

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7681840号  
(P7681840)

(45)発行日 令和7年5月23日(2025.5.23)

(24)登録日 令和7年5月15日(2025.5.15)

(51)国際特許分類	F I			
H 0 1 G 9/00 (2006.01)	H 0 1 G	9/00	2 9 0 H	
H 0 1 G 9/15 (2006.01)	H 0 1 G	9/15		
H 0 1 G 9/028(2006.01)	H 0 1 G	9/028	G	
H 0 1 G 9/145(2006.01)	H 0 1 G	9/145		
H 0 1 G 9/035(2006.01)	H 0 1 G	9/035		

請求項の数 13 (全23頁)

(21)出願番号	特願2021-574698(P2021-574698)	(73)特許権者	314012076 パナソニックIPマネジメント株式会社 大阪府門真市元町2番6号
(86)(22)出願日	令和3年1月29日(2021.1.29)	(74)代理人	110002745 弁理士法人河崎特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/003297	(72)発明者	石丸 慶明 大阪府門真市大字門真1006番地 パ ナソニックインダストリー株式会社内
(87)国際公開番号	WO2021/153749	(72)発明者	平田 義和 大阪府門真市大字門真1006番地 パ ナソニックインダストリー株式会社内
(87)国際公開日	令和3年8月5日(2021.8.5)	審査官	ゆずりは 広行
審査請求日	令和6年1月10日(2024.1.10)		
(31)優先権主張番号	特願2020-13195(P2020-13195)		
(32)優先日	令和2年1月30日(2020.1.30)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電解コンデンサおよびその製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

表面に誘電体層を有する箔状の陽極体と、箔状の陰極体とを含む電解コンデンサの製造方法であって、

セパレータと、前記セパレータを挟んで対向している前記陽極体および前記陰極体とを巻回または積層することによってコンデンサ素子前駆体を形成する工程(i)と、

糖および糖アルコールからなる群より選ばれる少なくとも1つの化合物であって融点が50以上である水酸基含有化合物を、前記コンデンサ素子前駆体の内部に配置する工程(ii)と、

前記工程(ii)を経た前記コンデンサ素子前駆体の内部に、導電性高分子を含有する導電性高分子層を形成する工程(iii)と、を含み、

前記工程(ii)は、

前記水酸基含有化合物を含有する水性処理液を前記コンデンサ素子前駆体に含浸させる工程(ii-a)と、

含浸された前記水性処理液を乾燥させることによって、前記コンデンサ素子前駆体の内部に前記水酸基含有化合物を配置する工程(ii-b)と、を含み、

前記水酸基含有化合物に含まれる水酸基の数は、2~12の範囲にあり、

前記工程(iii)は、

前記導電性高分子を含有する水性分散液を、前記工程(ii)を経た前記コンデンサ素子前駆体に含浸させる工程(iii-a)と、

10

20

含浸された前記水性分散液を乾燥させることによって前記導電性高分子層を形成する工程 (iii - b) と、を含み、

前記工程 (ii - b) における乾燥は所定の温度で行われ、

前記所定の温度は、前記工程 (ii - b) の乾燥を行う圧力下における前記水性処理液の沸点以上の温度であり、且つ、前記工程 (ii - b) の乾燥を行う圧力下における前記水酸基含有化合物の融点未満の温度である、電解コンデンサの製造方法。

【請求項 2】

表面に誘電体層を有する多孔性の陽極体を含む電解コンデンサの製造方法であって、

糖および糖アルコールからなる群より選ばれる少なくとも 1 つの化合物であって融点が 50 以上である水酸基含有化合物を、前記陽極体の表面に配置する工程 (I) と、  
導電性高分子を含有する導電性高分子層を、前記工程 (I) を経た前記陽極体上に形成する工程 (II) と、を含み、

前記工程 (I) は、

前記水酸基含有化合物を含有する水性処理液を前記陽極体に含浸させる工程 (I - a) と、

含浸された前記水性処理液を乾燥させることによって、前記水酸基含有化合物を、前記陽極体の表面に配置する工程 (I - b) と、を含み、

前記工程 (II) は、

前記導電性高分子を含む水性分散液を、前記工程 (I) を経た前記陽極体に含浸させる工程 (II - a) と、

含浸された前記水性分散液を乾燥させることによって、前記導電性高分子層を前記陽極体上に形成する工程 (II - b) とを含み、

前記水酸基含有化合物に含まれる水酸基の数は、2 ~ 12 の範囲にあり、

前記工程 (I - b) における乾燥は所定の温度で行われ、

前記所定の温度は、前記工程 (I - b) の乾燥を行う圧力下における前記水性処理液の沸点以上の温度であり、且つ、前記工程 (I - b) の乾燥を行う圧力下における前記水酸基含有化合物の融点未満の温度である、電解コンデンサの製造方法。

【請求項 3】

前記水性分散液の粘度が、 $1 \sim 100 \text{ Pa} \cdot \text{s}$  の範囲にある、請求項 1 または 2 に記載の製造方法。

【請求項 4】

前記水性処理液が高分子を含まない、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の製造方法。

【請求項 5】

前記水酸基含有化合物が、グルコース、マンニトール、ソルビトール、キシリトール、およびペンタエリトリトールからなる群より選ばれる少なくとも 1 つである、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の製造方法。

【請求項 6】

前記導電性高分子は、ポリスチレンスルホン酸がドーブされたポリ(3,4-エチレンジオキシチオフエン)である、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の製造方法。

【請求項 7】

コンデンサ素子を含む電解コンデンサであって、

前記コンデンサ素子は、

表面に誘電体層を有する箔状の陽極体、箔状の陰極体、およびセパレータを含む電極群と、

前記陽極体、前記陰極体、および前記セパレータと接触している電解質層と、を含み、  
前記電極群は、前記セパレータを挟んで対向している前記陽極体および前記陰極体と前記セパレータとを巻回することによって形成された巻回体、または、前記セパレータを挟んで対向している前記陽極体および前記陰極体と前記セパレータとを積層することによって形成された積層体であり、

前記電解質層は、糖および糖アルコールからなる群より選ばれる少なくとも 1 つの化合

10

20

30

40

50

物であって融点が50以上である水酸基含有化合物と、導電性高分子とを含有し、  
前記水酸基含有化合物に含まれる水酸基の数は、2～12の範囲にあり、

前記水酸基含有化合物は、前記コンデンサ素子の中心部よりも前記コンデンサ素子の周縁部に偏在している、電解コンデンサ。

【請求項8】

前記電極群は前記巻回体であり、

前記電解質層は、前記巻回体の巻き軸方向の両端部、および、前記巻回体の最外周部に、前記水酸基含有化合物が偏在している偏在部を有する、請求項7に記載の電解コンデンサ。

【請求項9】

前記電極群は前記積層体であり、

前記電解質層は、前記陽極体の周縁部と接する部分に、前記水酸基含有化合物が偏在している偏在部を有する、請求項7に記載の電解コンデンサ。

【請求項10】

前記電解質層が、非水溶媒または非水電解液を含有する、請求項7～9のいずれか1項に記載の電解コンデンサ。

【請求項11】

コンデンサ素子を含む電解コンデンサであって、

前記コンデンサ素子は、表面に誘電体層を有する多孔性の陽極体、陰極層、および前記陽極体と前記陰極層との間に配置された電解質層を含み、

前記コンデンサ素子は、糖および糖アルコールからなる群より選ばれる少なくとも1つの化合物であって融点が50以上である水酸基含有化合物と、導電性高分子とを含有し、  
前記水酸基含有化合物に含まれる水酸基の数は、2～12の範囲にあり、

前記水酸基含有化合物は、前記陽極体の中心部よりも前記陽極体の周縁部に偏在している、電解コンデンサ。

【請求項12】

前記水酸基含有化合物が、グルコース、マンニトール、ソルビトール、キシリトール、およびペンタエリトリトールからなる群より選ばれる少なくとも1つである、請求項7～11のいずれか1項に記載の電解コンデンサ。

【請求項13】

前記導電性高分子は、ポリスチレンスルホン酸がドーブされたポリ(3,4-エチレンジオキシチオフェン)である、請求項7～12のいずれか1項に記載の電解コンデンサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、電解コンデンサおよびその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

電子機器に使用されるコンデンサには、大容量で、且つ、高周波領域における等価直列抵抗(ESR)の値が小さいことが求められている。大容量で低ESRのコンデンサとしては、ポリピロール、ポリチオフェン、ポリフラン、ポリアニリンなどの導電性高分子を用いる電解コンデンサが有望である。特許文献1は、陽極箔と陰極箔とをセパレータを介して巻回することによって形成されたコンデンサ素子に、導電性高分子と溶媒とを含む分散体を含浸させる方法を開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2008-10657号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 4 】

現在、より高い特性（特に高い耐圧性や高い信頼性）を有する電解コンデンサが求められている。このような状況において、本開示は、特性が高い電解コンデンサおよびその製造方法を提供することを目的の1つとする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 0 5 】

本開示の一面は、電解コンデンサの製造方法に関する。当該製造方法は、表面に誘電体層を有する箔状の陽極体と、箔状の陰極体とを含む電解コンデンサの製造方法であって、セパレータと、前記セパレータを挟んで対向している前記陽極体および前記陰極体とを巻回または積層することによってコンデンサ素子前駆体を形成する工程（i）と、糖および多価アルコールからなる群より選ばれる少なくとも1つの化合物であって融点が50以上である水酸基含有化合物を、前記コンデンサ素子前駆体の内部に配置する工程（ii）と、前記工程（ii）を経た前記コンデンサ素子前駆体の内部に、導電性高分子を含有する導電性高分子層を形成する工程（iii）と、を含み、前記工程（ii）は、前記水酸基含有化合物を含有する水性処理液を前記コンデンサ素子前駆体に含浸させる工程（ii-a）と、含浸された前記水性処理液を乾燥させることによって、前記コンデンサ素子前駆体の内部に前記水酸基含有化合物を配置する工程（ii-b）と、を含み、前記工程（iii）は、前記導電性高分子を含有する水性分散液を、前記工程（ii）を経た前記コンデンサ素子前駆体に含浸させる工程（iii-a）と、含浸された前記水性分散液を乾燥させることによって前記導電性高分子層を形成する工程（iii-b）と、を含み、前記工程（ii-b）における乾燥は所定の温度で行われ、前記所定の温度は、前記工程（ii-b）の乾燥を行う圧力下における前記水性処理液の沸点以上の温度であり、且つ、前記工程（ii-b）の乾燥を行う圧力下における前記水酸基含有化合物の融点未満の温度である。

## 【 0 0 0 6 】

本開示の他の一面は、電解コンデンサの製造方法に関する。当該製造方法は、表面に誘電体層を有する多孔性の陽極体を含む電解コンデンサの製造方法であって、糖および多価アルコールからなる群より選ばれる少なくとも1つの化合物であって融点が50以上である水酸基含有化合物を、前記陽極体の表面に配置する工程（I）と、導電性高分子を含有する導電性高分子層を、前記工程（I）を経た前記陽極体上に形成する工程（II）と、を含み、前記工程（I）は、前記水酸基含有化合物を含有する水性処理液を前記陽極体に含浸させる工程（I-a）と、含浸された前記水性処理液を乾燥させることによって、前記水酸基含有化合物を、前記陽極体の表面に配置する工程（I-b）と、を含み、前記工程（II）は、導電性高分子を含む水性分散液を、前記工程（I）を経た前記陽極体に含浸させる工程（II-a）と、含浸された前記水性分散液を乾燥させることによって、前記導電性高分子層を前記陽極体上に形成する工程（II-b）とを含み、前記工程（I-b）における乾燥は所定の温度で行われ、前記所定の温度は、前記工程（I-b）の乾燥を行う圧力下における前記水性処理液の沸点以上の温度であり、且つ、前記工程（I-b）の乾燥を行う圧力下における前記水酸基含有化合物の融点未満の温度である。

## 【 0 0 0 7 】

本開示の他の一面は、電解コンデンサに関する。当該電解コンデンサは、コンデンサ素子を含む電解コンデンサであって、前記コンデンサ素子は、表面に誘電体層を有する箔状の陽極体、箔状の陰極体、およびセパレータを含む電極群と、前記陽極体、前記陰極体、および前記セパレータと接触している電解質層と、を含み、前記電極群は、前記セパレータを挟んで対向している前記陽極体および前記陰極体と前記セパレータとを巻回することによって形成された巻回体、または、前記セパレータを挟んで対向している前記陽極体および前記陰極体と前記セパレータとを積層することによって形成された積層体であり、前記電解質層は、糖および多価アルコールからなる群より選ばれる少なくとも1つの化合物であって融点が50以上である水酸基含有化合物と、導電性高分子とを含有し、前記水酸基含有化合物は、前記コンデンサ素子の中心部よりも前記コンデンサ素子の周縁部に偏在している。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 8 】

本開示の他の一局面は、電解コンデンサに関する。当該電解コンデンサは、コンデンサ素子を含む電解コンデンサであって、前記コンデンサ素子は、表面に誘電体層を有する多孔性の陽極体、陰極層、および前記陽極体と前記陰極層との間に配置された電解質層を含み、前記コンデンサ素子は、糖および多価アルコールからなる群より選ばれる少なくとも1つの化合物であって融点が50以上である水酸基含有化合物と、導電性高分子とを含有し、前記水酸基含有化合物は、前記陽極体の中心部よりも前記陽極体の周縁部に偏在している。

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 0 9 】

本開示によれば、特性が高い電解コンデンサが得られる。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 1 0 】

【 図 1 】 本開示の電解コンデンサの一例を模式的に示す断面図である。

【 図 2 】 図 1 に示した電解コンデンサの一部を模式的に示す図である。

【 図 3 】 本開示の電解コンデンサの他の一例の一部を模式的に示す断面図である。

【 図 4 】 実施例の結果を示す図である。

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 1 1 】

以下では、本開示の実施形態について例を挙げて説明するが、本開示は以下で説明する例に限定されない。以下の説明では、具体的な数値や材料を例示する場合があるが、本開示の効果が得られる限り、他の数値や材料を適用してもよい。なお、以下の記載において、融点は、特に記載がない限り、1気圧における値である。また、粘度は、特に記載がない限り、室温（25）で1気圧における値である。

## 【 0 0 1 2 】

検討した結果、本願発明者らは、特定の方法によって導電性高分子をコンデンサ素子前駆体に配置することによって、高い特性を有する電解コンデンサが得られることを見出した。本開示は、この新たな知見に基づくものである。

## 【 0 0 1 3 】

本開示の電解コンデンサは、以下で説明する第1の電解コンデンサであってもよいし、以下で説明する第2の電解コンデンサであってもよい。それらについて、以下に説明する。

## 【 0 0 1 4 】

## [ 第1の電解コンデンサ ]

第1の電解コンデンサは、コンデンサ素子を含む電解コンデンサである。当該コンデンサ素子は、表面に誘電体層を有する箔状の陽極体、箔状の陰極体、およびセパレータを含む電極群と、陽極体、陰極体、およびセパレータと接触している電解質層と、を含む。電極群は、陽極体と陰極体とセパレータとを、陽極体と陰極体との間にセパレータが配置されるように巻回することによって形成された巻回体であってもよい。あるいは、電極群は、陽極体と陰極体とセパレータとを、陽極体と陰極体との間にセパレータが配置されるようにジグザグ状に折りたたむことによって形成された積層体であってもよい。電解質層は、糖および多価アルコールからなる群より選ばれる少なくとも1つの化合物であって融点が50以上である水酸基含有化合物と、導電性高分子とを含有する。当該水酸基含有化合物を、以下では、「水酸基含有化合物(C)」と称する場合がある。水酸基含有化合物(C)は、コンデンサ素子の中心部よりもコンデンサ素子の周縁部に偏在している。

## 【 0 0 1 5 】

第1の電解コンデンサの電解質層は、水酸基含有化合物(C)を含む。水酸基含有化合物(C)は、その水酸基によって、導電性高分子の固着性を向上させる。その結果、良好な特性(特に低ESR)を達成できる。導電性高分子の固着性が向上することによって電解質層の安定性が高まるため、電解コンデンサの信頼性を向上させることが可能である。

## 【 0 0 1 6 】

10

20

30

40

50

コンデンサ素子の周縁部は、陽極体の誘電体層（酸化被膜）の欠陥が生じやすい。複数の水酸基を有する水酸基含有化合物（C）をこの部分に配置することによって、誘電体層の欠陥が修復されやすくなる。その結果、信頼性が高い電解コンデンサが得られる。具体的には、破壊耐電圧が高くショートが発生しにくい電解コンデンサが得られる。

【0017】

さらに、水酸基含有化合物（C）をコンデンサ素子の周縁部に偏在させることによって、当該周縁部に導電性高分子を偏在させることが可能である。すなわち、当該周縁部における導電性高分子層を厚く形成することが可能である。

【0018】

第1の電解コンデンサの電極群に特に限定はなく、公知の電極群を用いてもよい。例えば、巻回体である電極群には、一般的な巻回式の電解コンデンサに用いられる電極群を用いてもよい。同様に、積層体である電極群には、一般的な積層式の電解コンデンサに用いられる電極群を用いてもよい。例えば、積層体である電極群は、箔状の陽極体と箔状の陰極体とセパレータとを重ねてジグザグに折り畳むことによってそれらを積層したものが含まれる。このとき、箔状の陽極体と箔状の陰極体との間にセパレータが存在するようにそれらを配置する。箔状の陽極体、箔状の陰極体、およびセパレータの例については後述する。

10

【0019】

（水酸基含有化合物（C））

第1の電解コンデンサの電解質層に含まれる水酸基含有化合物（C）について以下に説明する。水酸基含有化合物（C）は、糖および多価アルコールからなる群より選ばれる少なくとも1つの化合物であって、融点が50以上である。水酸基含有化合物（C）の融点は、コンデンサの使用時における温度よりも高いことが好ましい。水酸基含有化合物（C）の融点は、80～300の範囲（例えば120～300の範囲）にあってもよい。

20

【0020】

糖の例には、グルコースなどが含まれる。多価アルコールの例には、マンニトール、ソルビトール、キシリトール、ペンタエリトリトール、およびトリメチロールプロパンなどが含まれる。なお、マンニトール、ソルビトール、キシリトール、ペンタエリトリトールなどは、糖アルコールと呼ばれる場合がある。水酸基含有化合物は、糖アルコールであって

30

【0021】

水酸基含有化合物（C）に含まれる水酸基の数は、2～12の範囲（例えば3～6の範囲）にあってもよい。通常、水酸基含有化合物（C）は、水溶性の化合物である。

【0022】

別の観点では、第1の電解コンデンサの電解質層に含まれる水酸基含有化合物として、炭素原子に結合した複数の水酸基（-OH）を含有する有機化合物（例えばポリマーではない有機化合物）であって、融点が上記の範囲にある有機化合物を用いてもよい。当該有機化合物の分子量および当該有機化合物に含まれる水酸基の数はそれぞれ、水酸基含有化合物について例示した上記の範囲にあってもよい。

40

【0023】

水酸基含有化合物（C）は、グルコース、マンニトール、ソルビトール、キシリトール、ペンタエリトリトール、およびトリメチロールプロパンからなる群より選ばれる少なくとも1つであってよい。グルコースの融点は146～150程度、マンニトールの融点は165～169程度、ソルビトールの融点は93～95程度、キシリトールの融点は92～97程度、ペンタエリトリトールの融点は257～260程度、トリメチロールプロパンの融点は56～58程度である。なお、これらの物質は、構造（立体異性体）によって融点にばらつきがある場合がある。グルコース、マンニトール、およびペンタエリトリトールは、融点が高い点で好ましい。

【0024】

50

(導電性高分子)

第1の電解コンデンサに用いられる導電性高分子(導電性ポリマー)について以下に説明する。導電性高分子の例には、ポリピロール、ポリチオフェン、ポリフラン、ポリアニリン、ポリアセチレン、およびそれらの誘導体などが含まれる。当該誘導体には、ポリピロール、ポリチオフェン、ポリフラン、ポリアニリン、およびポリアセチレンを基本骨格とするポリマーが含まれる。例えば、ポリチオフェンの誘導体には、ポリ(3,4-エチレンジオキシチオフェン)などが含まれる。これらの導電性高分子は、単独で用いてもよく、複数種を組み合わせて用いてもよい。また、導電性高分子は、2種以上のモノマーの共重合体でもよい。導電性高分子の重量平均分子量は特に限定されず、例えば1000~100000の範囲にあってもよい。導電性高分子の好ましい一例は、ポリ(3,4-エチレンジオキシチオフェン)(PEDOT)である。

10

【0025】

導電性高分子には、ドーパントを添加してもよい。導電性高分子からの脱ドーブを抑制する観点から、高分子ドーパントを用いることが好ましい。高分子ドーパントの例には、ポリビニルスルホン酸、ポリスチレンスルホン酸、ポリアリルスルホン酸、ポリアクリルスルホン酸、ポリメタクリルスルホン酸、ポリ(2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸)、ポリイソプレンスルホン酸、ポリアクリル酸などが含まれる。これらは単独で用いてもよいし、2種以上を組み合わせて用いてもよい。これらは、塩の形態で添加されてもよい。高分子ドーパントは、電解質中において、酸性基の少なくとも一部からカチオン(たとえばプロトン)が解離したアニオンの形態で存在してもよい。ドーパントの好ましい一例は、ポリスチレンスルホン酸(PSS)である。

20

【0026】

ドーパントの重量平均分子量は特に限定されない。均質な電解質層の形成を容易にする観点から、ドーパントの重量平均分子量を1000~100000の範囲としてもよい。

【0027】

導電性高分子は、ポリスチレンスルホン酸がドーブされたポリ(3,4-エチレンジオキシチオフェン)であってもよい。

【0028】

第1の電解コンデンサの電極群は巻回体であってもよい。その場合、電解質層は、巻回体の巻き軸方向の両端部、および、巻回体の最外周部に、水酸基含有化合物が偏在している偏在部を有することが好ましい。巻回体の巻き軸方向の両端部、および、巻回体の最外周部は、陽極体の誘電体層(酸化被膜)の欠陥が生じやすい。これらの部分に水酸基含有化合物(C)を偏在させることによって、誘電体層の欠陥の修復を促すことができる。

30

【0029】

第1の電解コンデンサの陽極体および陰極体は、通常、長方形の平面形状を有する。その場合、巻回体の巻き軸方向の両端部の近傍は、長方形の陽極体および陰極体の長辺の近傍とみなすことができる。

【0030】

第1の電解コンデンサの電極群は積層体であってもよい。この場合、電解質層は、陽極体の周縁部と接する部分に、水酸基含有化合物が偏在している偏在部を有する。陽極体の周縁部は陽極体の誘電体層(酸化被膜)の欠陥が生じやすいため、これらの部分に水酸基含有化合物(C)を偏在させることが好ましい。

40

【0031】

第1の電解コンデンサの電解質層は、非水溶媒または非水電解液を含有してもよい。以下では、電解質層に含有される非水溶媒および非水電解液をまとめて、「液体成分(L)」と称する場合がある。液体成分(L)は、室温(25℃)において液体である物質であってもよいし、第1の電解コンデンサの使用時の温度において液体である物質であってもよい。液体成分(L)の好ましい一例は、水酸基含有化合物(C)が実質的に溶解しない液体である。

【0032】

50

非水溶媒は、有機溶媒であってもよいし、イオン性液体であってもよい。非水溶媒の例には、エチレングリコール、プロピレングリコールなどの多価アルコール類、スルホラン（SL）などの環状スルホン類、 $\epsilon$ -ブチロラクトン（BL）などのラクトン類、N-メチルアセトアミド、N,N-ジメチルホルムアミド、N-メチル-2-ピロリドンなどのアミド類、酢酸メチルなどのエステル類、炭酸プロピレンなどのカーボネート化合物、1,4-ジオキサンなどのエーテル類、メチルエチルケトンなどのケトン類、ホルムアルデヒドなどが含まれる。

【0033】

また、非水溶媒として、高分子系溶媒を用いてもよい。高分子系溶媒の例には、ポリアルキレングリコール、ポリアルキレングリコールの誘導体、多価アルコール中の水酸基の少なくとも1つがポリアルキレングリコール（誘導体含む）に置換された化合物などが含まれる。具体的には、高分子系溶媒の例には、ポリエチレングリコール（PEG）、ポリエチレングリコールグリセリルエーテル、ポリエチレングリコールジグリセリルエーテル、ポリエチレングリコールソルビトールエーテル、ポリプロピレングリコール、ポリプロピレングリコールグリセリルエーテル、ポリプロピレングリコールジグリセリルエーテル、ポリプロピレングリコールソルビトールエーテル、ポリブチレングリコールなどが含まれる。高分子系溶媒の例には、さらに、エチレングリコール-プロピレングリコールの共重合体、エチレングリコール-ブチレングリコールの共重合体、プロピレングリコール-ブチレングリコールの共重合体などが含まれる。非水溶媒は、1種を単独で用いてもよいし、2種以上を混合して用いてもよい。

【0034】

液体成分（L）は、酸成分および塩基成分を含有していてもよい。酸成分の例には、マレイン酸、フタル酸、安息香酸、ピロメリット酸、レゾルシン酸などが含まれる。塩基成分の例には、1,8-ジアザピシクロ[5,4,0]ウンデセン-7、1,5-ジアザピシクロ[4,3,0]ノネン-5、1,2-ジメチルイミダゾリニウム、1,2,4-トリメチルイミダゾリン、1-メチル-2-エチル-イミダゾリン、1,4-ジメチル-2-エチルイミダゾリン、1-メチル-2-ヘプチルイミダゾリン、1-メチル-2-(3-ヘプチル)イミダゾリン、1-メチル-2-ドデシルイミダゾリン、1,2-ジメチル-1,4,5,6-テトラヒドロピリミジン、1-メチルイミダゾール、1-メチルベンゾイミダゾールなどが含まれる。

【0035】

非水電解液は、非水溶媒とこれに溶解された溶質（例えば有機塩）とを含む。非水電解液を構成する非水溶媒の例には、上述した非水溶媒の例が含まれる。溶質の例には、無機塩および有機塩が含まれる。有機塩とは、アニオンおよびカチオンの少なくとも一方が有機物を含む塩である。有機塩の例には、マレイン酸トリメチルアミン、ボロジサリチル酸トリエチルアミン、フタル酸エチルジメチルアミン、フタル酸モノ1,2,3,4-テトラメチルイミダゾリニウム、フタル酸モノ1,3-ジメチル-2-エチルイミダゾリニウムなどが含まれる。

【0036】

ドーパントの脱ドーブを抑制するために、液体成分（L）のpHを7未満としてもよく、5以下としてもよい。

【0037】

（陽極体）

陽極体には、表面に誘電体層が形成された金属箔を用いることができる。金属箔を構成する金属の種類は特に限定されない。誘電体層の形成が容易である点から、金属箔を構成する金属の例には、アルミニウム、タンタル、ニオブ、チタンなどの、弁作用を有する金属、および弁作用を有する金属の合金が含まれる。好ましい一例は、アルミニウムおよびアルミニウム合金である。通常、陽極体の表面は粗面化されており、誘電体層は粗面化された表面に形成されている。電解質層は、陽極体の誘電体層と接触している。

【0038】

10

20

30

40

50

## (陰極体)

陰極体には、金属箔を用いることができる。金属箔を構成する金属の種類は特に限定されない。金属箔を構成する金属の例には、アルミニウム、タンタル、ニオブ、チタンなどの、弁作用を有する金属、および弁作用を有する金属の合金が含まれる。好ましい一例は、アルミニウムおよびアルミニウム合金である。また、陰極体の表面には、化成皮膜が設けられていてもよく、陰極体を構成する金属とは異なる金属(異種金属)や非金属の被膜が設けられていてもよい。異種金属や非金属としては、例えば、チタンのような金属やカーボンのような非金属などを挙げることができる。

## 【0039】

## (セパレータ)

セパレータには、電解質が含浸されうるシート状物を用いることができ、例えば、絶縁性を有し且つ電解質が含浸されうるシート状物を用いてもよい。セパレータは、織布であってもよいし、不織布であってもよいし、多孔質膜であってもよい。セパレータの材料の例には、セルロース、ポリエチレンテレフタレート、ポリブチレンテレフタレート、ポリフェニレンサルファイド、ビニロン、ナイロン、芳香族ポリアミド、ポリイミド、ポリアミドイミド、ポリエーテルイミド、レーヨン、およびガラスなどが含まれる。

## 【0040】

本開示の電解コンデンサの電解質は、水酸基含有化合物(C)を含む。この水酸基含有化合物(C)によって、セパレータの強度を向上させることが可能である。従来の電解コンデンサにおいて、強度が弱いセパレータ(例えばマニラ麻、エスパルトなどのセルロース系の天然繊維からなるセパレータ)を用いると、コンデンサの耐電圧などの特性が低下する場合がある。水酸基含有化合物(C)を用いることによって、そのような特性の低下を抑制できる。なお、セパレータを補強する効果は、セパレータの種類に関わらず得られる。

## 【0041】

## [第2の電解コンデンサ]

第2の電解コンデンサは、コンデンサ素子を含む電解コンデンサである。当該コンデンサ素子は、表面に誘電体層を有する多孔性の陽極体、陰極層、および陽極体と陰極層との間に配置された電解質層を含む。当該コンデンサ素子は、糖および多価アルコールからなる群より選ばれる少なくとも1つの化合物であって融点が50以上である水酸基含有化合物と、導電性高分子とを含有する。水酸基含有化合物は、陽極体の中心部よりも陽極体の周縁部に偏在している。第2の電解コンデンサに用いられる水酸基含有化合物には、第1の電解コンデンサの水酸基含有化合物に関して例示した化合物を用いることができる。そのため、第2の電解コンデンサに用いられる上記水酸基含有化合物も、「水酸基含有化合物(C)」と称する場合がある。

## 【0042】

多孔性の陽極体は、柱状(例えば円柱状や角柱状)や板状であってもよい。多孔性の陽極体は、通常、後述するように、焼結によって形成される焼結体である。これらの多孔性の陽極体は、周縁部が欠損しやすい。第2の電解コンデンサでは、水酸基含有化合物(C)を多孔性の陽極体の周縁部に配置することによって、周縁部の欠損を抑制できる。そのため、特性が高い電解コンデンサが得られる。また、陽極体の周縁部(すなわち、第2の電解コンデンサの電解質層と陽極体との界面近傍)には、水酸基含有化合物(C)が存在する。そのため、第1の電解コンデンサで説明した効果が得られる。

## 【0043】

さらに、水酸基含有化合物(C)を陽極体の周縁部に偏在させることによって、当該周縁部に導電性高分子を偏在させることが可能である。すなわち、当該周縁部における導電性高分子層を厚く形成することが可能である。

## 【0044】

第2の電解コンデンサで用いられる水酸基含有化合物(C)は、グルコース、マンニトール、ソルビトール、キシリトール、ペンタエリトール、およびトリメチロールプロ

10

20

30

40

50

パンからなる群より選ばれる少なくとも1つであってもよい。

【0045】

第2の電解コンデンサの電解質層は、固体電解質層であってもよい。電解質層は、マンガ化合物や導電性高分子を用いて形成されてもよい。導電性高分子としては、第1の電解コンデンサの電解質層に関して説明した導電性高分子を用いてもよい。例えば、導電性高分子は、ポリスチレンスルホン酸がドーブされたポリ(3,4-エチレンジオキシチオフェン)であってもよい。

【0046】

導電性高分子を含む電解質層(例えば固体電解質層)は、原料モノマーを陽極体の誘電体層上で重合することによって形成してもよい。あるいは、導電性高分子を含む液体を陽極体の誘電体層に塗布することによって形成してもよい。電解質層は、1層で構成されてもよいし、構成する材料が異なる2層以上で構成されてもよい。

10

【0047】

第2の電解コンデンサの陽極体、陰極層、および電解質層は、水酸基含有化合物(C)に関する事項を除いて特に限定はない。例えば、第2の電解コンデンサの陽極体、陰極層、および電解質層は、多孔性の陽極体を含む公知の電解コンデンサに用いられる材料および技術を用いて形成してもよい。第2の電解コンデンサの陽極体および陰極層について、以下に述べる。

【0048】

多孔性の陽極体は、例えば、弁作用金属を含有する材料粒子を焼結して得られる多孔質焼結体であってもよい。陽極体は、直方体状の形状であってもよい。弁作用金属の例には、チタン(Ti)、タンタル(Ta)、ニオブ(Nb)などが含まれる。材料粒子は、弁作用金属を含む合金からなるものであってもよい。例えば、弁作用金属と、ケイ素、バナジウム、ホウ素等とを含む合金を用いてもよい。弁作用金属の合金は、弁作用金属を主成分とし、例えば、弁作用金属を50原子%以上含む。また、弁作用金属と窒素等の典型元素とを含む化合物からなる材料粒子を用いてもよい。材料粒子は、1種を単独で用いてもよいし、2種以上を混合して用いてもよい。

20

【0049】

陽極体は、表面に誘電体層を有する。そのため、電解質層は、陽極体の誘電体層と接している。誘電体層は、例えば、陽極体となる焼結体に化成処理を施し、焼結体の表面に酸化皮膜を成長させることによって形成される。

30

【0050】

陰極層は、集電機能を有する。陰極層は、例えば、導電性の材料で形成される。陰極層は、電解質層を覆うように形成された導電層であってもよい。陰極層は、電解質層を覆うように形成されたカーボン層と、カーボン層上に形成された金属ペースト層とを含んでもよい。カーボン層は、黒鉛等の導電性炭素材料と樹脂とを含んでもよい。金属ペースト層は、金属粒子(例えば、銀粒子)と樹脂とを含んでもよい。

【0051】

電解コンデンサを製造するための本開示の方法の例として、第1および第2の製造方法を以下に説明する。これらの製造方法によれば、本開示の電解コンデンサを製造できる。本開示の電解コンデンサについて説明した事項は、以下の製造方法に適用できるため、重複する説明を省略する場合がある。例えば、本開示の電解コンデンサの構成要素(陽極体、陰極体または陰極層、セパレータ、電解質層の構成要素)については上述したため、重複する説明を省略する場合がある。具体的には、水酸基含有化合物(C)、導電性高分子、セパレータ、および液体成分(L)などについては上述したため、重複する説明を省略する場合がある。また、以下で説明する事項は、上述した本開示の電解コンデンサに適用できる。

40

【0052】

[電解コンデンサの第1の製造方法]

第1の製造方法によれば、上記の第1の電解コンデンサを製造できる。第1の製造方法

50

は、表面に誘電体層を有する箔状の陽極体と、箔状の陰極体とを含む電解コンデンサの製造方法である。この第1の製造方法は、以下の工程(i)～工程(iii)を含む。

【0053】

(工程(i))

工程(i)は、セパレータと、当該セパレータを挟んで対向している箔状の陽極体および箔状の陰極体とを含むコンデンサ素子前駆体を形成する工程である。コンデンサ素子前駆体は、電解質層が形成される前のコンデンサ素子である。

【0054】

箔状の陽極体は、公知の方法で形成してもよい。例えば、まず、陽極体の原料である金属箔を準備し、金属箔の表面を粗面化する。粗面化は、例えば、直流電解法や交流電解法によるエッチングによって行うことができる。次に、粗面化された金属箔の表面に誘電体層を形成する。誘電体層は、例えば、金属箔を化成処理することによって形成できる。金属箔の化成処理によって金属箔の表面が酸化され、それによって酸化物皮膜である誘電体層が形成される。このようにして、陽極体が形成される。

10

【0055】

なお、必要に応じて、陽極体および陰極体には、電気的な接続を行うためのリード端子が接続される。

【0056】

第1の電解コンデンサが巻回型のコンデンサである場合には、例えば、箔状の陽極体と箔状の陰極体とセパレータとをまとめて巻回することによって、コンデンサ素子前駆体を形成できる。このとき、陽極体と陰極体との間にセパレータが配置されるように、それらを巻回する。

20

【0057】

コンデンサ素子が積層型のコンデンサである場合には、例えば、箔状の陽極体と箔状の陰極体とセパレータとをまとめてジグザグに折り曲げることによって、コンデンサ素子前駆体を形成できる。このとき、陽極体と陰極体との間にセパレータが配置されるように、それらを折り曲げる。

【0058】

(工程(ii))

工程(ii)は、糖および多価アルコールからなる群より選ばれる少なくとも1つの化合物であって融点が50以上である水酸基含有化合物(水酸基含有化合物(C))を、コンデンサ素子前駆体の内部に配置する工程である。工程(ii)は、水酸基含有化合物(C)を、コンデンサ素子前駆体の内部に析出させる工程であってもよい。そのため、以下の説明において、「配置」を「析出」に読み替えてもよい。

30

【0059】

工程(ii)は、工程(ii-a)と工程(ii-b)とを含む。工程(ii-a)は、水酸基含有化合物(C)を含有する水性処理液をコンデンサ素子前駆体に含浸させる工程である。

【0060】

工程(ii-a)は、例えば、水性処理液に、コンデンサ素子前駆体を浸漬することによって行うことができる。浸漬時間に限定はなく、1分以上で20分未満であってもよい。コンデンサ素子前駆体の全体を水性処理液に浸漬してもよいし、コンデンサ素子前駆体の一部のみを水性処理液に浸漬してもよい。例えば、コンデンサ素子前駆体の長手方向(巻回体の場合には軸方向)の50%以下の部分だけを水性処理液に浸漬してもよい。

40

【0061】

工程(ii-a)は、室温で行ってもよいし、室温以外の温度(例えば室温よりも高い温度)で行ってもよい。また、工程(ii-a)は大気圧下で行ってもよいし、大気圧以外の環境下(例えば減圧下)で行ってもよい。

【0062】

水性処理液は、水を含む処理液である。水性処理液を構成する液体(溶媒)に含まれる水の量は、例えば50～100質量%の範囲にある。通常、水酸基含有化合物(C)は水

50

性処理液中で溶解している。すなわち、水性処理液は、水酸基含有化合物（C）が溶解している溶液であってもよい。典型的な一例では、水性処理液は、水酸基含有化合物（C）の水溶液である。

【0063】

水性処理液（例えば水酸基含有化合物（C）の水溶液）における水酸基含有化合物（C）の含有率（濃度）は、3～50質量％の範囲（例えば5～15質量％の範囲）にあってもよい。水性処理液は、必要に応じて、水酸基含有化合物（C）以外の成分を含んでもよい。

【0064】

水性処理液は、高分子（ポリマー）を含有してもよいが、好ましくは高分子を含有しない。例えば、水性処理液は、導電性高分子を含有しなくてもよい。高分子を含有しない水性処理液は粘度が低いため、コンデンサ素子前駆体への含浸が容易になる。ここで、高分子とは、重量平均分子量が1000以上のポリマーを意味する。

10

【0065】

工程（ii - b）は、含浸された水性処理液を乾燥させることによって、コンデンサ素子前駆体の内部に水酸基含有化合物（C）を配置する工程である。工程（ii - b）は、大気圧下で行ってもよいし、大気圧以外の環境下（例えば減圧下）で行ってもよい。

【0066】

工程（ii - b）における乾燥は所定の温度（T）で行われる。所定の温度（T）は、工程（ii - b）の乾燥を行う圧力下における水性処理液の沸点以上の温度（例えば100以上や120以上や125以上）であり、且つ、工程（ii - b）の乾燥を行う圧力下における水酸基含有化合物（C）の融点未満の温度である。なお、圧力による融点の変化は少ないため、1気圧における水酸基含有化合物（C）の融点を、工程（ii - b）の乾燥を行う圧力下における水酸基含有化合物（C）の融点とみなすことが可能である。

20

【0067】

検討の結果、本願発明者らは、工程（ii - b）の乾燥条件によれば、水酸基含有化合物（C）を、コンデンサ素子前駆体の中心部よりもコンデンサ素子前駆体の周縁部に偏在させることができることを見出した。そのため、この製造方法で製造されるコンデンサ素子の周縁部に、水酸基含有化合物（C）を偏在させることができる。コンデンサ素子の周縁部は、陽極体の誘電体層（酸化被膜）の欠陥が生じやすい。複数の水酸基を有する水酸基含有化合物（C）をこの部分に配置することによって、誘電体層の欠陥が修復されやすくなる。その結果、信頼性が高い電解コンデンサが得られる。具体的には、破壊耐電圧が高くショートが発生しにくい電解コンデンサが得られる。

30

【0068】

なお、必要に応じて、工程（ii）を繰り返し行ってもよい。工程（ii）を繰り返すことによって、析出する水酸基含有化合物（C）の量を多くすることができる。

【0069】

（工程（iii））

工程（iii）は、工程（ii）を経たコンデンサ素子前駆体の内部に、導電性高分子を含有する導電性高分子層を形成する工程である。導電性高分子層は、第1の電解コンデンサの電解質層となりうる層である。

40

【0070】

工程（iii）は、工程（iii - a）と工程（iii - b）とを含む。工程（iii - a）は、導電性高分子を含有する水性分散液を、工程（ii）を経たコンデンサ素子前駆体に含浸させる工程である。

【0071】

工程（iii - a）は、例えば、水性分散液に、コンデンサ素子前駆体を浸漬することによって行うことができる。浸漬時間に限定はなく、1秒以上で30分間以下であってもよい。コンデンサ素子前駆体の全体を水性分散液に浸漬してもよいし、コンデンサ素子前駆体の一部のみを水性分散液に浸漬してもよい。例えば、コンデンサ素子前駆体の長手方向（

50

巻回体の場合には軸方向)の50%以下の部分だけを水性分散液に浸漬してもよい。

【0072】

工程(iii-a)は、室温で行ってもよいし、室温以外の温度(例えば室温よりも高い温度)で行ってもよい。また、工程(iii-a)は大気圧下で行ってもよいし、大気圧以外の環境下(例えば減圧下)で行ってもよい。

【0073】

水性分散液は、水を含む処理液である。水性分散液を構成する水性液体(分散媒)に含まれる水の量は、例えば2~100質量%の範囲にある。当該水性液体は水であってもよい。導電性高分子は、水性液体中で分散している。すなわち、水性分散液は、導電性高分子が水性液体中に分散している懸濁液である。

10

【0074】

水性分散液における導電性高分子の含有率(濃度)は、0.1~20質量%の範囲(例えば0.5~3質量%の範囲)にあってもよい。

【0075】

水性分散液の粘度は、1mPa・s~100mPa・sの範囲にあってもよく、1mPa・s~40mPa・sの範囲(例えば1mPa・s~25mPa・sの範囲)にあってもよい。水性分散液の粘度が低いほど、コンデンサ素子前駆体への含浸が容易になる。

【0076】

水性分散液は、上記の水酸基含有化合物(C)を含まないことが好ましい。水酸基含有化合物(C)を添加しないことによって、水性分散液の粘度を低減できる。水性分散液が水酸基含有化合物(C)を含む場合でも、水性分散液の粘度が一定値以下(例えば40mPa・s以下や25mPa・s以下)となる範囲で含むことが好ましい。

20

【0077】

上述したように、導電性高分子にはドーパントが添加されていてもよい。また、水性分散液は、必要に応じて、導電性高分子およびドーパント以外の成分を含んでもよい。

【0078】

工程(iii-b)は、含浸された水性分散液を乾燥させることによって導電性高分子層を形成する工程である。典型的には、導電性高分子層は、主要な構成要素として導電性高分子を含む。

【0079】

水性分散液を乾燥させる方法に特に限定はない。工程(iii-b)は、大気圧下で行ってもよいし、大気圧以外の環境下(例えば減圧下)で行ってもよい。工程(iii-b)では、通常、少なくとも加熱が行われる。工程(iii-b)における加熱温度は、以下の(1)および/または(2)の条件を満たしてもよい。

30

(1)工程(iii-b)における加熱温度は、工程(iii-b)の乾燥を行う圧力下における水性分散液の沸点以上の温度であり、且つ、工程(iii-b)の乾燥を行う圧力下における水酸基含有化合物(C)の融点未満の温度である。

(2)工程(iii-b)における加熱温度は、工程(ii-b)における加熱温度よりも高い。

【0080】

高い特性(例えば低ESR)を実現するためには、電解質層における導電性高分子の含有率を高める必要がある。それには、導電性高分子の固着性を高めることが重要である。導電性高分子の固着性を高めるための方法の一つとして、導電性高分子の水性分散液に多価アルコール等を添加することが考えられる。しかし、水性分散液に多価アルコール等を添加すると、水性分散液の粘度が上昇し、水性分散液の含浸が難しくなるという問題がある。本開示の製造方法では、まず、水酸基含有化合物(C)を含む水性処理液で処理を行ってから、水性分散液を含浸させる。そのため、水性分散液の含浸が容易である。また、水酸基含有化合物(C)をあらかじめコンデンサ素子前駆体内に配置しておくことによって、その後含浸される導電性高分子を強固に固着することが可能となる。その結果、特性が高い電解コンデンサを製造できる。

40

【0081】

50

以上のようにして、電解質層が形成される。すなわち、以上のようにして、電解質層を含むコンデンサ素子が形成される。

【 0 0 8 2 】

以上のようにして得られたコンデンサ素子を用いて、本開示の電解コンデンサ（第1および第2の電解コンデンサ）を製造できる。コンデンサ素子を用いて電解コンデンサを製造する方法に特に限定はなく、公知の方法を適用してもよい。例えば、コンデンサ素子をケースに入れて封止すればよい。

【 0 0 8 3 】

[ 電解コンデンサの第2の製造方法 ]

第2の製造方法によれば、上記の第2の電解コンデンサを製造できる。第2の製造方法は、表面に誘電体層を有する多孔性の陽極体を含む電解コンデンサの製造方法である。この第2の製造方法は、工程（I）および工程（II）を含む。

【 0 0 8 4 】

（工程（I））

工程（I）は、糖および多価アルコールからなる群より選ばれる少なくとも1つの化合物であって融点が50以上である水酸基含有化合物（C）を、陽極体の表面に配置する工程である。表面に誘電体層を有する多孔性の陽極体には、第2の電解コンデンサで説明したものをを用いることができる。

【 0 0 8 5 】

工程（I）は、工程（I - a）と工程（I - b）とを含む。工程（I - a）は、水酸基含有化合物（C）を含有する水性処理液を陽極体に含浸させる工程である。コンデンサ素子前駆体の代わりに陽極体を用いることを除いて、工程（I - a）は、工程（ii - a）と同様の条件で行うことができる。例えば、水性処理液には、工程（ii - a）で説明した水性処理液を用いることができる。

【 0 0 8 6 】

工程（I - b）は、含浸された水性処理液を乾燥させることによって、水酸基含有化合物（C）を、陽極体の表面に配置する工程である。工程（I - b）における乾燥は所定の温度で行われる。当該所定の温度は、工程（I - b）の乾燥を行う圧力下における水性処理液の沸点以上の温度であり、且つ、工程（I - b）の乾燥を行う圧力下における水酸基含有化合物（C）の融点未満の温度である。工程（I - b）における乾燥は、工程（ii - b）で説明した乾燥と同様の条件で行うことができる。

【 0 0 8 7 】

（工程（II））

工程（II）は、導電性高分子を含有する導電性高分子層を、工程（I）を経た陽極体上（陽極体の誘電体層上）に形成する工程である。

【 0 0 8 8 】

工程（II）は、工程（II - a）および工程（II - b）を含む。工程（II - a）は、導電性高分子を含む水性分散液を、工程（I）を経た陽極体に含浸させる工程である。コンデンサ素子前駆体の代わりに陽極体を用いることを除いて、工程（II - a）は、工程（iii - a）と同様の条件で行うことができる。例えば、水性分散液には、工程（iii - a）で説明した水性分散液を用いることができる。

【 0 0 8 9 】

導電性高分子が、粒子の状態分散媒に分散している場合、その粒子の平均粒径は、0.1 μm ~ 0.5 μmの範囲にあってもよい。粒子の平均粒径がこの範囲であれば、陽極体の内部にまで粒子が侵入し易くなる。ここで、平均粒径は、体積基準の粒度分布において累積体積が50%になるメジアン径（D<sub>50</sub>）である。メジアン径は、例えばレーザ回折/散乱式粒度分布測定装置を用いて求められる。

【 0 0 9 0 】

工程（II - b）は、含浸された水性分散液を乾燥させることによって、導電性高分子層を陽極体上に形成する工程である。工程（II - b）における乾燥は、工程（iii - b）で説

10

20

30

40

50

明した乾燥と同様の条件で行うことができる。例えば、工程（II - b）における加熱温度は、以下の（１）および／または（２）を満たしてもよい。

（１）工程（II - b）における加熱温度は、工程（II - b）の乾燥を行う圧力下における水性分散液の沸点以上の温度であり、且つ、工程（II - b）の乾燥を行う圧力下における水酸基含有化合物（C）の融点未満の温度である。

（２）工程（II - b）における加熱温度は、工程（I - b）における加熱温度よりも高い。  
【0091】

このようにして、陽極体上（誘電体層上）に形成された導電性高分子層（電解質層）が得られる。その後は、導電性高分子層（電解質層）上に、陰極層を形成する。陰極層は、例えば、陰極層を構成する材料を電解質層上に塗布することによって形成できる。このようにしてコンデンサ素子が得られる。このコンデンサ素子を用いて電解コンデンサ（第２の電解コンデンサ）を製造できる。コンデンサ素子を用いて電解コンデンサを製造する方法に特に限定はなく、公知の方法を適用できる。

10

【0092】

以下では、本開示に係る電解コンデンサの例について、図面を参照して具体的に説明するが、本開示の電解コンデンサは以下の図によって限定されない。以下で説明する一例の電解コンデンサの構成要素には、上述した構成要素を適用できる。また、以下で説明する一例の電解コンデンサの構成要素は、上述した記載に基づいて変更できる。また、以下で説明する事項を、上記の実施形態に適用してもよい。なお、同様の部分については同一の符号を付して重複する説明を省略する場合がある。

20

【0093】

（実施形態１）

実施形態１では、第１の電解コンデンサの一例について説明する。図１は、実施形態１の電解コンデンサ１００の一例の断面を模式的に示す。図２は、図１に示した電解コンデンサ１００に含まれるコンデンサ素子の一部を展開した概略図を示す。

【0094】

図１に示すように、電解コンデンサ１００は、例えば、コンデンサ素子１０と、コンデンサ素子１０を収容する有底ケース１１と、有底ケース１１の開口を塞ぐ封止部材１２と、封止部材１２を覆う座板１３と、封止部材１２から導出され、座板１３を貫通するリード線１４Ａおよび１４Ｂと、リード線１４Ａおよび１４Ｂとコンデンサ素子１０の電極とを接続するリードタブ１５Ａおよび１５Ｂ（図示せず）とを含む。コンデンサ素子１０は、有底ケース１１に収容される。コンデンサ素子１０が液体成分（L）を含む場合、液体成分（L）も有底ケース１１に収容される。有底ケース１１の開口端近傍は、内側に絞り加工されており、開口端は封止部材１２をかしめるようにカール加工されている。

30

【0095】

コンデンサ素子１０は、表面に誘電体層を有する陽極体２１と、陰極体２２と、これら間に配置されたセパレータ２３とを含む。これらは、電極群（巻回体）２０を構成している。コンデンサ素子１０は、陽極体２１と陰極体２２との間に配置された電解質層（図示せず）とを含む。陽極体２１および陰極体２２は、それら間にセパレータ２３が配置された状態で巻回されている。巻回体の最外周は、巻止めテープ２４によって固定される。なお、図２は、巻回体の最外周を固定する前の、一部が展開された状態を示している。

40

【0096】

電解質層は、巻回体の巻き軸方向の両端部、および、巻回体の最外周部に、水酸基含有化合物（C）が偏在している偏在部を有する。

【0097】

（実施形態２）

実施形態２では、第２の電解コンデンサに含まれるコンデンサ素子の一例について説明する。図３は、実施形態２に係る電解コンデンサのコンデンサ素子２１０の断面を模式的に示す。

コンデンサ素子２１０は、陽極部２２０および陰極部２３０を含む。陽極部２２０は、

50

陽極体 221 と陽極ワイヤ 222 とを含む。陽極体 221 は、表面に形成された誘電体層 221a を含む。陽極ワイヤ 222 の一部は、陽極体 221 の中に埋設されている。陰極部 230 は、誘電体層 221a の少なくとも一部を覆う電解質層（例えば固体電解質層）231 と、電解質層 231 を覆う陰極層 232 とを有する。

【0098】

陽極ワイヤ 222 は、導電性材料から構成されている。陽極ワイヤ 222 の材料は特に限定されず、上記の弁作用金属であってもよいし、他の金属（銅、アルミニウム、アルミニウム合金など）であってもよい。

【0099】

陽極部 220 の作製の一例では、まず、陽極ワイヤ 222 の一部を金属の粉体（陽極体 221 の原料）の中に埋め込んだ状態で当該粉体を直方体状に加圧成形する。次に、当該粉体を焼結する。このようにして、誘電体層 221a を形成する前の陽極体 221 を得る。誘電体層 221a を形成する方法に限定はなく、公知の方法で形成してもよい。誘電体層 221a は、化成液中に陽極体 221 を浸漬して陽極体 221 の表面を陽極酸化することによって形成してもよい。あるいは、誘電体層 221a は、酸素を含む雰囲気下で陽極体 221 を加熱することによって形成してもよい。

【0100】

電解質層 231 および陰極層 232 を形成する方法に限定はなく、上記の方法や公知の方法で形成してもよい。

【0101】

コンデンサ素子 210 は、必要に応じて、リード線の接続と、絶縁性の材料（例えば絶縁性樹脂）による封止などが行われる。これらに限定はなく、公知の技術を適用できる。このようにして、第 2 の電解コンデンサが得られる。

【実施例】

【0102】

以下では、実施例によって本開示の実施形態をさらに詳細に説明する。この実施例では、複数の電解コンデンサ（コンデンサ A1、A2 およびコンデンサ C1～C4）を作製して評価した。それらのコンデンサの製造方法および評価方法について、以下に説明する。なお、比較例のコンデンサの作製方法の説明において、上述した工程（ii）および工程（iii）の条件とは異なる条件を用いる場合があるが、便宜上、それらも工程（ii）および工程（iii）として説明する。

【0103】

〔コンデンサ A1 の作製〕

コンデンサ A1 は、定格電圧が 35 V で定格静電容量が 270  $\mu$ F の巻回型の電解コンデンサ（直径 10 mm × 長さ 10 mm）である。以下の手順で、コンデンサ A1 を作製した。

【0104】

（陰極体の準備）

陰極体には、厚さ 50  $\mu$ m の Al 箔（アルミニウム箔）を用いた。

【0105】

（陽極体の準備）

厚さ 120  $\mu$ m の Al 箔を準備した。この Al 箔に直流エッチング処理を行い、表面を粗面化した。次いで、Al 箔に化成処理を施して誘電体層（厚さ：約 70 nm）を形成することによって、陽極体を得た。誘電体層は、アジピン酸アンモニウム溶液に Al 箔を浸漬させ、Al 箔に 50 V の電圧を印加しながら、70 で 5 時間化成処理を行うことによって形成した。その後、陽極体を所定のサイズに裁断することによって、コンデンサ A1 の陽極体を準備した。

【0106】

（巻回体の作製（工程（i）））

準備した陽極体および陰極体に、リード線が接続された陽極リードタブおよび陰極リー

10

20

30

40

50

ドタブをそれぞれ接続した。そして、陽極体と陰極体とを、セパレータを間に挟んで巻回し、外側表面を巻止めテープで固定した。セパレータには、合成繊維であるアラミド（芳香族ポリアミド繊維）からなる不織布を用いた。このようにして巻回体（コンデンサ素子前駆体）を作製した。作製した巻回体を、アジピン酸アンモニウム溶液に浸漬させ、陽極体に対して、50Vの電圧を印加しながら、70で60分間再度化成処理を行うことにより、主に陽極体の端面に誘電体層を形成した。

#### 【0107】

（水性処理液の調製）

マンニトールをイオン交換水に溶解することによって、濃度が10質量%のマンニトール水溶液を調製した。得られたマンニトール水溶液の粘度を測定したところ、5 mPa・s以下であった。

10

#### 【0108】

（水性分散液の調製）

3,4-エチレンジオキシチオフエンと、ドーパントとしてのポリスチレンスルホン酸とをイオン交換水に溶解することによって、それらの混合溶液を調製した。得られた混合溶液を攪拌しながら、イオン交換水に溶かした硫酸鉄(III)（酸化剤）を添加し、重合反応を行った。反応後、得られた反応液を透析して、未反応モノマーおよび過剰な酸化剤を除去し、約5質量%のポリスチレンスルホン酸(PSS)がドーブされたポリ(3,4-エチレンジオキシチオフエン)を含む分散液（水性分散液）を得た。以下では、約5質量%のポリスチレンスルホン酸(PSS)がドーブされたポリ(3,4-エチレンジオキシチオフエン)を、「PEDOT:PSS」と称する場合がある。また、PEDOT:PSSが分散している分散液を、「PEDOT:PSS分散液」と称する場合がある。このPEDOT:PSS分散液を用いて、PEDOT:PSSの濃度が2質量%である水性分散液を調整した。得られた分散液の粘度を測定したところ、25 mPa・sであった。

20

#### 【0109】

（工程(ii)）

まず、容器に水性処理液を配置した。次に、室温で大気圧雰囲気下において、容器内の水性処理液に巻回体（コンデンサ素子前駆体）を5分間浸漬した。このとき、リードタブが接続されていない側から巻回体を水性処理液に浸漬した（以下で説明する他の浸漬工程においても同様である）。その後、水性処理液から巻回体を引き上げた。このようにして、水性処理液を巻回体に含浸させた。次に、圧力が1気圧の乾燥炉内において巻回体を125で30分間乾燥させ、これによって水性処理液を乾燥させた。このようにして、巻回体の内部に、水酸基含有化合物(C)であるマンニトールを配置した。

30

#### 【0110】

また、巻回体を展開して電解質層を観察したところ、巻回体の軸方向の両端部に対応する箇所、および、巻回体の最外周部に対応する箇所に、マンニトールが偏在して析出していた。すなわち、電解質層は、巻回体の巻き軸方向の両端部、および、巻回体の最外周部に、マンニトールが偏在している偏在部を有していた。

#### 【0111】

（工程(iii)）

まず、容器に水性分散液を配置した。次に、室温で減圧雰囲気（40 kPa）において、容器内の水性分散液に巻回体を15分間浸漬し、その後、水性分散液から巻回体を引き上げた。このようにして、水性分散液を巻回体に含浸させた。次に、圧力が1気圧の乾燥炉内で、巻回体を、150で30分間乾燥させた。これによって、水性分散液を乾燥させた。このようにして、導電性高分子層を形成した。

40

#### 【0112】

（電解液の含浸）

工程(iii)を経た巻回体に、室温で大気圧雰囲気下において電解液を含浸させた。電解液としては、ポリエチレングリコールと - ブチロラクトンとスルホランとフタル酸モノ（エチルジメチルアミン）（溶質）とを、ポリエチレングリコール： - ブチロラクトン

50

：スルホラン：フタル酸モノ（エチルジメチルアミン）＝25：25：25：25の質量比で混合した溶液を用いた。このようにして、電解質層を含むコンデンサ素子を得た。このコンデンサ素子を封止して、電解コンデンサを完成させた。その後、定格電圧を印加しながら、130 で2時間エージング処理を行った。このようにして、コンデンサA1を得た。

【0113】

[コンデンサA2]

コンデンサA2は、セパレータを変えたことを除いて、コンデンサA1と同様の条件で作製した。セパレータには、セルロース系の天然繊維を用いた。

【0114】

[コンデンサC1]

コンデンサC1は、工程(ii)を行わないこと、および、工程(iii)の条件を変えたことを除いて、コンデンサA1と同様の条件で作製した。

【0115】

コンデンサC1の工程(iii)では、コンデンサA1の作製で説明したPEDOT：PSS分散液にマンニトールを溶解させることによって、水性分散液を調製した。水性分散液のPEDOT：PSSの濃度は2質量%とし、マンニトールの濃度は10質量%とした。得られた分散液の粘度を測定したところ、45 mPa・sであった。

【0116】

この水性分散液を用いて、コンデンサA1の工程(iii)と同様の条件で含浸を行った。次に、乾燥炉内で、巻回体を、60 で30分間乾燥させ、続けて125 で15分間乾燥させた。これによって水性分散液を乾燥させた。このようにして、導電性高分子層を形成した。その後は、コンデンサA1と同様の工程で、コンデンサC1を作製した。

【0117】

[コンデンサC2]

コンデンサC2は、工程(ii)における乾燥時の温度、および工程(iii)における乾燥時の温度および時間を変えたことを除いて、コンデンサA1と同様の条件で作製した。コンデンサC2の工程(ii)では、180 で30分間乾燥を行った。コンデンサC2の工程(iii)では、60 で30分間乾燥を行った後、続けて125 で15分間乾燥を行った。

【0118】

[コンデンサC3]

コンデンサC3は、工程(ii)を行わないことを除いて、コンデンサC2と同様の条件で作製した。

【0119】

[コンデンサC4]

コンデンサC4は、セパレータを変えたことを除いて、コンデンサC2と同様の条件で作製した。セパレータには、セルロース系の天然繊維を用いた。

【0120】

(マンニトールの分布の評価)

コンデンサA1の工程(i)で作製した巻回体(工程(ii)を行う前のコンデンサ素子前駆体)について、巻回体の軸方向の端面を目視で観察した。当該端面の写真を図4(a)に示す。また、コンデンサA1およびコンデンサC2について、それぞれの工程(ii)を行った後の巻回体の端面を目視で観察した。それらの端面の写真を図4(b)および図4(c)に示す。図4に示すように、コンデンサA1の工程(ii)を行った場合、巻回体の端面に、マンニトールが白く偏在していた。この析出部は巻回体の両方の端部に存在していた。一方、コンデンサC2の工程(ii)の後では、そのような偏在は見られなかった。

【0121】

さらに、上記の3つの巻回体を分解してセパレータに保持された電解質を観察した。コンデンサA1の工程(ii)を行った後の電解質では、巻回体の巻き軸方向の両端部に対応

10

20

30

40

50

する部分、および、巻回体の最外周部に対応する部分に、マンニトールが偏在していた。一方、コンデンサC2の工程(ii)を行った後の電解質では、そのような偏在は見られなかった。

【0122】

上記の各コンデンサの作製方法と同様の方法で工程(ii)までを行った。そして、工程(ii)を経た巻回体(コンデンサ素子前駆体)を分解し、電解質層中のマンニトールの分布を調べた。具体的には、マンニトールの同定については、顕微FT-IR分析装置(ThermoFisher製Nicolet-iN10)を用いて実施した。マンニトールの分布比に関しては、まず、コンデンサ素子端部とコンデンサ素子中央部とを切り分け、それぞれに付着したマンニトールを水溶媒で抽出した。次に、それぞれの部分に存在するマンニトールの乾燥重量を求めた。この乾燥重量から、マンニトールの分布比を求めた。同様に、上記の各コンデンサの作製方法と同様の方法で工程(iii)までを行い、電解質層中のマンニトールの分布比を求めた。

10

【0123】

(特性の評価)

上記のようにして作製された電解コンデンサについて、等価直列抵抗(ESR)を測定した。ESRは、20℃の環境下で、4端子測定用のLCRメータを用いて測定した。また、上記電解コンデンサについて、1.0V/秒のレートで昇圧しながら電圧を印加し、0.5Aの過電流が流れる破壊耐電圧を測定した。

【0124】

また、上記の6種類のコンデンサをそれぞれ30個作製し、150℃の環境下において、定格電圧である35Vを印加し、60分経過時の短絡の有無を確認した。そして、30個のコンデンサのうち何個のコンデンサが短絡しているかを評価した。

20

【0125】

測定結果、および電解コンデンサの製造条件の一部を、表1に示す。なお、表1において、「PEDOT:PSS混合」とは、水性分散液がPEDOT:PSSとマンニトールを含む分散液であることを意味する。

【0126】

30

40

50

【表 1】

コンデンサ	セハレ ータ	工程(ii-a) 処理液	工程(ii-b) 乾燥条件	工程(ii)後のマンニ トールの分布 中央:上下端部	工程(iii-a) 水性分散液	工程(iii-b) 乾燥条件	工程(iii)後のマン ニトールの分布 中央:上下端部	ESR (mΩ)	破壊耐 電圧(V)	短絡 個数
A1	合成	マンニ トール	125°C 30分間	25:75	PEDOT:PSS	150°C30分間	20:80	12	79	0/30
A2	天然	マンニ トール	125°C 30分間	25:75	PEDOT:PSS	150°C30分間	20:80	17	75	0/30
C1	合成				PEDOT:PSS 混合	60°C30分間+ 125°C15分間		22	69	2/30
C2	合成	マンニ トール	180°C 30分間	50:50	PEDOT:PSS	60°C30分間+ 125°C15分間	50:50	10	70	0/30
C3	天然				PEDOT:PSS	60°C30分間+ 125°C15分間		29	60	6/30
C4	合成	マンニ トール	180°C 30分間	50:50	PEDOT:PSS	60°C30分間+ 125°C15分間	50:50	15	71	0/30

## 【0127】

コンデンサ A 1 および A 2 の工程 (ii - b) の乾燥の温度は、水性処理液の沸点以上である。また、マンニトールの融点は 165 ~ 169 程度である。したがって、コンデンサ A 1 および A 2 の工程 (ii - b) の乾燥の温度は、水性処理液の沸点以上であり、且つ、マンニトール（水酸基含有化合物（C））の融点未満である。一方、コンデンサ C 2 および C 4 の工程 (ii - b) の乾燥の温度は、マンニトール（水酸基含有化合物（C））の融点よりも高い。

## 【0128】

ESR の値は、低い方が好ましい。ESR の値は、20 m 以下（例えば 3 ~ 20 m

10

20

30

40

50

の範囲)であることが好ましく12m以下(例えば3~12mの範囲)であることがより好ましい。破壊耐電圧は高い方が好ましく、75V以上(例えば75~100Vの範囲)であることが好ましい。短絡個数は、少ない方が好ましい。

【0129】

表1に示すように、本開示のコンデンサA1およびA2は、ESR、破壊耐電圧、および短絡個数のいずれもが良好であった。ESRが低いのは、電解質層がマンニトール(水酸基含有化合物(C))を含むためであると考えられる。破壊耐電圧および短絡個数が低いのは、巻回体の巻き軸方向の両端部と巻回体の最外周部とにマンニトールが偏在しているためであると考えられる。

【0130】

合成繊維製のセパレータを用いたコンデンサC2と、天然繊維製のセパレータを用いたコンデンサC3とを比較すると、天然繊維製のセパレータを用いたコンデンサC3では、破壊耐電圧および短絡個数が大きく悪化した。一方、コンデンサA1とコンデンサA2とでは大きな差はなかった。これは、工程(ii)を行うことによって、セパレータが補強されるためであると考えられる。

【産業上の利用可能性】

【0131】

本開示は、電解コンデンサおよびその製造方法に利用できる。

【符号の説明】

【0132】

10、210 コンデンサ素子

20 電極群

21、221 陽極体

22 陰極体

23 セパレータ

100 電解コンデンサ

221a 誘電体層

222 陽極ワイヤ

230 陰極部

231 電解質層

232 陰極層

10

20

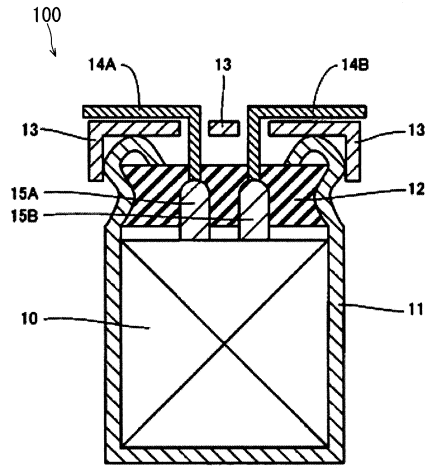
30

40

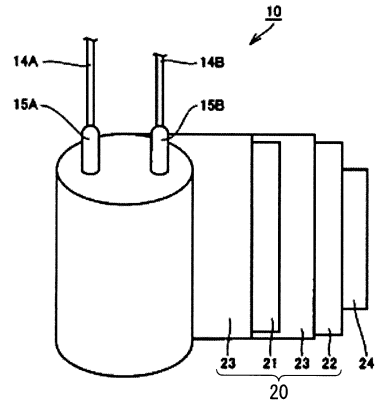
50

【図面】

【図 1】



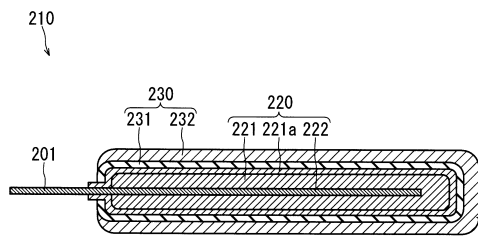
【図 2】



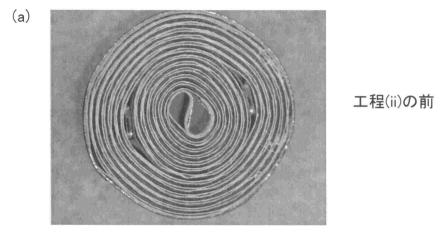
10

20

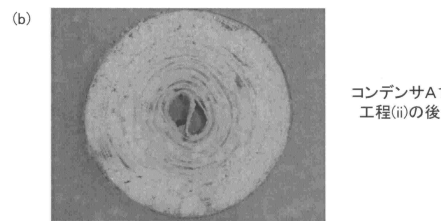
【図 3】



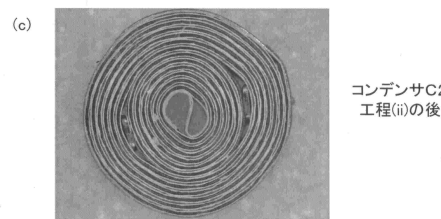
【図 4】



30



40



50

## フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2008-235908(JP,A)  
特開2014-090107(JP,A)  
国際公開第2012/137969(WO,A1)  
特開2014-007422(JP,A)  
特開2013-138145(JP,A)  
特開2015-211176(JP,A)  
特開2017-118051(JP,A)  
特開2011-014590(JP,A)  
特開2014-082392(JP,A)  
国際公開第2020/021679(WO,A1)  
特開2012-191178(JP,A)  
特開平02-230708(JP,A)  
特開2004-186684(JP,A)

## (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H01G 9/00  
H01G 9/15  
H01G 9/028  
H01G 9/145  
H01G 9/035