以 2：1.4 的摩尔比将覆盖有化合价大于 2 的钴化合物的氢氧化镍粉末和过二硫酸钾粉末分散于 26wt%氢氧化钾水溶液中（该氢氧化钾水溶液的用量约为覆盖有化合价大于 2 的钴化合物的氢氧化镍粉末的 20 倍），引起按照如下反应方程式(1)的反应。然后在室温下搅拌反应溶液 10 小时。反应后，过滤上述分散液，得到黑色粉末。用纯净水清洗所得的黑色粉末，直至清洗水的 PH 值达到 7，然后进行干燥以得到覆盖有化合价大于 2 的钴化合物的氢氧化正镍粉末。对所得的氢氧化正镍粉末以如上所述的相同方式进行化学分析。结果，发现氢氧化正镍粉末的镍化合价是 3.0 而钴化合价是 3.0。在本实施例中，在氧化前钴包覆层的化合价是 3。因此，认为钴包覆层没被过二硫酸钾所氧化。

$$2Ni(OH)_2+S_2O_8^{2-}+2OH^- \rightarrow 2NiOOH+2SO_4^{2-}+2H_2O \quad (1)$$

然后将 85 重量份的上述覆盖有钴化合价为 3 的钴化合物的氢氧

化镍粉末、15 重量份的覆盖有钴化合价为 3 的钴化合物的氢氧化正镍粉末和 2 重量份的羧甲基纤维素加入纯净水中，制备膏状样品。用所制得的膏状样品浸渍发泡镍基底，进行压制，之后干燥，得到本发明的氢氧化镍电极 D。然后检测所得的氢氧化镍电极 D 的平均镍化合价。结果，发现氢氧化镍电极 D 的平均化合价是 2.15。

对于负电极，所使用的极板的制备过程是：通过将主要由公知的 AB5 型吸氢合金组成的膏状样品涂覆至冲孔金属上，将被涂覆的冲孔金属干燥，然后压制该冲孔金属。

然后使用 3 片所制得的正极板、4 片所制得的负极板和亲水处理过的聚烯烃隔板形成一个元件。将所形成的元件插入充满电解质溶液的电池壳，所述电解质主要由氢氧化钾水溶液组成。然后将带有安全阀的盖焊接至电池壳上，得到本发明电池 D。

(比较例 3)

将氢氧化镍粉末分散在重量约三倍于该粉末的纯净水中。然后加入 23wt%氢氧化钾水溶液至该水性分散液中调节 PH 为 11。搅拌该分散液体，同时在惰性气体气氛下滴加硫酸钴水溶液到水性分散液中，然后制得氢氧化镍活性材料，即在氢氧化镍粉末表面上覆盖有相对于氢氧化镍为 11.3wt%的氢氧化钴。随后，在空气中抽出含活性材料的碱性悬浮液。将所抽出的悬浮液于 80℃温度下搅拌 3 小时。之后，进行清洗，然后干燥，得到覆盖有钴化合价大于 2 的钴化合物的氢氧化镍粉末。然后对样品进行化学分析。结果，钴化合物包覆层的钴化合价为 3.0。氢氧化镍粉末的镍化合价是 2.0。

除使用 88.5 重量份的覆盖有钴化合价大于 2 的钴化合物的氢氧化镍粉末和 11.5 重量份的氢氧化正镍粉末之外，然后以与上述氢氧化镍电极 D 的实施例相同的方法制备氢氧化镍电极 E。使用氢氧化镍电极 E 来得到比较电池 E。之后检测所得氢氧化镍电极 E 的平均镍化合

价。结果，发现氢氧化镍电极 E 的平均镍化合价是 2.15。

(比较例 4)

将 10 重量份的氢氧化钴粉末、90 重量份的氢氧化镍粉末和 2 重量份的羧甲基纤维素粉末加入到纯净水中，制备膏状样品。用所制得的膏状样品浸渍发泡镍基底，进行压制，之后干燥，得到氢氧化镍电极 F。除上述条件之外，以与上述实施例相同的方式制备比较电池 F。之后检测所得氢氧化镍电极 F 的平均镍化合价。结果，发现氢氧化镍电极 F 的平均镍化合价是 2.00。

所有这些电池的正极的理论容量均是 1000mAh。

室温下对这些电池均进行 100 mA 下 12 小时充电和 100 mA 放电到 0.8V 的 10 次循环，从而使吸氢合金负极彻底活化，然后在如下条件下测量放电容量：

充电...200 mA 下 120%(6 小时)
放电...200 mA 下到 0.8V
温度...25℃

测量结果如图 2 所示。本发明的电池 D 的放电容量为约 1030mAh，电池 D 使用覆盖有化合价为 2 的钴化合物的氢氧化镍粉末和覆盖有化合价大于 2 的钴化合物的氢氧化正镍粉末。另一方面，含有覆盖有化合价大于 2 的钴化合物的氢氧化镍粉末和氢氧化正镍粉末的比较电池 E 以及使用氢氧化镍粉末和氢氧化钴粉末的比较电池 F 的放电容量分别约为 1000mAh 和 960mAh。

本发明的电池 D 的放电容量比比较电池 F 的放电容量要大，其原因在于本发明的电池 D 使用了氢氧化镍粉末和覆盖有氢氧化正钴的氢氧化正镍粉末，氢氧化正钴具有高导电率，这样覆盖有氢氧化正钴

的氢氧化正镍的导电率比存在于电极板中的氢氧化镍高。另一方面，比较电池 E 使用夹杂在其中的作为氢氧化正钴的原材料的氢氧化钴，氢氧化正钴仅仅以粉末形式用作导电剂。而且，比较电池 E 使用更少的导电剂(氢氧化正钴)，氢氧化正钴在夹杂其的氢氧化正镍粉末的附近在放电最后阶段仍可保持其导电率。这可能就是为什么比较电池 E 的放电容量小于本发明电池的原因。

如上所述，本发明的电池 D 在其充放电期间的任何阶段均可保持高导电率，可实现活性材料的高利用百分比。

即使将少量如锌、钴和镉的氢氧化物夹杂在氢氧化镍粉末或其镍化合价大于 2 的氢氧化镍粉末中，本发明的电极性能并不退化。用化学或电化学方法可完成氢氧化镍粉末的氧化，该氧化可产生其镍化合价大于 2 的氢氧化镍粉末或产生其钴化合价大于 2 的钴化合物。

而且，可在制备碱性蓄电池之前将预先覆盖在主要由高氧化氢氧化镍组成的活性材料表面上的氢氧化正钴和主要由氢氧化镍组成的活性材料施用于氢氧化镍电极中，这样可减少不放电的负极活性材料用量，使得提供能量密度提高的碱性蓄电池成为可能。

图 1

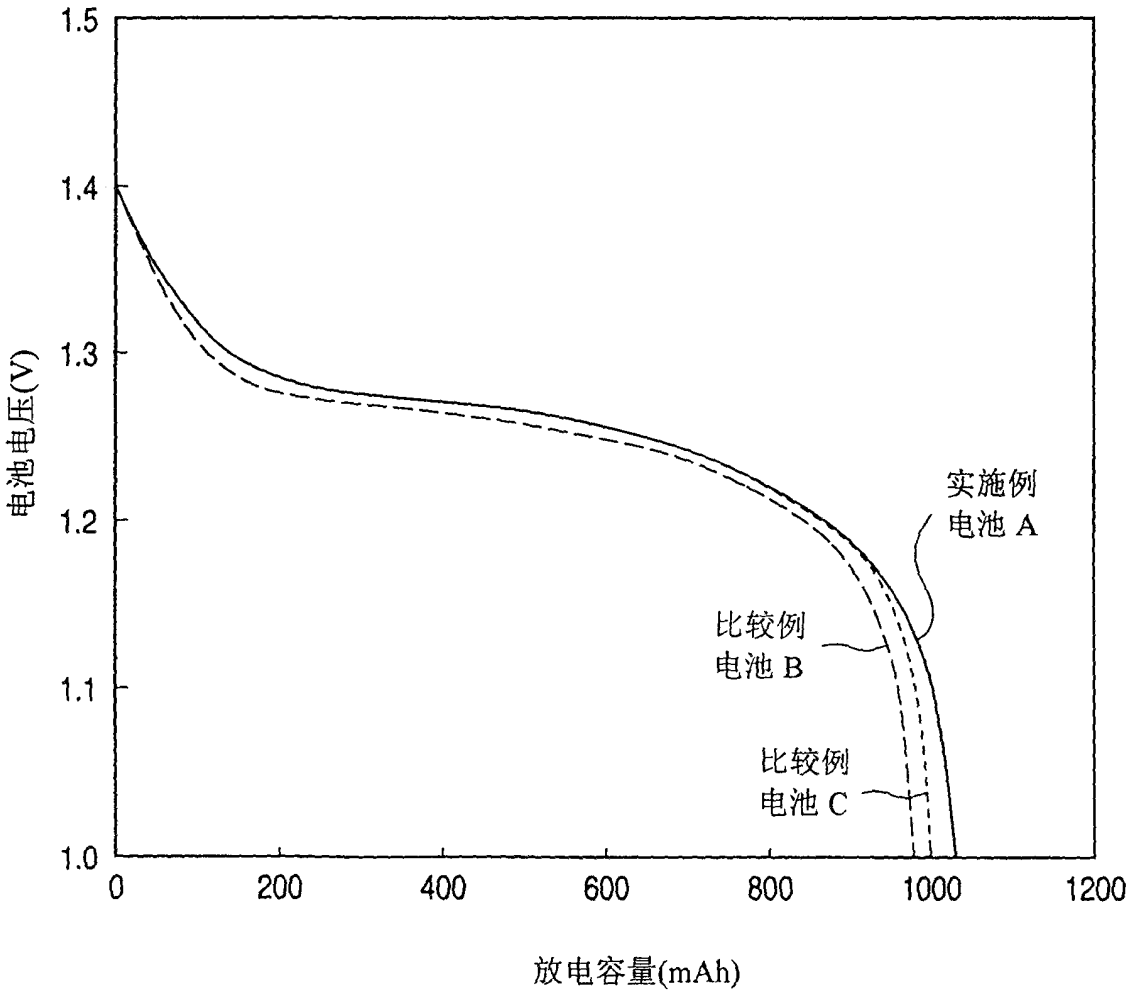
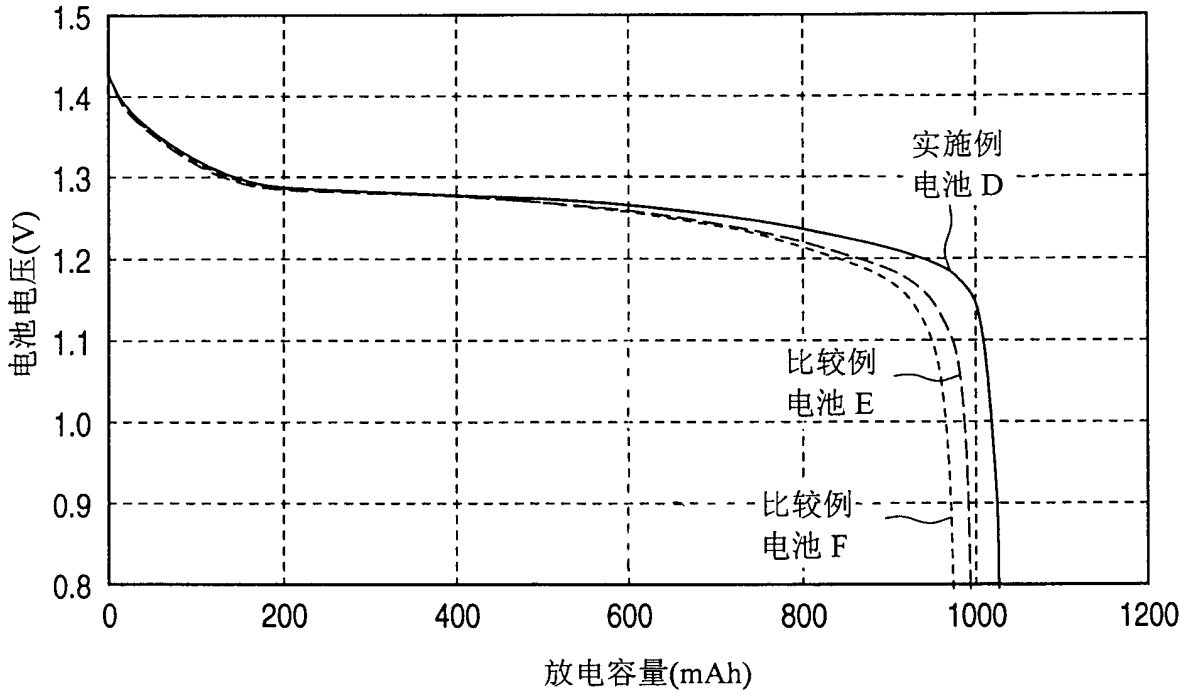

1.5
1.4
1.3
1.2
1.1
1.0
电池电压(V)
0
200
400
600
800
1000
1200
放电容量(mAh)
实施例
电池 A
比较例
电池 B
比较例
电池 C

图 2


1.5
1.4
1.3
1.2
1.1
1.0
0.9
0.8
电池电压(V)
0
200
400
600
800
1000
1200
放电容量(mAh)
实施例
电池 D
比较例
电池 E
比较例
电池 F