[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
*H01G 9/035* (2006.01)
*H01G 9/145* (2006.01)
*H01G 9/08* (2006.01)

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410092501.3

[45] 授权公告日 2008 年 10 月 15 日

[11] 授权公告号 CN 100426430C

[22] 申请日 1999.10.13
[21] 申请号 200410092501.3
分案原申请号 99121506.0
[30] 优先权
[32] 1998.10.13 [33] JP [31] 290333/1998
[32] 1999. 9. 9 [33] JP [31] 255249/1999
[73] 专利权人 松下电器产业株式会社
地址 日本大阪府
[72] 发明人 椿雄一郎 松浦裕元 诸隈宗宏
凑浩一郎 新田幸弘
[56] 参考文献
JP54－093443A 1979.7.24
审查员 张 颖

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所
代理人 陈 昕

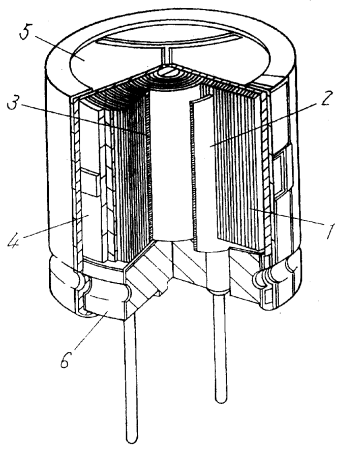
权利要求书 1 页 说明书 18 页 附图 1 页

[54] 发明名称

# 铝电解电容器

[57] 摘要

本发明的目的是提供一种无闪点的，即使在高温下长时间使用其外观变化和特性劣化也很少的，可靠性高的铝电解电容器。 本发明的电解电容器，其具有：作为电极使用铝箔的电容器元件，含水率为 20～90 重量%的含 2 种以上的有机羧酸的铵盐的驱动用电解液，容纳浸渍有所述驱动用电解液的所述电容器元件的有底筒状壳体，和将所述壳的开口部分封死的封口材料，所述驱动用电解液的凝固点在－10℃以下，所述封口材料的的含氯量为封口材料重量的 300ppm 以下。



1. 铝电解电容器，其具有：

使用铝箔作为电极的电容器元件，

含水率为20～90重量％的含2种以上的有机羧酸的铵盐的驱动用电解液，

容纳浸渍有所述驱动用电解液的所述电容器元件的有底筒状壳体，和

将所述壳的开口部分封死的封口材料，

所述驱动用电解液的凝固点在－10℃以下，

所述封口材料的的含氯量为封口材料重量的300ppm以下。

2. 权利要求1所述的铝电解电容器，其中，所述驱动用电解液的含水率为35～90重量％。

3. 权利要求1或2所述的铝电解电容器，其中，所述驱动用电解液还含有0.01重量％以上的磷化合物。

4. 权利要求1或2所述的铝电解电容器，其中，所述封口材料含有选自异丁烯异戊二烯橡胶、乙烯－丙稀三元共聚物及其混合物中的一种，所述封口材料的国际橡胶硬度为65～100IRHD。

5. 权利要求1或2所述的铝电解电容器，其中，所述壳体由铝或铝合金制成，所述壳体的底面部分的板厚在0.30mm以上。

# 铝电解电容器

本案为申请号 99121506.0、申请日 1999 年 10 月 13 日、发明名称“铝电解电容器”的分案申请。

## 技术领域

本发明涉及一种使用无闪点电解液，其低温特性优良，而且即使在高温下长期使用时其外观变化和特性劣化也很少的可靠度高的铝电解电容器（以下称为电解电容器）。

## 背景技术

以往的电容器的结构如图 1 所示那样，在阳极箔 2 和阴极箔 3 之间插入一层由马尼拉麻、牛皮纸等构成的隔膜 4，在此状态下包卷起来，用一种驱动用电解液（以下称为电解液）浸渍，然后将其插入铝壳 5 中，最后用一种橡胶制的封口材料 6 将铝壳 5 的开口封死。阳极箔 2 的制备方法是首先对铝箔进行蚀刻处理以使其表面扩大化（表面粗糙化），然后再通过阳极氧化处理来形成介电质层而获得。

通过使上述电解液粘附在表面粗糙化的阳极箔 2 上来产生静电容量。另外，该电解液由于它所具有的化成能力而能够修补铝氧化膜的介电质层，因此承担着维持低漏电流等功能。另外，在电解液所具有的特性中，尤其是电导率会对电解电容器的阻抗性能带来较大影响。

根据以上观点，特别是作为保证温度在 105℃以上，额定电压在 100V 以下低压级的而且是低阻抗的电解电容器，可以使用那些以低温特性和化成性均优良的γ－丁内酯作为溶剂并且以苯二甲酸或马来酸的季铵盐作为电解质，电导率高而且即使在高温下也稳定的电解液（参照特开昭 62－145713 号公报、特开昭 62－145715 号公报）。

然而，上述那些使用一种在γ－丁内酯溶剂中溶解了苯二甲酸或马来酸的季铵盐而形成的电解液的电解电容器，在湿度大的气氛中连续通电使用时，在其阴极部会生成强碱性的化合物。这种强碱性化合物尤其要腐蚀阴极导线和与该导线接触的封口材料 6，因此有时会引起电解液从电容器中流出的问题。

为了避免这样的问题，有效的方法是使用一种碱性化合物生成量

少的电解液，也就是以乙二醇和水作为溶剂，以己二酸铵等铵盐作为电解质的电解液。

另外由于以γ－丁内酯作为溶剂的电解液的闪点在100℃左右，因此当由于电子设备的异常动作而导致电解液喷出时，难以断言不存在起火的危险性。

另一方面，作为保证温度为85℃并且额定电压在100V以下的低压级电解电容器，可以举出那些使用一种以乙二醇和水的混合溶液作为电解液溶剂并且以己二酸铵等铵盐作为电解质的电解液来制成的电解电容器。添加水的目的是为了提高电导率。对于使用这种电解液的电解电容器来说，难以在作为溶剂成分之一的水的沸点（100℃）以上长期地维持电学性能。例如，在110℃的温度下施加额定电压的试验中，由于铝和水的反应而导致产生大量的氢气。由于这种影响而导致内压上升，因此有时会导致铝壳底面区域的安全阀动动作。另外，在温度110℃的无负荷放置试验中，在经过1000小时以内的试验后，产生了漏电流变化率超过＋5000％等的不利情况。

为了解决这些问题，有人提出了向电解液中添加各种含磷化合物以抑制电极箔与水反应的方法，或者添加各种硝基化合物以吸收产生的氢气的方法。即便是使用这些方法，对于额定电压在100V以下的电容器来说，在使用那些含水率超过20％的高含水率的电解液时，难以在100℃以上的9温度长期地维持电容器的化学性能。

另外，当把含水率在20％以上的电导率高的电解液在100℃以上的温度长期地使用时，也往往会遇到在使用含水率不足20％的低含水率电解液时所遇到的由封口橡胶中的氯引起的问题。也就是说，在高温下进行长时间的负荷试验时会发生阳极铝导线的腐蚀，其结果是造成漏电流的增大，或者导致阳极铝导线的腐蚀断线。

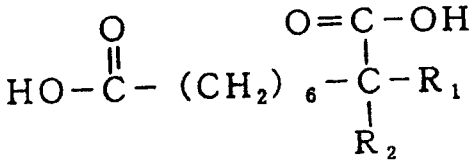
本发明的目的是要解决上述先有技术存在的问题，提供一种高可靠性的电解电容器。

发明内容

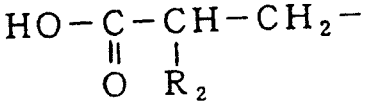
本发明的电解电容器，其电解液的含水率为20～90重量％，而且该电解液含有选自甲酸铵、乙酸铵、乳酸铵、乙醇酸铵、草酸铵、琥

珀酸铵、丙二酸铵、己二酸铵、苯甲酸铵、戊二酸铵、壬二酸铵中一种以上的化合物作为主电解质，并且还含有 1 重量％以上选自三甲基己二酸、1，6－癸烷二羧酸、癸二酸、1，7－辛烷二羧酸、丁基辛烷二羧酸、3－叔丁基己二酸、3－叔辛基己二酸、3－正十二烷基己二酸、由（化合物 1）表示的有机羧酸、由（化合物 2）表示的有机羧酸或这些有机酸的铵盐中一种以上的化合物。

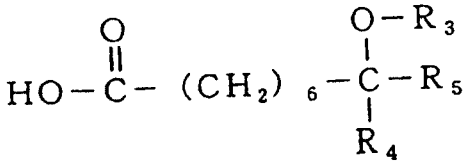
（化合物 1）



其中，$R_2$ 表示低级烷基，$R_1$ 表示氢原子或由下式表示的基团



（化合物 2）



其中，$R_3$、$R_4$ 表示低级烷基，$R_5$ 表示苯基。

本发明的电解液没有闪点，而且其凝固点在－10℃以下。另外，本发明的电解电容器，其封口材料的含氯量相当于封口材料重量的 300ppm 以下，而且在－10℃、100kHz 条件下的阻抗对 20℃、100kHz 条件下的阻抗之比在 4 以下，其额定电压在 100V 以下。按照本发明，可以获得一种可靠性高，即使在有电解液喷出时，起火的危险也很小，并且其阻抗性能和低温特性均优良的，额定电压在 100V 以下的铝电解电容器。

## 附图说明

图 1 是表示包含本发明的一个实施方案的电解电容器结构的立体局部剖视图。

## 具体实施方式

下面对本发明的实施例进行说明。

本发明的电解电容器具有阳极铝箔、阴极铝箔和隔膜，在该阳极铝箔上形成了由氧化铝构成的介电质层，所说隔膜插入在阳极铝箔和阴极铝箔之间，在此状态下包卷起来以构成电容器元件，用电解液将其浸渍，然后将其装入铝壳中，最后用封口材料将铝壳的开口部封死。

按照本发明，电解液的含水率为 20～90 重量%。本电解液含有选自甲酸铵、乙酸铵、乳酸铵、乙醇酸铵、草酸铵、琥珀酸铵、丙二酸铵、己二酸铵、苯甲酸铵、戊二酸铵、壬二酸铵中一种以上的化合物作为“主电解质”，并且还含有 1 重量%以上选自三甲基己二酸、1，6－癸烷二羧酸、癸二酸、1，7－辛烷二羧酸、丁基辛烷二羧酸、3－叔丁基己二酸、3－叔辛基己二酸、3－正十二烷基己二酸、由（化合物 1）表示的有机羧酸、由（化合物 2）表示的有机羧酸或这些有机酸的铵盐中一种以上的化合物（以下称为反应抑制剂）。另外，本发明的电解液没有闪点，而且驱动用电解液的凝固点在－10℃以下。

另外，本发明的电解电容器，其额定电压在 100V 以下，而且在－10℃、100kHz 条件下的阻抗对 20℃、100kHz 条件下的阻抗之比在 4 以下。

应予说明，如果电解液的含水率在 20%以下的范围内，则在低温下的电导率不移大。因为在此情况下，在－10℃、100kHz 条件下的阻抗对 20℃、100kHz 条件下的阻抗之比超过 4，所以不好。另外，如果含水率超过 90℃，则电解液的凝固点有时会高于－10℃。在此情况下虽然能够确保上述在 20℃时的阻抗性能，但是在电容器低温侧的保证温度范围变成了－10℃以上，从而使温度保证范围变窄，因此不好。

另外，上述的反应抑制剂吸附到电极箔表上时能阻止电极箔与水的反应，特别是在高温中的负荷状态下时的效果更好。另外，这些有机羧酸成分的含量在 1 重量%以下时，它对阳极箔的保护效果极弱，因此不好。

另外，本发明的封口材料中的氯含量相当于封口材料重量的 300ppm 以下。如果使用那些其中的氯含量超过封口材料重量的 300ppm 的封口材料来构成电容器，则在 100℃以上的温度下进行额定电压试验时，

从封口橡胶中渗出的氯化物就会离解成离子，其结果是在高温下使阳极铝导线受腐蚀，所以不好。

另外，本发明的电解电容器在 100℃以上进行额定电压负荷和无负荷放置试验时，在 1000 小时以内的铝壳底部表面的膨胀变形量在 + 1mm 以内。另外，在 100℃以上进行无负荷放置试验时，在 1000 小时以内的漏电流值变化率相当于初期漏电流值的 + 5000％以内。如果铝壳底部表面的膨胀变形量在 + 1mm 以上以及在无负荷放置试验 1000 小时以内的漏电流值变化率在 + 5000％以上，则会导致产品的外观和性能发生显著的变化，因此不好。

下面描述本发明的具体材料及其配合比例。

本发明的电解液含有选自醇类、多元醇类、聚乙二醇、由环氧乙烷与环氧丙烷生成的共聚物中一种以上的有机溶剂；主电解质和反应抑制剂；而且含有 0.01 重量％以上选自磷酸烷基酯、次磷酸、焦磷酸及其盐中一种以上的磷化合物；另外还含有 0.01 重量％以上选自对硝基苯酚、间硝基苯酚、邻硝基苯酚、对硝基苯甲酸、间硝基苯甲酸、邻硝基苯甲酸、对硝基茴香醚、间硝基茴香醚、邻硝基茴香醚中一种以上的硝基化合物。

作为适用溶剂的具体例，可以举出：醇类〔一元醇（丁醇、双丙酮醇、苯甲醇、氨基醇等）；二元醇（乙二醇、聚乙二醇、丙二醇、1，3－丙二醇、1，2－丁二醇、1，3－丁二醇、1，4－丁二醇、2，3－丁二醇、1，5－戊二醇、2－甲基－2，4－戊二醇、2－乙基－1，3－己二醇、二甘醇、己二醇、苯乙二醇等）；三元醇（甘油、聚甘油、2－乙基－2－羟甲基－1，3－丙二醇、1，2，6－己三醇、3－甲基戊烷－1，3，5－三醇等）；己糖醇等〕、醚类〔单醚（乙二醇－甲醚、二甘醇－甲醚、二甘醇－乙醚、乙二醇－苯基醚等）；二醚类（乙二醇二甲醚、乙二醇二乙醚、二甘醇二甲醚、二甘醇二乙醚等）等〕、由环氧乙烷和环氧丙烷生成的共聚物以及它们之中两种以上形成的混合物。其中优选是乙二醇，它对各种溶质的溶解度大，温度特性优良。

上述电解液中的反应抑制剂的配合比例，在以乙二醇作为溶剂的

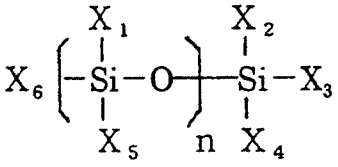
情况下，优选是反应抑制剂的总含量对主电解质的比例在 0.01～5.0 的范围内，而且主电解质与反应抑制剂的总含量对电解液重量的比例在 10 重量％以上．在上述组成范围内，这些化合物能在保持各自功能的前提下吸附在电极箔上，这样既不损害电容器的特性，同样又能抑制电极箔与水的水合反应。

另外，由于在电解液中含有 0.01 重量％以上选自磷酸烷基酯、次磷酸、焦磷酸及其铵盐中一种以上的磷化合物，因此当这些化合物吸附在电极箔上时，可以在不损害电容器性能的条件下抑制电极箔与水的反应。另外，选自对硝基苯酚、间硝基苯酚、邻硝基苯酚、对硝基苯甲酸、间硝基苯甲酸、邻硝基苯甲酸、对硝基茴香醚、间硝基茴香醚、邻硝基茴香醚中一种以上的硝基化合物由于其中的硝基具有还原性，因此能够起吸收氢气的作用。

上述磷化合物尤其能吸附到阴极箔一侧，但是，上述硝基化合物可以进一步提高上述反应抑制剂吸附在阴极箔上的吸附效果。其结果使得上述硝基化合物可以更有效地提高抑制阴极箔与水反应的保护效果。这时硝基化合物的浓度优选为电解液的 0.01 重量％以上，如果在 0.01 重量％以下，则会损害合并使用的效果。

另外，本发明的电解电容器在作为其构成的隔膜和电极箔的任一方上附着有选自磷酸烷基酯、次磷酸、焦磷酸中一种以上的化合物或其盐，或者由通式（化合物 6）表示的硅氧烷化合物和硅烷偶合剂、烷氧基硅烷。

（化合物 6）



作为硅氧烷化合物，可以举出羟基改性硅氧烷、氨基改性硅氧烷、羧基改性硅氧烷、醇改性硅氧烷、环氧改性硅氧烷等的反应性硅氧烷。在通式（化合物 6）表示的硅氧烷化合物中，作为 $X_1$～$X_6$ 的具体例，可以举出：甲基、乙基、丙基、丁基等烷基类；乙烯基、烯丙基等链

烯基；苯基、萘基等芳基；苄基、苯乙基等芳烷基类等的烃基；甲氧基、乙氧基、丙氧基、丁氧基、乙烯氧基（vinyloxy）、苯氧基、苄氧基等的氧代烃基或羟基。作为其他例子，可以举出甲基羧基、乙基羧基、丙基羧基等脂族羧基等。另外还可以举出甲氨基、乙氨基、丙氨基、苯氨基等氨基烃基。适用的硅氧烷化合物不限定于上述的化合物，一般的反应性硅氧烷化合物也可以使用。

另外，作为硅烷偶合剂，可以举出：N－β（氨乙基）γ－氨丙基三甲氧基硅烷、N－β（氨乙基）γ－氨丙基甲基二甲氧基硅烷、N－β（氨乙基）γ－氨丙基三乙氧基硅烷、γ－环氧丙氧基丙基三甲氧基硅烷、乙烯基三甲氧基硅烷、乙烯基三乙氧基硅烷、乙烯基三（β甲氧基乙氧基硅烷）、β－（3，4－环氧环己基）乙基三甲氧基硅烷、γ－环氧丙氧基丙基甲基二乙氧基硅烷、γ－环氧丙氧基丙基甲基二乙氧基硅烷、γ－甲基丙烯酰氧基丙基甲基二甲氧基硅烷、γ－甲基丙烯酰氧基丙基甲基二乙氧基硅烷、γ－氨丙基三乙氧基硅烷、N－苯基－γ－氨丙基三甲氧基硅烷、γ－巯基丙基三甲氧基硅烷等。作为烷氧基硅烷，有四甲氧基硅烷、四乙氧基硅烷等。

作为适用于本发明中的磷化合物（磷酸烷基酯），可以举出选自下列磷酸烷基酯中的一种以上，即：磷酸一甲酯、磷酸一乙酯、磷酸一丙酯、磷酸一丁酯、磷酸一己酯、磷酸一辛酯、磷酸一癸酯、磷酸二甲酯、磷酸二乙酯、磷酸二丙酯、磷酸二丁酯、磷酸二己酯、磷酸二辛酯、磷酸二癸酯、磷酸三甲酯、磷酸三乙酯、磷酸三丙酯、磷酸三丁酯、磷酸三己酯、磷酸三辛酯、磷酸三癸酯。

与单独使用预先含有同种磷类化合物和硅氧烷化合物的电解液来浸渍包卷型电容器元件的情况相比，按照本发明的方法，可以使磷类化合物和硅氧烷化合物更容易分布到元件的中心部位。因此可以进一步减小由于电极箔的水合作用所导致的静电容量的降低值和氢气产生的程度，从而可以制成可靠性更高的电容器。

与此相对比，按照过去的制造方法，单独使用预先含有磷类化合物的电解液来浸渍包卷型电容器元件，不能使磷类添加剂和硅氧烷化

合物充分普及到元件的中心部位，造成分布的不均匀。其结果使得按照以往的制造方法制成的电解电容器由于水合作用而导致电极箔的劣化。

如果附着在每单位重量隔膜上的上述磷化合物和硅氧烷化合物的量不足 5.0mg/g，则抑制水合劣化的效果不充分，因此不好。另外，如果在每单位重量隔膜上的附着量超过 50.0mg/g，则由于磷化合物所具有的疏水性长链烷基的影响而导致电解液向隔膜中的浸透性降低，因此使得电容器的阻抗变大，所以也不好。

另外，如果附着在每单位重量电极箔上的上述磷化合物和硅氧烷化合物的量不足 0.5mg/g，则抑制水合劣化的效果不充分，因此不好。另外，如果在每单位重量电极箔上的附着量超过 5.0mg/g，则会使得电解液/电极箔界面的电阻成分增大，从而导致电容器的阻抗增大，因此不好。就阴极箔而言，对于经过化成处理和未经化成处理的阴极箔皆可发现同样的效果，但是为了进一步提高可靠性，优选是对阴极进行 1～2V 左右的化成处理。

作为本发明的封口材料，可以使用异丁烯异戊二烯橡胶、乙烯－丙烯三元共聚物及其混合物。封口材料的硬度优选为 65～100IRHD（国际橡胶硬度单位）。在封口材料的硬度不足 65 IRHD 的情况下，即使在气体产生很少的电容器中，当温度超过 100℃时，电容器的外观也会发生变形，或使封口橡胶飞出，因此不好。这是由于电解液中所含的水分气化的缘故。另外，在硬度超过 100 IRHD 的情况下，橡胶会变脆，在试验中会产生橡胶龟裂等不利情况，因此不好。另外，在封口材料内部含有硅氧烷化合物或者在封口材料的表面上有硅氧烷化合物附着时，都能够抑制特别是阳极导线的腐蚀反应。另外，由于能够抑制电解液中的溶剂蒸发，从而能够抑制静电容量的降低。

下面举出实施例来说明本发明。

表 1 中示出了在本发明的实施方案 1～25 和比较例 1～8 中，在所用隔膜上磷化合物或硅氧烷化合物的附着量、在所用电极箔上磷化合物或硅氧烷化合物的附着量、在所用封口材料中的氯含量、封口材料

的硬度和用于进行表面处理的硅氧烷化合物、铝壳底面的厚度和用于对铝壳里面进行处理的化合物。

作为封口橡胶，使用一种硬度（IRHD）为 70，氯含量为 100ppm 的橡胶。为了进行比较，作为比较例 8，也用一种在隔膜上附着有 100mg/g 次磷酸铵的电容器进行试验。

利用克利弗兰得开放式测定法测定本发明实施方案 1～25 的电解液的闪点，结果表明，在 128℃～134℃的温度范围内这些电解液均没有闪点。另外，将本发明实施方案 1～25 的电解液在－30℃的低温恒温槽中放置 24 小时结果没有发现电解液的性状发生变化。通过该实验还可确认，电解液的凝固点在－10℃以下。

另外，表 1 中记载的化合物 7～14 的化学式示于附件中。

在表 2～5 中示出了用本发明的实施方案 1～25 和比较例 1～8 的电解液制得的电解电容器在－10℃/100kHz 时的阻抗对 20℃/100kHz 时的阻抗之比、在 110℃的温度下进行 1000 小时的施加额定电压和无负荷放置试验后的制品底面的膨胀量、漏电流变化率、透过封口橡胶的溶剂透过量、阳极铝导线的腐蚀情况和封口橡胶的状况。应予说明，在本试验中共使用两种铝电解电容器，一种为额定电压 6.3v－静电容量 560μF（尺寸：φ8×长 11），另一种为额定电压 50V－静电容量 1500μF（尺寸：φ16×长 35.5）。

另外，关于对隔膜（马尼拉纤维材质）、电极箔和封口橡胶（经过树脂加硫的异丁烯异丙烯橡胶“丁基橡胶”）进行的磷化合物或硅氧烷化合物的附着处理方法如下，也就是将隔膜、电极箔和封口橡胶置于任意浓度的磷化合物或硅氧烷化合物的水溶液中进行浸渍处理，然后在 100℃下进行 1 小时的干燥处理。另外，关于封口橡胶中的氯含量，首先用三菱化学（株）制的全氯分析装置（型号：TSX－10）进行测定，然后将其换算成每单位重量封口橡胶的氯含量。

从表 2～5 的结果可以看出，本发明的铝电解电容器，其阻抗比低，即使在 110℃下进行寿命试验，其铝壳底面的膨胀量（长度尺寸变化）和漏电流值的变化率也少，而且阳极铝导线的腐蚀和封口橡胶的飞出

皆没有发生。

如上所述，本发明的电解电容器，在－10℃、100kHz 时的阻抗对20℃、100kHz 时的阻抗之比在 4 以下，而且在 100℃以上的温度下进行施加额定电压和无负荷放置试验 1000 小时后，其铝壳底部的膨胀量在 1mm 以下．另外，在 100℃以上进行 1000 小时以内的无负荷放置试验后的漏电流值对初期漏电流值的比率在＋5000％以下，即使在高温下长时间使用时，其外观变化和性能劣化也少．另外，电解液的低温特性优良，而且，由于含水率高，因此在由于电子设备的异常动作等造成向铝电解电容器施加异常电压或逆电压而导致安全阀动作从而使电解液喷出时，起火的危险性也很小．因此，根据本发明，可以制得一种可靠性高，阻抗性能和低温特性均优良并且额定电压在 100V 以下的铝电解电容器。

表1

| | 电解液组成(单位：重量份) | 对隔膜用化合物处理 | | 对电极箔用化合物处理 | | 封口橡胶 | | | 铝壳体 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 化合物种类 | 附着量(mg/g) | 化合物种类 | 附着量(mg/g) | 含氯量(ppm) | 硬度(IRHD) | 进行处理的化合物种类 | 底面厚度(mm) | 进行处理的化合物种类 |
| 实施方案1 | 乙二醇(65)、纯水(35)、己二酸铵(12)、1，7-辛烷二羧酸铵(7)、对硝基苯甲酸(1)、次磷酸铵(1) | - | - | - | - | 100 | 70 | - | 0.30 | - |
| 实施方案2 | 乙二醇(65)、纯水(35)、己二酸铵(12)、1，6-癸烷二羧酸铵(7)、对硝基苯甲酸(1)、次磷酸铵(1) | - | - | - | - | 100 | 70 | - | 0.30 | - |
| 实施方案3 | 乙二醇(65)、纯水(35)、己二酸铵(12)、1，7-辛烷二羧酸铵(7)、对硝基苯甲酸(1)、次磷酸铵(1) | 次磷酸铵 | 50 | - | - | 100 | 70 | - | 0.30 | - |
| 实施方案4 | 乙二醇(65)、纯水(35)、己二酸铵(12)、1，7-辛烷二羧酸铵(7)、对硝基苯甲酸(1)、次磷酸铵(1) | 化合物6 | 50 | - | - | 100 | 70 | - | 0.30 | - |
| 实施方案5 | 乙二醇(65)、纯水(35)、己二酸铵(12)、1，7-辛烷二羧酸铵(7)、对硝基苯甲酸(1)、次磷酸铵(1) | 化合物7 | 50 | - | - | 100 | 70 | - | 0.30 | - |
| 实施方案6 | 乙二醇(65)、纯水(35)、己二酸铵(12)、1，7-辛烷二羧酸铵(7)、对硝基苯甲酸(1)、次磷酸铵(1) | 化合物8 | 50 | - | - | 100 | 70 | - | 0.30 | - |
| 实施方案7 | 乙二醇(65)、纯水(35)、己二酸铵(12)、1，7-辛烷二羧酸铵(7)、对硝基苯甲酸(1)、次磷酸铵(1) | - | - | 次磷酸铵 | 5 | 100 | 70 | - | 0.30 | - |
| 实施方案8 | 乙二醇(65)、纯水(35)、己二酸铵(12)、1，7-辛烷二羧酸铵(7)、对硝基苯甲酸(1)、次磷酸铵(1) | - | - | 化合物6 | 5 | 100 | 70 | - | 0.30 | - |
| 实施方案9 | 乙二醇(65)、纯水(35)、己二酸铵(12)、1，7-辛烷二羧酸铵(7)、对硝基苯甲酸(1)、次磷酸铵(1) | - | - | 化合物7 | 5 | 100 | 70 | - | 0.30 | - |
| 实施方案10 | 乙二醇(65)、纯水(35)、己二酸铵(12)、1，7-辛烷二羧酸铵(7)、对硝基苯甲酸(1)、次磷酸铵(1) | - | - | 化合物8 | 5 | 100 | 70 | - | 0.30 | - |
| 实施方案11 | 乙二醇(65)、纯水(35)、己二酸铵(12)、1，7-辛烷二羧酸铵(7)、对硝基苯甲酸(1)、次磷酸铵(1) | - | - | 化合物9 | 5 | 100 | 70 | - | 0.30 | - |
| 实施方案12 | 乙二醇(65)、纯水(35)、己二酸铵(12)、1，7-辛烷二羧酸铵(7)、对硝基苯甲酸(1)、次磷酸铵(1) | - | - | 化合物10 | 5 | 100 | 70 | - | 0.30 | - |
| 实施方案13 | 乙二醇(65)、纯水(35)、己二酸铵(12)、1，7-辛烷二羧酸铵(7)、对硝基苯甲酸(1)、次磷酸铵(1) | - | - | 化合物11 | 5 | 100 | 70 | - | 0.30 | - |
| 实施方案14 | 乙二醇(65)、纯水(35)、己二酸铵(12)、1，7-辛烷二羧酸铵(7)、对硝基苯甲酸(1)、次磷酸铵(1) | - | - | - | - | 100 | 70 | 化合物6 | 0.30 | - |
| 实施方案16 | 乙二醇(65)、纯水(35)、己二酸铵(12)、1，7-辛烷二羧酸铵(7)、对硝基苯甲酸(1)、次磷酸铵(1) | - | - | - | - | 100 | 70 | 化合物8 | 0.30 | - |
| 实施方案17 | 乙二醇(65)、纯水(35)、己二酸铵(12)、1，7-辛烷二羧酸铵(7)、对硝基苯甲酸(1)、次磷酸铵(1) | - | - | - | - | 100 | 70 | - | 0.40 | - |
| 实施方案18 | 乙二醇(65)、纯水(35)、己二酸铵(12)、1，7-辛烷二羧酸铵(7)、对硝基苯甲酸(1)、次磷酸铵(1) | - | - | - | - | 100 | 70 | - | 0.30 | 次磷酸铵 |

表1（续）

| | 电解液组成(单位: 重量份) | 对隔膜用化合物处理 | | 对电极结用化合物处理 | | 封口橡胶 | | | 铝壳体 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 化合物种类 | 附着量(mg/g) | 化合物种类 | 附着量(mg/g) | 含氯量(ppm) | 硬度(IRHD) | 进行处理的化合物种类 | 底面厚度(mm) | 进行处理的化合物种类 |
| 实施方案19 | 乙二醇(65)、纯水(35)、己二酸铵(12)、1，7-辛烷二羧酸铵(7)、对硝基苯甲酸(1)、次磷酸铵(1) | - | - | - | - | 100 | 70 | - | 0.30 | 化合物6 |
| 实施方案20 | 乙二醇(65)、纯水(35)、己二酸铵(12)、1，7-辛烷二羧酸铵(7)、对硝基苯甲酸(1)、次磷酸铵(1) | - | - | - | - | 100 | 70 | - | 0.30 | 化合物7 |
| 实施方案21 | 乙二醇(65)、纯水(35)、己二酸铵(12)、1，7-辛烷二羧酸铵(7)、对硝基苯甲酸(1)、次磷酸铵(1) | - | - | - | - | 100 | 70 | - | 0.30 | 化合物8 |
| 实施方案22 | 乙二醇(65)、纯水(35)、己二酸铵(12)、1，7-辛烷二羧酸铵(7)、对硝基苯甲酸(1)、次磷酸铵(1)、一辛基磷酸酯(0.5) | - | - | - | - | 100 | 70 | - | 0.30 | - |
| 实施方案23 | 乙二醇(65)、纯水(35)、己二酸铵(12)、化合物4(7)、对硝基苯甲酸(1)、次磷酸铵(1) | - | - | - | - | 100 | 70 | - | 0.30 | - |
| 实施方案24 | 乙二醇(65)、纯水(35)、己二酸铵(12)、化合物5(7)、对硝基苯甲酸(1)、次磷酸铵(1) | - | - | - | - | 100 | 70 | - | 0.30 | - |
| 实施方案25 | 乙二醇(30)、纯水(60)、己二酸铵(12)、1，7-辛烷二羧酸铵(7)、对硝基苯甲酸(1)、次磷酸铵(1) | - | - | - | - | 100 | 70 | - | 0.30 | - |
| 比较例1 | 乙二醇(65)、纯水(35)、己二酸铵(12)、1，7-辛烷二羧酸铵(0.5)、对硝基苯甲酸(1)、次磷酸铵(1) | - | - | - | - | 100 | 70 | - | 0.30 | - |
| 比较例2 | 乙二醇(65)、纯水(35)、己二酸铵(12)、1，7-辛烷二羧酸铵(7)、对硝基苯甲酸(1)、次磷酸铵(0.005) | - | - | - | - | 100 | 70 | - | 0.30 | - |
| 比较例3 | 乙二醇(65)、纯水(35)、己二酸铵(12)、1，7-辛烷二羧酸铵(7)、对硝基苯甲酸(0.005)、次磷酸铵(1) | - | - | - | - | 100 | 70 | - | 0.30 | - |
| 比较例4 | 乙二醇(65)、纯水(35)、己二酸铵(5)、1，7-辛烷二羧酸铵(3)、对硝基苯甲酸(1)、次磷酸铵(1) | - | - | - | - | 100 | 70 | - | 0.30 | - |
| 比较例5 | 乙二醇(65)、纯水(35)、己二酸铵(12)、1，7-辛烷二羧酸铵(7)、对硝基苯甲酸(1)、次磷酸铵(1) | - | - | - | - | 350 | 70 | - | 0.30 | - |
| 比较例6 | 乙二醇(65)、纯水(35)、己二酸铵(12)、1，7-辛烷二羧酸铵(7)、对硝基苯甲酸(1)、次磷酸铵(1) | - | - | - | - | 100 | 60 | - | 0.30 | - |
| 比较例7 | 乙二醇(65)、纯水(35)、己二酸铵(12)、1，7-辛烷二羧酸铵(7)、对硝基苯甲酸(1)、次磷酸铵(1) | - | - | - | - | 100 | 70 | - | 0.25 | - |
| 比较例8 | 乙二醇(65)、纯水(35)、己二酸铵(12)、1，7-辛烷二羧酸铵(7)、对硝基苯甲酸(1)、次磷酸铵(1) | 次磷酸铵 | 100 | | | 100 | 70 | - | 0.30 | - |

表 2: 电解电容器额定值: 6.3V-560μF(尺寸: 直径 8mm、高度 11mm、试验个数, 10 个)

| | 阻抗比(-10 ℃/20℃) | 壳底面膨胀量(mm) | | 漏电流变化率(%) | | 溶解透过量(mg) | 导线腐蚀情况 | 封口橡胶状况 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 施加电压 | 无负荷 | 施加电压 | 无负荷 | | | |
| 实施方案 1 | 3.0 | 0.14 | 0.13 | 85 | 115 | -9.7 | 无问题 | 无变化 |
| 2 | 3.1 | 0.15 | 0.13 | 84 | 120 | -9.7 | 无问题 | 无变化 |
| 3 | 3.3 | 0.09 | 0.10 | 83 | 108 | -9.5 | 无问题 | 无变化 |
| 4 | 3.2 | 0.08 | 0.09 | 80 | 106 | -9.5 | 无问题 | 无变化 |
| 5 | 3.0 | 0.09 | 0.08 | 78 | 100 | -9.1 | 无问题 | 无变化 |
| 6 | 3.1 | 0.09 | 0.10 | 85 | 106 | -9.5 | 无问题 | 无变化 |
| 7 | 3.2 | 0.11 | 0.09 | 90 | 110 | -9.7 | 无问题 | 无变化 |
| 8 | 3.0 | 1.10 | 0.08 | 85 | 108 | -9.1 | 无问题 | 无变化 |
| 9 | 3.2 | 0.09 | 0.07 | 82 | 107 | -9.5 | 无问题 | 无变化 |
| 10 | 3.2 | 0.09 | 0.08 | 80 | 108 | -9.3 | 无问题 | 无变化 |
| 11 | 3.2 | 0.10 | 0.09 | 80 | 107 | -9.5 | 无问题 | 无变化 |
| 12 | 3.3 | 0.10 | 0.09 | 82 | 109 | -9.4 | 无问题 | 无变化 |
| 13 | 3.2 | 0.10 | 0.10 | 81 | 110 | -9.6 | 无问题 | 无变化 |
| 14 | 3.0 | 0.15 | 0.14 | 82 | 110 | -8.0 | 无问题 | 无变化 |
| 15 | 3.2 | 0.16 | 0.13 | 85 | 117 | -7.8 | 无问题 | 无变化 |
| 16 | 3.2 | 0.16 | 0.15 | 84 | 115 | -7.9 | 无问题 | 无变化 |
| 17 | 3.0 | 0.06 | 0.03 | 78 | 114 | -9.3 | 无问题 | 无变化 |
| 18 | 3.2 | 0.12 | 0.11 | 80 | 139 | -9.4 | 无问题 | 无变化 |
| 19 | 3.2 | 0.12 | 0.11 | 80 | 139 | -9.3 | 无问题 | 无变化 |
| 20 | 3.2 | 0.11 | 0.11 | 80 | 139 | -9.6 | 无问题 | 无变化 |
| 21 | 3.2 | 0.12 | 0.11 | 80 | 139 | -9.7 | 无问题 | 无变化 |
| 22 | 3.0 | 0.09 | 0.08 | 85 | 106 | -9.5 | 无问题 | 无变化 |
| 23 | 3.0 | 0.11 | 0.08 | 88 | 118 | -9.6 | 无问题 | 无变化 |
| 24 | 3.2 | 0.11 | 0.07 | 82 | 128 | -9.6 | 无问题 | 无变化 |
| 25 | 3.2 | 0.17 | 0.15 | 80 | 139 | -11.3 | 无问题 | 无变化 |

表 3: 电解电容器额定值: 6.3V-560μF(尺寸: 直径 8mm、高度 11mm、试验个数, 10 个)

| | 阻抗比(-10 ℃/20℃) | 壳底面膨胀量(mm) | | 漏电流变化率(%) | | 溶剂透过量(mg) | 导线腐蚀情况 | 封口橡胶状况 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 施加电压 | 无负荷 | 施加电压 | 无负荷 | | | |
| 比较例 1 | 3.1 | 阀门开放(1) | 阀门开放(1) | - | - | 无法测定 | 无问题 | 膨胀 |
| 2 | 3.2 | 0.56 | 0.48 | 112 | 5300 | -9.6 | 无问题 | 膨胀 |
| 3 | 3.1 | 阀门开放(1) | 阀门开放(1) | - | - | 无法测定 | 无问题 | 膨胀 |
| 4 | 4.1 | 0.33 | 0.30 | 136 | 420 | -9.5 | 无问题 | 无变化 |
| 5 | 3.0 | 0.55 | 0.50 | 120 | 6600 | -9.3 | 腐蚀断线(2) | 膨胀 |
| 6 | 3.3 | - | 0.42 | 86 | 130 | -9.5 | 无问题 | 飞出(3) |
| 7 | 3.1 | 阀门开放(1) | 阀门开放(1) | - | - | -9.5 | 无问题 | 无变化 |
| 8 | 4.6 | 0.29 | 0.48 | 91 | 123 | -9.6 | 无问题 | 无变化 |

(1):阀门全部开放

(2):10 个中有 8 个断线

(3):10 个中有 5 个飞出

表 4: 电解电容器额定值: 50WV-1500μF(尺寸: 直径 16mm、高度 35.5mm、试验个数 10 个)

| | 阻抗比(-10 ℃/20℃) | 壳底面膨胀量(mm) | | 漏电流变化率(%) | | 溶剂透过量(mg) | 导线腐蚀情况 | 封口橡胶状况 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 施加电压 | 无负荷 | 施加电压 | 无负荷 | | | |
| 实施方案 1 | 3.5 | 0.67 | 0.38 | 84 | 153 | -35.7 | 无问题 | 无变化 |
| 2 | 3.5 | 0.68 | 0.40 | 86 | 148 | -35.7 | 无问题 | 无变化 |
| 3 | 3.5 | 0.60 | 0.37 | 85 | 138 | -35.5 | 无问题 | 无变化 |
| 4 | 3.4 | 0.58 | 0.29 | 97 | 133 | -35.5 | 无问题 | 无变化 |
| 5 | 3.8 | 0.60 | 0.27 | 82 | 114 | -35.1 | 无问题 | 无变化 |
| 6 | 3.2 | 0.60 | 0.28 | 81 | 123 | -35.5 | 无问题 | 无变化 |
| 7 | 3.6 | 0.63 | 0.29 | 96 | 138 | -35.7 | 无问题 | 无变化 |
| 8 | 3.4 | 0.62 | 0.25 | 92 | 139 | -35.1 | 无问题 | 无变化 |
| 9 | 3.2 | 0.61 | 0.24 | 82 | 122 | -35.5 | 无问题 | 无变化 |
| 10 | 3.5 | 0.60 | 0.28 | 84 | 133 | -35.3 | 无问题 | 无变化 |
| 11 | 3.6 | 0.62 | 0.30 | 86 | 138 | -35.5 | 无问题 | 无变化 |
| 12 | 3.5 | 0.61 | 0.27 | 85 | 138 | -35.4 | 无问题 | 无变化 |
| 13 | 3.5 | 0.61 | 0.29 | 97 | 143 | -35.6 | 无问题 | 无变化 |
| 14 | 3.3 | 0.72 | 0.44 | 82 | 144 | -31.0 | 无问题 | 无变化 |
| 15 | 3.2 | 0.70 | 0.45 | 81 | 143 | -30.8 | 无问题 | 无变化 |
| 16 | 3.7 | 0.70 | 0.45 | 96 | 148 | -30.9 | 无问题 | 无变化 |
| 17 | 3.4 | 0.38 | 0.16 | 92 | 149 | -35.3 | 无问题 | 无变化 |
| 18 | 3.2 | 0.63 | 0.34 | 82 | 152 | -35.4 | 无问题 | 无变化 |
| 19 | 3.4 | 0.64 | 0.35 | 85 | 145 | -35.3 | 无问题 | 无变化 |
| 20 | 3.2 | 0.62 | 0.35 | 81 | 143 | -35.6 | 无问题 | 无变化 |
| 21 | 3.6 | 0.64 | 0.35 | 96 | 148 | -35.7 | 无问题 | 无变化 |
| 22 | 3.4 | 0.60 | 0.36 | 92 | 129 | -35.5 | 无问题 | 无变化 |
| 23 | 3.2 | 0.63 | 0.34 | 82 | 132 | -35.6 | 无问题 | 无变化 |
| 24 | 3.4 | 0.63 | 0.40 | 85 | 135 | -35.6 | 无问题 | 无变化 |
| 25 | 3.1 | 0.78 | 0.40 | 85 | 135 | -39.3 | 无问题 | 无变化 |

表 5: 电解电容器额定值: 50WV-1500μF(尺寸: 直径 16mm、高度 35.5mm、试验个数 10 个)

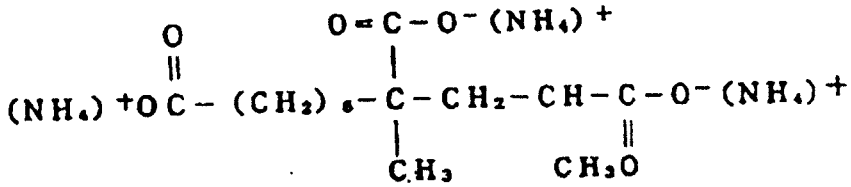
| | 阻抗比(-10 ℃/20℃) | 壳底面膨胀量(mm) | | 漏电流变化率(%) | | 溶剂透过量(mg) | 导线腐蚀情况 | 封口橡胶状况 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 施加电压 | 无负荷 | 施加电压 | 无负荷 | | | |
| 比较例 1 | 3.3 | 阀门开放(1) | 阀门开放(1) | - | - | 无法测定 | 无问题 | |
| 2 | 3.3 | 0.78 | 0.69 | 114 | 6800 | -35.6 | 无问题 | |
| 3 | 3.4 | 阀门开放(1) | 阀门开放(1) | - | - | 无法测定 | 无问题 | |
| 4 | 4.2 | 0.75 | 0.53 | 136 | 4500 | -35.5 | 无问题 | |
| 5 | 3.6 | 0.95 | 0.80 | 126 | 12500 | -35.3 | 腐蚀断线(2) | |
| 6 | 3.4 | - | 1.16 | 84 | 136 | -35.5 | 无问题 | 飞出(3) |
| 7 | 3.5 | 阀门开放(1) | 阀门开放(1) | - | - | 无法测定 | 无问题 | 无变化 |
| 8 | 4.8 | 0.70 | 0.58 | 96 | 162 | -35.6 | 无问题 | 无变化 |

(1):阀门全部开放

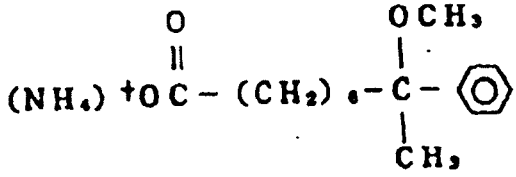
(2):10 个中有 5 个断线

(3):10 个中有 9 个飞出

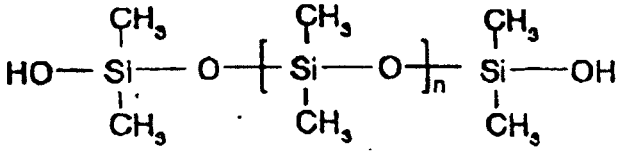
化合物7



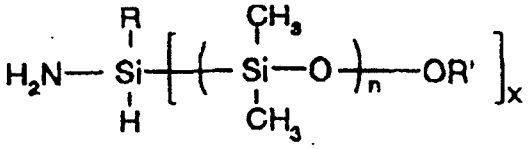
化合物8



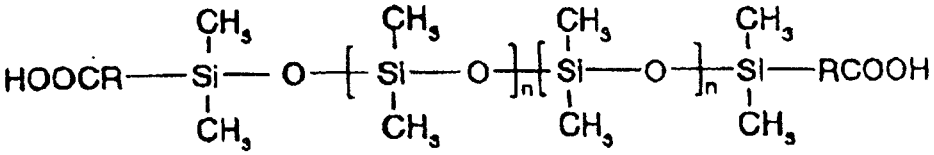
化合物9



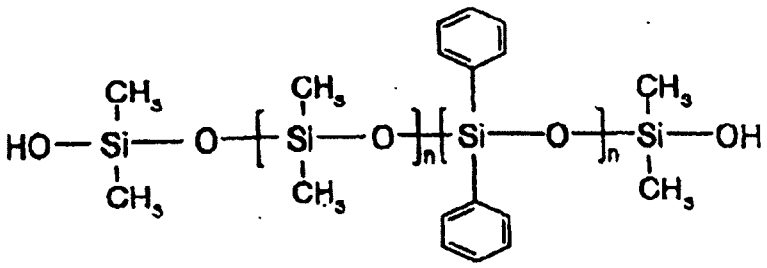
化合物10



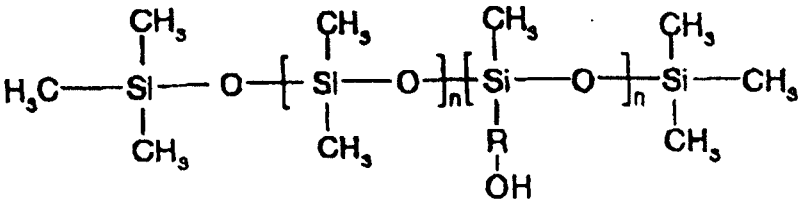
化合物11



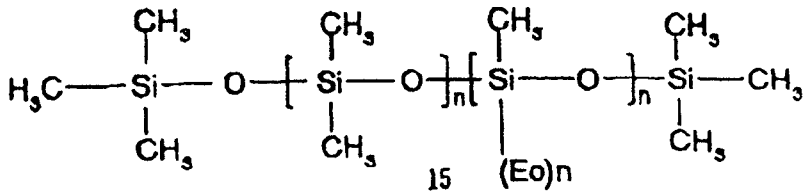
化合物１２

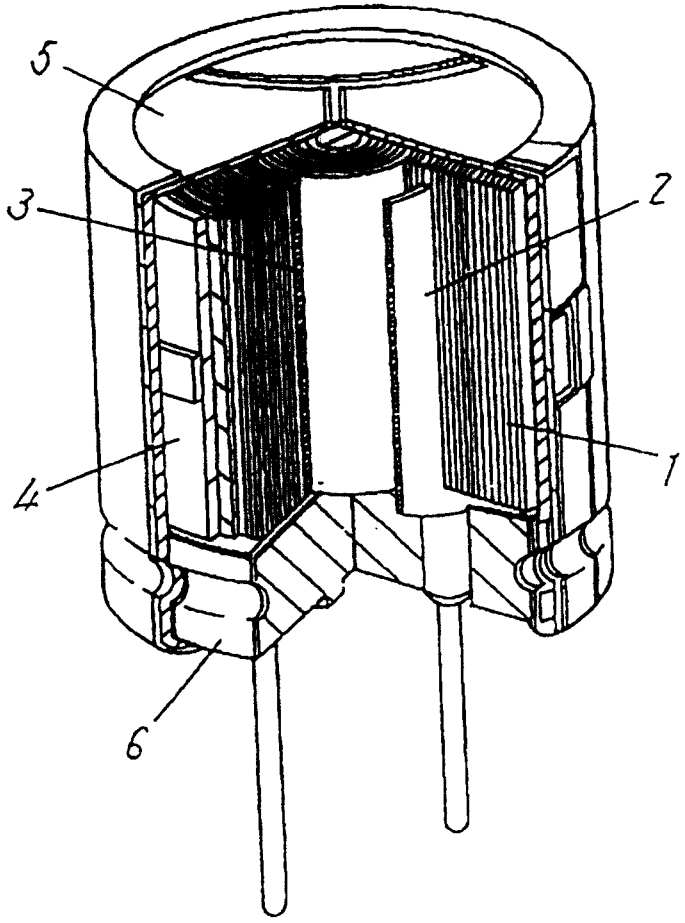


化合物１３



化合物１４




5
3
2
4
1
6