

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7203983号

(P7203983)

(45)発行日 令和5年1月13日(2023.1.13)

(24)登録日 令和5年1月4日(2023.1.4)

(51)国際特許分類

F I

|                |                         |                |                |          |
|----------------|-------------------------|----------------|----------------|----------|
| <b>B 0 6 B</b> | <b>1/02 (2006.01)</b>   | <b>B 0 6 B</b> | <b>1/02</b>    | <b>K</b> |
| <b>H 0 1 M</b> | <b>10/04 (2006.01)</b>  | <b>H 0 1 M</b> | <b>10/04</b>   | <b>W</b> |
| <b>H 0 1 M</b> | <b>10/0587(2010.01)</b> | <b>H 0 1 M</b> | <b>10/0587</b> |          |
| <b>H 0 1 M</b> | <b>50/538 (2021.01)</b> | <b>H 0 1 M</b> | <b>50/538</b>  |          |
| <b>H 0 1 M</b> | <b>50/536 (2021.01)</b> | <b>H 0 1 M</b> | <b>50/536</b>  |          |

請求項の数 7 (全19頁) 最終頁に続く

|                   |                             |
|-------------------|-----------------------------|
| (21)出願番号          | 特願2021-536865(P2021-536865) |
| (86)(22)出願日       | 令和2年7月3日(2020.7.3)          |
| (86)国際出願番号        | PCT/JP2020/026282           |
| (87)国際公開番号        | WO2021/020032               |
| (87)国際公開日         | 令和3年2月4日(2021.2.4)          |
| 審査請求日             | 令和3年11月26日(2021.11.26)      |
| (31)優先権主張番号       | 特願2019-141746(P2019-141746) |
| (32)優先日           | 令和1年7月31日(2019.7.31)        |
| (33)優先権主張国・地域又は機関 | 日本国(JP)                     |

|          |  |
|----------|--|
| (73)特許権者 | 505083999<br>ピークルエナジージャパン株式会社<br>茨城県ひたちなか市稲田1410番地 |
| (74)代理人  | 110002572<br>弁理士法人平木国際特許事務所                        |
| (72)発明者  | 山中 裕史<br>茨城県ひたちなか市稲田1410番地<br>ピークルエナジージャパン株式会社内    |
| (72)発明者  | 七海 毅<br>茨城県ひたちなか市高場2520番地<br>日立Astemo株式会社内         |
| 審査官      | 津久井 道夫   |

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 超音波ホーン、二次電池及び二次電池の製造方法

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

複数枚積層された金属箔および金属部材をアンビルと共に挟み込み、前記金属箔に当接した状態で超音波振動を付与して前記金属箔と前記金属部材とを超音波接合する超音波ホーンであって、

ホーン本体と、前記ホーン本体の前記アンビルに対向する対向面から前記アンビル側に突出するとともに、曲面からなる第1表面を有する第1突起と、前記第1突起の前記第1表面の中央部に設けられ前記アンビル側に突出する第2突起と、を有し、

前記第2突起は、平面からなる先端面と、前記先端面と前記第1突起の前記第1表面とを接続する曲面からなる第2表面と、を有することを特徴とする超音波ホーン。

10

## 【請求項2】

前記第1突起の前記第1表面と前記ホーン本体の前記対向面との境界部分において前記第1表面と前記対向面との成す角度は、5°以上30°以下であることを特徴とする請求項1に記載の超音波ホーン。

## 【請求項3】

前記第2突起の前記第2表面と前記第1突起の前記第1表面との境界部分において前記第2表面の前記対向面に対する角度は、15°以上35°以下であることを特徴とする請求項1に記載の超音波ホーン。

## 【請求項4】

前記第2突起の前記先端面の面積は、0.05mm<sup>2</sup>以上1.15mm<sup>2</sup>以下であるこ

20

とを特徴とする請求項 1 に記載の超音波ホーン。

【請求項 5】

前記第 1 突起は、前記ホーン本体に単数もしくは複数設けられており、

前記第 1 突起が前記ホーン本体に複数設けられている場合、前記複数の第 1 突起は、互いに 0.3 mm 以上の間隔を隔てて配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載の超音波ホーン。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の超音波ホーンとアンビルとを用いて互いに接合された電極群および集電板を備え、

前記電極群は、金属箔の表面に活物質層が形成され、捲回軸方向の一方または他方の端部に前記金属箔が露出する金属箔露出部がそれぞれ形成される正極と負極からなる電極がセパレータを介して捲回されることによって構成されており、

前記集電板は、前記電極群の前記金属箔露出部に接合された金属部材からなることを特徴とする二次電池。

【請求項 7】

金属箔の表面に活物質層が形成され、捲回軸方向の一方または他方の端部に前記金属箔が露出する金属箔露出部がそれぞれ形成される正極と負極からなる電極がセパレータを介して捲回された電極群と、前記電極群の前記金属箔露出部に接合される集電板と、を備える二次電池の製造方法であって、

前記電極群と前記集電板とを重ねる工程と、

請求項 1 に記載の超音波ホーンを前記電極群に押圧しながら振動させ、前記電極群と前記集電板とを超音波接合する工程と、

を備えることを特徴とする二次電池の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数枚積層された金属箔および金属部材をアンビルと共に挟み込み、金属箔に超音波振動を付与して金属箔と金属部材とを超音波接合する超音波ホーン、二次電池及び二次電池の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、例えば電気自動車等の動力源として、エネルギー密度の高いリチウムイオン二次電池の開発が進められている。特に車両等に搭載される二次電池としては、高い体積密度を有する角形二次電池が知られている。この角形二次電池は、正極箔の両面に正極活物質を塗布した正極と負極箔の両面に負極活物質を塗布した負極とをセパレータを介して扁平状に捲回し、その捲回体（電極群）を角形の電池ケース内に収容したものである。

【0003】

このような角形二次電池においては、捲回体の捲回軸方向の両端部にそれぞれ正極と負極の金属箔を露出させた金属箔露出部を形成し、この金属箔露出部に電極端子や集電体を溶接等で接続することによって、通電経路を最短化して接続抵抗を低減している。

【0004】

また、多数枚積層した金属箔を超音波溶接する方法として、例えば特許文献 1 には、多数枚積層した金属箔の上面部、ホーン当接側に保護用の金属板を配し、超音波溶接を行う方法が開示されている。

【0005】

また、例えば特許文献 2 には、共振器の接合対象体の側の先端部が外面に角張ったシャープエッジの存在しない複数個の突起部を 2 段以上に積み重ねた構成であることが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 6 】

【文献】特開平 1 0 - 2 4 4 3 8 0 号公報

特開 2 0 1 9 - 1 0 6 5 5 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 7 】

しかしながら、上記特許文献 1 に記載の方法では、ホーン当接側に保護用の金属板を配置して超音波接合するため、部品や製造工程が増える。また、保護板も接合するため、接合部の厚みが厚くなり、保護板なしの場合に比べて接合時間が長くなる。

【 0 0 0 8 】

また、上記特許文献 2 の構成では、2 段に積み重ねられた突起部のうちのアンビル側に配置された突起部の先端にせん断応力が集中するため、金属箔が破損する。このような金属箔を用いて例えば二次電池を構成した場合、長期的に見て二次電池の出力低下につながる可能性がある。

【 0 0 0 9 】

本発明は、このような点を鑑みてなされたものであり、保護用の金属板を用いることなく、複数枚積層された金属箔に超音波振動を付与して金属箔と金属部材とを超音波接合する際に金属箔に破損が生じるのを抑制することが可能な超音波ホーン、二次電池及び二次電池の製造方法を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

上記課題を解決するために、本発明に係る超音波ホーンは、複数枚積層された金属箔および金属部材をアンビルと共に挟み込み、前記金属箔に当接した状態で超音波振動を付与して前記金属箔と前記金属部材とを超音波接合する超音波ホーンであって、ホーン本体と、前記ホーン本体の前記アンビルに対向する対向面から前記アンビル側に突出するとともに、曲面からなる第 1 表面を有する第 1 突起と、前記第 1 突起の前記第 1 表面の中央部に設けられ前記アンビル側に突出する第 2 突起と、を有し、前記第 2 突起は、平面からなる先端面と、前記先端面と前記第 1 突起の前記第 1 表面とを接続する曲面からなる第 2 表面と、を有する。

【発明の効果】

【 0 0 1 1 】

本発明によれば、保護用の金属板を用いることなく、複数枚積層された金属箔と金属部材とを超音波接合する際に金属箔に破損が生じるのを抑制することが可能な超音波ホーン、二次電池及び二次電池の製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

【図 1】本発明の一実施形態に係る超音波ホーンを用いて製造される角形二次電池の外観斜視図。

【図 2】本発明の一実施形態に係る超音波ホーンを用いて製造される角形二次電池の分解斜視図。

【図 3】図 2 に示す電極群を一部を展開した状態で示す斜視図。

【図 4】図 3 に示す電極群に集電板を接合する工程を模式的に示した図。

【図 5】本発明の一実施形態に係る超音波ホーンの第 1 突起および第 2 突起を示す図。

【図 6】本発明の一実施形態に係る超音波ホーンの第 1 突起および第 2 突起を示す側面図。

【図 7】本発明の一実施形態に係る超音波ホーンの第 1 突起および第 2 突起を示す拡大図。

【図 8】本発明の一実施形態に係る超音波ホーンによって負極側束ね部を押圧した状態を示す断面図。

【図 9】本発明の一実施形態とは異なり、第 2 突起の先端を平面ではなく半球状に形成した超音波ホーンによって負極箔露出部を押圧した状態を示す断面図。

【図 1 0】本発明の変形例による超音波ホーンの第 2 突起を示す拡大図。

10

20

30

40

50

**【発明を実施するための形態】****【0013】**

以下、本発明の実施形態による超音波ホーン及びそれを用いた二次電池の製造方法について説明する。

**【0014】**

図1～図3を参照して、本発明の一実施形態による超音波ホーンを用いて製造される角形二次電池について説明する。ここでは、角形二次電池20をリチウムイオン二次電池に適用する例について説明する。

**【0015】**

図1は、本発明の一実施形態に係る超音波ホーンを用いて製造される角形二次電池の外観斜視図である。図2は、本発明の一実施形態に係る超音波ホーンを用いて製造される角形二次電池の分解斜視図である。図1および図2に示すように、角形二次電池20は、電池ケース1と蓋6を備えている。電池ケース1の内部には、発電体である電極群3が収納され、電池ケース1の上部開口は蓋6によって封止されている。蓋6は、レーザ溶接によって電池ケース1に溶接されており、電池ケース1と蓋6によって電池容器が構成されている。

10

**【0016】**

蓋6には、正極外部端子8Aと負極外部端子8Bが設けられている。この正極外部端子8Aと負極外部端子8Bを介して電極群3が充電されると共に、外部負荷に電力が供給される。また、蓋6には、ガス排出弁10が一体的に設けられている。電池容器内の圧力が上昇するとガス排出弁10が開いて電池容器の内部からガスが排出され、電池容器内の圧力が低減され、角形二次電池20の安全性が確保されている。また、蓋6には、注液栓11が溶接されていて、電池ケース1内に電解液を注入するための注液口9が封止されている。

20

**【0017】**

角形二次電池20の電池ケース1の内部には、絶縁シート2を介して電極群3が収納されている。

**【0018】**

電極群3は、正極体（正極電極）301と負極体（負極電極）302をセパレータ303（いずれも図3参照）を介して捲回軸L周りで扁平状に捲回されている。電極群3は、断面が略半円形状の互いに対向する一对の湾曲部3a、3bと、これら一对の湾曲部3a、3bの間に連続して形成される平面部3cと、を有している。電極群3は、その平面部3cで且つ後述する金属箔露出部である正極箔露出部301cと負極箔露出部302c（共に図3参照）の少なくとも一部が束ねられて平板状とされて正極側束ね部301dと負極側束ね部302dが形成されている。正極側束ね部301dおよび負極側束ね部302dは、正極集電板4Aの一端（接続部42A）と負極集電板4Bの一端（接続部42B）にそれぞれ重ね合わされて溶接等によって接続されている。正極集電板4Aおよび負極集電板4Bは、本発明の「金属部材」の一例である。電極群3は、その捲回軸L方向が電池ケース1の横幅方向に沿うような姿勢で一方の湾曲部3b側から電池ケース1内に挿入され、他方の湾曲部3a側が電池ケース1の上部の開口部1a側となるように配置される。

30

40

**【0019】**

正極集電板4Aの他端（上端）と負極集電板4Bの他端（上端）はそれぞれ、正極外部端子8Aと負極外部端子8Bに接続されている。また、正極外部端子8Aと負極外部端子8Bは、不図示のバスバー等に溶接接合される溶接接合部を有している。この溶接接合部は、蓋6から上方に突出する直方体のブロック形状を呈しており、その下面が蓋6の表面に対向し、その上面が所定高さ位置で蓋6と平行になっている。

**【0020】**

正極外部端子8Aの溶接接合部の下面には、当該正極外部端子8Aと正極集電板4Aとを接続するための正極接続部12Aが一体に形成され、負極外部端子8Bの溶接接合部の下面には、当該負極外部端子8Bと負極集電板4Bとを接続するための負極接続部12B

50

が一体に形成されている。

【 0 0 2 1 】

また、正極集電板 4 A と負極集電板 4 B は、蓋 6 の下面に対向して配置される矩形板状の基部 4 1 A、4 1 B をそれぞれ有する。基部 4 1 A、4 1 B には、正極外部端子 8 A と負極外部端子 8 B に形成される正極接続部 1 2 A と負極接続部 1 2 B が挿通される開口穴 4 3 A、4 3 B がそれぞれ形成されている。なお、正極集電板 4 A と負極集電板 4 B は、基部 4 1 A、4 1 B の側端で折曲されて、電池ケース 1 の幅広面に沿って底面側へ向かって延出している。正極集電板 4 A と負極集電板 4 B は、電極群 3 の正極側束ね部 3 0 1 d と負極側束ね部 3 0 2 d に対向して重ね合わされた状態で接続される接続部 4 2 A、4 2 B をそれぞれ有している。

10

【 0 0 2 2 】

正極外部端子 8 A の正極接続部 1 2 A と負極外部端子 8 B の負極接続部 1 2 B は、正極外部端子 8 A と負極外部端子 8 B の下面から突出したそれぞれの先端が蓋 6 に形成された貫通孔 6 A、6 B に挿入可能な円柱形状を有している。正極接続部 1 2 A と負極接続部 1 2 B は、貫通孔 6 A、6 B を介して蓋 6 を貫通し、開口穴 4 3 A、4 3 B を介して正極集電板 4 A と負極集電板 4 B の基部 4 1 A、4 1 B よりも電池ケース 1 の内部側へ突出している。そして、正極接続部 1 2 A と負極接続部 1 2 B の先端がかしめられて、正極外部端子 8 A と正極集電板 4 A、負極外部端子 8 B と負極集電板 4 B が蓋 6 に一体に固定されている。ここで、正極外部端子 8 A および負極外部端子 8 B と蓋 6 との間にはガスケット 5 が介在され、正極集電板 4 A および負極集電板 4 B と蓋 6 との間には絶縁板 7 が介在されている。このガスケット 5 と絶縁板 7 によって、正極外部端子 8 A、負極外部端子 8 B、正極集電板 4 A および負極集電板 4 B が、蓋 6 から電氣的に絶縁されている。

20

【 0 0 2 3 】

なお、蓋 6 には注液口 9 が形成されており、この注液口 9 から電池ケース 1 内に電解液を注入した後、この注液口 9 に注液栓 1 1 を溶接することによって角形二次電池 2 0 を密閉封止している。

【 0 0 2 4 】

また、正極集電板 4 A は、その中間部分に過大電流が流れた場合に電流を遮断する電流遮断部 1 0 1 を有している。この電流遮断部 1 0 1 は、例えば正極集電板 4 A の一部に幅の狭い箇所を設けて形成され、かかる箇所が過大電流により溶断することによって正極集電板 4 A を電極群 3 側と正極外部端子 8 A 側に分離できるようになっている。なお、電流遮断部 1 0 1 は、負極集電板 4 B に形成してもよいし、正極集電板 4 A と負極集電板 4 B の双方に形成してもよい。また、電流遮断部 1 0 1 は、過大電流が流れた場合に集電板を流れる電流を遮断できれば、上記する構成に限定されるものではない。

30

【 0 0 2 5 】

また、電池ケース 1、蓋 6、正極集電板 4 A および正極外部端子 8 A は、アルミニウムまたはアルミニウム合金で作製され、負極集電板 4 B および負極外部端子 8 B は、銅または銅合金で作製されている。

【 0 0 2 6 】

図 3 は、図 2 に示す電極群 3 の一部を展開した斜視図である。なお、図 3 は、正極体（正極電極）3 0 1 及び負極体（負極電極）3 0 2 の金属箔露出部（正極箔露出部 3 0 1 c、負極箔露出部 3 0 2 c）を束ねて接合する前の状態を示している。

40

【 0 0 2 7 】

図 3 に示すように、電極群 3 は、セパレータ 3 0 3 を介して正極体 3 0 1 と負極体 3 0 2 を捲回軸 L 周りで扁平状に捲回して形成される。ここで、正極体 3 0 1 は、正極箔（金属箔）3 0 1 a の両面に正極合剤 3 0 1 b が塗布されて活物質層が形成され、正極箔 3 0 1 a の幅方向（捲回軸 L 方向）の一方の端部には、正極合剤 3 0 1 b が塗布されず正極箔 3 0 1 a が露出する正極箔露出部（金属箔露出部）3 0 1 c を有している。また、負極体 3 0 2 は、負極箔（金属箔）3 0 2 a の両面に負極合剤 3 0 2 b が塗布されて活物質層が形成され、負極箔 3 0 2 a の幅方向（捲回軸 L 方向）の他方の端部には、負極合剤 3 0 2

50

bが塗布されず負極箔302aが露出する負極箔露出部(金属箔露出部)302cを有している。そして、正極箔露出部301cと負極箔露出部302cとがそれぞれ巻回軸L方向で反対側に配置されるように、正極体301と負極体302が巻回軸L周りで巻回される。

#### 【0028】

ここで、各電極体301、302の作製方法を概説すると、負極体302においては、非晶質炭素粉末に対して結着剤としてのポリフッ化ビニリデン(PVDF: PolyVinylidene Difluoride)を質量比10:1で添加し、更に分散溶媒としてのN-メチルピロリドン(NMP: N-methylpyrrolidone)を添加して混練することによって負極合剤302bを作製する。この負極合剤302bを厚さ10 $\mu$ mの銅箔(負極箔302a)の両面に集電部(負極箔露出部302c)を残して塗布した後、乾燥、プレス、裁断して銅箔を含まない厚さ70 $\mu$ mの負極体302を作製する。

10

#### 【0029】

なお、本実施の形態では、負極合剤302bに非晶質炭素を用いる場合について説明したが、例えばリチウムイオンを挿入、脱離可能な天然黒鉛や人工の各種黒鉛材、コークスなどの炭素質材料等でもよく、その粒子形状は、例えば鱗片状、球状、繊維状、塊状等であってよい。

#### 【0030】

また、正極体301においては、マンガン酸リチウム(LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)に対して、導電材としての鱗片状黒鉛と結着剤としてのPVDFとを質量比10:1:1で添加し、更に分散溶媒としてのNMPを添加して混練することによって正極合剤301bを作製する。この正極合剤301bを厚さ20 $\mu$ mのアルミニウム箔(正極箔301a)の両面に集電部(正極箔露出部301c)を残して塗布した後、乾燥、プレス、裁断してアルミニウム箔を含まない厚さ90 $\mu$ mの正極体301を作製する。

20

#### 【0031】

なお、本実施の形態では、正極合剤301bにマンガン酸リチウムを用いる場合について説明したが、例えばスピネル結晶構造を有する他のマンガン酸リチウムや一部を金属元素で置換又はドーブしたリチウムマンガン複合酸化物、層状結晶構造を有すコバルト酸リチウムやチタン酸リチウムやこれらの一部を金属元素で置換またはドーブしたリチウム-金属複合酸化物を用いてもよい。

30

#### 【0032】

また、本実施の形態では、正極体301と負極体302における塗工部の結着剤としてPVDFを用いる場合について説明したが、例えばポリテトラフルオロエチレン、ポリエチレン、ポリスチレン、ポリブタジエン、ブチルゴム、ニトリルゴム、スチレンブタジエンゴム、多硫化ゴム、ニトロセルロース、シアノエチルセルロース、各種ラテックス、アクリロニトリル、フッ化ビニル、フッ化ビニリデン、フッ化プロピレン、フッ化クロロプロレン、アクリル系樹脂などの重合体及びこれらの混合体などを用いてもよい。

#### 【0033】

図4は、図3に示す電極群に集電板を接合する工程を模式的に示した図である。以下では、負極体302と負極集電板4Bとを接合する場合について説明するが、正極体301と正極集電板4Aとを接合する場合についても同様である。つまり、銅からなる金属箔と集電板との接合に限らず、アルミニウムからなる金属箔と集電板との接合にも適用可能であり、さらに銅およびアルミニウム以外の金属箔と集電板との接合にも適用可能である。

40

#### 【0034】

図4に示すように、電極群3の負極箔露出部302cが束ねられて平板状とされた負極側束ね部302dの一方面302eに負極集電板4Bの接続部42Bを配置し、超音波接合によって電極群3の負極箔露出部302cと負極集電板4Bの接続部42Bとをそれぞれの平面部同士を当接させた状態で接合する。

#### 【0035】

具体的には、負極箔露出部302cと負極集電板4Bの接続部42Bとを接合する超音

50

波接合装置 500 は、ホーン（超音波ホーン）510 と、ホーン 510 に対向配置されるアンビル 520 と、ホーン 510 を駆動する図示しないホーン駆動部とを備えている。

【0036】

この超音波接合装置 500 のアンビル 520 上に負極集電板 4B の接続部 42B を配置し、接続部 42B 上に負極箔露出部 302c を配置する。そして、ホーン 510 とアンビル 520 で負極箔露出部 302c の負極側束ね部 302d と接続部 42B を挟持した状態でホーン 510 を負極側束ね部 302d に押圧しながら超音波振動させる。これにより、接続部 42B および負極箔露出部 302c の表面に存在する酸化被膜が除去されるとともに、振動による摩擦熱によって原子拡散が促進されることによって、接続部 42B と負極箔露出部 302c とが超音波接合する。

10

【0037】

ここで、本実施形態では図 5 および図 6 に示すように、ホーン 510 は、略直方体形状のホーン本体 511 と、ホーン本体 511 のアンビル 520 に対向する平坦面からなる対向面 511a からアンビル 520（図 4 参照）側に突出する第 1 突起 512 と、第 1 突起 512 の第 1 表面 512a の中央部（ホーン本体 511 から最も離れた部分）に設けられアンビル 520 側に突出する第 2 突起 513 とによって構成されている。本実施形態では、主に第 1 突起 512 が、複数個（ここでは 3 個）設けられており、図 4 の紙面に対して垂直方向、すなわち図 2 に示す負極集電板 4B の長手方向に沿って一直線上に配置されている。第 1 突起 512 を複数個設けることによって、負極箔露出部 302c と負極集電板 4B とが複数箇所 で接合されるので、負極箔露出部 302c および負極集電板 4B の間における長期的な接続信頼性を向上させることができる。本実施形態では、ホーン本体 511 には、3 個の第 1 突起 512 が設けられているが、第 1 突起 512 の数は特に限定されるものではなく、後述する実施例 8 から分かるように 1 個でも接続信頼性を向上させることができ、第 1 突起 512 の数は 1 個以上設けられていればよい。なお、ホーン 510 の材質は、特に限定されるものではないが、例えばアルミニウム合金やチタン合金を用いることができる。また、ホーン 510 の製造方法は、特に限定されるものではないが、例えば焼結や鋳造によって製造することができる。ホーン本体 511、第 1 突起 512 および第 2 突起 513 は、一体で形成されているが、第 1 突起 512 と第 2 突起 513 とを一体で形成し、これをホーン本体 511 に固定することもできる。

20

【0038】

図 4 および図 7 に示すように、第 1 突起 512 は球体の一部からなる。第 1 突起 512 の第 1 表面 512a は曲面からなり、ここでは球面の一部からなる。第 1 突起 512 の第 1 表面 512a は、負極箔露出部 302c と負極集電板 4B とを接合する際に、アンビル 520 との間で負極側束ね部 302d と負極集電板 4B とを挟み込み、負極側束ね部 302d を押圧する。これにより、積層状態の負極箔露出部 302c 同士が密着し、その間に隙間が生じなくなる。

30

【0039】

第 1 突起 512 の第 1 表面 512a とホーン本体 511 の対向面 511a との境界部分において第 1 表面 512a と対向面 511a とのなす角度  $\theta_1$  は、特に限定されるものではないが、 $60^\circ$  以下であることが好ましく、 $30^\circ$  以下であることがより好ましい。これは、角度  $\theta_1$  が小さくなるにしたがって、ホーン 510 を振動させた際に負極箔露出部 302c に加わる振動方向（図 4 の左右方向）の力が小さくなり、負極箔露出部 302c の破損を抑制することができるためである。

40

【0040】

また、角度  $\theta_1$  は、 $5^\circ$  以上であることが好ましい。角度  $\theta_1$  が  $0^\circ$  に近づくにしたがって、第 1 突起 512 から負極箔露出部 302c に加わる力が分散する。そして、負極箔露出部 302c のうちの第 2 突起 513 近傍の部分に加わる力が小さくなり、積層状態の負極箔露出部 302c 同士の密着性が低下する。このため、角度  $\theta_1$  を  $5^\circ$  以上にすることによって、積層状態の負極箔露出部 302c 同士の密着性を容易に確保することができる。

50

## 【 0 0 4 1 】

第2突起513は、円錐台の一部からなる。第2突起512は、ホーン本体511から最も離れた部分に配置され平面からなる先端面(図7の下面)513bと、先端面513bと第1突起512の第1表面512aとを接続する第2表面513aと、を有する。第2表面512aは、曲面からなり、ここでは円錐面の一部からなる。第2突起513は、負極箔露出部302cと負極集電板4Bとを接合する際に、負極箔露出部302cを押圧しながら超音波振動することにより、積層状態の負極箔露出部302c同士を強固に接合するとともに、負極箔露出部302cと負極集電板4Bとを強固に接合する。

## 【 0 0 4 2 】

第2突起513の第2表面513aと第1突起512の第1表面512aとの境界部分において第2表面513aの対向面511aに対する角度 $\theta$ は、特に限定されるものではないが、 $60^\circ$ 以下であることが好ましく、 $35^\circ$ 以下であることがより好ましい。これは、角度 $\theta$ が小さくなるにしたがって、ホーン510を振動させた際に負極箔露出部302cに加わる振動方向(図4の左右方向)の力が小さくなり、負極箔露出部302cの破損を抑制することができるためである。

10

## 【 0 0 4 3 】

また、角度 $\theta$ は、 $15^\circ$ 以上であることが好ましい。球面の一部からなる第1表面512aに第2突起513を設けるためには、第2表面513aを第1表面512aよりも傾斜させる必要がある。角度 $\theta$ を $15^\circ$ 以上にすることによって、球面の一部からなる第1表面512aに対して第2突起513を下方に突出するように容易に形成することができる。

20

## 【 0 0 4 4 】

平面からなる先端面513bは、ホーン本体511の対向面511aおよびホーン510の振動方向と平行に形成されている。先端面513bは、負極箔露出部302cと負極集電板4Bとを接合する際に、先端面513bから負極箔露出部302cに加わる力が1点に集中するのを防止する。このため、負極箔露出部302cに生じるせん断応力が1点に集中しなくなるので、負極箔露出部302cが破損するのを抑制することができる。

## 【 0 0 4 5 】

また、ホーン510によって負極側束ね部302dを押圧する場合、図8に示すように、複数枚の負極箔露出部302cは、上層(ホーン510側の負極箔露出部302c)に向かうにしたがって変形量が大きくなり、最上層の負極箔露出部302cが最も変形量が大きくなる。このため、ホーン510に押圧されている部分においては、最上層の負極箔露出部302cの厚みが最も薄くなる。また、この変形に伴って、負極箔露出部302cのホーン510近傍の厚みが薄くなり、先端面513bに押圧されている部分の厚みが最も薄くなる。すなわち、最上層の負極箔露出部302cの先端面513bに押圧されている部分の厚みが最も薄くなる。図9は、本実施形態とは異なり、第2突起513の先端を平面ではなく半球状に形成したホーンによって負極箔露出部302cを押圧した状態を示す断面図である。図9に示すように、第2突起513の先端を例えば半球状や図示しないが尖った形状に形成した場合、負極箔露出部302cのうち第2突起513の先端によって押圧されている部分は、本実施形態の先端面513bによって押圧される場合に比べて、変形量がさらに大きくなるため厚みがさらに薄くなる。このため、図9に示した半球状や図示しない尖った形状に形成された第2突起513を用いて負極箔露出部302cに超音波振動を付与すると、先端面513bが設けられた本実施形態の第2突起513を用いて負極箔露出部302cに超音波振動を付与する場合に比べて、負極箔露出部302cが損傷しやすくなる。なお、図示しない尖った形状に形成された第2突起513を用いる場合、負極箔露出部302cを押圧した段階で負極箔露出部302cが損傷する場合もある。

30

40

## 【 0 0 4 6 】

先端面513bの面積は、特に限定されるものではないが、 $0.05\text{mm}^2$ 以上 $1.15\text{mm}^2$ 以下であることが好ましい。先端面513bの面積を $0.05\text{mm}^2$ 以上にすることによって、負極箔露出部302cと負極集電板4Bとを接合する際に、第2突起51

50

3から負極箔露出部302cに加わる力が分散されるので、負極箔露出部302cが破損するのを容易に抑制することができる。先端面513bの面積を $1.15\text{mm}^2$ 以下にすることによって、先端面513bから負極箔露出部302cに加わる力が分散する場合であっても、負極箔露出部302cおよび接続部42Bの表面の酸化被膜を除去するために必要な圧力が十分確保される。このため、負極箔露出部302cおよび接続部42Bの表面の一部に酸化被膜が残るのを容易に抑制することができる。

**【0047】**

また、複数（ここでは3個）の第1突起512は、互いに所定の間隔（例えば $0.3\text{mm}$ 以上）を隔てて配置されている。第1突起512同士の間隔W（図6参照）は、特に限定されるものではないが、 $0.3\text{mm}$ 以上であることが好ましい。これは以下の理由による。第1突起512を負極側束ね部302dに押圧すると、第1突起512により負極箔露出部302cが変形する。このとき、負極箔露出部302cが第1突起512によって横方向（図5の水平方向）に押される。第1突起512同士の間隔Wが小さい場合、第1突起512同士の間では、負極箔露出部302cの逃げ場がなくなるため、負極箔露出部302cにシワが生じる。このため、間隔Wは、 $0.3\text{mm}$ 以上であることが好ましい。

10

**【0048】**

なお、ホーン本体511の対向面511aから第2突起513の先端面513bまでの距離は、特に限定されるものではないが、負極箔露出部302cの厚み（ここでは $10\mu\text{m}$ ）に負極箔露出部302cの層数（例えば70層）を乗じた値（負極箔露出部302cの総厚）に対して、例えば $-0.1\text{mm}$ から $+0.3\text{mm}$ の範囲に設定される。

20

**【0049】**

本実施形態では、上記のように、ホーン本体511に、曲面からなる第1表面512aを有する第1突起512を設け、第1突起512の第1表面512aに第2突起513を設けている。これにより、第2突起513により負極箔露出部302cと接続部42Bとを接合する際に、第1突起512により負極箔露出部302cを加圧することによって、第2突起513の周囲近傍において積層状態の負極箔露出部302c同士が密着し、その間に隙間が生じることが抑制される。このため、第2突起513が負極箔露出部302cおよび接続部42Bを加圧しながら振動すると、接続部42Bおよび負極箔露出部302cの表面同士が第2突起513により均一に密着した状態で擦れる。これにより、第1突起512とアンビル520との間において接続部42Bおよび負極箔露出部302cの表面に存在する酸化被膜が除去されやすくなるとともに、摩擦熱による原子拡散が促進されるので、負極箔露出部302c同士を良好に接合することができるとともに、負極箔露出部302cと接続部42Bとを良好に接合することができる。

30

**【0050】**

また、第2突起513に平面からなる先端面513bを設ける。これにより、負極箔露出部302cと接続部42Bとを接合する際に、先端面513bから負極箔露出部302cに加わる力が1点に集中することがない。このため、負極箔露出部302cと接続部42Bとを接合する際に、応力が1点に集中することがないため、負極箔露出部302cが破損するのを抑制することができる。

**【0051】**

さらに、第2突起513に平面からなる先端面513bを設けることによって、第2突起513の先端を半球状や尖った形状に形成する場合に比べて、第2突起513で複数枚の負極箔露出部302cを押圧した際に上層の負極箔露出部302cのうち第2突起513で押圧される部分が薄くなることが抑制される。このため、負極箔露出部302cに超音波振動を付与した際に負極箔露出部302cが損傷するのをより抑制することができる。

40

**【0052】**

また、上記のように、第1突起512の角度 $\theta_1$ は、 $5^\circ$ 以上 $30^\circ$ 以下である。これにより、第1突起512の角度 $\theta_1$ を $30^\circ$ 以下にする。これにより、ホーン510を振動させた際に第1突起512から負極箔露出部302cに加わる振動方向（図4の左右方

50

向)の力が十分に小さくなる。このため、負極箔露出部302cの破損を十分に抑制することができる。また、角度1を5°以上にする。これにより、第1突起512から負極箔露出部302cに加わる力が分散しすぎるのを抑制し、負極箔露出部302cのうちの第2突起513近傍の部分が十分に加圧される。このため、積層状態の負極箔露出部302c同士の密着性を十分に確保することができる。

【0053】

また、上記のように、第2突起513の角度2は、35°以下である。これにより、ホーン510を振動させた際に第2突起513から負極箔露出部302cに加わる振動方向(図4の左右方向)の力が十分に小さくなる。このため、負極箔露出部302cの破損を十分に抑制することができる。

10

【0054】

また、上記のように、第2突起513の先端面513bの面積は、 $0.05\text{mm}^2$ 以上である。これにより、負極箔露出部302cと接続部42Bとを接合する際に、先端面513bから負極箔露出部302cに加わる力が十分に分散される。このため、負極箔露出部302cに生じる応力が十分に分散されるので、負極箔露出部302cが破損するのを抑制することができる。また、先端面513bの面積は、 $1.15\text{mm}^2$ 以下である。これにより、先端面513bから負極箔露出部302cに加わる力が分散する場合であっても、負極箔露出部302cおよび接続部42Bの表面の酸化被膜を除去するために必要な圧力が十分確保される。このため、負極箔露出部302cおよび接続部42Bの表面の一部に酸化被膜が残るのを容易に抑制することができる。

20

【0055】

また、上記のように、第1突起512は、ホーン本体511に複数設けられており、複数の第1突起512は、互いに $0.3\text{mm}$ 以上の間隔Wを隔てて配置されている。これにより、第1突起512を負極側束ね部302dに押圧した際に、第1突起512によって負極箔露出部302cが横方向に押されたとしても、第1突起512同士の間負極箔露出部302cの逃げ場が十分確保されている。このため、負極箔露出部302cにシワが生じるのを抑制することができる。

【0056】

次に、本実施形態の効果を確認するために実施した確認実験について説明する。まず、ホーン510に第1突起512および第2突起513の両方を設けることによる効果を確認した実験について説明する。

30

【0057】

(実施例1)

実施例1では、ホーン本体511に3個の第1突起512を設けたホーン510を用いて、負極箔露出部302cが束ねられた負極側束ね部302dと負極集電板4Bの接続部42Bとを接合した。第1突起512の角度1を60°とし、第2突起513の角度2を60°とした。第2突起513の各先端面513bの面積を $0.15\text{mm}^2$ とした。第1突起512同士の間隔Wを $2.8\text{mm}$ とした。その他の構成は、上記実施形態と同様にした。

【0058】

(実施例2)

実施例2では、角度1を45°とし、角度2を60°とした。その他の構成は、実施例1と同様にした。

40

【0059】

(実施例3)

実施例3では、角度1を30°とし、角度2を45°とした。その他の構成は、実施例1と同様にした。

【0060】

(実施例4)

実施例4では、角度1を30°とし、角度2を35°とした。その他の構成は、実

50

施例 1 と同様にした。

【 0 0 6 1 】

( 実施例 5 )

実施例 5 では、角度 1 を 3 0 ° とし、角度 2 を 1 5 ° とした。その他の構成は、実施例 1 と同様にした。

【 0 0 6 2 】

( 実施例 6 )

実施例 6 では、角度 1 を 5 ° とし、角度 2 を 3 5 ° とした。その他の構成は、実施例 1 と同様にした。

【 0 0 6 3 】

( 実施例 7 )

実施例 7 では、角度 1 を 5 ° とし、角度 2 を 1 5 ° とした。その他の構成は、実施例 1 と同様にした。

【 0 0 6 4 】

( 比較例 1 )

比較例 1 では、ホーン本体 5 1 1 に 3 個の第 1 突起 5 1 2 を設け、第 2 突起 5 1 3 を設けなかった。角度 1 を 6 0 ° とした。その他の構成は、実施例 1 と同様にした。

【 0 0 6 5 】

( 比較例 2 )

比較例 2 では、角度 1 を 4 5 ° とした。その他の構成は、比較例 1 と同様にした。

【 0 0 6 6 】

( 比較例 3 )

比較例 3 では、角度 1 を 3 0 ° とした。その他の構成は、比較例 1 と同様にした。

【 0 0 6 7 】

( 比較例 4 )

比較例 4 では、ホーン本体 5 1 1 に 3 個の第 1 突起を設け、第 2 突起を設けなかった。比較例 4 の第 1 突起は、上記第 1 突起 5 1 2 とは異なり、負極箔露出部 3 0 2 c に向かって先端が尖った四角錐形状にした。この第 1 突起の側面とホーン本体 5 1 1 の対向面 5 1 1 a とのなす角度 1 を 4 5 ° とした。その他の構成は、実施例 1 と同様にした。

【 0 0 6 8 】

( 比較例 5 )

比較例 5 では、上記特許文献 1 と同様にアンビル 5 2 0 上に負極集電板 4 B の接続部 4 2 B および負極側束ね部 3 0 2 d を配置し、負極側束ね部 3 0 2 d 上に金属からなる保護材を配置して、比較例 4 と同じホーン 5 1 0 を用いて接続部 4 2 B と負極側束ね部 3 0 2 d とを接合した。その他の構成は、比較例 4 と同様にした。

【 0 0 6 9 】

そして、実施例 1 - 7 および比較例 1 - 5 について接合状態を確認した。なお、接合条件については、ホーン 5 1 0 の振動数を 2 0 k H z とした。また、接合時間を 0 . 1 ~ 1 . 5 m s e c 、ホーン 5 1 0 の加圧力を 4 0 0 ~ 3 0 0 0 N 、ホーン 5 1 0 の振幅量を 3 0 ~ 7 0 μ m の範囲で変化させ、実施例 1 - 7 および比較例 1 - 5 のそれぞれについて最適な条件を見出した。そして、実施例 1 - 7 および比較例 1 - 5 のそれぞれについて最適な条件で接合したものについて、接合状態を確認した。その結果を、以下の表 1 に示す。

【 0 0 7 0 】

なお、負極箔露出部 3 0 2 c に亀裂等の破損が生じることなく良好に接合された場合を ○ 、負極箔露出部 3 0 2 c に小さな亀裂や破断のみが生じ、かつ、少量の金属粉のみが生じた場合を △ 、負極箔露出部 3 0 2 c に大きな亀裂や破断が生じ多量の金属粉が生じた場合を × 、負極箔露出部 3 0 2 c と接続部 4 2 B とが接合されなかった場合を × とした。

【 0 0 7 1 】

10

20

30

40

50

【表 1】

|       | 保護材 | 角度(°)  |        | 接合状態 |
|-------|-----|--------|--------|------|
|       |     | 第 1 突起 | 第 2 突起 |      |
| 実施例 1 | 無   | 60     | 60     | ○    |
| 実施例 2 | 無   | 45     | 60     | ○    |
| 実施例 3 | 無   | 30     | 45     | ○    |
| 実施例 4 | 無   | 30     | 35     | ◎    |
| 実施例 5 | 無   | 30     | 15     | ◎    |
| 実施例 6 | 無   | 5      | 35     | ◎    |
| 実施例 7 | 無   | 5      | 15     | ◎    |
| 比較例 1 | 無   | 60     | -      | ×    |
| 比較例 2 | 無   | 45     | -      | ×    |
| 比較例 3 | 無   | 30     | -      | ×    |
| 比較例 4 | 無   | 45     | -      | △    |
| 比較例 5 | 有   | 45     | -      | ○    |

10

20

## 【0072】

表 1 を参照して、実施例 1 - 3 では、比較例 1 - 4 と異なり、負極箔露出部 302c に小さな亀裂や破断のみが生じ、かつ、少量の金属粉のみが生じたが、良好に接合されることが判明した。また、実施例 4 - 7 では、負極箔露出部 302c に亀裂等の破損が生じることなく良好に接合されることが判明した。

## 【0073】

このように、実施例 1 - 7 では、負極箔露出部 302c と接続部 42B とを良好に接合することができたのは、以下の理由によるものと考えられる。第 1 突起 512 により負極箔露出部 302c を加圧することによって、積層状態の負極箔露出部 302c 同士を密着させ、その間に隙間が生じるのを抑制する。これにより、第 2 突起 513 が負極箔露出部 302c および接続部 42B を加圧しながら振動すると、接続部 42B および負極箔露出部 302c の表面同士が密着した状態で擦れる。このため、接続部 42B および負極箔露出部 302c の表面に存在する酸化被膜が除去されやすくなるとともに、摩擦熱による原子拡散が促進されるので、負極箔露出部 302c と接続部 42B とを良好に接合することができたと考えられる。

30

## 【0074】

また、実施例 4 - 7 のように、第 1 突起 512 の角度 1 を 5° 以上、30° 以下にし、第 2 突起 513 の角度 2 を 15° 以上、35° 以下にすることによって、負極箔露出部 302c に亀裂等の破損が生じることなく良好に接合することができたのは、以下の理由によるものと考えられる。すなわち、角度 1 を 30° 以下にすることによって、ホーン 510 を振動させた際に第 1 突起 512 から負極箔露出部 302c に加わる振動方向（図 4 の左右方向）の力が小さくなるので、負極箔露出部 302c の破損を抑制することができた。角度 1 を 5° 以上にすることによって、積層状態の負極箔露出部 302c 同士の密着性を十分に確保することができた。角度 2 を 35° 以下にすることによって、ホーン 510 を振動させた際に第 2 突起 513 から負極箔露出部 302c に加わる振動方向（図 4 の左右方向）の力が小さくなるので、負極箔露出部 302c の破損を抑制することができた。

40

## 【0075】

比較例 1 - 3 では、負極箔露出部 302c と接続部 42B とが接合されないことが判明した。これは、第 1 突起 512 の第 1 表面 512a は球面の一部によって形成されている

50

ため、負極箔露出部 3 0 2 c に加わる力が分散する。このため、負極箔露出部 3 0 2 c および接続部 4 2 B の表面に存在する酸化被膜を除去することができないので、負極箔露出部 3 0 2 c と接続部 4 2 B とが接合されなかったと考えられる。

【 0 0 7 6 】

比較例 4 では、負極箔露出部 3 0 2 c に大きな亀裂や破断が生じ多量の金属粉が生じることが判明した。これは、ホーン本体 5 1 1 に設けられた第 1 突起の先端が尖っているため、負極箔露出部 3 0 2 c に加わる力が集中しすぎて、負極箔露出部 3 0 2 c に大きな亀裂や破断が生じたと考えられる。

【 0 0 7 7 】

比較例 5 では、負極箔露出部 3 0 2 c に亀裂等の破損が低減されて接合されることが判明した。しかし、比較例 5 では、実施例 4 - 7 に比べて負極箔露出部 3 0 2 c の破損は大きくなった。また、比較例 5 では、上記特許文献 1 と同様、アンビル 5 2 0 上に保護材を配置するため、部品点数および製造工程が増加する。

10

【 0 0 7 8 】

次に、第 2 突起 5 1 3 の先端面 5 1 3 b の面積と接合状態との関係を確認した実験について説明する。

【 0 0 7 9 】

( 実施例 8 )

実施例 8 では、ホーン本体 5 1 1 に 1 個の第 1 突起 5 1 2 を設け、第 2 突起 5 1 3 の先端面 5 1 3 b の面積を  $0.05 \text{ mm}^2$  とした。その他の構成は、実施例 4 と同様にした。

20

【 0 0 8 0 】

( 実施例 9 )

実施例 9 では、第 2 突起 5 1 3 の先端面 5 1 3 b の面積を  $0.29 \text{ mm}^2$  とした。その他の構成は、実施例 4 と同様にした。

【 0 0 8 1 】

( 実施例 1 0 )

実施例 1 0 では、第 2 突起 5 1 3 の先端面 5 1 3 b の面積を  $1.15 \text{ mm}^2$  とした。その他の構成は、実施例 4 と同様にした。

【 0 0 8 2 】

( 実施例 1 1 )

実施例 1 1 では、第 2 突起 5 1 3 の先端面 5 1 3 b の面積を  $2.36 \text{ mm}^2$  とした。その他の構成は、実施例 4 と同様にした。

30

【 0 0 8 3 】

( 比較例 6 )

比較例 6 では、第 2 突起 5 1 3 の先端面 5 1 3 b の面積を  $0.00 \text{ mm}^2$  とした。すなわち、第 2 突起 5 1 3 に先端面 5 1 3 b を設けなかった。その他の構成は、実施例 4 と同様にした。

【 0 0 8 4 】

そして、実施例 4、8 - 1 1 および比較例 6 について接合状態を確認した。なお、接合条件および判定条件については、上述した実施例 1 - 7 および比較例 1 - 5 についての接合状態の確認実験と同様にした。

40

【 0 0 8 5 】

【表 2】

|       | 角度(°) |      | 突起数<br>(個) | 第2突起                       | 接合状態        |
|-------|-------|------|------------|----------------------------|-------------|
|       | 第1突起  | 第2突起 |            | 先端面積<br>(mm <sup>2</sup> ) |             |
| 実施例4  | 30    | 35   | 3          | 0.15                       | ◎           |
| 実施例8  | 30    | 35   | 1          | 0.05                       | ◎           |
| 実施例9  | 30    | 35   | 3          | 0.29                       | ◎           |
| 実施例10 | 30    | 35   | 3          | 1.15                       | ◎           |
| 実施例11 | 30    | 35   | 3          | 2.36                       | ○(部分的に酸化被膜) |
| 比較例6  | 30    | 35   | 3          | 0.00                       | △           |

## 【0086】

表2を参照して、実施例4、8-11では、負極箔露出部302cに亀裂等の破損が生じることなく良好に接合されることが判明した。これは、以下の理由によるものと考えられる。第2突起513に平面からなる先端面513bを設けることによって、負極箔露出部302cと接続部42Bとを接合する際に、先端面513bから負極箔露出部302cに加わる力が1点に集中することが防止される。このため、負極箔露出部302cと接続部42Bとを接合する際に、負極箔露出部302cが破損するのを容易に抑制することができると思われる。

## 【0087】

なお、実施例11では、接続部42Bと負極箔露出部302cとの界面のごく一部に酸化被膜が残った。これは、先端面513bの面積を2.36mm<sup>2</sup>にすると、先端面513bから負極箔露出部302cに加わる力が分散するため、酸化被膜を除去するために必要な圧力が部分的に不足したためであると考えられる。この実施例11では、負極箔露出部302cに亀裂等の破損は生じることなく接合されたが、上記界面のごく一部に酸化被膜が残ったため、接合状態を△と判定した。

## 【0088】

比較例6では、負極箔露出部302cに大きな亀裂や破断が生じ多量の金属粉が生じることが判明した。これは、第2突起513に先端面513bが設けられていないため、負極箔露出部302cに加わる力が集中しすぎて、負極箔露出部302cに大きな亀裂や破断が生じたと考えられる。

## 【0089】

次に、第1突起512同士の間隔Wとシワの発生との関係を確認した実験について説明する。

## 【0090】

(実施例12)

実施例12では、第1突起512同士の間隔Wを0.3mmにした。その他の構成は、実施例4と同様にした。

## 【0091】

(実施例13)

実施例13では、第1突起512同士の間隔Wを0.0mmにした。その他の構成は、実施例4と同様にした。

## 【0092】

そして、実施例4、12および13について負極箔露出部302cに生じるシワを確認した。なお、接合条件については、上述した実施例1-7および比較例1-5についての接合状態の確認実験と同様にした。

## 【0093】

10

20

30

40

50

【表 3】

|       | 突起数<br>(個) | 間隔W<br>(mm) | シワ発生状況 |
|-------|------------|-------------|--------|
| 実施例4  | 3          | 2.8         | なし     |
| 実施例12 | 3          | 0.3         | なし     |
| 実施例13 | 3          | 0           | あり     |

## 【0094】

10

表3を参照して、実施例4および12では、負極箔露出部302cにシワは生じなかった。一方、実施例13では、負極箔露出部302cにシワが生じた。これは、以下の理由によるものと考えられる。第1突起512を負極側束ね部302dに押圧すると、第1突起512により負極箔露出部302cが変形する。このとき、第1突起512同士の間隔Wが小さい(ここでは0.00mm)場合、第1突起512同士の間では、第1突起512によって横方向(図4の水平方向)に押された負極箔露出部302cの逃げ場がなくなる。このため、負極箔露出部302cにシワが生じたと考えられる。

## 【0095】

シワの発生を考慮した場合、第1突起512同士の間隔Wが0.3mm以上であればよく、上限は特にない。このことは、上記実験結果には記載しなかったが第1突起512の突起数が1個の場合(すなわち、間隔Wが無限大)にもシワが生じなかったことから分かる。したがって、第1突起512同士の間隔Wは、0.3mm以上で、かつ、負極集電板4Bの接続部42B(図2参照)の長さが上限となり、その上限は、角形二次電池20のサイズによって異なる。

20

## 【0096】

なお、本発明は上記した実施形態に限定されるものではなく、様々な変形形態が含まれる。例えば、上記した実施形態は本発明をわかりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施形態の構成の一部を他の実施形態の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施形態の構成に他の実施形態の構成を加えることも可能である。また、各実施形態の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

30

## 【0097】

例えば、上記実施形態では、本発明の超音波ホーンを用いて、二次電池を製造する例について示したが、本発明はこれに限らず、二次電池以外の製造に用いてもよい。

## 【0098】

また、上記実施形態では、第2突起513を円錐台の一部によって形成する例について示したが、本発明はこれに限らない。第2突起513を、例えば球体や楕円体の一部によって形成してもよい。

## 【0099】

また、上記実施形態では、第1突起512を球体の一部によって形成する例について示したが、本発明はこれに限らない。第1突起512を、例えば楕円体や円錐台の一部によって形成してもよい。

40

## 【0100】

また、第1突起512や第2突起513を楕円体の一部によって形成する場合、楕円体の長軸(長径)方向が超音波振動の振動方向と平行になるようにしてもよいし、楕円体の短軸(短径)方向が超音波振動の振動方向と平行になるようにしてもよい。

## 【0101】

また、上記実施形態では、複数個の第1突起512および複数個の第2突起513をそれぞれ同じ形状で同じ大きさに形成する例について示したが、本発明はこれに限らない。例えば、両端に配置される第1突起512をそれ以外の第1突起512よりも大きく形成

50

してもよいし、両端に配置される第2突起513をそれ以外の第2突起513よりも大きく形成してもよい。また、例えば、両端に配置される第1突起512をそれ以外の第1突起512よりも小さく形成してもよいし、両端に配置される第2突起513をそれ以外の第2突起513よりも小さく形成してもよい。

【0102】

また、上記実施形態では、複数個の第1突起512を振動方向に対して垂直方向に配列する例について示したが、本発明はこれに限らず、複数個の第1突起512を振動方向に配列してもよい。

【0103】

また、上記実施形態では、ホーン本体511に複数個の第1突起512を負極集電板4Bの長手方向に沿って一列設ける例について示したが、本発明はこれに限らず、例えばこの列を、負極集電板4Bの短手方向に複数列設けてもよい。

【0104】

また、第2突起513を図10に示す変形例のように、第2表面513aと先端面513bとを曲面で接続してもよい。この場合、第2突起513に尖った部分がなくなるので、金属箔の破損をより抑制することができる。

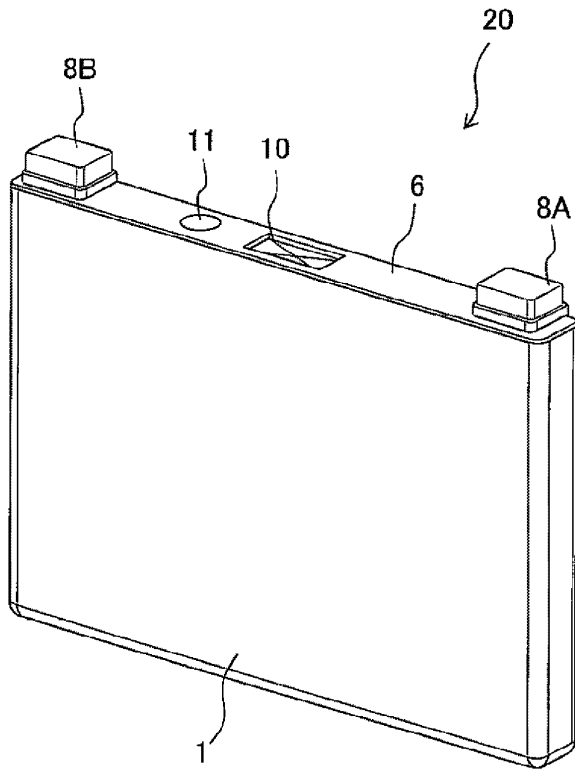
【符号の説明】

【0105】

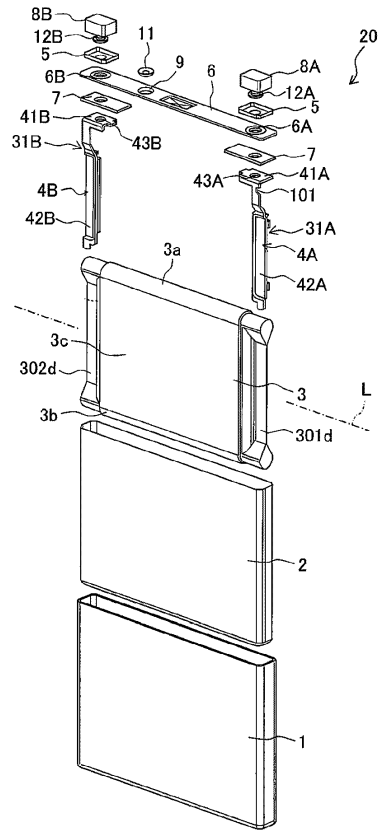
|      |              |    |
|------|--------------|----|
| 4A   | 正極集電板（金属部材）  |    |
| 4B   | 負極集電板（金属部材）  | 20 |
| 20   | 角形二次電池（二次電池） |    |
| 301a | 正極箔（金属箔）     |    |
| 302a | 負極箔（金属箔）     |    |
| 510  | ホーン（超音波ホーン）  |    |
| 511  | ホーン本体        |    |
| 511a | 対向面          |    |
| 512  | 第1突起         |    |
| 512a | 第1表面         |    |
| 513  | 第2突起         |    |
| 513a | 第2表面         | 30 |
| 513b | 先端面          |    |
| 520  | アンビル         |    |
| W    | 間隔           |    |
| 1、2  | 角度           |    |

【図面】

【図 1】



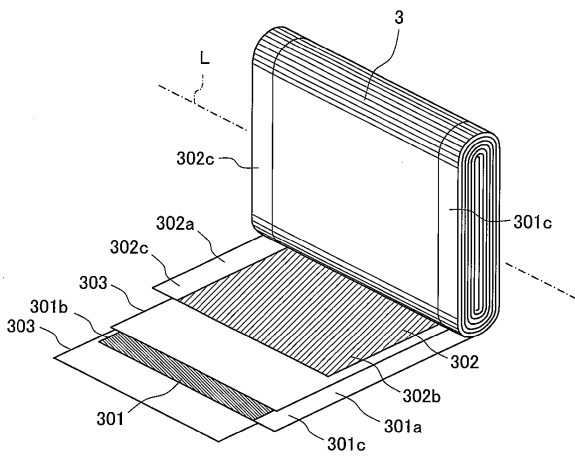
【図 2】



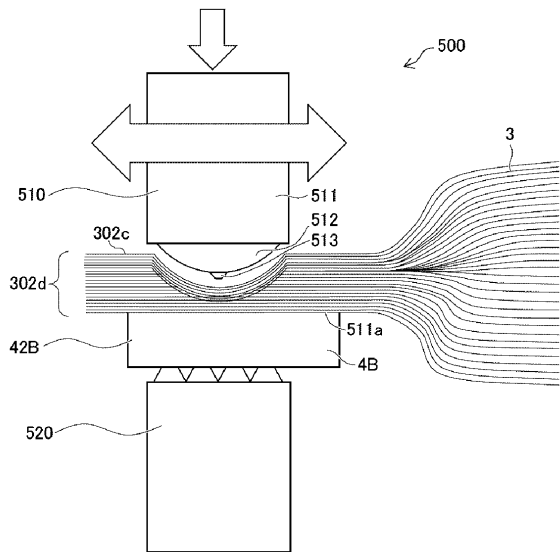
10

20

【図 3】



【図 4】

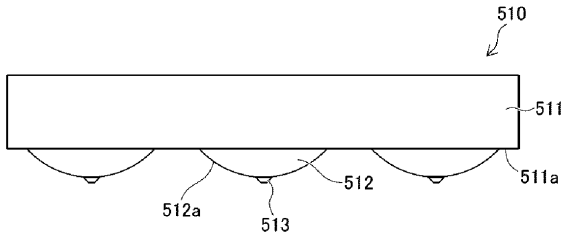


30

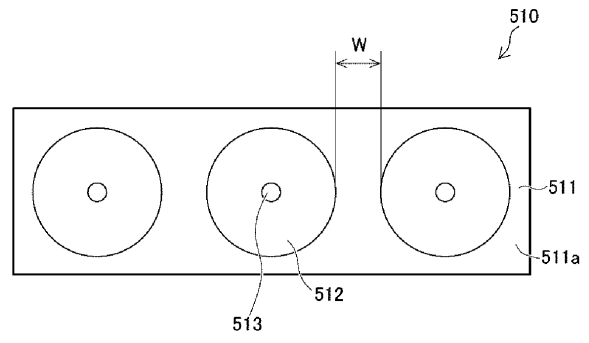
40

50

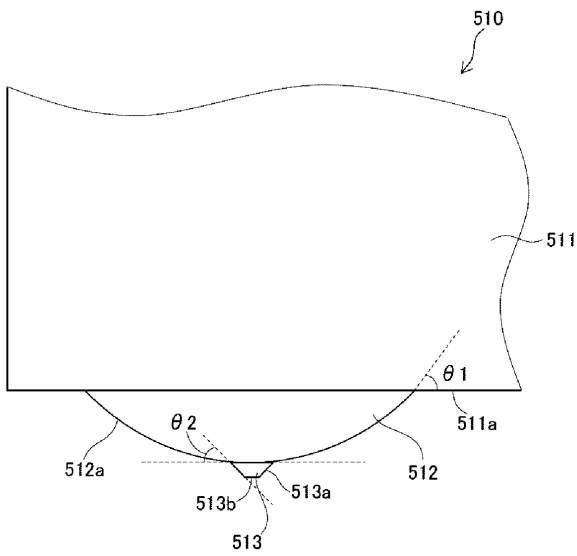
【図 5】



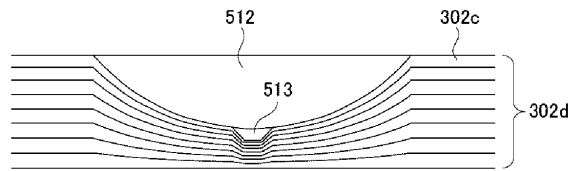
【図 6】



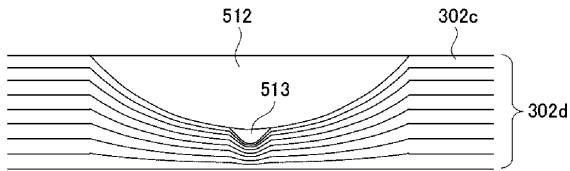
【図 7】



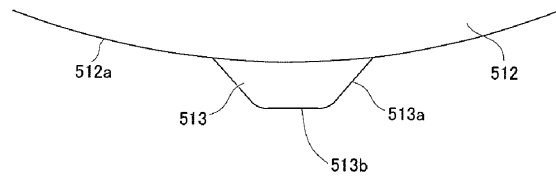
【図 8】



【図 9】



【図 10】



10

20

30

40

50

## フロントページの続き

(51)国際特許分類

|                |                         | F I     |        |
|----------------|-------------------------|---------|--------|
| <i>H 0 1 M</i> | <i>50/534 (2021.01)</i> | H 0 1 M | 50/534 |
| <i>B 2 3 K</i> | <i>20/10 (2006.01)</i>  | B 2 3 K | 20/10  |

(56)参考文献

- 特開 2 0 1 9 - 3 0 8 8 8 ( J P , A )
- 特開 2 0 1 9 - 1 0 6 5 5 ( J P , A )
- 特開 2 0 1 8 - 5 1 6 2 9 ( J P , A )
- 特開 2 0 1 5 - 1 9 9 0 9 5 ( J P , A )
- 特開 2 0 0 6 - 2 7 8 8 4 9 ( J P , A )
- 特開 2 0 0 4 - 7 9 5 6 3 ( J P , A )

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

- B 0 6 B 1 / 0 2
- H 0 1 M 1 0 / 0 4
- H 0 1 M 1 0 / 0 5 8 7
- H 0 1 M 5 0 / 5 3 8
- H 0 1 M 5 0 / 5 3 6
- H 0 1 M 5 0 / 5 3 4
- B 2 3 K 2 0 / 1 0