(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)特許出願公表番号
特表2004-505437
(P2004-505437A)
(43)公表日　平成16年2月19日(2004.2.19)

(51)Int.Cl.[7]	F I		テーマコード（参考）
H01G 9/048	H01G 9/04	328	4C053
A61N 1/39	A61N 1/39		
H01G 9/00	H01G 9/06	A	
H01G 9/008	H01G 9/08	F	
H01G 9/06	H01G 9/04	349	

審査請求 未請求　予備審査請求 有　（全 135 頁）　最終頁に続く

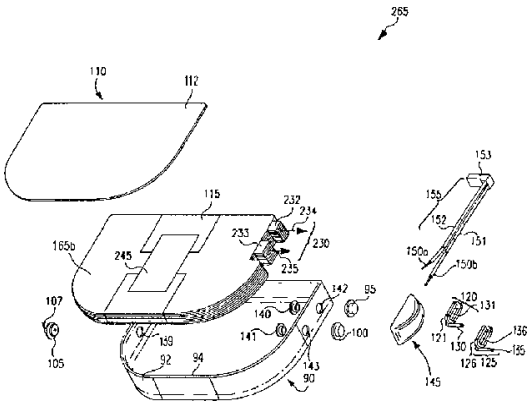
(21)出願番号　特願2002-507394(P2002-507394)
(86)(22)出願日　平成13年6月21日(2001.6.21)
(85)翻訳文提出日　平成15年1月6日(2003.1.6)
(86)国際出願番号　PCT/US2001/019887
(87)国際公開番号　WO2002/003407
(87)国際公開日　平成14年1月10日(2002.1.10)
(31)優先権主張番号　09/608,246
(32)優先日　平成12年6月30日(2000.6.30)
(33)優先権主張国　米国(US)
(81)指定国　EP(AT,BE,CH,CY,DE,DK,ES,FI,FR,GB,GR,IE,IT,LU,MC,NL,PT,SE,TR),CA,JP

(71)出願人　591007804
メドトロニック・インコーポレーテッド
アメリカ合衆国ミネソタ州５５４３２，ミネアポリス，メドトロニック・パークウェイ　７１０
(74)代理人　100089705
弁理士　社本　一夫
(74)代理人　100076691
弁理士　増井　忠弐
(74)代理人　100075270
弁理士　小林　泰
(74)代理人　100080137
弁理士　千葉　昭男
(74)代理人　100096013
弁理士　富田　博行

最終頁に続く

(54)【発明の名称】小型化されたエポキシコネクタ液滴を備えた扁平電解コンデンサを有する植え込み可能な医療装置

(57)【要約】
【課題】埋め込み可能な医療装置（ＩＭＤ）に使用される扁平電解コンデンサの装置とそれらを作成し使用する方法を提供する。
【解決手段】電極スタックアセンブリは積層される複数のコンデンサ層を備え、スタックのすべての隣接する陰極層と陽極層はセパレータ層で絶縁される。陽極端子手段は、コンデンサケース側壁を通して延びて、複数の陽極タブを互いに接続してケースの外部に陽極接続端子を設ける。陰極端子手段は、コンデンサケース側壁を通して延びるか、コンデンサケース側壁の封止領域まで延び、複数の陰極タブを互いに接続してケースの外部に陰極接続端子を設ける。コネクタアセンブリは、陽極接続端子と陽極タブとの電気接続を行い、陰極接続端子と陰極タブとの電気接続を行う。コネクタブロックは、陽極および陰極接続端子とコネクタアセンブリとの電気接続部を囲んで封止するコンデンサ側壁の封止領域に付着するエポキシ液滴から形成される。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
電解コンデンサであって、
内部ケース室を画定する密閉されたコンデンサケースであって、側壁上部開口端まで延びるケース側壁と、該側壁上部開口端に当てて密閉されて前記内部ケース室を包むカバーとを備えたコンデンサケースと、
前記内部ケース室内に位置する電極スタックアセンブリと電解質であって、該電極スタックアセンブリは、互いに位置合わせされて積層される複数のコンデンサ層をさらに備え、該コンデンサ層のそれぞれは、陰極タブを有する陰極層と、陽極タブを有する少なくとも１つの陽極層を備える陽極サブアセンブリと、隣接する陽極層と陰極層の間に位置するセパレータ層とを備え、それにより該スタックのすべての隣接する陰極層と陽極層はセパレータ層によって互いに電気的に絶縁される、電極スタックアセンブリと電解質と、
前記コンデンサケース側壁を通して延びて、複数の前記陽極タブを互いに電気的に接続して、該コンデンサケース側壁の外部封止領域に対して前記ケースの外部に陽極接続端子を設ける陽極端子手段と、
前記コンデンサケース側壁の封止領域を通して延びて、複数の前記陰極タブを互いに電気的に接続して、該外部封止領域に対して前記ケースの外部に陰極接続端子を設ける陰極端子手段と、
前記陽極接続端子に電気的に取り付けられて、前記陽極タブとの電気接続を行い、前記陰極接続端子に電気的に取り付けられて、前記陰極タブとの電気接続を行うコネクタアセンブリと、
前記陽極接続端子および前記陰極接続端子ならびに前記コネクタアセンブリとの電気接続部を囲んで封止する前記コンデンサ側壁の前記封止領域に付着したエポキシ液滴から形成されたコネクタブロックと、
を備えた電解コンデンサ。
【請求項２】
前記陽極端子手段は、前記コンデンサケース側壁の前記封止領域の陽極開口に嵌め込まれた貫通アセンブリを備え、内部ピン端部で前記複数の陽極タブと接合された貫通ピンと、該貫通ピンを支持し、前記コンデンサケースから電気的に絶縁し、外部ピン端部を前記ケースから離れるように配置して前記陽極接続端子を設ける手段とをさらに備える請求項１に記載のコンデンサ。
【請求項３】
前記貫通アセンブリの前記支持手段は、それを通して前記貫通ピンが延長される絶縁スペーサと、前記エポキシ液滴の一部とをさらに備える請求項２に記載のコンデンサ。
【請求項４】
前記陰極端子手段は、内部ピン端部で前記複数の陰極タブと接合された貫通ピンと、該貫通ピンを支持し、前記コンデンサケースから電気的に絶縁し、外部ピン端部を該ケースから離れるように配置して前記陰極接続端子を設ける手段とを備える貫通アセンブリを備える請求項１に記載のコンデンサ。
【請求項５】
前記貫通アセンブリの前記支持手段は、それを通して前記貫通ピンが延長される絶縁スペーサと、前記エポキシ液滴の一部とをさらに備える請求項１に記載のコンデンサ。
【請求項６】
前記陰極端子手段は、前記複数の陰極タブを前記ケース側壁に電気的に接続して、前記陰極接続端子を前記封止領域内の該ケース側壁上に設ける手段を備える請求項１に記載のコンデンサ。
【請求項７】
前記陰極端子手段は、前記ケース側壁の陰極開口を通して延び、前記複数の陰極タブに接続された内部ピン端部と、前記ケースから離れるように延びて前記陰極接続端子を設ける外部ピン端部とを有する陰極貫通ピンであって、前記ケースに電気的に接続されている陰

極貫通ピンを備える請求項１に記載のコンデンサ。
【請求項８】
前記陽極端子手段は、前記コンデンサケース側壁の前記封止領域の陽極開口に嵌め込まれた絶縁ガイドと、内部ピン端部で前記複数の陽極タブと接合され該絶縁ガイドを通して延びる陽極ピンとを備え、該絶縁ガイドは該陽極ピンを支持し、該陽極ピンを前記コンデンサケースから電気的に絶縁し、外部ピン端部を該ケースから離れるように配置して前記陽極接続端子を設ける請求項１に記載のコンデンサ。
【請求項９】
前記陰極端子手段は、前記ケース側壁の陰極開口を通して延び、前記複数の陰極タブに接続された内部ピン端部と、前記ケースから離れるように延びて前記陰極接続端子を設ける外部ピン端部とをを有する陰極ピンを備え、前記エポキシ液滴は、該陰極ピンと前記ケース側壁との間のすべての隙間を充填する請求項１に記載のコンデンサ。
【請求項１０】
前記陰極端子手段は、前記ケース側壁の陰極開口を通して延び、前記複数の陰極タブに接続された内部ピン端部と、少なくとも前記ケース側壁の外部表面まで延びる外部ピン端部を有する陰極ピンを備え、
前記コネクタアセンブリは、前記外部ピン端部に隣接する前記ケース側壁に溶接された陰極コネクタワイヤ表面を備える
請求項１に記載のコンデンサ。
【請求項１１】
埋め込み可能な医療装置であって、
筐体と、
前記筐体内に配置された電子モジュールと、
前記筐体内に配置され前記電子モジュールに電気的に結合されたエネルギー源と、
前記筐体内に配置され、前記電子モジュールに電気的に結合された電解コンデンサと、
を備え、該コンデンサは、
内部ケース室を画定する密閉されたコンデンサケースであって、側壁上部開口端まで延びるケース側壁と、該側壁上部開口端に当てて密閉されて前記内部ケース室を包むカバーとを備えたコンデンサケースと、
前記内部ケース室内に位置する電極スタックアセンブリと電解質であって、該電極スタックアセンブリは、互いに位置合わせされて積層される複数のコンデンサ層をさらに備え、該コンデンサ層のそれぞれは、陰極タブを有する陰極層と、陽極タブを有する少なくとも１つの陽極層を備える陽極サブアセンブリと、隣接する陽極層と陰極層の間に位置するセパレータ層とを備え、それにより該スタックのすべての隣接する陰極層と陽極層はセパレータ層によって互いに電気的に絶縁される電極スタックアセンブリと電解質と、
前記コンデンサケース側壁を通して延びて、複数の前記陽極タブを互いに電気的に接続して、該コンデンサケース側壁の外部封止領域に対して前記ケースの外部に陽極接続端子を設ける陽極端子手段と、
前記コンデンサケース側壁の封止領域を通して延びて、複数の前記陰極タブを互いに電気的に接続して、該外部封止領域に対して前記ケースの外部に陰極接続端子を設ける陰極端子手段と、
前記陽極接続端子に電気的に取り付けられて、前記陽極タブとの電気接続を行い、前記陰極接続端子に電気的に取り付けられて、前記陰極タブとの電気接続を行うコネクタアセンブリと、
前記陽極接続端子および前記陰極接続端子ならびに前記コネクタアセンブリとの電気接続部を囲んで封止する前記コンデンサ側壁の前記封止領域に付着したエポキシ液滴から形成されたコネクタブロックと、
をさらに備える埋め込み可能な医療装置。
【請求項１２】
前記陽極端子手段は、前記コンデンサケース側壁の前記封止領域の開口に嵌め込まれた貫

通アセンブリを備え、内部ピン端部で前記複数の陽極タブと接合された貫通ピンと、該貫通ピンを支持し、前記コンデンサケースから電気的に絶縁し、外部ピン端部を該ケースから離れるように配置して前記陽極接続端子を設ける手段とをさらに備える請求項１１に記載の埋め込み可能な医療装置。

【請求項１３】

前記貫通アセンブリの前記支持手段は、それを通して前記貫通ピンが延長される絶縁スペーサと前記エポキシ液滴の一部をさらに備える請求項１２に記載の埋め込み可能な医療装置。

【請求項１４】

前記陰極端子手段は、内部ピン端部で前記複数の陰極タブと接合された貫通ピンと、該貫通ピンを支持し、前記コンデンサケースから電気的に絶縁し、外部ピン端部を該ケースから離れるように配置して前記陰極接続端子を設ける手段とを備える貫通アセンブリを備える請求項１１に記載の埋め込み可能な医療装置。

【請求項１５】

前記貫通アセンブリの前記支持手段は、それを通して前記貫通ピンが延長される絶縁スペーサと、前記エポキシ液滴の一部とをさらに備える請求項１１に記載の埋め込み可能な医療装置。

【請求項１６】

前記陰極端子手段は、前記複数の陰極タブを前記ケース側壁に電気的に接続して、前記陰極接続端子を前記封止領域内の該ケース側壁上に設ける手段を備える請求項１１に記載の埋め込み可能な医療装置。

【請求項１７】

前記陽極端子手段は、前記コンデンサケース側壁の前記封止領域の陽極開口に嵌め込まれた絶縁ガイドと、内部ピン端部で前記複数の陽極タブと接合され該絶縁ガイドを通して延びる陽極ピンとを備え、該絶縁ガイドは該陽極ピンを支持し、該陽極ピンを前記コンデンサケースから電気的に絶縁し、外部ピン端部を該ケースから離れるように配置して前記陽極接続端子を設ける請求項１１に記載の埋め込み可能な医療装置。

【請求項１８】

前記陰極端子手段は、前記ケース側壁の陰極開口を通して延び、前記複数の陰極タブに接続された内部ピン端部と、前記ケースから離れるように延びて前記陰極接続端子を設ける外部ピン端部とを有する陰極ピンを備え、前記エポキシ液滴は、該陰極ピンと前記ケース側壁との間のすべての隙間を充填する請求項１１に記載の埋め込み可能な医療装置。

【請求項１９】

前記陰極端子手段は、前記ケース側壁の陰極開口を通して延び、前記複数の陰極タブに接続された内部ピン端部と、少なくとも前記ケース側壁の外部表面まで延びる外部ピン端部とを有する陰極ピンを備え、

前記コネクタアセンブリは、前記外部ピン端部に隣接する前記ケース側壁に溶接された陰極コネクタワイヤ表面を備える請求項１１に記載の埋め込み可能な医療装置。

【請求項２０】

前記陰極端子手段は、前記ケース側壁を通して延び、前記複数の陰極タブに接続された内部ピン端部と、前記ケースから離れるように延びて前記陰極接続端子を設ける外部ピン端部とを有する陰極貫通ピンであって、前記ケースに電気的に接続されている陰極貫通ピンを備える請求項１１に記載の埋め込み可能な医療装置。

【請求項２１】

電解コンデンサの製造方法であって、

内部ケース室を画定するコンデンサケースを設けることであって、該ケースは、側壁上部開口端まで延びるケース側壁を有する、ケースを設けること、

前記側壁上部開口端に当てて密閉され、前記内部ケース室を包むようになっているカバーを設けること、

電極スタックアセンブリを形成することであって、該電極スタックは、互いに位置合わせ

されて積層される複数のコンデンサ層をさらに備え、各コンデンサ層は、陰極タブを有する陰極層と、陽極タブを有する少なくとも１つの陽極層を備える陽極サブアセンブリと、隣接する陽極層と陰極層の間に位置するセパレータ層とを備え、それにより該スタックのすべての隣接する陰極層と陽極層はセパレータ層によって互いに電気的に絶縁される、電極スタックアセンブリを形成すること、
前記電極スタックアセンブリを前記内部ケース室に配置すること、
前記陽極タブと陽極端子ピンを電気的に接続すること、
前記コンデンサケース側壁の陽極開口を通して前記陽極端子ピンを延長することであって、それによって該コンデンサケース側壁の外部封止領域に対して前記ケースの外部に陽極接続端子を設ける、陽極端子ピンを延長すること、
前記陰極タブと陰極端子ピンを電気的に接続すること、
前記陰極端子ピンを前記コンデンサケースの１つまで延長するか、前記コンデンサケース側壁の陰極開口を通して延長することであって、それによって、前記外部封止領域に対して陰極接続端子を設ける、陰極端子ピンを延長すること、
コネクタアセンブリを前記陽極接続端子と前記陰極接続端子に取り付けることであって、それによって、前記陽極タブと前記陰極タブに電気的に接続することでコンデンサアセンブリを形成する、コネクタアセンブリを取り付けること、
エポキシを前記外部封止領域に塗布すること、および
前記塗布したエポキシを硬化させることであって、それによって、前記陽極接続端子と前記陰極接続端子ならびに前記コネクタアセンブリとの電気接続部を囲んで封止する前記コンデンサ側壁の前記封止領域に付着したエポキシ液滴を形成する、エポキシを硬化させること、
を含む電解コンデンサの製造方法。

【請求項２２】
前記陽極端子ピンを延長するステップは、
内部ピン端部および外部ピン端部を有する貫通ピンと、ピン支持絶縁スペーサとをさらに備えた陽極貫通アセンブリを設けること、
前記内部ピン端部を前記複数の陽極タブに結合すること、
前記ピン支持絶縁スペーサを前記コンデンサケース側壁の前記封止領域の前記陽極開口に嵌め込むこと、および
前記外部ピン端部を前記ピン支持絶縁スペーサを通して延長することであって、それによって、外部ピン端部を前記ケースから離れるように配置して前記陽極接続端子を設ける、外部ピン端部を延長すること、
をさらに含む請求項２１に記載の方法。

【請求項２３】
前記エポキシを塗布するステップは、エポキシを前記陽極開口に塗布して前記支持絶縁スペーサ、前記貫通ピン、および前記陽極開口のすべての空間と隙間を充填することをさらに含む請求項２２に記載の方法。

【請求項２４】
前記陰極端子ピンを延長することは、
内部ピン端部および外部ピン端部を有する貫通ピンと、ピン支持絶縁スペーサとをさらに備えた陰極貫通アセンブリを設けること、
前記内部ピン端部を前記複数の陰極タブに結合すること、
前記ピン支持絶縁スペーサを前記コンデンサケース側壁の前記封止領域の前記陰極開口に嵌め込むこと、および
前記外部ピン端部を前記ピン支持絶縁スペーサを通して延長することであって、それによって、外部ピン端部を前記ケースから離れるように配置して前記陰極接続端子を設ける、外部ピン端部を延長すること、
をさらに含む請求項２１に記載の方法。

【請求項２５】

前記エポキシを塗布するステップは、エポキシを前記陰極開口に塗布することであって、それによって、前記支持絶縁スペーサ、前記貫通ピン、および前記陰極開口のすべての空間と隙間を充填する、エポキシを塗布することをさらに含む請求項２４に記載の方法。

【請求項２６】

前記陰極端子ピンを延長するステップは、

前記陰極端子ピンを前記コンデンサケース側壁の前記陰極開口に延長すること、

前記陰極端子ピンを調整すること、および

前記陰極端子ピンを前記陰極開口内で溶接することであって、それによって、該陰極開口を密閉することで外部ピン端部を前記ケース側壁と面一に配置して前記陰極接続端子を前記外部封止領域内に設ける、陰極端子ピンを溶接すること、をさらに含む請求項２１に記載の方法。

【請求項２７】

前記陰極端子ピンを延長するステップは、

前記陰極端子ピンを前記コンデンサケース側壁の前記陰極開口を通して延長することであって、それによって、外部に向かって延びる陰極接続端子を前記外部封止領域に対して設ける、陰極端子ピンを延長すること、および

前記陰極端子ピンを前記陰極開口内で溶接することであって、それによって、該陰極開口を密閉することで外部ピン端部を前記ケースから離れるように配置して前記陰極接続端子を設ける、陰極端子ピンを溶接すること、

をさらに含む請求項２６に記載の方法。

【請求項２８】

前記塗布するステップは、定量の未硬化の液体状エポキシを前記外部封止領域に塗布することをさらに含み、

前記硬化させるステップは、前記塗布されたエポキシの硬化中に前記コンデンサアセンブリを回転させることであって、それによって、前記陽極接続端子および前記陰極接続端子ならびに前記コネクタアセンブリとの前記電気接続部を囲んで封止する前記コンデンサ側壁の前記封止領域に付着して、ふくらんだ液滴形状を持つエポキシ液滴を形成する、コンデンサアセンブリを回転させることをさらに含む請求項２１に記載の方法。

【請求項２９】

前記塗布するステップは、定量の未硬化の液体状エポキシを前記外部封止領域に塗布することをさらに含み、

前記硬化させるステップは、前記コンデンサアセンブリを温度を上昇させた環境に配置し、所定の時間、前記塗布されたエポキシの硬化中に該コンデンサアセンブリを回転させることであって、それによって、前記陽極接続端子および前記陰極接続端子ならびに前記コネクタアセンブリとの前記電気接続部を囲んで封止する前記コンデンサ側壁の前記封止領域に付着して、ふくらんだ液滴形状を持つエポキシ液滴を形成する、コンデンサアセンブリを配置し回転させることをさらに含む請求項２１に記載の方法。

【請求項３０】

前記塗布するステップは、前記封止領域の少なくとも１つの辺を覆い、塗布されたエポキシが該封止領域から流れ出さないようにして、定量の未硬化の液体状エポキシを該封止領域に塗布することをさらに含み、

前記硬化させるステップは、前記塗布されたエポキシの硬化中に前記コンデンサアセンブリを回転させることであって、それによって、前記陽極接続端子および前記陰極接続端子ならびに前記コネクタアセンブリとの前記電気接続部を囲んで封止する前記コンデンサ側壁の前記封止領域に付着して、ふくらんだ液滴形状を持つエポキシ液滴を形成する、コンデンサアセンブリを回転させることをさらに含む請求項２１に記載の方法。

【請求項３１】

前記塗布するステップは、前記封止領域の少なくとも１つの辺を覆い、塗布されたエポキシが該封止領域から流れ出さないようにして、定量の未硬化の液体状エポキシを該封止領域に塗布することをさらに含み、

前記硬化させるステップは、前記コンデンサアセンブリを温度を上昇させた環境に配置し、所定の時間、前記塗布されたエポキシの硬化中に該コンデンサアセンブリを回転させることであって、それによって、前記陽極接続端子および前記陰極接続端子ならびに前記コネクタアセンブリとの前記電気接続部を囲んで封止する前記コンデンサ側壁の前記封止領域に付着して、ふくらんだ液滴形状を持つエポキシ液滴を形成する、コンデンサアセンブリを配置し回転させることをさらに含む請求項２１に記載の方法。

【請求項３２】

前記陰極端子ピンを延長するステップは、前記陰極開口を通して該陰極端子ピンを延長することをさらに含み、

前記エポキシを塗布するステップは、エポキシを前記陰極開口内に塗布することであって、それによって、前記陰極端子ピンと前記陰極開口の周囲の前記ケース側壁のすべての空間と隙間を充填する、エポキシを塗布することをさらに含む請求項２１に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

［発明の分野］

本発明は、埋め込み可能な医療装置（ＩＭＤ）とその装置に使用される扁平電解コンデンサなどのその装置のさまざまな構成部品とそれらを製造し使用する方法に関し、特に、エポキシ液滴を使用する、簡略化され小型化されたコンデンサコネクタブロックおよびワイヤハーネスとそれらを作成する方法に関する。

【０００２】

［発明の背景］

上記で参照されている米国親特許出願第０９／１０４，１０４号と、その親特許が優先権を主張する仮出願に記述されているように、多様なＩＭＤが当技術分野において知られている。特に関心を持たれているのは、悪性の頻発性不整脈たとえば、心房または心室細動が検知されたときに比較的高いエネルギーの電気的除細動（カーディオバージョン）および／または除細動（ディフィブリレーション）ショックを患者の心臓に送出する埋め込み可能な電気的除細動器（カーディオバータ）－除細動器（ディフィブリレータ）（ＩＣＤ）である。現在のＩＣＤは、特定の慢性または突発性心房および／または心室の除拍と頻拍に対応するために通常単室ペーシング機能または両室ペーシング機能を有し、以前はペースメーカー／カーディオバータ／ディフィブリレータ（ＰＣＤ）と呼ばれていた。初期に開発された植え込み可能自動除細動器（ＡＩＤ）には、電気的除細動機能やペーシング機能はなかった。本発明の目的に関して、ＩＣＤは、少なくとも高電圧の電気的除細動機能および／または除細動機能を有する、そのようなＩＭＤをすべて含むことが理解される。

【０００３】

たとえば、本発明の譲受人に譲渡された米国特許第４，５４８，２０９号に示されるように、一般的に、ＩＣＤの植え込み可能パルス発生器（ＩＰＧ）内のＤＣ－ＤＣ変換器を使用して、電気エネルギーをＩＰＧ筐体内に収容された低電圧、低電流の電気化学セルつまり電池から１つまたは複数の高エネルギー貯蔵コンデンサに保存される高電圧のエネルギーレベルに変換することが必要である。変換は、頻脈性不整脈が検知された際に、電池に直列に接続された１次巻線と高エネルギーコンデンサ（複数可）に直列に接続された２次巻線を有するトランスと、１次コイルと電池に直列に接続された充電サイクル中に定期的に開閉される切断回路つまりスイッチを含むＤＣ－ＤＣ「フライバック」変換器によって実施される。高エネルギーコンデンサの充電は、スイッチが閉じられたときにトランスの１次巻線において電圧を誘導して、２次巻線内に磁界を生成することで達成される。１次巻線の電流がスイッチを開くことで切断されるときに磁界は減衰し、磁界が減衰するときに２次巻線内に電流が発生し、その電流が高エネルギーコンデンサに印加され、コンデンサが充電される。供給電流を繰り返し切断することで、充電サイクルの充電時間を通して、高圧コンデンサが数百ボルトの所望のレベルに充電される。それから、頻発性不整脈が継続していることが確認された場合に、充電期間の最後に、エネルギーは高エネルギーコ

ンデンサ（複数可）からＩＰＧにＩＣＤリード線を介して結合され心腔や心血管の近傍や中に配置された電気的除細動／除細動電極を介して急速に放電される。そのようなコンデンサの放電により実現される電気的除細動／除細動ショックは、通常約２５～４０ジュールの範囲である。こうして電気的除細動／除細動ショックを送出するプロセスは、初期に送出された電気的除細動／除細動ショックが頻発性不整脈を正常な心拍に変えることができない場合に、繰り返すことができる。

【０００４】

エネルギー、体積、厚さ、質量は、ＩＣＤリード線に結合されるＩＣＤのパルス発生器の設計では重要な特徴である。電気的除細動／除細動ショックに必要なエネルギーを供給し蓄積するのに用いられる電池（複数可）と高電圧コンデンサ（複数可）は、従来から比較的かさばり高価であった。現在ＩＣＤのＩＰＧは通常約４０～約６０ｃｃの体積、約１３ｍｍ～約１６ｍｍの厚さ、約１００グラムの質量を有する。

【０００５】

送出可能なエネルギーを減少させることなく、このようなコンデンサとＩＣＤのＩＰＧの体積、厚さ、質量を減少させることが望ましい。そうすることは、患者の快適さにとって有益で、ＩＣＤのＩＰＧの周囲の組織の糜爛が原因の合併症が最小になる。コンデンサの大きさを減少することで、その減少した大きさに合わせて電池の体積を増加してＩＣＤのＩＰＧの寿命を延長したり、その減少した大きさに合わせた新規の構成部品を追加してＩＣＤのＩＰＧに機能を追加することもできる。そのようなＩＣＤのＩＰＧを、性能を最高レベルに維持しながら低コストで供給することも望ましい。同時に、コンデンサの信頼性も妥協することはできない。

【０００６】

さまざまな種類の扁平で螺旋状に巻かれたコンデンサが当技術分野において知られていて、いくつかの例が以下で説明され、かつ／または上記で参照されている親特許出願第０９／１０４，１０４号の表１に示した特許で見出すことができる。

【０００７】

ＩＣＤで使用される従来技術の高電圧電解コンデンサは、２つ以上の陽極層と陰極層（または「電極」）を有し、室温または体温で動作する。通常、コンデンサは、エッチングされたアルミニウム箔陽極、アルミニウムの箔または膜の陰極、溶剤ベースの電解液を含浸した、陽極と陰極の間に介在するクラフト紙または繊維ガーゼのスペーサつまりセパレータを封入するコンデンサケースを使用して形成される。絶縁層として機能する酸化アルミニウムの層は、エッチングされたアルミニウム陽極上に形成され、電流が陽極を流れるときに形成されるのが好ましい。電解質は、イオンを発生する塩基を含み、溶媒中に溶解し、陰極と酸化アルミニウムの絶縁物との間でイオン導電性を実現する。コンデンサのエネルギーは、陽極の表面上の酸化アルミニウム層により分離された極性が逆の電荷により発生する静電界内に蓄えられ、アルミニウム陽極の表面積に比例する。したがって、コンデンサ全体の体積を最小化するには、コンデンサの全体（つまり外部）寸法を増加することなく単位体積あたりの陽極の表面積を最大にしなければならない。セパレータの材質、陽極層と陰極層の端子、内部パッケージ、電気的相互接続、整列フィーチャ、陰極の材質により、コンデンサの厚さと体積がさらに増加する。その結果、コンデンサ内のこれらの構成部品、その他の構成部品、所望の静電容量により、物理的な寸法を減少できる限界が決まる。

【０００８】

ＩＣＤのＩＰＧによっては、Ｔｒｏｕｐ著、「Ｉｍｐｌａｎｔａｂｌｅ Ｃａｒｄｉｏｖｅｒｔｅｒｓ ａｎｄ Ｄｅｆｉｂｒｉｌｌｉａｔｏｒｓ」（Ｃｕｒｒｅｎｔ Ｐｒｏｂｌｅｍｓ ｉｎ Ｃａｒｄｉｏｌｏｇｙ、第ＸＩＶ巻、１２号、１９８９年１２月、Ｙｅａｒ Ｂｏｏｋ Ｍｅｄｉｃａｌ Ｐｕｂｌｉｓｈｅｒｓ、Ｃｈｉｃａｇｏ刊）に記載されたものと同様の市販の写真フラッシュ用のコンデンサや、米国特許第４，２５４，７７５号に記載されたような市販の写真フラッシュ用のコンデンサを使用している。電極つまり陽極や陰極は巻かれて、螺旋状のセパレータ層により分離された陽極層と陰極層となる。その

ような写真フラッシュ用のコンデンサに使用される陽極層は、通常高純度（９９．９９％）で、多孔質で、高度にエッチングされ、陽極処理された１枚または２枚のアルミニウム箔のシートを備える。そのようなコンデンサの陰極層は、非多孔質で、高度にエッチングされた１枚のアルミニウム箔シートからなり、陽極層に対して、アルミニウムの含有量については、純度がいくらか低く（９９．７％）てもよい。溶媒ベースの電解液を浸透含浸された、１枚以上のクラフト紙のシートつまり層からなるセパレータは、隣接する陽極と陰極の層の間に位置する。陽極箔の厚さと陰極箔の厚さは、それぞれ１００マイクロメートルと２０マイクロメートル程度である。ほとんどの市販の写真フラッシュ用のコンデンサにはセパレータ紙の芯が含まれていて、陽極、陰極、セパレータの層を巻いて巻構成にするときに、もろくて、高度にエッチングされた陽極箔が破れるのを防いでいる。市販の写真フラッシュ用のコンデンサの円筒形状と紙の芯により、体積上のパッケージ効率とそのコンデンサを使用するように作成されたＩＣＤのＩＰＧの筐体の厚さが制限される。

【０００９】

アルミニウム電解コンデンサのアルミニウムの陽極と陰極は、一般的にそれぞれが、それら周縁部を超えて延びる少なくとも１つのタブを有し、すべての（または一式の）陽極と陰極の層の電気的な並列接続を容易にすることで、１つまたは複数のコンデンサを形成し、コンデンサケース外部への電気的な接続を実現する。巻回電解コンデンサ用のタブ端子による接続部は、米国特許第４，６６３，８２４号に記載され、ケースを通して延びる貫通部の貫通ピン端子にレーザー溶接されている。巻回コンデンサは通常かしめやリベットにより１つに接合された２つ以上のタブを含む。

【００１０】

扁平電解コンデンサも、ＩＣＤでの使用以外に一般用途向けの従来技術で開示されている。より最近開発されたＩＣＤのＩＰＧは１つまたは複数の扁平高電圧コンデンサを使用して写真フラッシュ用の円筒型コンデンサのパッケージと体積のいくつかの欠点を克服している。たとえば、米国特許第５，１３１，３８８号では、複数の積層されたコンデンサ層を有する扁平コンデンサが開示されている。各コンデンサ層は「電極スタックサブアセンブリ」を備える。各コンデンサ層には、陽極タブを有する陽極層を形成する１つまたは複数の陽極シート、陰極タブを有する陰極シートつまり層、陽極層を陰極層から分離するセパレータが含まれている。米国特許第５，１３１，３８８号では、積層されたコンデンサ層の電極スタックアセンブリは、非導電性高分子容器に収容され、その容器は継ぎ目で密閉され、導電性金属のコンデンサケースまたはＩＣＤのＩＰＧ筐体の区画に嵌め込まれ、コンデンサの陽極（複数可）と陰極（複数可）への電気接続は、ケースや区画の壁を通して延長される貫通部により実現される。スタックのすべてのコンデンサ層の陽極層と陰極層のタブは、電気的に並列に接続され、単一のコンデンサを形成するか、グループに分けられて複数のコンデンサを形成する。アルミニウムの陽極層のタブは１つに集められ、ケースまたは区画の壁を通して延長される陽極貫通部の貫通ピンに電気的に接続される。アルミニウムの陰極層のタブは、１つに集められ、ケースまたは区画の壁を通して延長される陰極貫通部の貫通ピンに電気的に接続されるか、導電性のコンデンサケースの壁に接続される。

【００１１】

たとえば、１９９６年5月１１～１５日に開催されたＣＡＲＴＳ ９６： １６ｔｈ Ｃａｐａｃｉｔｏｒ ａｎｄ Ｒｅｓｉｓｔｏｒ Ｔｅｃｈｎｏｌｏｇｙ ＳｙｍｐｏｓｉｕｍにおいてＰ．ＬｕｎｓａｍａｎｎとＤ．ＭａｃＦａｒｌａｎｅにより発表され、１９９６年１０月７～１１日に開催されたＣＡＲＴＳ－ＥＵＲＯＰＥ ９６： １０ｔｈ Ｅｕｒｏｐｅａｎ Ｐａｓｓｉｖｅ Ｃｏｍｐｏｎｅｎｔｓ Ｓｙｍｐｏｓｉｕｍの３５～３９ページで発表された「Ｈｉｇｈ Ｅｎｅｒｇｙ Ｄｅｎｓｉｔｙ Ｃａｐａｃｉｔｏｒ ｆｏｒ Ｉｍｐｌａｎｔａｂｌｅ Ｄｅｆｉｂｒｉｌｌａｔｏｒｓ」に記載された改良など、ＩＣＤのＩＰＧで使用される扁平アルミニウム電解コンデンサの構造における多くの改良が開示されている。ＩＣＤのＩＰＧで使用される扁平電解コンデンサのその他の特徴は、すべてＭａｃＦａｒｌａｎｅらによって出願された米国特許第４，９４２，５０１号、第５，

０８６，３７４号、第５，１４６，３９１号、第５，１５３，８２０号、第５，５６２，８０１号、第５，５８４，８９０号、第５，６２８，８０１号、第５，７４８，４３９号に開示されている。

【００１２】

すべて同一の譲受人に譲受された米国特許第５，６６０，７３７号と米国特許第５，５２２，８５１号、第５，８０１，９１７号、第５，８０８，８５７号、第５，８１４，０８２号、第５，９０８，１５１号、第５，９２２，２１５号、第５，９２６，３５７号、第５，９３０，１０９号、第５，９６８，２１０号、第５，９８３，４７２号などの最近の多数の特許では、ＩＣＤで使用される関連した扁平電解コンデンサの構造が開示されている。これらの特許のいくつかでは、導電性のコンデンサケースからの陽極層と陰極層の相対的な端の間隔を調整する手段として内部整列要素が使用されている。それらの特許では、各陽極層と陰極層には、外へ延びるタブが備わり、陽極と陰極のタブは貫通ピンと導電性のコンデンサケースの段形状部分にそれぞれ共通に電気的に接続されている。陰極タブは、段形状部分に対して１つに集められ、超音波によって１つに溶接され、さらに段形状部分に溶接されている。米国特許第５，９２６，３５７号では、陽極タブは、アルミニウムリボンの一端にレーザー溶接され、アルミニウムリボンの他端は、端子ピンに超音波溶接されたアルミニウム層に超音波溶接されている。貫通端子ピンは、ケースから電気的に絶縁され、ケースの外側に延び、ケースから離れた位置で陽極接続ピンとされている。陰極接続ピンは、ケースに取り付けられ、ケースから外側に延長されている。陽極と陰極の接続ピンは、電気的にＤＣ－ＤＣ変換器回路に接続されているが、取り付け機構については詳述しない。

【００１３】

コンデンサケースを密閉し、コンデンサケースを通して、またはコンデンサケースに対して、陽極と陰極の電気接続を行うその他の方法が、従来技術に開示されている。１９６０年頃から１９８５年頃まで使用され、米国特許第４，５２１，８３０号に開示された一作成方法は、米国特許第３，７８９，５０２号に示された種類の２つの鋳込まれてねじの切られたアルミニウム端子を有するプラスチックのヘッダを使用し、その場合プラスチックが端子の周囲に成型されている。セレーションが形成され、熱可塑性のヘッダを通して延びるアルミニウムの鋸歯状軸端子が米国特許第３，３９８，３３３号と第４，１８３，６００号に開示されている。どちらの特許でも、アルミニウム端子が、端子の長さが短くなり、中心径が拡大してセレーションを溶解したプラスチックに押し付ける温度まで抵抗加熱される。重合体のヘッダ中に配置された一式の圧縮ばめ端子を使用したヘッダの構造も開示されている。

【００１４】

一実施形態では、コンデンサは、密閉されたコンデンサケースの内部ケース室内に位置する電極スタックアセンブリと電解質を備える。電極スタックアセンブリは互いに位置合わせされて積層される複数のコンデンサ層を備え、各コンデンサ層は陰極タブを有する陰極層、陽極タブを有する少なくとも１つの陽極層を備える陽極サブアセンブリ、隣接する陽極層と陰極層の間に位置するセパレータ層を備え、それによりスタックのすべての隣接する陰極層と陽極層はセパレータ層によって互いに電気的に絶縁される。陽極端子手段は、コンデンサケース側壁を通して延びて、複数の陽極タブを互いに電気的に接続して、ケースの外部に陽極接続端子を設ける。陰極端子手段は、コンデンサケース側壁を通して延びるか、コンデンサケースの封止領域まで延び、複数の陰極タブを互いに電気的に接続して、ケースの外部に陰極接続端子を設ける。コネクタアセンブリは、陽極接続端子に電気的に取り付けられて、陽極タブとの電気接続を行い、陰極接続端子に電気的に取り付けられて、陰極タブとの電気接続を行う。

【００１５】

本発明によると、コネクタブロックは、陽極接続端子と陰極接続端子とコネクタアセンブリとの電気接続部を囲んで封止するコンデンサ側壁の封止領域に付着したエポキシ液滴から形成される。

【００１６】
コンデンサアセンブリを回転しながら温度を上昇させた条件下で一定時間かけて硬化させたエポキシにより、コネクタブロックがケース側壁の封止領域上に形成される。エポキシは液体状で塗布され、回転と温度によりエポキシが陽極と陰極の端子手段とコネクタアセンブリとの電気接続部の隙間に流れ込み、それらを完全に覆い、気泡を露出した表面に追いやり、外部表面を一様で再現可能な構成に形成する。
【００１７】
封止領域の少なくとも１つの辺を覆って、エポキシの塗布時と硬化中に、エポキシが封止領域外に流れ出るのを防止するのが好ましい。
【００１８】
ケースが中性のコンデンサでは、陽極と陰極の端子手段は、コンデンサケース側壁の封止領域の開口に嵌め込まれた貫通アセンブリを備える。陽極と陰極の貫通アセンブリは、内部ピン端部で複数の陽極タブと陰極タブにそれぞれ結合された陽極と陰極の貫通ピンをさらに備える。電気絶縁スペーサは、貫通ピンを支持し、それらをコンデンサケースから電気的に絶縁し、外部ピン端部をケースから離れるように配置して陽極と陰極の接続端子を設ける。エポキシ液滴の一部が、端子ピンの周囲のスペーサ内に内部ケース室に向けて流入して、貫通アセンブリを密閉して電解質の漏洩を防止する。コネクタアセンブリの露出したワイヤ端部が電気的にそして機械的に外部ピン端部に接合されるのが好ましく、クロスワイヤ溶接で接合するのが好ましい。
【００１９】
ケースが負のコンデンサの一実施形態では、陰極端子手段が、複数の陰極タブをケース側壁に電気的に接続して陰極接続端子を封止領域内のケース側壁上に設ける手段を備える。コネクタアセンブリの露出したワイヤ端部は、封止領域のケース壁に取り付けられる。
【００２０】
ケースが負のコンデンサの別の実施形態では、陰極端子手段が、ケース側壁の陰極開口を通して延びる、複数の陰極タブに接続された内部ピン端部とケースから離れるように延びて陰極接続端子を設ける外部ピン端部を持ち、ケースに電気的に接続される陰極貫通ピンを備える。コネクタアセンブリの露出したワイヤ端部が電気的にそして機械的に陰極外部ピン端部に接合されるのが好ましく、クロスワイヤ溶接で接合するのが好ましい。
【００２１】
エポキシ液滴により、信頼性の高い、再現性のある、安価で、見栄えがする、小型のコネクタアセンブリと陽極と陰極のタブとの接続部が実現される。
【００２２】
当業者は、図面、好ましい実施形態とその特許請求の範囲の詳細な記述を参照することで、本発明のコンデンサと方法の多数の目的、特徴、利点がＩＭＤ分野以外の分野に適用されることを即座に理解するであろう。図面全体をとおして、同じ部分に同じ参照番号が割り当てられている、添付図面と併せて考慮される本発明の好ましい実施形態についての以下の詳細な説明を参照することで、本発明のそれらのおよび他の利点と特徴がさらに深く理解できるため、それらの利点と特徴を認識することができるであろう。
【００２３】
［好適な実施形態の詳細な説明］
図１は、本発明のコンデンサが有利に組み込まれているＩＣＤのＩＰＧ１０の一実施形態、それに関連するＩＣＤ電気リード線１４、１６、１８、それらと人の心臓１２との関係を図示している。リード線は、図示された３本のリード線ごとに独立したコネクタポートを有するマルチポートコネクタブロック２０によってＩＣＤのＩＰＧ１０に連結されている。リード線１４は、左胸の領域の皮下に取り付けられることを意図した皮下電極３０に連結されている。リード線１６は、心臓の冠状静脈洞と大静脈の領域に位置する細長いコイル電極を使用した冠状静脈洞リード線である。電極の位置は、３２の波線形式で示され、冠状静脈洞の開口部内の点から左心耳の近傍の点まで心臓の周囲に延びている。
【００２４】

リード線１８は、心臓の右心室内に位置する細長い電極コイル２８を備える。リード線１８は、右心室の心筋組織内にねじ込まれる螺旋コイル形状をとる刺激電極３４を備える。リード線１８は、近傍および遠方電位図検知のための１つまたは複数の追加の電極を備えることもある。

【００２５】

図示のシステムでは、心臓ペーシングパルスが螺旋電極３４と細長い電極２８との間で送出される。電極２８と３４は、心室収縮を示す電気信号の検知にも使用される。図示のように、順次および同時パルスによる複数電極除細動療法中、右心室電極２８が共通電極としての役割を果たすことが予期される。たとえば、同時パルス除細動療法中は、パルスは、同時に電極２８と電極３０との間と、電極２８と電極３２との間とに送出される。順次パルス除細動療法中は、パルスは、皮下電極３０と電極２８との間と、冠状静脈洞電極３２と右心室電極２８との間に順次送出されることが想定される。単一パルス、２電極除細動ショック療法も通常、電極２８と冠状静脈洞電極３２との間で供給可能である。その代わりに、単一パルスを電極２８と３０との間に送出することも可能である。電極とＩＣＤとの特定の相互接続は、使用される可能性がより高いと考えられる特定の単一電極対除細動ショック方式によってある程度決まる。

【００２６】

図２は、図１のＩＣＤのＩＰＧのマイクロコンピュータベースのオペレーティングシステムの一例による高電圧出力回路４０、高電圧充電回路６４、コンデンサ２６５の相互接続を示すブロック図である。図示のように、ＩＣＤの動作は、ＩＣＤ内の必要な計算機能をすべて実行するマイクロプロセッサ４２内の内蔵プログラムにより制御される。マイクロプロセッサ４２は、双方向データ／制御バス４６により制御回路４４に接続され、それにより出力回路４０と高電圧充電回路６４の動作を制御する。ペース／検知回路７８は、マイクロプロセッサ４２を起動して任意の必要な数学的計算を実行させ、頻拍と細動の検知手順を実行させ、ＩＣＤ動作モードやパラメータ値の再プログラム時や心臓ペーシングパルスの送出を示す信号の発生時や心筋収縮の発生時にペース／検知回路７８内のタイマーで制御される間隔を更新させる。

【００２７】

図１および図２の例示的なＩＣＤの基本動作と特定の構造または構成要素は、当該技術分野において知られる任意のシステムに対応する場合もあり、本発明はそれらシステムの特定の構成に依存するものではない。本発明の扁平アルミニウム電解コンデンサは、前述の米国特許第４，５４８，２０９号に示されたさまざまなシステムとともに、あるいは上記で参照されている親特許出願第０９／１０４，１０４号に一覧表示されたさまざまな米国特許に開示されたさまざまなシステムや構成要素とともに一般に使用することができる。

【００２８】

制御回路４４は、主要な３つの信号を出力回路４０に供給する。これらの信号には、本明細書でＥＮＡＢ、ライン４８およびＥＮＢＡ、ライン５０としてラベル付けされている前述の第１および第２の制御信号が含まれる。同様に重要なのが、出力コンデンサの放電を開始するＤＵＭＰ、ライン５２と、出力コンデンサＣ１とＣ２に蓄積された電圧を示す信号を出力して回路４４を制御するＶＣＡＰ、ライン５４である。前述の図１に示した除細動電極２８、３０、３２は出力回路４０に導電体２２、２４、２６を介して結合されているのが示されている。理解しやすくするために、これらの導電体にも、「ＣＯＭＭＯＮ」、「ＨＶＡ」、「ＨＶＢ」というラベルが付けられている。しかし、その他の構成も可能である。たとえば、皮下電極３０をＨＶＢ導電体２６に接続して、電極２８と３０との間で単一パルス療法を送出できるようにしてもよい。ＥＮＡＢ、ライン４８上に論理信号が存在する場合、電気的除細動／除細動ショックが電極３０と電極２８との間で送出される。ＥＮＢＡ、ライン５０上に論理信号が存在する場合、電気的除細動／除細動ショックが電極３２と電極２８との間で送出される。

【００２９】

出力回路には、除細動ショックを電極に送出するのに使用されるコンデンサＣ１とＣ２お

よびダイオード１２１と１２３を含むコンデンサバンクが含まれる。別の構成として、コンデンサバンクに、前述の米国特許第’７５８号に記述された一式のコンデンサがさらに含まれていてもよい。図２では、コンデンサ２６５は、ライン６６のＣＨＤＲにより制御／タイミング回路４４に制御される高電圧充電回路６４に関連して図示されている。図示のように、コンデンサ２６５は、高周波、高電圧トランス６５により充電される。ダイオード１２１と１２３により適切な充電極性が維持される。ライン５４のＶＣＡＰは、コンデンサバンクの電圧を示した信号を供給し、かつ高電圧充電回路を制御し、計測された電圧がプログラムされた充電レベルと等しくなったときに充電機能を終了できるようにする。

【００３０】

ペース／検知回路７８には、Ｒ波検知増幅器と心臓ペーシングパルスを生成するパルス発生器が含まれ、パルス発生器は、任意の既知の心臓ペースメーカー出力回路に対応することが可能で、制御／データバス８０を介してマイクロプロセッサ４２の制御下で、心室ペーシング間隔、不応間隔、ブランキング間隔を定めるタイミング回路を含む。

【００３１】

ペース／検知回路７８による心臓ペーシングパルスの生成をトリガーする制御信号とペース／検知回路７８からのＲ波の発生を示す信号は、双方向データバス８１により制御回路４４に伝達される。ペース／検知回路７８は、導電体３６により図１に示した螺旋電極３４に結合される。前述のように、ペース／検知回路７８は、導電体８２により図１に示した心室電極２８にも接続され、電極３４と２８との間でＲ波を両極検知することと、電極３４と２８との間で両極性のペーシングパルスを送出することを可能にする。

【００３２】

図３Ａないし図３Ｇは、本発明の一実施形態のコンデンサを含むＩＣＤのＩＰＧ１０の様々な構成部品の斜視図を示し、それらの構成部品は、右側シールド２４０および左側シールド３５０で形成されたＩＣＤのＩＰＧ１０の筐体内に連続して配置された状態である。

【００３３】

図３Ａでは、電子モジュール３６０がＩＣＤのＩＰＧ１０の右側シールド３４０内に配置されている。図３Ｂは、電子モジュール３６０が右側シールド３４０内に着座した後のＩＣＤのＩＰＧ１０を示している。

【００３４】

図３Ｃは、右側シールド３４０内に配置される前の、前述のように形成された１対のコンデンサ２６５を示し、コンデンサ２６５は電子モジュール３４０内の相互接続により電気的に直列に接続されている。図３Ｄは、一旦一対のコンデンサ２６５が右側シールド３４０内に配置された後のＩＣＤのＩＰＧ１０を示している。本発明の一態様にしたがって、右側シールド３４０の積層された買うコンビンサ２６５のエポキシ液滴コネクタブロック１４５およびワイヤハーネス１５５が占める空間は、有利に最小限に抑えられる。本発明の改良したコネクタブロック１４５およびワイヤハーネス１５５を用いたコンデンサ２６５の他の形状が本明細書で説明されるものと同一のまたは同様な方法でＩＣＤのＩＰＧＩＯの筐体内に挿入され得ることは理解されよう。

【００３５】

図３Ｅは、右側シールド３４０内のコンデンサ２６５の上に配置される前の絶縁カップ３７０を示している。図３Ｆは、シールド３４０内に内に配置される前の、絶縁部３８２が周囲に配置された電気化学セルすなわち電池３８０を示している。電池３８０は、コンデンサ２６５の充電と再充電に必要な電気エネルギーを供給し、電子モジュール３６０に電力も供給する。電池３８０は、従来技術で使用された任意の形態をとり、電気的除細動と除細動のエネルギーを供給することができ、その形態のいくつかは、親特許出願第０９／１０４，１０４号で認められる。

【００３６】

図３Ｇは、右側シールド３４０に接続された左側シールド３５０と、両方のシールド部分から上方に突き出す貫通部３９０を有するＩＣＤのＩＰＧ１０を示している。活動センサ

４００と患者警報装置４１０は、左側シールド３５０の側面の下部に配置されて示されている。左側シールド３５０と右側シールド３４０は、その後、閉じられ密閉される（図示せず）。

【００３７】

図４は、コンデンサ２６５のコンデンサ層、すなわち単一の陽極／陰極サブアセンブリ２２７の一実施形態の分解図を示す。ここで説明するコンデンサのデザインでは、以下で図６を参照してさらに説明するように、複数のコンデンサ層、つまり単一の陽極／陰極サブアセンブリ２２７の積層されたデザインを使用する。各陽極／陰極サブアセンブリ２２７は、交互に配置された実質的に矩形状の陽極層１８５と陰極層１７５を具え、それらの間にはほぼ矩形状のセパレータ層１８０が介在する。陽極層１８５、陰極層１７５、セパレータ層１８０の形状は、主にデザイン上の選択事項であり、これらの層が最終的に配置されるケース９０の形状や構成に大きく影響される。陽極層１８５、陰極層１７５、セパレータ層１８０は、パッケージ効率を最適化するために任意の形状をとることができる。

【００３８】

陽極サブアセンブリ１７０ｄは、複数の切り欠きのない陽極層１８５ａ、１８５ｂ、１８５ｃ、陽極タブ切り欠き２００を含む切り欠きのある陽極層１９０、陽極層１８５ａに結合される陽極タブ１９５ｄを備えるのがもっとも好ましい。図４に示した陽極サブアセンブリ１７０ｄは、陽極サブアセンブリ１７０の単なる可能な実施形態であることが理解されよう。陰極層１７５ｄは、単一のシートからなり、そのシートと一体に形成され、その周縁部から突き出した陰極タブ１７６を有するのがもっとも好ましい。

【００３９】

図に示したサブアセンブリ２２７の１つの好ましい実施形態では、２つの個別のセパレータ層シート１８０ａと１８０ｂが各陽極サブアセンブリ１７０と陰極層１７５との間に配置されたセパレータ層１８０を形成する。さらに、単一のセパレータ層シート１８０ａと１８０ｂが陽極層１８５ｃと陰極層１７５ｄの外側の表面上にも配置される。サブアセンブリが積層されるとき、もっとも外側の単一のセパレータ層シート１８０ａと１８０ｂは、隣接するコンデンサ層のもっとも外側の単独のセパレータ層シート１８０ｂと１８０ａにそれぞれ接触し、２つのシートセパレータ層１８０は、電極スタックアセンブリ２５５のすべての隣接する陰極と陽極の層を分離する。

【００４０】

当業者にとっては、電極スタックアセンブリ２２５に使用するために選択されるサブアセンブリ２２７の正確な数は、コンデンサ２６５に要求されるエネルギー密度、体積、電圧、電流、エネルギー出力、その他の要件によって決まることが理解されよう。同様に、当業者にとっては、所与の陽極／陰極サブアセンブリ２２７に使用するために選択される切り欠きのある陽極層と切り欠きのない陽極層１８５、陽極タブ１９５、陽極サブアセンブリ１７０、陰極層１７５、セパレータ層１８０の正確な数は、コンデンサ２６５に要求されるエネルギー密度、体積、電圧、電流、エネルギー出力、およびその他の要件によって決まることが理解されよう。ここで、陽極／陰極サブアセンブリ２２７の数、陽極サブアセンブリ１７０を形成する切り欠きのない陽極層と切り欠きのある陽極層１８５の数、陽極サブアセンブリ１７０、陽極タブ１９５、陰極層１７５、各陽極／陰極サブアセンブリ２２７内に配置されるセパレータ層１８０の実質的に無限の順列と組み合わせを、コンデンサ２６５の特定の要件にしたがって選択可能なことが明らかになるであろう。陽極層１８５、陰極層１７５、およびセパレータ層１８０は、高品質アルミニウム電解コンデンサに通常使用される材料からなるのがもっとも好ましい。

【００４１】

陽極層１８５と１９０は、もっとも好ましくは貫通エッチングされ、高い比静電容量（少なくとも約０．３、少なくとも約０．５、もっとも好ましくは少なくとも約０．８マイクロファラド／cm^2）を有し、少なくとも４２５ボルトＤＣの耐電圧パラメータ、約５０から約２００マイクロメータの範囲の厚さ、より好ましくは約７５から約１５０マイクロメータの範囲の厚さ、より好ましく約９０から約１２５マイクロメータの範囲の厚さ、も

っとも好ましくは約１００マイクロメータの厚さの厚さ、投影面積の最大塩化物汚染に対して約１．０ｍｇ／ｍ^{2}の清浄度を有する陽極箔で形成される。陽極箔は、好ましくは３９０ボルトの定格サージ電圧、約９９．９９％のアルミニウムの初期純度、約１０４マイクロメータプラスまたはマイナス約５マイクロメータの最終厚さ、平方センチメートルあたり約０．８マイクロファラッドの比静電容量を有することが好ましい。適切な陽極箔は広く市販されている。

【００４２】

個別の陽極層１８５は、通常ある程度剛性があり、単位面積あたり高い静電容量を達成するようにエッチング処理された高純度アルミニウムからなる。薄い陽極箔が好ましく、電極スタックアセンブリ２２５の厚さを減らしながら陽極箔の比静電容量を維持または増加する場合や、全体の静電容量を増やしながら電極スタックアセンブリ２２５の厚さを維持する場合に特に好ましい。たとえば、個々の陽極層１８５が約１０マイクロメータ、約２０マイクロメータ、約３０マイクロメータ、約４０マイクロメータ、約５０マイクロメータ、約６０マイクロメータ、約７０マイクロメータ、約８０マイクロメータ、約９０マイクロメータ、約１００マイクロメータ、約１１０マイクロメータ、約１２０マイクロメータ、約１３０マイクロメータ、約１４０マイクロメータ、約１５０マイクロメータの厚さを有することが考えられる。

【００４３】

陰極層１７５は、高純度で比較的柔軟であることが好ましい。陰極層１７５は、広い表面積（たとえば高度にエッチングされた陰極箔）、高い比静電容量（好ましくは少なくとも２００マイクロファラッド／ｃｍ^{2}で、未使用時には少なくとも２５０マイクロファラッド／ｃｍ^2）、約３０マイクロメータの厚さ、投影面積の最大塩化物汚染に対して約１．０ｍｇ／ｍ^{2}の清浄度、陽極箔が作成される出発箔材料に対応するよりも低純度であることが可能な陰極箔からなるのがもっとも好ましい。陰極箔は、少なくとも９９％のアルミニウムの初期純度、より好ましくは約９９．４％のアルミニウムの初期純度、約３０マイクロメータの最終厚さ、平方センチメートルあたり約２５０マイクロファラッドの初期比静電容量を有するのが好ましい。別の実施形態では、陰極箔は、約１００から約５００マイクロファラッド／ｃｍ^{2}の範囲の比静電容量、約２００から約４００マイクロファラッド／ｃｍ^{2}の範囲の比静電容量、または約２５０から約３５０マイクロファラッド／ｃｍ^{2}の範囲の比静電容量、約１０から約１５０マイクロメータの範囲の厚さ、約１５から約１００マイクロメータの範囲の厚さ、約２０から約５０マイクロメータの範囲の厚さ、または約２５から約４０マイクロメータの範囲の厚さを有する。

【００４４】

陰極箔の比静電容量はできるだけ高く、陰極層１７５はできるだけ薄いことが一般的に好ましい。たとえば、個々の陰極層１７５は、約１００マイクロファラッド／ｃｍ^2、約２００マイクロファラッド／ｃｍ^2、約３００マイクロファラッド／ｃｍ^2、約４００マイクロファラッド／ｃｍ^2、約５００マイクロファラッド／ｃｍ^2、約６００マイクロファラッド／ｃｍ^2、約７００マイクロファラッド／ｃｍ^2、約８００マイクロファラッド／ｃｍ^2、約９００マイクロファラッド／ｃｍ^2、あるいは約１０００マイクロファラッド／ｃｍ^{2}の比静電容量を有することが考えられる。適当な陰極箔は広く市販されている。さらに別の実施形態では、陰極箔は、アルミニウム、アルミニウム合金、「純」アルミニウムとその他の材料や金属からなる。

【００４５】

セパレータ層シート１８０ａと１８０ｂと外側のセパレータ層１６５ａと１６５ｂは、セパレータ材料のロールやシートからなるのがもっとも好ましい。セパレータ層１８０は、陽極サブアセンブリ１７０と陰極層１７５よりもわずかに大きく切断され、層の積層時のずれに対応し、ずれの結果発生する陽極層と陰極層との間の短絡を防止し、さらに、そうでない場合には、完成したコンデンサの陽極と陰極との間に物理的な隔壁が配置されることを保証するのが好ましい。

【００４６】

セパレータ層シート１８０ａと１８０ｂと外部セパレータ層１６５ａと１６５ｂ（図９に図示）は、（ａ）化学的に不活性で、（ｂ）選択された電解質に対して化学的に適合し、（ｃ）電解質が含浸されて隣接する陽極層と陰極層との間に低抵抗経路を生成し、（ｄ）隣接する陽極層と陰極層を物理的に分離する材料で形成されるのが好ましい。好ましい一実施形態では、セパレータの材料は、純セルロースで、ハロゲン化物や塩化物の含有量が非常に少ないクラフト紙であり、約０．０００５インチ（０．００１３ｍｍ）の厚さ、約１．０６グラム／ｃｍ^{3}の密度、０．００１インチ（０．０２５ｍｍ）の厚さあたり１，４００ボルトＡＣの絶縁耐力、低導電経路数（約０．４／ｆｔ^{2}以下）を有する。セパレータ層シート１８０ａと１８０ｂと外側セパレータ層１６５ａと１６５ｂは、マニラ紙、多孔質重合体材料、または繊維ガーゼ材料など、クラフト紙以外の材料からなることも可能である。たとえば、コンデンサ層のいくつかの実施形態では、米国特許第３，５５５，３６９号と第３，８８３，７８４号に開示されているもののように多孔質重合体材料を陽極層と陰極層との間に配置してもよい。

【００４７】

複数のコンデンサ層からなるそのようなコンデンサスタックでは、電解液がセパレータ層１８０に浸み込まされ、すなわちセパレータ層１８０を湿らせ、ケース９０内に注入される。しかし、米国特許第５，６２８，８０１号、第５，５８４，８９０号、第４，９４２，５０１号、第５，１４６，３９１号、および第５，１５３，８２０号で開示されているもののように、さまざまな実施形態では、その範囲に固体または粘着性の電解質が含まれることが理解されよう。紙、ガーゼ、多孔質重合体材料の代わりに適切な電極間粘着剤／電解質層を使用してセパレータ層１８０を形成できることに留意しなければならない。

【００４８】

引き続き図４を参照すると、扁平アルミニウム電解コンデンサの組み立てにおける好ましい第１の手順は、陽極層１８５と１９０、陽極タブ１９５、陰極層１７５、セパレータ層１８０の切断である。これらの構成部品は、壁間の隙間が狭い打ち型を使用して成形するように切断されるのがもっとも好ましく、実質的に垂直方向に向けられたパンチと打ち型との対応する壁の間の壁間間隔が、それぞれの側面で約６００万分の１インチ程度であることがもっとも好ましい。約２００万分の１、約４００万分の１、約５００万分の１、約７００万分の１、約８００万分の１、約１０００万分の１、約１２００万分の１インチの、より狭いまたは広い、ほぼ垂直方向に向けられたパンチと空洞の対応する壁の間の壁間間隔を使用することも可能であるが、好ましさは劣る。

【００４９】

このように隙間が狭いことで、陽極層１８５と１９０、陽極タブ１９５、陰極層１７５、セパレータ層１８０の周縁部に沿って滑らかで、ばりがない端が形成される。打ち型の壁の端が滑らかでバリがないことがコンデンサの信頼性の高い性能には重要であることがわかっている。陽極層１８５と１９０、陽極タブ１９５、陰極層１７５、セパレータ層１８０の周縁部に沿ってばりがあると、コンデンサが短絡したり故障することがある。陽極箔、陰極箔、およびセパレータ材料を切断したり形成する方法は、形成されたり切断された部材の周縁部付近に発生するばりやその他の切りくずの有無に大きな影響を有することがある。隙間が狭い打ち型を使用することで、スチールルールダイなどその他の切断方法で作成された端にくらべて優れた端を作成できる。隙間の狭い打ち型の形状、柔軟性、および速度は、レーザーや刃による切断により達成される形状、柔軟性、速度よりも優れていることがわかっている。陽極層１８５と１９０、陽極タブ１９５、陰極層１７５、およびセパレータ層１８０の切断と形成のための別の方法にはスチールルールダイ切断、レーザー切断、ウォータージェット切断、刃切断があるが、それらには限定されない。

【００５０】

打ち型装置の好ましい狭い隙間は、陰極箔のような薄い可塑性の材料の切断に特に重要である。信頼性の改善に加えて、ばりやくずの削減により、セパレータ層１８０の厚さを減少させることが可能で、それによりコンデンサのエネルギー密度を改善できる。切断ステップ中にパンチの面が打ち型の対向する床面に平行に保持されない角度切断は、陽極層１

８５と１９０、陽極タブ１９５、陰極層１７５、およびセパレータ層１８０を切断し形成する別の好ましさが劣る方法である。

【００５１】

セパレータ層１８０の外側周縁部がケース９０の内部の対応する側壁にほとんど一致するようにセパレータ層１８０を切断または形成するのが好ましい。好ましい実施形態では、セパレータ層の周縁部がケース９０の対応する側壁からプラスマイナス０．００９インチ以内に配置される。セパレータ層１８０の周縁部とケース９０の対応する内部側壁とがそのようにほとんど一致することは、セパレータ層１８０により電極スタックアセンブリ２２５がケース９０内で移動しないようになる利点、つまりしっかり固定されるようになる利点があることがわかっている。この移動が防止される理由は、電解質が注入ポート１０７の内腔を通して、別個に組み立てられ密閉されたコンデンサ２６５に注入された後、セパレータ層１８０を形成するセパレータ紙が膨張するためである。

【００５２】

好ましい方法では、箔つまりセパレータ材料は、ロール上で適切な隙間を有する打ち型のパンチ部と空洞部との間で引き延ばされる。それから、空圧または油圧で動作するプレスを使用して、打ち型のパンチ部か空洞部を作動させるのがもっとも好ましい。打ち型のパンチ部は、硬化工具鋼で形成するか、パンチ部の切削面上に配置されたその他の好適な耐摩耗性材料あるいは皮膜から形成するのがもっとも好ましい。打ち型の空洞が垂直方向に整列されると、切断サイクル中に打ち型のパンチ部は打ち型の空洞に向けて上または下に移動する。前者の場合、構成部品は切断され、以降の組み立て作業に使用される容器内に下に向けて落下する。後者の場合、構成部品は切断され、以降の処理のために真空式やその他の取り出し工具類を装備したロボットなどの自動組み立て装置に直接与えられ得る。ここで説明した種類の隙間の狭い打ち型は、ミネソタ州ミネアポリスのＴｏｐ Ｔｏｏｌ，Ｉｎｃ．が供給可能である。

【００５３】

陽極サブアセンブリ１７０は、陽極サブアセンブリ１７０内で陽極タブ１９５を適切に配置し位置決めするのを容易にする１つの切り欠きのある陽極層１９０を含むのがもっとも好ましい。切り欠きのある陽極層１９０を２つ以上陽極サブアセンブリ１７０に含めることもできる。陽極サブアセンブリ１７０の残りの陽極層は切り欠きのない陽極層１８５であるのが好ましい。陽極タブ１９５は、アルミニウムの帯状材料からなるのがもっとも好ましい。好ましい一実施形態では、アルミニウムの帯状材料８０は約９９．９９％の純度を持つアルミニウムで、陽極箔６５よりも陽極処理の程度が低い。以下でさらに説明するように、陽極タブ１９５が陽極処理がされていない材料からなるときは、陽極タブ１９５を切り欠きのない陽極層１８５に冷間溶接する際に力やゆがみの発生が少なくなり得る。陽極タブ１９５の厚さを切り欠きのある陽極層１９０とほぼ同じにするのが好ましい。切り欠きのある陽極層１９０が陽極サブアセンブリ１７０で複数使用される場合、より厚い陽極タブ１９５を使用することができる。

【００５４】

図１３は、扁平アルミニウム電解コンデンサ２６５を作成する一般的な一方法を最初から最後まで示す流れ図である。一方、図１４から２０は、図１３に一般的に示した方法つまり工程の特定の部分を示している。

【００５５】

図１４は、切り欠きのない陽極層１８５、切り欠きのある陽極層１９０、陽極タブ１９５が冷間溶接装置２０２内に供給され組み立てられて陽極サブアセンブリ１７０が形成される陽極層１７０を作成するための一方法の流れ図を示す。

【００５６】

図５Ａないし図５Ｃを参照すると、２つの切り欠きのない陽極層１８５ａと１８５ｂが、冷間溶接装置２０２の冷間溶接用固定具底部層２０７上に載置される。冷間溶接装置２０２のさまざまな構造部材は、精密加工されたステンレス鋼か高強度アルミニウム合金からなるのがもっとも好ましい。次に、層１８５ａと１８５ｂが、ばねが装填された整列ピン

２０９ａ～２０９ｅを使用して冷間溶接用固定具底部層２０７上で適切に整列され位置決めされる。ピン２０９ａ～２０９ｅは、冷間溶接空洞２２０内に配置された層１８５ａと１８５ｂ上に下向きに押し付けられている上部層２０８に接触して後退する。冷間溶接装置２０２の断面図を示した図５Ｃも参照されたい。

【００５７】

陽極層１９０は、切り欠きのある陽極層１９０の陽極タブの切り欠き２００内に陽極タブ１９５を配置した後、同様に空洞２２０内に配置される。陽極タブ１９５は、陽極タブ１９５の周囲部に沿って配置されたばねを装備した整列ピン２０９ｆと２０９ｇをさらに使用して、切り欠きのある陽極層１９０の周辺に沿って位置決めされるのがもっとも好ましい。それから、切り欠きのない陽極層１８５ｃが陽極層１９０上に配置される。それから、積層された陽極サブアセンブリ１７０は、上部プレート２０８と底部プレート２０７の間に挟まれる。陽極層冷間溶接用ピン２０６ａと陽極タブ冷間溶接用ピン２１１ａは底部プレート２０７内に配置される。陽極層冷間溶接用ピン２０６ｂと陽極タブ冷間溶接用ピン２１１ｂは上部プレート２０８内に配置される。底部プレート２０７と上部プレート２０８は、冷間溶接用ピン２０６ａと２０６ｂの軸が一致し、対応する冷間溶接用ピン２１１ａと２１１ｂに対して整列するように、整列される。

【００５８】

冷間溶接装置２０２の上部作動装置２１４は、冷間溶接用ピン２０６ｂと２１１ｂを下方に変位させる。下部作動装置２１５は、冷間溶接用ピン２０６ａと２１１ａを上方に変位させる。上部作動装置２１４と下部作動装置２１５の一実施形態では、空圧シリンダが使用され、ピン２０６ａ、２０６ｂ、２１１ａ、２１１ｂを移動させる。装置２１４と装置２１５のその他の実施形態では、ピン２０６ａ、２０６ｂ、２１１ａ、２１１ｂの軸に対して同時にかつ垂直に移動する一対の回転輪が使用される。さらに別の実施形態では、装置２１４と装置２１５には、油圧アクチュエータ、片持ち梁、おもり、ばね、サーボモータ電気機械ソレノイド等が使用され、ピン２０６ａ、２０６ｂ、２１１ａ、２１１ｂを移動する。ピンを変位させる力の大きさとタイミングに関する作動装置２１４と２１５の制御は、一定の負荷、一定の変位、ソレノイドコントローラ、直接あるいは間接の手段を単独でまたは組み合わせて、任意に使用することで実現できる。

【００５９】

上部プレート２０８で挟んだ後、冷間溶接用ピン２０６ａ、２０６ｂ、２１１ａ、２１１ｂが作動する。陽極サブアセンブリ１７０内の冷間溶接部２０５と２１０は、冷間溶接用ピン２０６ａ、２０６ｂ、２１１ａ、２１１ｂが陽極サブアセンブリ１７０に対して押し付けられるときに発生する圧力により形成される。図６Ａを参照すると、冷間溶接部２０５と２１０が形成されるのに好ましい領域が示されている。冷間溶接部２０５と２１０は、冷間溶接部としてだけではなく鍛接部として説明することもできる。これは、陽極層１８５間の界面が溶接部２０５と２１０の領域で変形し、酸化層を破壊し、母材を互いに接触させ、金属結合が発生するためである。金属結合により溶接部の強度が増大する。

【００６０】

その冷間溶接の方法の一実施形態では、複数の空圧シリンダが上部作動装置２１４と下部作動装置２１５で同時に動作して、ピン２０６ａ、２０６ｂ、２１１ａ、２１１ｂを陽極サブアセンブリ１７０に向けて駆動する。陽極層の冷間溶接部２０５と陽極タブの冷間溶接部２１０は、空圧シリンダが所定の一定圧力まで加圧される直接一定負荷条件の下で形成されるのがもっとも好ましい。陽極層の冷間溶接部２０５と陽極タブの冷間溶接部２１０は、冷間溶接用ピン２０６ａ、２０６ｂ、２１１ａ、２１１ｂにまたがって配置された変位センサが、それらのピンが陽極／陰極サブアセンブリ２２７から外れた状態を示す所定の値を有する信号を生成するまで空圧シリンダが加圧される間接一定変位条件の下で形成することもできる。

【００６１】

その方法の別の実施形態では、片持ち梁機構が上部作動装置２１４と下部作動装置２１５に組み込まれる。陽極層の冷間溶接部２０５と陽極タブの冷間溶接部２１０は、片持ち梁

が作動し、それ以上の移動が不可能な停止点に達するまで上部と下部の部材２０８と２０７を陽極／陰極サブアセンブリ２２７と係合させる直接一定変位条件の下で形成される。片持ち部またはその他の手段が、所定の負荷がセンサによって計測される時に片持ち梁の停止点を調整するための負荷計測センサを有する装置２１４および装置２１５において、間接負荷調整システムを使用することもできる。

【００６２】

冷間溶接用ピン２０６ａ、２０６ｂ、２１１ａ、２１１ｂの断面形状は、四角、円、楕円、その他の任意の適切な形状とすることができる。冷間溶接用ピン２０６ａ、２０６ｂ、２１１ａ、２１１ｂの端部の形状は、それらのピンで生成される冷間溶接部の性質を選択的に調節するのに適した平坦形状、角を落とした形状、ドーム形状、その他の適切な形状にすることができる。同様に、使用する冷間溶接用ピンの数を４本よりも多くしたり少なくすることもできる。冷間溶接用ピン２０６ａ、２０６ｂ、２１１ａ、２１１ｂの端部は、角を落とした形状かドーム形状で、断面が円形であるのがもっとも好ましい。冷間溶接用ピン２０６ａ、２０６ｂ、２１１ａ、２１１ｂは、直径が約０．０６０インチ（０．１７４ｍｍ）で、さらに端部が面取りしてあるか、アールがつけられていることが好ましい。冷間溶接用ピン２０６ａ、２０６ｂ、２１１ａ、２１１ｂは、ステンレス鋼、チタン、工具綱またはＨＳＬＡ鋼など溶接時に加わる圧力の下で容易に変形しない高強度材料からなるのが好ましい。冷間溶接用ピン２０６ａ、２０６ｂ、２１１ａ、２１１ｂの端部や側壁部に、塗膜や被覆を適用したり、あるいはそうでなければ変成させてピンの耐摩耗性、耐変形性、その他の好ましい摩擦学的な性質を増大させることもできる。

【００６３】

冷間溶接部２０５と２１０の主要な機能は、溶接部２０５と２１０の領域の陽極サブアセンブリ１７０全体の厚さを最小にしながら、層１８５ａ、１８５ｂ、１８５ｃ、１９０と陽極タブ１９５との間の電気的な相互接続を提供することである。通常の従来技術の市販円筒型コンデンサでは、冷間溶接部の領域で陽極層の厚さの大幅な増加が示される。この厚さの増加は、通常タブの約２倍の厚さ、つまり約０．００８インチ（０．０２０ｍｍ）程度である。一致しないタブの接続箇所が１つか２つしかない円筒型コンデンサの場合、陽極層の厚さへの全影響は最小になることもある。しかし相互接続と溶接箇所がより多くなる積層デザインの場合、溶接領域の厚さが増加すると、陽極層全体の厚さが大幅に増加し、電極スタックアセンブリ全体としての厚さも増加することがわかっている。

【００６４】

冷間溶接の一方法と対応する装置においては、冷間溶接部の幾何学的形状と形成プロセスが適切に最適化されたときには、陽極サブアセンブリ１７０の厚さの実質的な増加はないかごくわずかである。いくつかの市販の円筒型コンデンサでは、冷間溶接が原因で厚さの増加が約２００％になることがあるのに対して、陽極アセンブリ１７０のいくつかの実施形態では、冷間溶接が存在することによる層の厚さの増加は約２０％に過ぎないことがわかっている。本明細書で説明したように、２個、３個、４個、５個、６個またはそれ以上の陽極層１８５と１９０を冷間溶接して陽極サブアセンブリ１７０を形成することもできる。

【００６５】

図６Ｂは、好ましい冷間溶接方法によって形成された冷間溶接された陽極アセンブリの一実施形態の一部の断面図を示す。陽極層の厚さt_a、t_N、t_b、t_cをそれぞれ有する陽極層１８５ａ、１９０、１８５ｂ、１８５ｃは、下部プレート２０７と上部プレート２０８にそれぞれ取り付けられたピン２０６ａと２０６ｂの圧縮動作により、溶接部２０５において１つに冷間溶接される。ピン２０６ａと２０６ｂにより陽極サブアセンブリ１７０ｄにおいて中心凹部２９３と２９４がそれぞれ形成され、さらに縁部２９５と２９６がそれぞれ発生する。縁部２９５と２９６は、周囲の陽極サブアセンブリ１７０ｄの表面からそれぞれ下方と上方に突き出すため、陽極サブアセンブリ１７０ｄの全体の厚さＴがΔＴだけ増加する（Ｔは冷間溶接されない陽極サブアセンブリ１７０ｄの周囲の領域つまり部分について計測）。

【００６６】
図６Ｃは、冷間溶接された陽極アセンブリの一実施形態の別の部分の断面図を示し、陽極層／タブの厚さt_a、t_b、t_c、およびt_{tab}をそれぞれ有する陽極層１８５ａ、１８５ｂ、１８５ｃと陽極タブ１９５は、下部プレート２０７と上部プレート２０８にそれぞれ取り付けられたピン２１１ａと２１１ｂの圧縮動作により、溶接部２１０において１つに冷間溶接される。ピン２１１ａと２１１ｂにより陽極サブアセンブリ１７０ｄにおいて中心凹部２９７と２９８がそれぞれ形成され、さらに縁部２９９と３０１がそれぞれ発生する。縁部２９９と３０１は、周囲の陽極サブアセンブリ１７０ｄの表面からそれぞれ下方と上方に突き出すため、陽極サブアセンブリ１７０ｄの全体の厚さＴがΔＴだけ増加する（Ｔは冷間溶接されない陽極サブアセンブリ１７０ｄの周囲の領域つまり部分について計測）。

【００６７】
したがって、陽極サブアセンブリ１７０ｄの全体の厚さＴは以下の式で定義される。

【００６８】
$T = nt$
そして、冷間溶接部２０５または２１０における領域の陽極サブアセンブリ１７０ｄの全体の最大厚さＴ＋ΔＴは、次の式で定義される。

【００６９】
$T + \Delta T = nt + \Delta T$
ここでT_{as}は冷間溶接されていない領域の陽極サブアセンブリ１７０ｄの全体の厚さで、ｎは陽極サブアセンブリ１７０ｄの陽極層１８５および／または１９０の数、ｔは個々の陽極層１８５および／または１９０または陽極タブ１９５の厚さであり、厚さt_N、t_a、t_b、t_c、t_{tab}は同一と仮定する。

【００７０】
比率ΔＴ／Ｔが０．０５、０．１、０．１５、０．２０、０．２５、０．３０、０．３５、０．４０、０．４５、または０．５０以下になるように陽極サブアセンブリを形成することが非常に望ましい。比率ΔＴ／Ｔの値が小さいほど、コンデンサ２６５の体積効率が高くなる。さらに、比率ΔＴ／Ｔの値が小さくなるとコンデンサ２６５の全体の厚さを減少させることができる。

【００７１】
ここで図６Ａを参照すると、タブ１９５ａ～１９５ｈ（および対応する冷間溶接部２１０）のそれぞれの垂直位置を水平方向に交互に、つまりずらして並べることで、電極スタックアセンブリ２２５の全体の厚さをさらに減少させることができる。本実施形態では、たとえば、タブ１９５ａと１９５ｂは互いに対して垂直方向には整列されていない。このようにタブ１９５を交互に、つまりずらして並べると、厚さΔＴの増加分が累積しない、つまり構造的に足し合わされず、それにより電極スタックアセンブリ２２５の全体の厚さを減少させるように、各陽極サブアセンブリ１７０ａ～１７０ｈに対応する厚さの増加分ΔＴが電極スタックアセンブリ２２５の周縁部やその他の部分に水平方向に分散するようになる。冷間溶接部２０５も同様に、互いにまたは冷間溶接部２１０に対して、水平方向に交互につまりずらして並べて、電極スタックアセンブリ２２５の全体の厚さの減少を達成することができる。

【００７２】
別の好ましい実施形態では、各コンデンサ層、つまり電極サブアセンブリの陽極サブアセンブリ１７０は、３つ、４つ、５つ、またはそれ以上の複数の陽極シート、つまり層１８５と１９０を備えることが可能で、各サブアセンブリは、陽極層に取り付けられたり陽極層の一部を形成する対応する陽極タブ１９５を備える少なくとも１つの陽極層を有することがもっとも好ましく、陽極層はともに冷間溶接され陽極サブアセンブリ１７０を形成する。たとえば、陽極サブアセンブリ１７０は、事前に別々に冷間溶接やその他の方法で１つに接合された２つの個別の３重の陽極層１８５を冷間溶接して作成された６つの陽極層１８５を備えることができる。または、陽極サブアセンブリ１７０の層は、事前に別々に

冷間溶接やその他の方法で１つに接合された、１つの３重陽極層１８５と１つの４重陽極層１８５を１つに冷間溶接した７つの陽極層を備えることができる。別の好ましい実施形態では、複数の切り欠きのある陽極層１９０を陽極サブアセンブリ１７０で使用して、より厚い陽極タブ材料を使用できるようにすることができる。

【００７３】

冷間溶接用ピン２０６ａ、２０６ｂ、２１１ａ、２１１ｂの周囲の領域における底部プレート２０７と上部プレート２０８の形状は、冷間溶接部２０５と２１０の性質に影響することがわかっている。好ましい方法では、プレート２０７と２０８の嵌合面では、ピン穴の周囲にはアールが形成されない。それらの領域にアールや面取りが存在すると、それらの領域で冷間溶接部２０５と２１０に好ましくない変形が発生することがある。そのような変形は、陽極サブアセンブリ１７０の厚さを増大する原因となることがあり、そのような増大はコンデンサ２６５の厚さの増大に直接つながる可能性がある。さらに、最終的な厚さの増大は、電極スタックアセンブリ２２５内に存在する陽極サブアセンブリ１７０の数だけ倍増されたものであることに注意しなければならない。その代わりに、アールや面取りを、底部プレート２０７と上部プレート２０８のピン穴の領域で使用することもできるが、その場合、隣接する積層された冷間溶接部の位置を交互に配置するなど、適切なコンデンサのデザインにより対応を行うのがもっとも好ましい。

【００７４】

図１４に示されるように、冷間溶接用ピン２０６ａ、２０６ｂ、２１１ａ、２１１ｂが陽極サブアセンブリ１７０に対して作動した後は、上部プレート２０８が取り除かれ、冷間溶接された陽極サブアセンブリ１７０は、以降の陽極／陰極サブアセンブリ２２７の積層のために提供される。図１５は、電極スタックアセンブリ２２５を作成するための好ましい一方法に対応する流れ図を示す。コンデンサ２６５の電極スタックアセンブリ２２５の一実施形態の分解平面斜視図を示した図６Ａも参照されたい。図４、図６Ａ、１５に示したように、電極スタックアセンブリ２２５は、複数の冷間溶接された陽極サブアセンブリ１７０ａ～１７０ｈ、複数の陰極層１７５ａ～１７５ｉ、複数のセパレータ層１８０、外側セパレータ層１６５ａと１６５ｂ、外側覆い１１５、覆いテープ２４５を備えるのがもっとも好ましい。

【００７５】

外側覆い１１５は、前述のセパレータ材料から打ち抜くのがもっとも好ましいが、重合体材料、アルミニウム、適切な熱収縮材料、適切なゴム引きした材料、および合成等化体、あるいはその誘導体等、さまざまなその他の適切な材料から形成することもできる。

【００７６】

覆いテープ２４５は、ポリプロピレンで裏打ちしたアクリル系粘着テープから切断するのがもっとも好ましいが、ステープル、超音波紙接合つまり溶接、アクリル系粘着剤以外の適切な粘着剤、ポリプロピレンで裏打ちしたテープ以外の適切なテープ、鉤と対応する留め金などに置き換えることもできる。

【００７７】

外側覆い１１５と覆いテープ２４５は、共に電極スタックアセンブリの覆いを構成し、その覆いは、以降の過程で電極スタックアセンブリ２２５が意図に反して移動したりずれるのを防止するのに役立つことがわかっている。ここで、以降の処理で電極スタックアセンブリ２２５を動かないように固定するためには、ここで明示的に開示した手段以外に、外側覆い１１５と覆いテープ２４５を備える電極スタックアセンブリの覆いと同じ機能を実質的に達成する多くの手段が存在することは、当業者には明らかであろう。前述の手段以外に、電極スタックアセンブリ２２５を動かないように固定するため代替手段が存在する。そのような代替手段には、かならずしも電極スタックアセンブリ２２５の一部を形成しないロボットやその他の機械的な挟み込みと固定手段、セパレータ層１８０を形成するための粘着性電解質などが含まれるが、それらに限定されない。

【００７８】

電極スタックアセンブリ２２５が作成されるのにもっとも好ましい積層過程は、外側覆い

１１５を積層固定具に配置してから、外側の紙、つまりセパレータ層１６５ａを積層固定具に配置することから開始される。次に、陰極層１７５ａがセパレータ層１６５ａの上に配置されてから、セパレータ層１８０ａと１８０ｂがその上に配置される。それから、冷間溶接された陽極サブアセンブリ１７０ａがセパレータ層１８０ｂの上に配置された後、セパレータ層１８０ａと１８０ｂがその上に配置され、これが繰り返される。積層固定具内でセパレータ層１８０ａと１８０ｂを間に挟んで陰極層１７５と陽極サブアセンブリ１７０を交互に配置する処理は、最後の陰極層１７５ｈがそれらの上に配置されるまで繰り返される。

【００７９】

図６Ａに示した電極スタックアセンブリ２２５の実施形態では、８個の陽極サブアセンブリ（陽極サブアセンブリ１７０ａ～１７０ｈ）と９個の陰極層（陰極層１７５ａ～１７５ｉ）が示されている。電極スタックアセンブリ２２５内に配置された、組み合わされた各陽極サブアセンブリ／セパレータ層／陰極層アセンブリにわたり発生する電圧は、約３６０から約３９０ボルトＤＣの範囲であるのがもっとも好ましい。後述するように、電極スタックアセンブリ２２５のさまざまな陽極サブアセンブリは、電極スタックアセンブリ２２５のさまざまな陰極層と同じに、通常は電気的に並列に接続される。

【００８０】

図４に関連した前述の説明と同様に、当業者にとって、図６Ａに示した電極スタックアセンブリ２２５は単に説明を目的としたもので、陽極サブアセンブリ１７０、陰極層１７５、セパレータ層１８０、陽極タブ１９５、陰極タブ１７６などの数や組み合わせに関して、いかなる点についても、本発明の範囲を制限しないことはここで理解されよう。その代わりに、電極構成部品の数は、必要な全静電容量、各層の全面積、使用した箔の比静電容量、およびその他の因子に従って決定される。

【００８１】

電極スタックアセンブリ２２５の別の実施形態では、各陽極サブアセンブリ１７０で使用される陽極層１８５の数がスタック内で異なる。そのような構造では、同一の層面積を有し、ほぼ連続的に変化するさまざまなそして選択可能な全静電容量を有するコンデンサの作製が可能で、そのためには、選択された陽極サブアセンブリ１７０に含まれる陽極層１８５／１９０の数をユーザーが増加させたり減少させることができる（陽極／陰極サブアセンブリ２２７全体を電極スタックアセンブリ２２５に対して追加したり除去して全静電容量を変更するのとは逆）。陰極層１７５ｉをスタック内に配置した後、外側紙層１６５ｂがその上に配置され、外側覆い１１５が電極スタックアセンブリ２２５の上に折り曲げて被せられる。それから覆いテープ２４５により外側覆い１１５が適所に保持され、電極スタックアセンブリ２２５のさまざまな構成部品を１つに固定する。

【００８２】

セパレータ層１６５と１８０の物理的な寸法は、陽極サブアセンブリ１７０と陰極層１７５の寸法よりも幾分大きく、バリ、混入物、粒状物質の存在やケース内での破片あるいは不完全部の発生が原因で電極がケースの壁に接触したり、極性が逆の電極層同士が短絡するのを防止するのがもっとも好ましい。陽極サブアセンブリ１７０の一部が導電性のケース壁に接触したり、陽極サブアセンブリ１７０や陰極層１７５の周縁部のバリが極性が逆の隣接する層に接触したり、あるいはセパレータ層１８０ａや１８０ｂが隣接する極性が逆の電極層の間で十分な電気絶縁性を提供せず、導電性の粒状物質がそれらの間の間隙を接続してしまう場合、コンデンサ２６５の信頼性と機能性が低下することがある。

【００８３】

電極スタックアセンブリ２２５の周縁部付近に配置されるのがもっとも好ましい追加のセパレータ材料を、ここではセパレータオーバーハングと呼ぶ。セパレータオーバーハングの量を減少させると、コンデンサ２６５のエネルギー密度が増加する。そのため、エネルギー密度の最適化の観点からは、セパレータオーバーハングの量や程度を減少させるのが有益である。必要なセパレータオーバーハングの量は、主に、使用する積層方法の積層公差の特性の関数であることがわかっている。

【００８４】
市販の円筒形コンデンサでは、セパレータオーバーハングの量は、通常約０．０５０～０．１００インチ（０．１２７～０．２５４ｍｍ）である。以前に参照されている米国特許第５，５２２，８５１は、コンデンサの筐体が少なくとも２つの内部整列部材を有する扁平アルミニウム電解コンデンサについて説明している。それらの整列要素により、使用可能な「活性」電極材料が減少する一方でコンデンサの体積が必ず増加するため、コンデンサのエネルギー密度が減少する。
【００８５】
電極スタックアセンブリ２２５内でのセパレータ層１６５と１８０、陽極サブアセンブリ１７０、陰極層１７５が一貫した位置合わせを保証するための好ましい方法には、電極スタックアセンブリ２２５のさまざまな要素をロボットによる組み立て技法を使用して積層することがある。より具体的には、電極スタックアセンブリ２２５のさまざまな電極とセパレータ層は、４台のＳｅｉｋｏ４軸ＳＣＡＲＡモデル番号ＴＴ８０００とＴＴ８５００や同等製品を備え、適切な積層固定具内でさまざまな電極とセパレータ要素を取り上げ配置するアセンブリ作業セルを使用して積層され整列される。電極とセパレータ層の積層と位置合わせのためのその他の適切な方法には、カム駆動ウォーキングビーム組み立て機械技法、回転テーブル機械技法、複数ステーション単一積層機械技法などがある。
【００８６】
好ましい方法では、あらかじめ形成または切断されたセパレータ、電極層、またはサブアセンブリがロボットアームに供給され、それからロボットアームはアーム端の工具類で部品を取り上げる。ベンチュリ系により、アーム端の工具類で真空が発生する。そのシステムは真空を適切な時刻に生成して、部品をアーム端の工具類に吸い上げる。次に、部品が積層固定具に配置されると、真空が解かれる。ゴム吸盤などの直接真空システムやその他の接触または非接触の取り上げロボットまたは手動組み立て方法も使用することができる。部品の位置はロボットによって、０．００５インチ（０．０１３ｍｍ）以上の精度で、取り上げ点から積層固定具に移される。部品を積層固定具に配置後、部品の整列は、ＳＯＮＹ　ＸＣ－７５カメラや同等品と組み合わせて、ＳＥＩＫＯ　ＣＯＧＮＥＸ　５４００　ＶＩＳＩＯＮ　Ｓｙｓｔｅｍや同等品で電子的に確認するのがもっとも好ましい。カメラは、ロボットアーム上に取り付けられ、部品の配置の精度を確認できる。このシステムは、電極スタックアセンブリ２２５内の各部品や要素の位置を０．０１ミリメートル以内で正確に求めることができる。ロボットアームによりすべての層が積層固定具内に配置されると、スタックは覆いの工程に供給される。
【００８７】
前述の方法では、コンデンサ２６５に追加される望ましくない不要な体積を最小にしながら、電極スタックアセンブリ２２５内でセパレータ層１６５と１８０、陽極サブアセンブリ１７０、および陰極層１７５を正確に整列させ積層することができる。
【００８８】
電極スタックアセンブリ２２５内のセパレータ層１６５と１８０、陽極サブアセンブリ１７０、および陰極層１７５の位置合わせを確実に行う別の方法には、固定具位置合わせ点を使用する手動過程で使用される積層固定具内に配置された整列要素が含まれる。そのような方法では、積層固定具は、セパレータ層１６５と１８０の位置決めのために積層固定具の周縁部付近に配置されたポストや側壁などのいくつかの整列要素を有する。陰極層１７５と陽極サブアセンブリ１７０はセパレータの周囲まで延びていないため、これらの電極を正確に位置決めする代替手段が必要になる。
【００８９】
交互に配置される陰極層１７５と陽極サブアセンブリ１７０を位置決めするのは、陰極タブ１７６と陽極タブ１９５の周縁部付近に配置されたポストや側壁などの整列要素を使用して達成するのがもっとも好ましい。層の配置と位置決めの精度は、主に電極タブの長さの関数であることがわかっている。タブの長さが長くなると、整列誤差が少なくなる。電極タブの長さは、通常、打ち抜き時に発生する電極材料の喪失分との釣り合いを取らなけ

ればならず、釣り合いが必要になるのは、陽極タブ１９５の長さに対して陰極タブ１７６が長くなることが主な原因である。タブ１７６と１９５は、整列要素に関して、位置合わせと位置決めを容易にする任意の適切な形状を有する整列機能を含んでもよい。電極層の位置合わせに使用されるタブの長さの延長分は、電極タブの相互接続の過程で電極スタックアセンブリ２２５から取り除くのがもっとも好ましい（それについては以下で詳述する）。

【００９０】

電極スタックアセンブリ２２５内のセパレータ層１６５と１８０、陽極サブアセンブリ１７０、および陰極層１７５の位置合わせを確実に行う別の方法では、コンデンサ２６５内部の整列要素の使用は必要なく、陽極サブアセンブリ１７０と陰極層１７５をセパレータ材料で包むかまたは覆う。この方法では、セパレータ層１８０ａと１８０ｂは単一の打ち抜き片の部品として組み合わされ、陽極サブアセンブリ１７０または陰極層１７５のいずれかのまわりに巻かれる。それから、セパレータの固定されていない端が、両面転写テープ、その他の粘着剤、ステッチ溶接または超音波紙溶接によって固定される。このように電極サブアセンブリを作成することで、陽極サブアセンブリ１７０と陰極層１７５が前述のように形成されたセパレータの外皮の周縁部に対して固定され位置合わせされる。次に、作成された陽極／陰極サブアセンブリすなわちコンデンサ層２２７は、電極スタックアセンブリ２２５内に積層工程に供給される。

【００９１】

セパレータを陽極サブアセンブリ１７０に固定するさらに別の方法は、加圧接合技法を使用する。そのような方法では、セパレータ層１６５または１８０が、十分な力により局所的な領域で陽極サブアセンブリ１７０または陽極層１８５の表面に押し込まれ、セパレータ紙が陽極サブアセンブリ１７０にしっかりと貼り付くが、下層の陽極サブアセンブリ１７０の一部が破損するほど力は強くない。セパレータ層１６５または１８０のすべてまたは一部を陽極サブアセンブリ１７０または陽極層１８５に固定するその他の方法には、縫い付け技法、粘着接合技法、超音波紙溶接技法などがあるが、それらの方法には限定されない。

【００９２】

図７は、電解コンデンサ２６５の電極スタックアセンブリ２２５の一実施形態の上面斜視図を示す。図８は、図７の電極スタックアセンブリ２２５の一部の拡大図を示す。電極スタックアセンブリ２２５を外側覆い１１５と覆いテープ２４５で覆った後、集められた陽極タブ２３２と集められた陰極タブ２３３がそれぞれの外部端子と相互接続されるのがもっとも好ましい。

【００９３】

図９と図１０は、図６、図７、図８の電極スタックアセンブリと陽極と陰極の貫通部１２０と１２５上のエポキシ液滴から形成されたコネクタブロック１４５を使用するコンデンサ２６５のケースが中性の実施形態の分解平面斜視図を示す。その他のケースが負の実施形態について、図２２～図２４を参照して以下でさらに説明する。コネクタブロック１４５は、独立した部品として示されているが、コンデンサ２６５の組み立て後、図１１と図１２に示し、図２０の流れ図を参照して以下でさらに説明するように、硬化したエポキシ液滴をその場で使用して形成することが理解されよう。

【００９４】

図１６は、図１３とさらに図１１にも示した特定の手順によるタブ相互接続と貫通端子接続を行う一方法に対応する流れ図を示す。このケースが中性の実施形態は、巻土台部１２１と１２６をそれぞれ有することがもっとも好ましい陽極貫通部１２０と陰極貫通部１２５を使用する。図１１に示すように、貫通部１２０と１２５は、コンデンサ２６５のための外部への電気的な貫通端子を設け、集められた陽極タブ２３２と集められた陰極タブ２３３を内部に配置された土台部つまり巻部１２１と１２６内にまとめ、電気的および機械的相互接続を実現する。

【００９５】

その方法では、貫通ワイヤが貫通部１２０と１２５の作成のためにまず用意される。一実施形態では、好ましい貫通ワイヤは、純度が９９．９９％以上で直径が０．０２０インチ（０．５１０ｍｍ）のアルミニウムである。ワイヤは、陽極貫通部１２０や陰極貫通部１２５に使用するために所定の長さに調整される。調整されたワイヤの一端は、ワイヤの内径つまり寸法が、集められた陽極タブ２３２や集められた陰極タブ２３３に巻き付けるのに必要な直径つまり寸法よりもわずかに大きくなるように巻かれる。

【００９６】

次に、集められた陽極タブ２３２は、かしめによって１つの束に集めるつまりまとめられ、陽極貫通ピン１３０が集められた陽極タブ２３２の底部から離れ、外部に延びるように、集められた陽極タブ２３２の上に陽極貫通巻アセンブリ１２０の内径部１３１が配置される。同様に、集められた陰極タブ２３３がまとめられ、陰極貫通ピン１３５が集められた陰極タブ２３３の底部から離れ、外部に延びるように、集められた陰極タブ２３３の上に陰極貫通巻アセンブリ１２５の内径部１３６が配置される。次に、陽極と陰極の貫通部１２０と１２５の巻回土台部１２１と１２６は、陽極と陰極のタブ２３２と２３３上にかしめられるのがもっとも好ましく、その後、それらの遠端部を調整する。タブ２３２と２３３の仮想軸２３４と２３５に対してそのように形成されたかしめ部が実質的に垂直になることがもっとも好ましい。タブ遠端部は、仮想軸２３４と２３５に対して垂直ではない角度に調整することもできるが、好ましさは劣る。

【００９７】

かしめ力は、以降の好ましい溶接手順を通して貫通巻部１２１と１２６と集められたタブ２３２と２３３に作用している。一方法では、かしめられた陽極と陰極の貫通部は、遠端部の調整された縁の上部に沿って、陽極と陰極のタブ２３２と２３３にレーザーまたは超音波で溶接されるのが好ましい。貫通部１２０と１２５を集められた陽極タブ２３２と集められた陰極タブ２３３にそれぞれ溶接した後、ピン１３０と１３５はケース９０の貫通穴つまり開口１４２と１４３に挿入するために曲げられる。貫通ピン１３０と１３５の外部に配置された端部により、ケースが中性の実施形態の陽極と陰極の接続端子が実現される。

【００９８】

貫通部１２０と１２５と貫通部を陽極タブ２３２と陰極タブ２３３に接続する手段については、図に具体的に示された実施形態以外にも多数のさまざまな実施形態が存在する。たとえば、貫通部には、貫通ピン１３０と１３５を陽極と陰極のタブ２３２と２３３に接続するために、側部が開いた土台部、「Ｕ」または「Ｔ」の形状の断面を形成する土台部、ワイヤが１回巻かれた巻部を形成する土台部、ワイヤが３回以上巻かれた巻部を形成する土台部、平板にされたワイヤから形成された土台部、かしめスリーブや金属の層から形成された土台部などの実施形態も含まれる。

【００９９】

図１７は、タブの相互接続と貫通部の接続のためのその他の方法に対応した流れ図を示す。その方法では、陽極貫通部１２０と陰極貫通部１２５は巻部を有さない。集められた陽極タブ２３２と集められた陰極タブ２３３は集められ調整された後、陽極と陰極の貫通部１２０と１２５の土台部が、集められた陽極タブ２３２と陰極タブ２３３の近くにそれぞれ配置される。それから、貫通部１２０と１２５の土台部は集められた陽極タブ２３２と集められた陰極タブ２３３にそれぞれ接合されるが、超音波溶接手段によるのがもっとも好ましい。

【０１００】

さらに別の方法では、貫通部１２０と１２５の土台部は、集められた陽極タブ２３２と集められた陰極タブ２３３に溶接しやすいように平坦にされる。また、別の方法では、貫通ピン１３０と１３５の土台部は、巻くこと以外の手段で集められた陽極タブ２３２または集められた陰極タブ２３３の周囲に係合するように形成される。たとえば、貫通部１２０と１２５の土台部１２１と１２６を「旗の形」にして、それらの旗の部分をタブ２３２と２３３に巻き付けることができる。さらに別の取り付け方法では、貫通ピン１３０と１３

５は、陽極タブ２３２と陰極タブ２３３に抵抗溶接、冷間溶接、ろう付け、摩擦溶接、またはタブ２３２と２３３を係合し接合してタブへの電気的、機械的接続を実現するかしめスリーブなどの追加の貫通部構成部品により取り付けられる。

【０１０１】

タブ２３２および２３３と貫通巻部アセンブリ１２０および１２５との電気接続部を形成する過程で、個々のタブ１７６と１９５に好ましくない応力が発生する可能性があることがわかっている。それらのタブに結果的に発生する歪みにより、陰極タブ１７６の底部で陰極層１７５に裂け目が発生したり、陽極サブアセンブリ１７０内の比較的強度の低い冷間溶接部２０５と２１０に破損が発生することもわかっている。貫通部１２０と１２５の巻部の利点の１つに、それらが貫通ピン１３０と１３５とタブ２３２と２３３との間の歪みを除去することがある。したがって、貫通部１２０と１２５の歪み除去機能は、貫通部の接続部に発生する好ましくない応力を最小限にしたり取り除くのに役立つ。

【０１０２】

本明細書と本特許請求の範囲で使用される場合、「レーザー溶接」という用語は、干渉性の光ビーム処理が使用される溶接方法を意味するが、この意味には必ずしも限定されない。干渉性の光ビーム処理には、パルスモード、連続モード、またはＱスイッチモードによる固定ビーム伝送方式や光ファイバビーム伝送方式を使用する電子ビーム溶接法やレーザー溶接法（たとえばＮｄ：ＹＡＧ、CO_2処理）などがある。マイクロミグ（ｍｅｔａｌ　ｉｎｅｒｔ　ｇａｓ）溶接処理やマイクロプラズマ溶接処理などのその他の溶接処理を干渉光ビーム溶接の代わりに使用することもできる。

【０１０３】

表２は、コンデンサ２６５のさまざまな構成部品が互いにレーザー溶接される場合の最適化された好ましい処理パラメータを示している。表２に示したパラメータは、ミネソタ州イーデンプレーリーのＬｕｍｏｎｉｃｓ　Ｌａｓｅｒｄｙｎｅ社製の固定光ビーム伝送方式を持つモデル番号ＪＫ７０２ＨパルスＮｄ：ＹＡＧレーザー溶接システム用のパラメータに対応している。表３は、同型式のレーザー溶接システムが容認できる溶接特性を実現するパラメータの範囲を示している。

【０１０４】

最適化されたＮｄ：ＹＡＧレーザー溶接システム用のパラメータ

【０１０５】

【表２】

一般的なＮｄ：ＹＡＧレーザー溶接システム用のパラメータ
【０１０６】
【表３】

溶接の種類	最適化されたレーザー溶接パラメータ*				
	パルスあたりのエネルギー（ジュール／パルス）	パルス周波数（ヘルツ）	送り速度（インチ／分）	パルス幅（ｍｓｅｃ）	アルゴンカバーガス（ＳＣＦＨ）
貫通フェール対ケースの仮付け１	１３．５	４．５	3	5	３５
貫通フェルール対ケースの溶接	９．７５	２０	2	４．５	３５
注入ポートフェール対ケースの仮付け１	１３．５	４．５	3	5	３５
注入ポートフェール対ケースの溶接	１５	１５	2	6	３５
陽極貫通タブ	8	１０	2	5	３５
陰極貫通タブ	4	１０	2	5	３５
カバー対ケース	７．５	４０	6	５．４	６０
注入管の密閉	１３．５	１５	4	7	３０

*Lumonics社のＪＫ７０２Ｈ　Ｎｄ：ＹＡＧレーザーは、初期ビーム直径が約１．０インチ（２．５４ｃｍ）、１４６ｍｍの焦点距離（購入品は「１６０ｍｍのレンズ」を持つが、実際に計測された正確な焦点は１４６ｍｍ）で最終焦点レンズを通過、接合表面でのスポットの大きさは直径が０．０２２インチ（０．５６０ｍｍ）。カバーガスは、同軸である。レーザーの製造業者、ビーム伝送光学系、初期ビームの大きさ、最終焦点レンズ、ビームのスポットの大きさ等については変更が可能であることが理解されよう。

10 20 30 40

溶接の種類	最適化されたレーザー溶接パラメータ*				
	パルスあたりのエネルギー（ジュール／パルス）	パルス周波数（ヘルツ）	送り速度（インチ／分）	パルス幅（ｍｓｅｃ）	アルゴンカバーガス（ＳＣＦＨ）
貫通フェルール対ケース	２－１５	３－３０	１－５	３．５－８	３０－６０
注入ポートフェルール対ケース	２－１５	３－３０	１－５	３．５－８	３０－６０
貫通タブ	１－１０	１－１０	１－７	３．５－８	３０－６０
カバー対ケース	５－２５	１０－４０	１－７	３．５－８	３０－６０
注入管の密閉	８－２０	５－２０	１－１０	３．５－８	３０－６０

*Lumonics社のＪＫ７０２Ｈ　Ｎｄ：ＹＡＧレーザーは、初期ビーム直径が約１．０インチ（２．５４ｃｍ）、１４６ｍｍの焦点距離（購入品は「１６０ｍｍのレンズ」を持つが、実際に計測された正確な焦点は１４６ｍｍ）で最終焦点レンズを通過、接合表面でのスポットの大きさは直径が０．０２２インチ（０．５６０ｍｍ）。カバーガスは、同軸である。レーザーの製造業者、ビーム伝送光学系、初期ビームの大きさ、最終焦点レンズ、ビームのスポットの大きさ等については変更が可能であることが理解されよう。

図１０は、部分的に組み立てられた状態の図９のコンデンサ２６５の分解平面斜視図を示し、ここでも図示の便宜上コネクタタブロック１４５は独立した部品として示されている。図１８は、ケースサブアセンブリ１０８を作成する一方法の流れ図を示す。ケース９０、陽極フェルール９５、陰極フェルール１００、注入ポートフェルール１０５が最初に用意

される。ケース９０は、その内部に陽極フェルール９５を受け入れる手段を有し、図９と図１０には陽極貫通穴、つまり開口１４２として示されている。ケース９０は、さらに、陰極フェルール１００を受け入れる手段を有し、図９と図１０では陰極貫通穴、つまり開口１４３として示されている。ケース９０は、注入ポートフェルール１０５を受け入れる手段も含み、図９と図１０に注入ポート穴１３９として示されている。さらに好ましい実施形態では、ケース９０とカバー１１０は、アルミニウムで形成され、陰極層に電気的に接続されていて、ケース９０とカバー１１０は陰極層と同一の電位、すなわち負の電位である。

【０１０７】

フェルール９５、１００、１０５はケース９０に溶接される（または、適切なエポキシ、粘着剤、はんだ、接着剤、その他で取り付けられる）のがもっとも好ましく、共にケースサブアセンブリ１０８を構成する。陽極フェルール９５と陰極フェルール１００の放射状フランジは、ケース９０の側壁と貫通フェルール穴１４２と１４３の周囲との間の重ね継ぎを作る領域となる。好ましい方法では、ケース９０とカバー１１０との間の継ぎの部分で円周に沿ったレーザー溶接が行われ、その溶接は２つの主要な手順で実施される。最初に、継ぎの円周部の周りで一連の仮付け溶接が行われる。仮付け溶接は、隣接した連続した仮付け溶接を円周に沿って行うか、最初の仮付け溶接を円周に沿った最初の位置で行い、第２の溶接を円周に沿った第１の溶接部分と直径に関して反対の位置で行い、第３の溶接を第１の溶接部の付近で行い、第４の溶接を第２の溶接部の付近で行い、同様に溶接を繰り返すかのいずれかがもっとも好ましい。最後に、最終的に閉鎖するための溶接が穴の円周の周りで行われ、仮付け溶接された継ぎを密閉する。

【０１０８】

表２は、陽極フェルール９５と陰極フェルール１００をケース９０に接合する場合の最適化された一式のパラメータを示す。表３は、陽極フェルール９５と陰極フェルール１００をケース９０に接合する場合に同一のレーザー溶接システムで容認できる溶接特性が実現される場合の一般パラメータの範囲を示す。

【０１０９】

図１８は、陽極ワイヤガイド１４０を陽極フェルール９５の内径開口部に挿入し、陰極ワイヤガイド１４１を陰極フェルール１００の内径開口部に挿入するための手順も示している。ワイヤガイド１４０と１４１は、非導電性で、陽極ピン１３０と陰極ピン１３５をフェルールの内径開口部の中心に配置して、陽極ピン１３０と陰極ピン１３５をケース９０、陽極フェルール９５、陰極フェルール１００の内部表面から電気的に絶縁する。

【０１１０】

ワイヤガイド１４０と１４１、貫通ピン１３０と１３５、穴１４２と１４３の大きさの許容差は、ワイヤガイド１４０と１４１が穴１４２と１４３に嵌め込み可能で、貫通ピン１３０と１３５がワイヤガイド１４０と１４１の穴を貫通して嵌め込み可能に設定される。アセンブリは、ケース側壁９２により密閉されないため、密閉して電解質の喪失を防ぐことが必要である。本発明の一態様によれば、図２０の方法によりエポキシ液滴コネクタブロック１４５を形成することで密閉が実現される。エポキシは、ワイヤガイド１４０と１４１、貫通ピン１３０と１３５、穴１４２と１４３の間の隙間に浸透する。

【０１１１】

ワイヤガイド１４０と１４１は、それらと一体に形成された環状、傾斜状、または「パチンと嵌め込む（ｓｎａｐ－ｉｎ：スナップイン）」形状を持つのがもっとも好ましい。これらの形状により、ワイヤガイド１４０と１４１が取り扱い中にそれぞれのフェルールから押し出されるのが防止されるが、十分に弱い力を使用してワイヤガイド１４０と１４１が対応するフェルールに挿入されるようにすることで、挿入手順中にケース９０やフェルール９５と１００を損傷しないように形成されるのがもっとも好ましい。

【０１１２】

ワイヤガイド１４０と１４１は、電解コンデンサの環境下で安定している、さまざまな電気的に絶縁性を持つ材料から形成することができる。好ましい一実施形態では、ワイヤガ

イド１４０と１４１が作成される材料は、射出成形されたポリスルフォンで、ジョージア州アトランタのＡｍｏｃｏ Ｐｅｒｆｏｒｍａｎｃｅ Ｐｒｏｄｕｃｔｓが供給するＡＭＯＣＯ ＵＤＥＬとして知られている。その他の実施形態では、ワイヤガイド１４０と１４１は、フッ素プラスチック（たとえばＥＴＦＥ、ＰＴＦＥ、ＥＣＴＦＥ、ＰＣＴＦＥ、ＦＥＰ、ＰＦＡ、ＰＶＤＦ）、フッ素エラストマー、ポリエステル、ポリアミド、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリアセタール、ポリエーテルケトン、ポリアリールケトン、ポリエーテルスルホン、ポリフェニルスルフォン、ポリスルフォン、ポリアリールスルフォン、ポリエーテルイミド、ポリイミド、ポリ（アミド－イミド）、ＰＶＣ、ＰＶＤＣ－ＰＶＣ共重合体、ＣＰＶＣ、ポリフラン、ポリ（フェニレンスルフィド）、エポキシ樹脂、シリコンエラストマー、ニトリルゴム、クロロプレン重合体、クロロスルホン化ゴム、多硫化ゴム、エチレン－ポリプロピレンエラストマー、ブチルゴム、ポリアクリルゴム、繊維強化プラスチック、ガラス、セラミック、その他の適切な電気絶縁性の化学的に適合性のある材料など他の化学的に耐久性のある重合体から形成されてもよい。

【０１１３】

本明細書と本特許請求の範囲で使用される場合、前記の頭文字は以下の意味を持つ。頭文字「ＥＴＦＥ」はポリ（エチレン－コ－テトラフルオロエチレン）を意味し、頭文字「ＰＴＦＥ」はポリテトラフルオロエチレンを意味し、頭文字「ＣＴＦＥ」はポリ（エチレン－コ－クロロトリフルオロエチレン）を意味し、頭文字「ＰＣＴＦＥ」はポリクロロトリフルオロエチレンを意味し、頭文字「ＦＥＰ」はフッ化エチレン－プロピレン共重合体を意味し、頭文字「ＰＦＡ」はペルフルオロアルコキシフッ素重合体を意味し、頭文字「ＰＶＤＦ」はポリフッ化ビニリデンを意味し、頭文字「ＰＶＣ」はポリ塩化ビニルを意味し、頭文字「ＰＶＤＣ－ＰＶＣ」はポリ塩化ビニリデン－ポリ塩化ビニル共重合体を意味し、頭文字「ＣＰＶＣ」は塩素化ポリ塩化ビニルを意味する。

【０１１４】

図１１に示すように、貫通ピン１３０と１３５がワイヤガイド１４０と１４１を貫通するように挿入された後、電極スタックアセンブリ２２５は、ケース９０の内部ケース室内に着座する。図１１では、電極スタックアセンブリ２２５の上部空間部分（以降、上部空間２３０と呼ぶ）が、ケース９０とカバー１１０から絶縁されている。上部空間の絶縁を実現する手段には、成型、熱成型、打ち抜き、または機械的な成型による絶縁性材料と手段があり、材料と手段は、電解コンデンサの環境で安定している。上部空間絶縁部を形成するのに適した材料には、ワイヤガイド１４０と１４１の形成用の前述の各材料がすべて含まれる。上部空間絶縁を実現する別の手段では、覆いテープ２４５と同様な電気絶縁テープで上部空間２３０を覆い、陽極または陰極の端子がケース９０やカバー１１０と接触したり、または互いに接触するのを防ぐ。

【０１１５】

図１９は、以前に参照された原特許出願第０９／１０４，１０４号に詳細に記述されているように、図１３のカバー１１０をケース９０に溶接してそれらの間を密閉する手順を拡張した流れ図を示している。ケースサブアセンブリ１０８には、内部ケース室９０内に挿入された電極スタックアセンブリ２２５と前述のようにして完成された陽極と陰極のタブ／貫通接続部が設けられている。カバー１１０は、ケース９０の側壁９２上に形成された上部端９４上に配置される。ケース側壁の上部端の一構成では、上部端の高くなった部分は、カバー１１０が上部端９４上に配置されたときに、カバー１１０の上部表面１１２よりも約０．０１４インチ（０．３５５ｍｍ）上に延びた状態である。アセンブリは、かしめ機構または組み合わせ型（ｎｅｓｔ）内に配置され、クランプが作動してカバー１１０を上部端９４とその段部に当てて固定される。かしめ機構が作動して、高くなった端部を、カバー１１０の上部表面１１２の上に、それに沿って、またはその上方にかしめる、つまり折り曲げる。

【０１１６】

別の好ましい方法では、高くなった部分９５のかしめは、ケース９０の形状に切断され、さらに高くなった部分に係合してその部分をカバー１１０の上部表面１１２上に内側に向

けて押し付ける角度つまり傾斜のある側壁を有する型により達成される。かしめは、高くなった部分をカバー１１０の上部表面１１２上に連続してかしめながらケース９０の周囲を移動する移動かしめ装置によって形成することもできる。カバー１１０の端を側壁９２を越えて外側に下向きにかしめたり折り曲げるように前述の方法を適合させるのは容易である。

【０１１７】

高くなった部分をカバー１１０上にかしめたり、カバーの端を側壁の上部端９４上にかしめるのは、いくつかの利点がある。まず、カバー１１０のケース９０へのレーザー溶接は、比較的簡単な道具類を使用して達成でき、処理時間が短くなる。レーザー溶接は、一般的にケース９０やカバー１１０のような構成部品を互いに正確に整列させなければならないときに、製造工程の流れの中でしばしばボトルネックになる。レーザー溶接工程中にこのような整列手順をなくすことは、製造工程のボトルネックをなくすのに役立つことがわかっている。高くなった端部や外側のカバーの端を曲げたりかしめることで、レーザービームがコンデンサ２６５内部に入射するのが防止される。レーザービームは内部に入射せず、必ずケース９０とカバー１１０の材料に照射され、溶融を誘発する。接合部の少なくとも一部を形成するかしめがその接合部にない場合、レーザービームがコンデンサ２６５内の構成部品を損傷することがわかった。

【０１１８】

かしめられた接合部の別の利点は、かしめにより、溶接領域の金属部分が増加することである。アルミニウムは、熱膨張係数が高く、溶接工程の特性である高温から急激に冷却されると亀裂が生じやすい。かしめにより金属部分が増加することで、カバーとケースの上部端との間の接合部で亀裂が発生しにくくなる。

【０１１９】

それから、かしめられたケース９０とカバー１１０は、かしめ固定具から外され、溶接固定具に配置される。カバーの端とケース上部端９４との間に形成された接合部がレーザー溶接され、ケース９０とカバー１１０が密閉される。表２は、かしめられたケース／カバーの接合がＮｄ：ＹＡＧパルスレーザー溶接システムを使用して密閉される場合の最適化された一式のパラメータを示す。表３は、同型式のレーザー溶接システムが容認できる結果を実現する条件の一般範囲を示している。

【０１２０】

図１１は、露出したワイヤ端部１５０ａと１５０ｂを貫通ピン１３０と１３５にそれぞれ取り付ける好ましい方法と、ケース壁９２上にその場で形成され、それらの接続部を封止するエポキシ液滴コネクタブロック１４５（仮想外形線で表示）も示している。露出したワイヤ端部１５０ａと１５０ｂを貫通ピン１３０と１３５にそれぞれ取り付ける手順と、エポキシ液滴コネクタブロック１４５を形成する手順も、図２０の流れ図に示す。

【０１２１】

好ましい実施形態では、超音波溶接、抵抗溶接、レーザー溶接などの技法を使用して、露出したワイヤ端部１５０ａと１５０ｂは貫通ピン１３０と１３５にそれぞれ電気的に接続される。このような接合技法では、接合形状は、貫通ワイヤ１３０および１３５とハーネスリード線１５１と１５２の露出したワイヤ端部１５０ａおよび１５０ｂとのそれぞれのクロスワイヤ溶接、つまり直角とすることもできる。

【０１２２】

表４は、より線の露出したワイヤ端部１５０ａと１５０ｂを陽極と陰極の接続端子に抵抗溶接する場合のクロスワイヤ溶接の場合と表面溶接の場合の最適化された一式のパラメータを示す。

【０１２３】

一般的な抵抗溶接パラメータ（単一または二重パルス）

【０１２４】

【表４】

	抵抗溶接パラメータ*							
	a.	b.	c.	d.	e.	f.	g.	h.
クロスワイヤ	0－20.0	.250－.550	0－15	8.0－30.0	.500－1.500	1.0－7.0	1.5－8.5	20－50
ワイヤ対ケース	0－20.0	.500－.750	0－15	8.0－30.0	.500－2.30	1.0－7.0	1.5－8.5	20－50

a. 第１のパルス幅（ミリ秒）

b. 第１のパルス電流（ｋＡ）

c. 冷却サイクル（ミリ秒）

d. 第２のパルス幅（ミリ秒）

e. 第２のパルス電流（ｋＡ）

f. 溶接ヘッドの力（ポンド）

g. フォローアップ溶接ヘッドの力（ポンド）

h. アルゴンカバーガス（ＳＣＦＨ）

＊ Unitek Miyachi HF ２５高周波インバータ、Unitek Miyachi ３０２Ｈ直線作動電磁溶接ヘッド、Unitek Miyachi Ｃ３５０溶接ヘッドコントローラ。電極：特大２級銅製下電極、モリブデン、銅／タングステン、またはＨＤ １７合金製上電極、直径．０３０インチ～．０６０インチ。

図２０では、図２１Ａ～図２１Ｃにも示した方法で電気接続が完了した後、エポキシ液滴コネクタブロック１４５が形成される。一般的に、ワイヤハーネスとの電気接続後、封止領域の準備がされ、定量の比較的粘性の高い液体状エポキシが封止領域の電気接続部に液滴状で塗布され、コンデンサアセンブリをゆっくりと回転させながらエポキシが炉内で硬

化される。管理された温度と低速の回転により、エポキシは貫通部の構成部品と電気接続部の周囲のすべての空洞部に流れ込み浸透し、泡を形成するおそれのある気体がすべて放出され、ふくらんだ、滑らかで、光沢があり、コンデンサ間で一貫したいくぶん半球状の外部表面が形成される。

【０１２５】

図２１Ａでは、電気接続は、前述のように、ワイヤハーネスワイヤ端部１５０ａと１５０ｂを陽極と陰極の端子ピン１３０と１３５にクロスワイヤ溶接することにより行われる。図２１Ｂでは、封止領域９８と電気接続部の準備は清浄にすることにより行われ、マスキングテープ９９が任意に側壁９２に貼り付けられ、エポキシが平坦な側壁表面に沿って流れるのが制限され、封止領域９８上に形成されるエポキシ液滴の端がきれいで一貫した形状になる。他の辺は曲線状のケースの端により区切られ、コンデンサアセンブリが回転するときに硬化する液体状のエポキシの表面張力によりエポキシがそれらの端を越えて流れることが防止されるため、封止領域９８の４辺すべてを覆う必要はない。

【０１２６】

固定具の受け部内で封止領域の表面を水平に配置した状態で、コネクタブロック１４５を形成する定量のエポキシが図２１Ｃに示したように封止領域９８に塗布されるが、固定具は複数のコンデンサアセンブリを保持するために複数の受け部を有することもある。それから、１つまたは複数のコンデンサアセンブリを保持した固定具が、架台を所定の速度で回転するモーター式駆動部に結合された架台内に配置される。架台と固定具の回転により、各コンデンサアセンブリは、温度管理された炉内に置かれた状態で、図２１Ｃの軸Ａ－Ａ（またはその他の好ましい軸）に関して回転する。上昇した温度により、エポキシの粘性が低下し、重力、エポキシとアルミニウム間の表面エネルギー（濡れ）、エポキシの表面張力により決まるエポキシの体積（と表面積）が最低になる。前述のように形成されたエポキシ液滴コネクタブロック１４５は、貫通ピン１３０と１３５およびハーネスワイヤの電気接続部の歪みを除去する。エポキシにより、ワイヤガイド１４０と１４１、ケース９０、フェルール９５と１００の間にエポキシ密閉部が設けられることになる。

【０１２７】

架台が約２ｒｐｍで回転する場合、摂氏８５°～１０５°（たとえば９０℃）で動作する炉の中では、エポキシは、３０分以内に硬化することがわかった。さらに、エポキシが封止領域から離れる方向に流れるようにする位置で架台が問題なく回転できる場合、エポキシの流れを限定するのにマスキングテープ９９は必要ないことがわかった。

【０１２８】

硬化の完了後、そのように形成されたコンデンサアセンブリは、架台の受け部から外され、マスキングテープ９９が取り除かれ（以前に貼り付けられている場合）、エポキシ液滴コネクタブロック１４５が検査される。全体の形状、液滴の端、内部に封止された構成部品の被覆状態が所定の標準を満たさなければならない。

【０１２９】

エポキシ液滴コネクタブロック１４５が作成される方法により、貫通ピン１３０と１３５とワイヤ端部１５０ａと１５０ｂが良好に電気絶縁される。その方法により、予測可能で、一様で、信頼性が高く、見栄えのするコネクタブロック１４５が提供され、高品質の密閉が実現される。

【０１３０】

エポキシ液滴コネクタブロック１４５の形成に使用されるエポキシは、コンデンサ２６５で使用される電解質に対して化学的に耐性があり、周囲の表面にうまく接着されることがもっとも好ましい。各重合体のワイヤガイド（または前述のアルミニウムケース用に重合体が代用された場合は重合体のケース側壁）の接着促進処理（化学析出、エッチング、コロナ、イオン銃、プラズマ処理などによる）を使用して、コンデンサ２６５の信頼性を最大にすることもできる。好ましい方法では、空隙や亀裂がないかほとんどなく、周囲のピン、フェルール壁、ワイヤガイドの構成部品に完全または実質的に完全に接着されるエポキシが使用される。フェルール穴を密閉用のエポキシで充填するには、いくつかの方法が

あり、選択されたエポキシの粘性と濡れ角度（表面エネルギー）に大きく依存する。エポキシでは濡れ角度と粘性の特性の釣り合いが望ましいことがわかっている。さらに具体的には、エポキシは、空隙が生じないように充填され表面に広がるのに十分に薄く、しかし、ワイヤガイドの周囲や中、または、封止領域９８を限定するコンデンサケースの端とマスキングテープの境界の周囲に漏出しないように十分に濃いつまり粘性があることが望ましい。

【０１３１】

適切なエポキシの１つとしては、ＣＩＢＡ Ｇｅｉｇｙ Ａｒａｌｄｉｔｅ ２０１４などの脂肪族エポキシがある。その他の適切な注封接着剤には、ポリアミド、ポリエステル、ポリウレタン、エポキシ、ポリエチレン－ビニルアセテートなどの化学的耐性のある熱可塑性の熱溶融材料、アクリル酸塩、メタクリル酸塩などの紫外線硬化樹脂、脂肪族エポキシまたは芳香族エポキシ、シリコン、ポリアミド、ポリエステル、ポリウレタンなどのその他の熱硬化性樹脂がある。多くの適切な注封接着剤は、温度硬化または紫外線硬化する。場合によっては収束赤外線手順を使用して硬化時間を最短化し熱を局所化することもできる。図２１Ｃには透明エポキシ液滴コネクタブロック１４５が示されているが、エポキシ材料は不透明でもよい。

【０１３２】

さらに、エポキシ液滴コネクタブロック１４５’を使用して形成されたケースが負または中性のコンデンサの実施形態を図２２Ａ、図２２Ｂから図２４Ａ、図２４Ｂに示す。電気接続を行い、エポキシ液滴コネクタブロック１４５’を形成する方法は、前述の図２０の手順に従う。ケースが負の実施形態では、コンデンサケース９０’と９０”および嵌合するカバーと内部に配置された電極スタックアセンブリは、前述のケースが中性の実施形態よりも幾分小さく、半球に近い。図２２Ａに示した実施形態の封止領域９８’は、側壁９２’の曲率に沿うが、図２２Ｂに示した実施形態の封止領域９８”は、側壁９２”の平坦な部分にある。図２３Ａと図２３Ｂおよび図２４Ａと図２４Ｂは、図２２Ａの実施形態のケースが中性またはケースが負の電気接続を行う代替方法を示しているが、ケースが負の接続を実現するためのそれらの形態や同等の形態は、図２２Ｂの実施形態に使用できることが理解されよう。さらに、ケースが負の接続を実現するためのそれらの形態と同等の形態は、前述のケースが中性のコンデンサをケースが負のコンデンサに変更するのに使用できる。

【０１３３】

図２３Ａと図２４Ａは、エポキシ液滴コネクタブロック１４５’内の集められた陽極タブ２３２とワイヤハーネス１５５との電気接続の一実施形態を示す。陽極貫通ピン１２０’は、陽極穴つまり開口１４２’で支持され、電気絶縁性の環状のガイド９５’によりケース側壁９２’から電気的に絶縁されている。それらの陽極貫通部構成部品は、前述の方法で形成し、ケース側壁９２’に組み付けることもできるが、独立した貫通部として形成することも可能で、その場合、フェルールがケース側壁９２’に一体で溶接され、それから集められた陽極タブ２３２と露出したワイヤ端部１５０ａに接続される。陽極貫通ピン１２０’は、内端で集められた陽極タブ２３２に結合される。陽極貫通ピン１２０’の外部に配置された端部は、前述の方法などの任意の便利な方法でワイヤハーネス１５５のワイヤ１５２の露出したワイヤ端部１５０ａとの接続用の陽極接続端子となる。好ましいクロスワイヤ溶接が図示されている。

【０１３４】

図２３Ａと図２３Ｂは、エポキシ液滴コネクタブロック１４５’内で集められた陰極タブ２３３とワイヤハーネス１５５とを接続し、陰極接続端子を実現する一方法を示している。陰極ピン１２５’は、内端で集められた陰極タブ２３３と結合され、外端でワイヤハーネス１５５のワイヤ１５１の露出したワイヤ端部１５０ｂに前述の方法など便利な方法により結合される。好ましいクロスワイヤ溶接が図示されている。図２３Ａと図２３Ｂに示したその実施形態では、陰極ピン１２５’は、単に陰極開口１４３’を通して延長され、陰極ピン１２５’と陰極開口１４３’の端との間の残ったすべての隙間は流動するエポキ

シで充填されるので、その隙間を溶接して閉鎖する必要はない。したがって、集められた陰極タブ２３３が、ケース９０’に電気的に結合されるかどうかは、陰極ピン１２５’が陰極開口１４３’の端に偶然接触するかどうかによる。

【０１３５】

図２４Ａと図２４Ｂは、ケースが負の場合に、エポキシ液滴コネクタブロック１４５’内で集められた陰極タブ２３３をワイヤハーネス１５５に接続し、陰極接続端子を実現する別の方法を示している。陰極ピン１２５’は、内端で集められた陰極タブ２３３と結合され、外端でワイヤハーネス１５５のワイヤ１５１の露出したワイヤ端部１５０ｂに前述の方法など便利な方法により結合される。陰極ピン１２５’は、小径の陰極穴１４３’を通して延長され、溶接エネルギーを加えることでケース側壁９２’に電気的に接合されるが、その溶接エネルギーにより陰極孔１４３’も密閉される。本実施形態では、陰極ピン１２５’は、ケース側壁９２’の表面に接地され、露出したワイヤ端部１５０ｂは、封止領域９８’内の陰極接続端子の部分でその表面に溶接される。溶接によって、陰極ピン１２５’と陰極開口１４３’の端との間の隙間が閉じられることもある。このような表面やワイヤをケースに抵抗溶接する場合のパラメータは、前述の表４に示されている。

【０１３６】

本発明のエポキシ液滴コネクタブロック１４５と１４５’とそれらを形成する方法は、図示したワイヤハーネス１５５や同等のハーネスやコネクタアセンブリとともに使用できることに注意すべきである。それから、ワイヤハーネス１５５は、必要に応じて、たとえば、図３Ａ～図３Ｇに示したように装置レベルの組み立て手順において、コンデンサの電気接続を引き回す手段としての役割を果たすこともできる。図９～図１２、図２３Ｂ、図２４Ｂに示した実施形態では、端子コネクタ１５３は、回路やモジュールの嵌合コネクタへの接続に適合したすり接点のメス端部を形成している。他の実施形態では、端子コネクタ１５３は、すり接点のオス端部を形成することもある。さらに、ワイヤ１５１と１５２は、端子コネクタ１５３が機械的にエポキシ液滴コネクタブロック１４５や１４５’に接合されるように、短縮することもできる。または、端子コネクタ１５３を廃止して、ワイヤ１５１と１５２の端部を他の回路やモジュールに抵抗スポット溶接、超音波ワイヤボンディング、はんだ付け、かしめ、その他の取り付け手段により接続することもできる

エポキシ液滴コネクタブロック１４５と１４５’の形成に続く残りのコンデンサ組み立て手順を図１３に示し、ケースが中性の実施形態を具体的に参照して以降で説明するが、この手順は、ケースが負の実施形態の組み立ておよび試験の達成にも適用可能である。

【０１３７】

溶接手順とコネクタブロック１４５の形成の完了後、コンデンサ２６５に電解質がコンデンサケースの側壁９２の穴に溶接された注入ポート１０７を通して注入され、注入ポートの内腔が閉じられる。以前に参照された原特許出願第０９／１０４，１０４号に詳細に説明されている複数回の真空含浸サイクルにより注入が実行される。電解質は、高電圧電解コンデンサ用の任意の適切な電解液とすることができる。好ましい実施形態では、電解質はアジピン酸を溶質とするエチレングリコールベースの電解質である。高電圧コンデンサへの使用に適した他の電解質を使用することも可能である。

【０１３８】

注入ポート１０７により、電解質の注入とヘリウム漏れ検証機能が実現され、これらの機能の実行が完了したときに容易に密閉することができる。コンデンサ２６５の密閉性は、ヘリウム漏れ試験を使用して計測するのが好ましい。ヘリウム漏れ試験の一種では、ヘリウム漏れ試験装置により、注入ポート１０７の周囲に密閉部が形成される。コンデンサ２６５の内部が注入ポートの内腔を通して約５０トルまで真空引きされ、コンデンサ２６５の内部から吸引された気体が調整された質量分析計を通過するように設定されるため、Ｏリングが継ぎ手と注入ポート１０７との間に配置されるのが好ましい。それから、ヘリウムガスが、コンデンサ２６５、カバー１１０、ケース９０、カバー１１０とケース９０との接合部、コネクタブロック１４５、フェルール１０５、注入ポート１０７、フェルール１０５その他の構成部品の周囲に放出され、ヘリウムの耐漏洩性試験装置によりコンデン

サ２６５の内部から排出される気体と分子にコンデンサ２６５の外部からその内部に漏れたヘリウムガスが存在するかどうかが試験される。コンデンサ２６５内部の材料や接合部を通して漏れるヘリウムの漏れ率は、質量分析計により決定される。この耐漏洩性つまり密閉性の計測値は、ケース開口に対するカバー、ケース側壁に対する貫通フェルール、ケース側壁に対する注入管の溶接された接合部の品質を保証する手段になる。

【０１３９】

別の種類のヘリウム漏れ試験では、「ボンビング」つまりコンデンサ２６５の内部室へのガスの注入が、注入ポート１０７の密閉の直前に実行される。それから、密閉されたコンデンサ２６５の外部は、調整された質量分析計を使用して真空状態で監視され、コンデンサ２６５の材料や接合部を通したヘリウムの漏れ率が決定される。

【０１４０】

調整された質量分析計は、ヘリウム耐漏洩試験装置に内蔵されているのがもっとも好ましい。分析計は、ヘリウム原子や分子の存在を感知する。そのような装置の例には、ニューヨーク州イーストシラキュースで製造されるＬＥＹＢＯＬＤ　ＩＮＦＩＣＯＮモデル番号ＵＬ－２００ヘリウム漏れ試験器がある。注入管と耐漏洩性試験装置の継ぎ手と共に、耐漏洩性の定格が約1×10^{-9}ｃｍ^3／ｓｅｃのＯリングを使用するのがもっとも好ましい。耐漏洩性試験装置をコンデンサ２６５と使用する場合、通常不合格とみなされる点は、約1×10^{-9}ｃｍ^3／ｓｅｃと規定される。

【０１４１】

密閉性試験が完了すると、注入管１０７を使用してコンデンサケースに電解液が注入される。それからコンデンサ２６５と電解質供給源は、電解質の供給源に取り付けられた一時注入管を任意に使用して注入ポート１０７の外部管端部１０６がその供給源に接続された状態で真空室に配置される。それから、以下でさらに説明する電解質の蒸気圧を超える圧力で、真空含浸サイクルを複数回実行するのが好ましい。好ましさのより低い方法では、コンデンサ２６５を電解質に浸漬するか、定量注入装置を使用してコンデンサ２６５に真空注入することで、コンデンサ２６５に電解質が注入される。

【０１４２】

コンデンサ２６５に電解質が注入されると、エージング処理を実施して絶縁性の酸化アルミニウム層を形成するのが好ましい。エージングは、電流をコンデンサの端子を通して流し、端子間の電圧をゼロからコンデンサの最大のエージング電圧（通常、３６０から３９０ボルトＤＣの間）まで徐々に上昇させることで一般的に達成される。エージング電圧が達成されると、コンデンサ２６５は、漏れ電流が許容可能な低い値で安定するまでその電圧に保持される。電流制限過程中に約３７０ボルトの電圧が達成されるまでコンデンサ２６５をエージングするのが好ましい。

【０１４３】

エージング処理は、漏れ電流を観察しながら、３７０ボルトに設定された電圧と（２１４マイクロファラッドの静電容量を持つコンデンサに対しては）約１．５ｍＡに制限された電流で実行するのが好ましい。電圧が高いときにはエージングシステムの温度を上昇させるのが有益である。好ましい一方法では、電圧が２３０ボルトに達したときに、温度を約摂氏７０°に上昇させる。３７０ボルトまで充電した後、漏れ電流が所定の値まで減少するか、３７０ボルトで所定の時間が経過するか、所定の漏れ電流の減少率が達成されるまで、３７０ボルトに保持された電圧でコンデンサのエージングを継続するのがもっとも好ましい。

【０１４４】

エージングに続いて、エージング後の真空処理、つまりコンデンサ２６５への注入処理により、以前に参照された原特許出願第０９／１０４，１０４号に詳述されているように、静電容量と等価直列抵抗（ＥＳＲ）が著しく改善される。

【０１４５】

エージングと真空再注入サイクルの後、注入ポート管１０７の遠端部が１０６密閉され、コンデンサ内で気圧が上昇したときでも電解質の喪失が防止される。最初に、注入ポート

の内腔が注入管１０７の端で、ペンチまたは圧縮ローラーや溶接などの適切な手段で機械的にかしめられて閉鎖されるのが好ましい。次に、前述のように形成されてかしめられたり閉鎖された接合部をサイドカッターによる金属せん断や金型で調整し、密閉するのがもっとも好ましい。注入管１９７を密閉するための許容差が少なく高価な追加の単片部品や構成部品を必要とすることなく、コンデンサの注入ポートを最低限のコストで素早く閉鎖し密閉することができる。それから、注入ポート管１０７のかしめられた端部の隙間が密閉されるが、超音波溶接、冷間溶接、レーザー溶接などの接合技法を使用するのがもっとも好ましい。たとえば、表２と表３を参照されたい。

【０１４６】

しかし、接着剤塗布、エポキシ塗布、またはその他の任意の適切な手段など、その他の手順を実施して、注入ポート管１０７を密閉することもできる。たとえば、注入管１０７の内腔は、圧縮ばね用の球形の玉を注入管１０７またはフェルール１０５の内腔内に設けられた対応する球形の凹部に挿入して密閉することもできる。玉は、コンデンサの電解質中で安定した金属、プラスチック、またはセラミックの材料から形成されるのがもっとも好ましい。玉の直径に対する注入ポート管やフェルールの内腔の内径の寸法管理は、実施される密閉の品質の管理に対して重要である。玉は、注入ポートのフェルールの溶接を損傷したり、ケース９０を著しく変形させることなく、内径にできるだけ緊密にしまりばめされるのが理想的である。「玉」は球形である必要はなく、円筒、円錐、その他の形状の嵌め込み部品でもよい。

【０１４７】

注入ポートフェルール１０５を密閉するさらに別の方法では、電解質成分は注入ポート管１０７を通って漏出させないが、コンデンサ２６５の充電と放電により発生する水素ガスはコンデンサ２６５の内部から漏出させる水素透過性薄膜シールを注入ポートフェルール１０５の近傍または内部に組み込む。注入ポート管１０７を十分な化学的耐性を持つが水素ガスを選択的に透過させる障壁（ある種のシリコン、ポリフェニレンオキサイド、酢酸セルロース、トリアセテートおよびポリスルフォンなど）で密閉することで、電解質の喪失を防ぐこともできる。前述の化学的耐性と水素透過性を持ち、そのような使用方法に適した注封接着剤（エポキシやシリコン）もある。それらの接着剤で貫通部を密閉し、水素ガス以外に対して密閉されているコンデンサ２６５から水素ガスを漏出させるのがもっとも好ましい。代わりに、注入ポート管１０７の密閉は、市販のエチレングリコール冷却剤の缶に使用されるシールの種類と同等の、注入ポート管１０７の遠端部１０６上に配置された粘着性の帯により達成することもできる。

【０１４８】

注入ポート管の内腔が前述の手段や方法の１つで密閉されると、コンデンサ２６５、２６５’、２６５”が電気的に試験される。埋め込み可能な緊急除細動器での適用には、２つのコンデンサ２６５、２６５’、２６５”が直列に接続されることが必要な場合もある。本実施形態では、絶縁部は、コンデンサ２６５、２６５’、２６５”間に配置された両面粘着剤によって実現され、コンデンサ２６５、２６５’、２６５”は、それらの間に配置された絶縁部／粘着帯部により対向する面に沿って接合される。それから一対のコンデンサ２６５、２６５’、２６５”は、図３Ａから図３Ｇを参照して前述したように、ＩＣＤのＩＰＧ１０内への組み付けのために供給される。

【０１４９】

本発明が有利に実装されたコンデンサ２６５、２６５’、２６５’’を示した実施形態の２、３の例のみについて上記で詳述したが、当業者は、例示的な実施形態において、本発明の新規な教示と利点から材料的に逸脱することなく多くの変形が可能であることを容易に認めるであろう。したがって、そのようなすべての変形例は、特許請求の範囲で定義される本発明の範疇に含まれることが意図されている。

【０１５０】

前述の特定の実施形態は、本発明の好ましい実施形態によるコンデンサの構造とその組み立て方法、ＩＭＤへの組み込みを説明するものである。そのため、本発明や併記された特

許請求の範囲から逸脱することなく、当業者に既知あるいはここで開示されたその他の手段、本願の出願日以前に存在した、または今後発生するその他の手段を使用することが当然可能である。特許請求の範囲において、手段プラス機能形式の特許請求の範囲は、説明した機能を実施するときにここで説明した構造を網羅することを意図し、構造的な同一物だけでなく同一の構造を網羅することを意図している。

【０１５１】

ここで開示されたすべての特許と公開文献は、本明細書に参照内容としてその全体を援用するものとする。

【図面の簡単な説明】

【図１】

図１は、本発明を有利に組み込み可能なＩＣＤのＩＰＧとリード線システムの例示的な一実施形態の物理構成部品を示す。

【図２】

図２は、本発明の高電圧コンデンサを備えた電圧変換回路と１種類のＩＣＤのＩＰＧの主要機能構成部品との相互接続を示す簡略化された機能ブロック図である。

【図３】

図３Ａないし図３Ｇは、本発明の電解コンデンサを含む図１と図２の典型的なＩＣＤのＩＰＧの様々な構成部品をＩＣＤのＩＰＧのハウジング内に配置する態様を示す分解斜視図である。

【図４】

図４は、本発明を組み込む電解コンデンサの単一の陽極／陰極層すなわち電極スタックサブアセンブリの一実施形態の分解図である。

【図５】

図５Ａは、図４の電極スタックサブアセンブリの陽極層が冷間溶接されている冷間溶接装置の一実施形態の分解斜視図であり、図５Ｂは、図５Ａの冷間溶接装置の非分解図であり、図５Ｃは、図４の電極サブアセンブリの陽極層が冷間溶接されている図５Ａと図５Ｂの冷間溶接装置の断面図である。

【図６】

図６Ａは、本発明を組み込む電解コンデンサの積層された電極スタックアセンブリへの陽極／陰極層サブアセンブリの積層の一実施形態の分解上部斜視図であり、図６Ｂは、電解コンデンサに使用される冷間溶接された陽極アセンブリの一実施形態の一部の断面図であり、図６Ｃは、電解コンデンサに使用される冷間溶接された陽極アセンブリの一実施形態の別の部分の断面図である。

【図７】

図７は、本発明を組み込む電解コンデンサの電極スタックアセンブリの一実施形態の上部斜視図である。

【図８】

図８は、図７に示した電極スタックアセンブリの一部拡大図である。

【図９】

図９は、図６、図７、図８に示した電極スタックアセンブリを使用した本発明のケースが中性のコンデンサの一実施形態の分解上部斜視図である。

【図１０】

図１０は、部分的に組み立てられた図９のコンデンサの分解上部斜視図である。

【図１１】

図１１は、カバーが上部に配置されていない、本発明の部分的に組み立てられたコンデンサの一実施形態の平面図である。

【図１２】

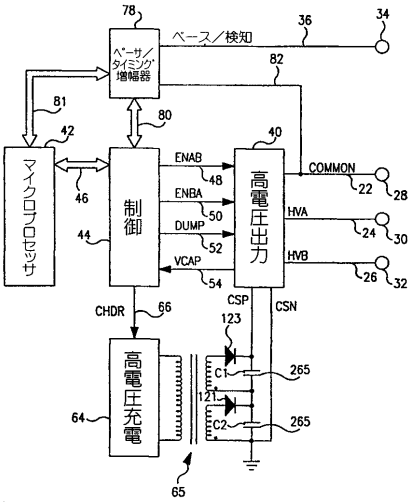
図１２は、カバーが上部に配置された図１１のコンデンサの上部斜視図である。

【図１３】

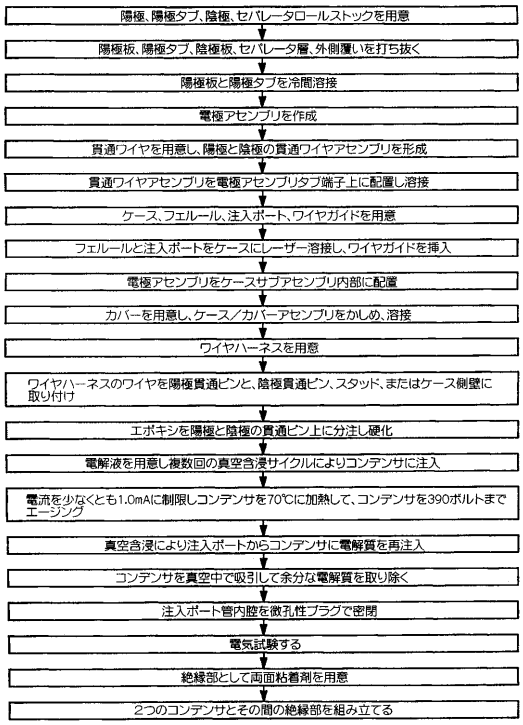
図１３は、本発明を組み込んだケースが中性またはケースが負のコンデンサを作成するた

めの本発明の一方法の流れ図である。
【図１４】
図１４は、本発明を組み込んだコンデンサの陽極層を作成するための一方法の流れ図である。
【図１５】
図１５は、本発明を組み込んだコンデンサの電極スタックアセンブリを作成するための一方法の流れ図である。
【図１６】
図１６は、本発明を組み込んだコンデンサのタブの相互接続と貫通端子接続を行うための一方法の流れ図である。
【図１７】
図１７は、本発明を組み込んだコンデンサのタブの相互接続と貫通端子接続を行うための一方法の流れ図である。
【図１８】
図１８は、本発明を組み込んだコンデンサのケースアセンブリを作成するための一方法の流れ図である。
【図１９】
図１９は、本発明を組み込んだコンデンサのケースとカバーを密閉するための一方法の流れ図である。
【図２０】
図２０は、本発明を組み込んだコンデンサの貫通部を密閉するための一方法の流れ図である。
【図２１】
図２１Ａないし図２１Ｃは、ワイヤハーネスと陽極と陰極の貫通ピンとの接続箇所の周囲のエポキシ液滴コネクタブロックが組み立て中の状態にある、ケースが中性のコンデンサアセンブリの平面図である。
【図２２】
図２２Ａおよび図２２Ｂは、エポキシ液滴コネクタブロックで形成された、小型化され、ケースが負または非接続のコンデンサの２つの実施形態の側部立面図である。
【図２３】
図２３Ａは、エポキシ液滴コネクタブロック内の集められた陽極タブおよび陰極タブとワイヤハーネスとの電気接続の一実施形態を示す部分的に露出した断面の側部立面図であり、図２３Ｂは、エポキシ液滴コネクタブロック内の図２３Ａの貫通端子ピンとワイヤハーネスとの電気接続を示す端部斜視図である。
【図２４】
図２４Ａは、エポキシ液滴コネクタブロック内の集められた陽極および陰極タブとワイヤハーネスとの電気接続の他の実施形態を示す部分的に露出した断面の側部立面図であり、図２４Ｂは、エポキシ液滴コネクタブロック内のワイヤハーネスと図２４Ａの貫通端子ピンおよびケースとの電気接続を示す端部斜視図である。

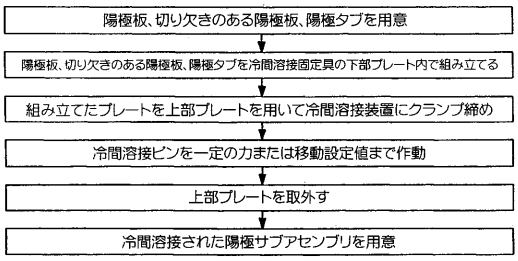
【図２】



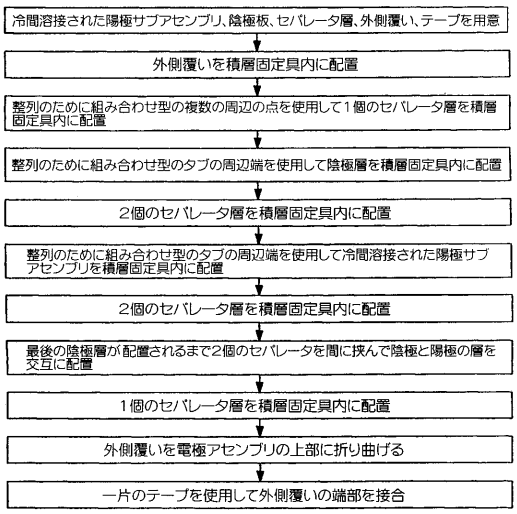
【図１３】



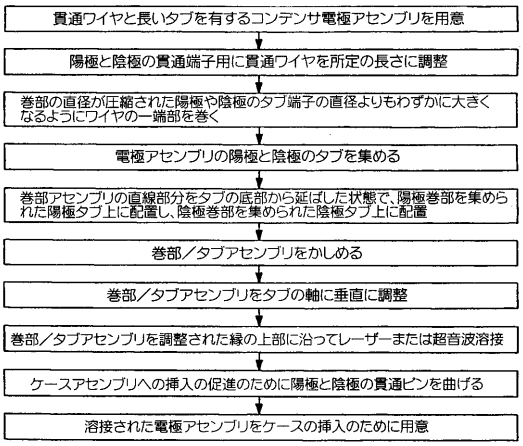
【図１４】



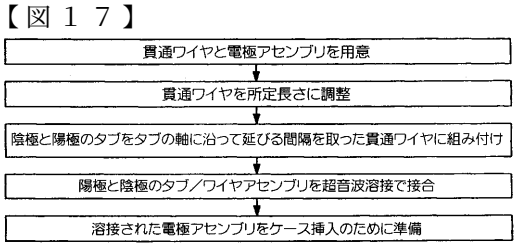
【図１５】



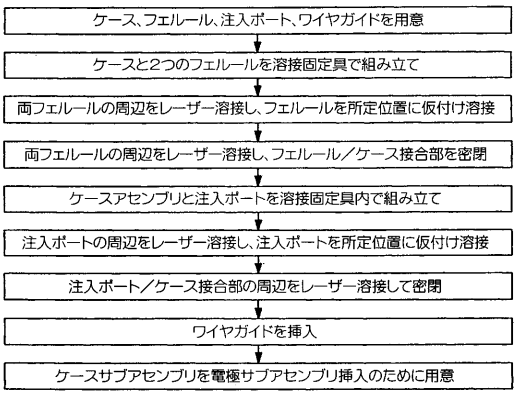
【図１６】



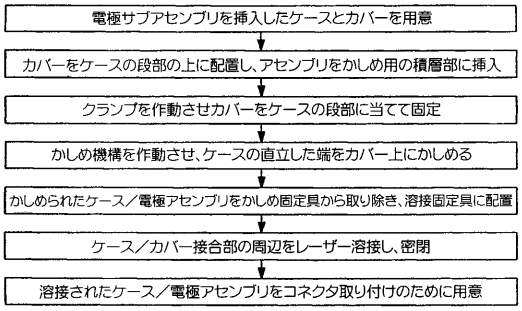
【図１７】



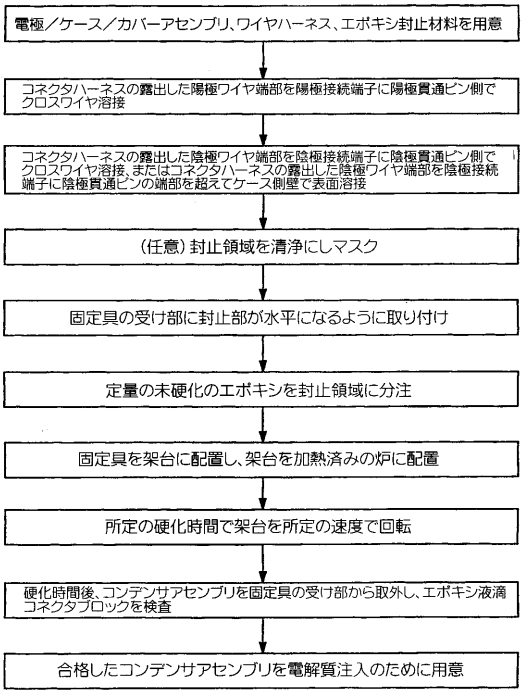
【図１８】


ケース、フェルール、注入ポート、ワイヤガイドを用意
ケースと2つのフェルールを溶接固定具で組み立て
両フェルールの周辺をレーザー溶接し、フェルールを所定位置に仮付け溶接
両フェルールの周辺をレーザー溶接し、フェルール／ケース接合部を密閉
ケースアセンブリと注入ポートを溶接固定具内で組み立て
注入ポートの周辺をレーザー溶接し、注入ポートを所定位置に仮付け溶接
注入ポート／ケース接合部の周辺をレーザー溶接して密閉
ワイヤガイドを挿入
ケースサブアセンブリを電極サブアセンブリ挿入のために用意

【図１９】


電極サブアセンブリを挿入したケースとカバーを用意
カバーをケースの段部の上に配置し、アセンブリをかしめ用の積層部に挿入
クランプを作動させカバーをケースの段部に当てて固定
かしめ機構を作動させ、ケースの直立した端をカバー上にかしめる
かしめられたケース／電極アセンブリをかしめ固定具から取り除き、溶接固定具に配置
ケース／カバー接合部の周辺をレーザー溶接し、密閉
溶接されたケース／電極アセンブリをコネクタ取り付けのために用意

【図２０】


電極／ケース／カバーアセンブリ、ワイヤハーネス、エポキシ封止材料を用意
コネクタハーネスの露出した陽極ワイヤ端部を陽極接続端子に陽極貫通ピン側でクロスワイヤ溶接
コネクタハーネスの露出した陰極ワイヤ端部を陰極接続端子に陰極貫通ピン側でクロスワイヤ溶接、またはコネクタハーネスの露出した陰極ワイヤ端部を陰極接続端子に陰極貫通ピンの端部を超えてケース側壁で表面溶接
(任意) 封止領域を清浄にしマスク
固定具の受け部に封止部が水平になるように取り付け
定量の未硬化のエポキシを封止領域に分注
固定具を架台に配置し、架台を加熱済みの炉に配置
所定の硬化時間で架台を所定の速度で回転
硬化時間後、コンデンサアセンブリを固定具の受け部から取外し、エポキシ液滴コネクタブロックを検査
合格したコンデンサアセンブリを電解質注入のために用意

【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau

(43) International Publication Date
10 January 2002 (10.01.2002)

PCT

(10) International Publication Number
WO 02/03407 A2

(51) International Patent Classification⁷: H01G 9/00

(21) International Application Number: PCT/US01/19887

(22) International Filing Date: 21 June 2001 (21.06.2001)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
09/608,246 30 June 2000 (30.06.2000) US

(71) Applicant: **MEDTRONIC, INC.** [US/US]; 710 Medtronic Parkway Northeast, Minneapolis, MN 55432 (US).

(72) Inventors: **NIELSEN, Christian, S.**; 582 Sykora Lane, River Falls, WI 54022 (US). **BOMSTAD, Timothy, T.**; 7660 Bowman Court South, Inver Grove Heights, MN 55076 (US). **BREYEN, Mark, D.**; 4620 Arrowood Lane North, Plymouth, MN 55442 (US). **MILTICH, Thomas, P.**; 9148 Upland Lane North, Maple Grove, MN 55369 (US). **CLARKE, Michael, E.**; 9799 44th Street Northeast, St. Michael, MN 55448 (US). **RORVICK, Anthony, W.**; 4800 89th Crescent, Brooklyn Park, MN 55443 (US).

(74) Agents: **WOLDE-MICHAEL, Girma** et al.; Medtronic, Inc. LC340, 710 Medtronic Parkway, Minneapolis, MN 55432 (US).

(81) Designated States *(national)*: CA, JP.

(84) Designated States *(regional)*: European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

Published:
— *without international search report and to be republished upon receipt of that report*

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

(54) Title: IMPLANTABLE MEDICAL DEVICE HAVING FLAT ELECTROLYTIC CAPACITOR WITH MINIATURIZED EPOXY CONNECTOR DROPLET

(57) Abstract: Implantable medical devices (IMDs) and their various components, including flat electrolytic capacitors for same, and methods of making and using same, particularly a simplified, miniature capacitor connector block and wiring harness utilizing an epoxy droplet and method of making same are disclosed. An electrode stack assembly and electrolyte are located within the interior case chamber of a hermetically sealed capacitor case. The electrode stack comprises a plurality of capacitor layers stacked in registration upon one another, each capacitor layer comprising a cathode layer having a cathode tab, an anode sub-assembly comprising at least one anode layer having an anode tab, and a separator layer located between adjacent anode and cathode layers, whereby all adjacent cathode layers and anode layers of the stack are electrically insulated from one another by a separator layer. Anode terminal means extend through the capacitor case side wall for electrically connecting a plurality of the anode tabs to one another and providing an anode connection terminal at the exterior of the case. Cathode terminal means extend through or to an encapsulation area of the capacitor case side wall for electrically connecting a plurality of the cathode tabs to one another and providing a cathode connection terminal at the exterior of the case. A connector assembly is electrically attached to the anode connection terminal for making electrical connection with the anode tabs and to the cathode connection terminal for making electrical connection with the cathode tabs. A connector block is formed of an epoxy droplet adhered to the encapsulation area of the capacitor side wall surrounding and encapsulating the anode and cathode connection terminals and the electrical connections with the connector assembly. The connector block is formed on an encapsulation area of the case side wall of epoxy that is cured for a period of time under elevatedtemperature conditions while rotating the capacitor assembly.

WO 02/03407 A2

IMPLANTABLE MEDICAL DEVICE HAVING FLAT ELECTROLYTIC CAPACITOR WITH MINIATURIZED EPOXY CONNECTOR DROPLET

FIELD OF THE INVENTION

This invention relates to implantable medical devices (IMDs) and their various components, including flat electrolytic capacitors for same, and methods of making and using same, particularly a simplified, miniature capacitor connector block and wiring harness utilizing an epoxy droplet and method of making same.

BACKGROUND OF THE INVENTION

As described in the above-referenced parent application Serial No. 09/104,104, and the provisional application that it claims priority from, a wide variety of IMDs are known in the art. Of particular interest are implantable cardioverter-defibrillators (ICDs) that deliver relatively high energy cardioversion and/or defibrillation shocks to a patient's heart when a malignant tachyarrhythmia, e.g., atrial or ventricular fibrillation, is detected. Current ICDs typically possess single or dual chamber pacing capabilities for treating specified chronic or episodic atrial and/or ventricular bradycardia and tachycardia and were referred to previously as pacemaker/cardioverter/defibrillators (PCDs). Earlier developed automatic implantable defibrillators (AIDs) did not have cardioversion or pacing capabilities. For purposes of the present invention ICDs are understood to encompass all such IMDs having at least high voltage cardioversion and/or defibrillation capabilities.

Generally speaking, it is necessary to employ a DC-DC converter within an ICD implantable pulse generator (IPG) to convert electrical energy from a low voltage, low current, electrochemical cell or battery enclosed within the IPG housing to a high voltage energy level stored in one or more high energy storage capacitor, as shown for example, in commonly assigned U.S. Patent No. 4,548,209. The conversion is effected upon confirmation of a tachyarrhythmia by a DC-DC "flyback" converter which includes a transformer having a primary winding in series with the battery and a secondary winding in series with the high energy capacitor(s) and an interrupting circuit or switch in series with the primary coil and battery that is periodically opened and closed during a charging

cycle. Charging of the high energy capacitor is accomplished by inducing a voltage in the primary winding of the transformer creating a magnetic field in the secondary winding when the switch is closed. The field collapses when the current in the primary winding is interrupted by opening the switch, and the collapsing field develops a current in the secondary winding which is applied to the high energy capacitor to charge it. The repeated interruption of the supply current charges the high energy capacitor to a desired level of several hundred volts over a charging time of the charge cycle. Then, the energy is rapidly discharged from the high voltage capacitor(s) through cardioversion/defibrillation electrodes coupled to the IPG through ICD leads and arranged about or in a heart chamber or vessel if the tachyarrhythmia is confirmed as continuing at the end of the charge time. The cardioversion/defibrillation shocks effected by discharge of such capacitors are typically in the range of about 25 to 40 Joules. The process of delivering cardioversion/defibrillation shocks in this way may be repeated if an earlier delivered cardioversion/defibrillation shock does not convert the tachyarrhythmia to a normal heart rhythm.

Energy, volume, thickness and mass are critical features in the design of ICD pulse generators that are coupled to the ICD leads. The battery(s) and high voltage capacitor(s) used to provide and accumulate the energy required for the cardioversion/defibrillation shocks have historically been relatively bulky and expensive. Presently, ICD IPGs typically have a volume of about 40 to about 60 cc, a thickness of about 13 mm to about 16 mm and a mass of approximately 100 grams.

It is desirable to reduce the volume, thickness and mass of such capacitors and ICD IPGs without reducing deliverable energy. Doing so is beneficial to patient comfort and minimizes complications due to erosion of tissue around the ICD IPG. Reductions in size of the capacitors may also allow for the balanced addition of volume to the battery, thereby increasing longevity of the ICD IPG, or balanced addition of new components, thereby adding functionality to the ICD IPG. It is also desirable to provide such ICD IPGs at low cost while retaining the highest level of performance. At the same time, reliability of the capacitors cannot be compromised.

Various types of flat and spiral-wound capacitors are known in the art, some examples of which are described as follows and/or may be found in the patents listed in Table 1 of the above-referenced parent patent application Serial No. 09/104,104.

Prior art high voltage electrolytic capacitors used in ICDs have two or more anode and cathode layers (or "electrodes") and operate at room or body temperature. Typically, the capacitor is formed with a capacitor case enclosing an etched aluminum foil anode, an aluminum foil or film cathode, and a Kraft paper or fabric gauze spacer or separator impregnated with a solvent based liquid electrolyte interposed therebetween. A layer of aluminum oxide that functions as a dielectric layer is formed on the etched aluminum anode, preferably during passage of electrical current through the anode. The electrolyte comprises an ion producing salt that is dissolved in a solvent and provides ionic electrical conductivity between the cathode and the aluminum oxide dielectric. The energy of the capacitor is stored in the electrostatic field generated by opposing electrical charges separated by the aluminum oxide layer disposed on the surface of the anode and is proportional to the surface area of the aluminum anode. Thus, to minimize the overall volume of the capacitor one must maximize anode surface area per unit volume without increasing the capacitor's overall (i.e., external) dimensions. The separator material, anode and cathode layer terminals, internal packaging, electrical interconnections, and alignment features and cathode material further increase the thickness and volume of a capacitor. Consequently, these and other components in a capacitor and the desired capacitance limit the extent to which its physical dimensions may be reduced.

Some ICD IPGs employ commercial photoflash capacitors similar to those described by Troup in "Implantable Cardioverters and Defibrillators," Current Problems in Cardiology, Volume XIV, Number 12, Dec. 1989, Year Book Medical Publishers, Chicago, and as described in U.S. Patent No. 4,254,775. The electrodes or anode and cathodes are wound into anode and cathode layers separated by separator layers of the spiral. Anode layers employed in such photoflash capacitors typically comprise one or two sheets of a high purity (99.99%), porous, highly etched, anodized aluminum foil. Cathode layers in such capacitors are formed of a non-porous, highly etched aluminum foil sheet which may be somewhat less pure (99.7%) respecting aluminum content than the anode layers. The separator formed of one or more sheet or layer of Kraft paper saturated

and impregnated with a solvent based liquid electrolyte is located between adjacent anode and cathode layers. The anode foil thickness and cathode foil thickness are on the order of 100 micrometers and 20 micrometers, respectively. Most commercial photoflash capacitors contain a core of separator paper intended to prevent brittle, highly etched aluminum anode foils from fracturing during winding of the anode, cathode and separator layers into a coiled configuration. The cylindrical shape and paper core of commercial photoflash capacitors limits the volumetric packaging efficiency and thickness of an ICD IPG housing made using same.

The aluminum anodes and cathodes of aluminum electrolytic capacitors generally each have at least one tab extending beyond their perimeters to facilitate electrical connection of all (or sets of) the anode and cathode layers electrically in parallel to form one or more capacitor and to make electrical connections to the exterior of the capacitor case. Tab terminal connections for a wound electrolytic capacitor are described in U.S. Patent No 4,663,824 that are laser welded to feedthrough pin terminals of feedthroughs extending through the case. Wound capacitors usually contain two or more tabs joined together by crimping or riveting.

Flat electrolytic capacitors have also been disclosed in the prior art for general applications as well as for use in ICDs. More recently developed ICD IPGs employ one or more flat high voltage capacitor to overcome some of the packaging and volume disadvantages associated with cylindrical photoflash capacitors. For example, U.S. Patent No. 5,131,388 discloses a flat capacitor having a plurality of stacked capacitor layers. each comprising an "electrode stack sub-assembly". Each capacitor layer contains one or more anode sheet forming an anode layer having an anode tab, a cathode sheet or layer having a cathode tab and a separator for separating the anode layer from the cathode layer. In the `388 patent, the electrode stack assembly of stacked capacitor layers is encased within a non-conductive, polymer envelope that is sealed at its seams and fitted into a chamber of a conductive metal, capacitor case or into a compartment of the ICD IPG housing, and electrical connections with the capacitor anode(s) and cathode(s) are made through feedthroughs extending through the case or compartment wall. The tabs of the anode layers and the cathode layers of all of the capacitor layers of the stack are electrically connected in parallel to form a single capacitor or grouped to form a plurality

of capacitors. The aluminum anode layer tabs are gathered together and electrically connected to a feedthrough pin of an anode feedthrough extending through the case or compartment wall. The aluminum cathode layer tabs are gathered together and electrically connected to a feedthrough pin of a cathode feedthrough extending through the case or compartment wall or connected to the electrically conductive capacitor case wall.

Many improvements in the design of flat aluminum electrolytic capacitors for use in ICD IPGs have been disclosed, e.g., those improvements described in "High Energy Density Capacitors for Implantable Defibrillators" presented by P. Lunsmann and D. MacFarlane at CARTS 96: 16th Capacitor and Resistor Technology Symposium, 11-15 March 1996, and at CARTS-EUROPE 96: 10th European Passive Components Symposium., 7-11 October 1996, pp. 35-39. Further features of flat electrolytic capacitors for use in ICD IPGs are disclosed in U.S. Patent Nos. 4,942,501; 5,086,374; 5,146,391; 5,153,820; 5,562,801; 5,584,890; 5,628,801; and 5,748,439, all issued to MacFarlane et al.

A number of recent patents including U.S. Patent No. 5,660,737 and U.S. Patent Nos. 5,522,851; 5,801,917; 5,808,857; 5,814,082; 5,908,151; 5,922,215; 5,926,357; 5,930,109; 5,968,210 and 5,983,472, all assigned to the same assignee, disclose related flat electrolytic capacitor designs for use in ICDs. In several of these patents, internal alignment elements are employed as a means for controlling the relative edge spacing of the anode and cathode layers from the conductive capacitor case. In these patents, each anode layer and cathode layer is provided with an outwardly extending tab, and the anode and cathode tabs are electrically connected in common to a feedthrough pin and a step feature of the conductive capacitor case, respectively. The cathode tabs are gathered together against the step feature and ultrasonically welded together and to the step feature. In the `357 patent, the anode tabs are laser welded to one end of an aluminum ribbon that is ultrasonically welded at its other end to an aluminum layer that is ultrasonically welded to the terminal pin. The feedthrough terminal pin is electrically isolated from and extends outside and away from the case to provide an anode connection pin. A cathode connection pin is attached to the case and extends outwardly therefrom. The anode and cathode connection pins are electrically connected into the DC-DC converter circuitry, but the attachment mechanism is not described in any detail.

Other ways of sealing the capacitor cases and making electrical connections with the anodes and cathodes through or to the capacitor case are disclosed in the prior art. One construction employed from about 1960 to about 1985 and disclosed in U.S. Patent No. 4,521,830 uses a plastic header with two molded-in threaded aluminum terminals of the type shown in U.S. Patent No. 3,789,502, where plastic is molded around the terminals. An aluminum serrated shank terminal extending through a thermal plastic header is disclosed in U.S. Patent Nos. 3,398,333 and 4,183,600. In both patents the aluminum terminal is resistance-heated to a temperature such that the length of the terminal is collapsed and the center diameter is increased to press the serrations into the melted plastic. A header design employing a compression-fit set of terminals disposed in a polymer header is also disclosed.

A glass-to-metal seal terminal connection Ü¥e_-À

_____e_____P0__Yf_____(-

_____'_____Z_<___Z_<___<[_____<[_____<[____

_<[_____<[__$___†_____†_____†_____†_____†___

___'_____®___d___†_____de__L____`_____`_____(`_____(`_____(`_____

(`_____(`_____(`_____"b_____$b_____$b_____$b__&___Jb__~___Èc__~___Fe

__-___°e__T____f__U___de_____<[_____(`_____(`

_____(`_____`_____(`_____(`_____de_____(`_____<[_____<[____

__(`_____`_____(`_____(`_____(`_____(`_____<[_____(`_

_____<[_____(`_____"b_____`[__Ž___ì__˜___<[_____<[_____

_<[_____<[_____(`_____"b_____(`__ú___(`_____

_____

In one embodiment, the capacitor comprises an electrode stack assembly and electrolyte are located within the interior case chamber of a hermetically sealed capacitor case. The electrode stack comprises a plurality of capacitor layers stacked in registration upon one another, each capacitor layer comprising a cathode layer having a cathode tab, an anode sub-assembly comprising at least one anode layer having an anode tab, and a separator layer located between adjacent anode and cathode layers, whereby all adjacent

cathode layers and anode layers of the stack are electrically insulated from one another by a separator layer. Anode terminal means extend through the capacitor case side wall for electrically connecting a plurality of the anode tabs to one another and providing an anode connection terminal at the exterior of the case. Cathode terminal means extend through or to an encapsulation area of the capacitor case side wall for electrically connecting a plurality of the cathode tabs to one another and providing a cathode connection terminal at the exterior of the case. A connector assembly is electrically attached to the anode connection terminal for making electrical connection with the anode tabs and to the cathode connection terminal for making electrical connection with the cathode tabs.

In accordance with the invention, a connector block is formed of an epoxy droplet adhered to the encapsulation area of the capacitor side wall surrounding and encapsulating the anode and cathode connection terminals and the electrical connections with the connector assembly.

The connector block is formed on an encapsulation area of the case side wall of epoxy that is cured for a period of time under elevated temperature conditions while rotating the capacitor assembly. The epoxy is applied in a liquid state, and the rotation and temperature causes the epoxy to flow into gaps of and to completely cover the anode and cathode terminal means and the electrical connections with the connector assembly, to drive air bubbles to the exposed surface, and to shape the exterior surface to a uniform, repeatable configuration.

At least one edge of the encapsulation area is preferably masked to restrict flow of epoxy out of the encapsulation area when it is applied and during curing.

In case neutral capacitors, the anode and cathode terminal means comprise a feedthrough assembly fitted into an opening in the encapsulation area of the capacitor case side wall. The anode and cathode feedthrough assemblies further comprise anode and cathode feedthrough pins coupled at an internal pin end with the plurality of anode and cathode tabs, respectively. Electrically insulating spacers support and electrically insulate the feedthrough pins from the capacitor case and disposing the external pin ends away from the case to provide the anode and cathode connection terminals. A portion of the epoxy droplet flows into the spacers around the terminal pins toward the interior case chamber to seal the feedthrough assemblies to prevent leakage of electrolyte. Preferably,

exposed wire ends of the connector assembly are electrically and mechanically coupled to the external pin ends, preferably by cross-wire welding.

In one case negative capacitor embodiment, the cathode terminal means comprises means for electrically connecting the plurality of cathode tabs to the case side wall to provide the cathode connection terminal upon the case side wall within the encapsulation area. An exposed wire end of the connector assembly is attached to the case wall within the encapsulation area.

In a further case negative embodiment, the cathode terminal means comprises a cathode feedthrough pin extending through the case side wall having an internal pin end connected to the plurality of cathode tabs and an external pin end extending away from the case to provide the cathode connection terminal, the cathode feedthrough pin electrically connected with the case. Preferably, an exposed wire end of the connector assembly is electrically and mechanically coupled to the cathode external pin end, preferably by cross-wire welding.

The epoxy droplet provides a reliable, reproducible, inexpensive, attractive, miniaturized connection of the connector assembly with the anode and cathode tabs.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

These and other advantages and features of the present invention will be appreciated as the same becomes better understood by reference to the following detailed description of the preferred embodiment of the invention when considered in connection with the accompanying drawings, in which like numbered reference numbers designate like parts throughout the figures thereof, and wherein:

FIG. 1 illustrates the physical components of one exemplary embodiment of an ICD IPG and lead system in which the present invention may be advantageously incorporated;

FIG. 2 is a simplified functional block diagram illustrating the interconnection of voltage conversion circuitry with the high voltage capacitors of the present invention with the primary functional components of one type of an ICD;

FIGs. 3(a) -3(g) are exploded perspective views of the manner in which the various components of the exemplary ICD IPG of FIGs. 1 and 2, including the electrolytic capacitors of the present invention, are disposed within the housing of the ICD IPG;

FIG. 4 is an exploded view of one embodiment of a single anode/cathode layer or electrode stack sub-assembly of an electrolytic capacitor incorporating the present invention;

FIG. 5(a) is an exploded perspective view of one embodiment of a cold welding apparatus in which anode layers of the electrode stack sub-assembly of FIG. 4 are cold-welded;

FIG. 5(b) is an unexploded view of the cold welding apparatus of FIG. 5(a);

FIG. 5(c) is a cross-sectional view of the cold welding apparatus of FIGs. 5(a) and 5(b) in which anode layers of the electrode sub-assembly of FIG. 4 are cold-welded therein;

FIG. 6(a) is an exploded top perspective view of one embodiment of a stack of anode/cathode layer sub-assemblies into a stacked electrode stack assembly of an electrolytic capacitor incorporating the present invention;

FIG. 6(b) is a cross-sectional view of a portion of one embodiment of a cold-welded anode assembly used in the electrolytic capacitor;

FIG. 6(c) is a cross-sectional view of another portion of one embodiment of a cold-welded anode assembly used in the electrolytic capacitor;

FIG. 7 is a top perspective view of one embodiment of an electrode stack assembly of an electrolytic capacitor incorporating the present invention;

FIG. 8 is an enlarged view of a portion of the electrode stack assembly shown in FIG. 7;

FIG. 9 is an exploded top perspective view of one embodiment of a case neutral capacitor of the present invention employing the electrode stack assembly of FIGs. 6, 7 and 8 therein;

FIG. 10 is an exploded top perspective view of the partially assembled capacitor of FIG. 9;

FIG. 11 is a top view of one embodiment of a partly assembled capacitor of the present invention having no cover disposed thereon;

FIG. 12 is a top perspective view of the capacitor of FIG. 11 having a cover disposed thereon.

FIG. 13 is a flow chart of one method of the present invention for making a case neutral or case negative capacitor incorporating the present invention;

FIG. 14 is a flow chart of one method for making an anode layer of a capacitor incorporating the present invention;

FIG. 15 is a flow chart of one method for making an electrode stack assembly of a capacitor incorporating the present invention;

FIG. 16 is a flow chart of one method for making tab interconnections and feedthrough terminal connections of a capacitor incorporating the present invention;

FIG. 17 is a flow chart of one method for making tab interconnections and feedthrough terminal connections of a capacitor incorporating the present invention;

FIG. 18 is a flow chart of one method for making a case sub-assembly of a capacitor incorporating the present invention;

FIG. 19 is a flow chart of one method for sealing a case and cover of a capacitor incorporating the present invention;

FIG. 20 is a flow chart of one method for sealing a feedthrough of a capacitor incorporating the present invention;

FIGs. 21(a) -21(c) are top views of the case neutral capacitor assembly during the fabrication of the epoxy droplet connector block about the connection of the wiring harness and the anode and cathode feedthrough pins;

FIGs. 22(a) and 22(b) are side elevation views of two embodiments of miniaturized, case negative or case floating, capacitors formed with epoxy droplet connector blocks;

FIG. 23(a) is a side elevation view in partial exposed section illustrating one embodiment of the electrical connections of the gathered anode and cathode tabs with the wiring harness within the epoxy droplet connector block;

FIG. 23(b) is an end perspective view illustrating the electrical connections of the feedthrough terminal pins of FIG. 23(a) with the wiring harness within the epoxy droplet connector block;

FIG. 24(a) is a side elevation view in partial exposed section illustrating a further embodiment of the electrical connections of the gathered anode and cathode tabs with the wiring harness within the epoxy droplet connector block; and

FIG. 24(b) is an end perspective view illustrating the electrical connections of the wiring harness with the anode feedthrough terminal pin and the case of FIG. 24(a) within the epoxy droplet connector block.

DETAILED DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

FIG. 1 illustrates one embodiment of ICD IPG 10 in which the capacitor of the present invention is advantageously incorporated, the associated ICD electrical leads 14, 16 and 18, and their relationship to a human heart 12. The leads are coupled to ICD IPG 10 by means of multi-port connector block 20, which contains separate connector ports for each of the three leads illustrated. Lead 14 is coupled to subcutaneous electrode 30, which is intended to be mounted subcutaneously in the region of the left chest. Lead 16 is a coronary sinus lead employing an elongated coil electrode which is located in the coronary sinus and great vein region of the heart. The location of the electrode is illustrated in broken line format at 32, and extends around the heart from a point within the opening of the coronary sinus to a point in the vicinity of the left atrial appendage.

Lead 18 is provided with elongated electrode coil 28 which is located in the right ventricle of the heart. Lead 18 also includes stimulation electrode 34 which takes the form of a helical coil which is screwed into the myocardial tissue of the right ventricle. Lead 18 may also include one or more additional electrodes for near and far field electrogram sensing.

In the system illustrated, cardiac pacing pulses are delivered between helical electrode 34 and elongated electrode 28. Electrodes 28 and 34 are also employed to sense electrical signals indicative of ventricular contractions. As illustrated, it is anticipated that the right ventricular electrode 28 will serve as the common electrode during sequential and simultaneous pulse multiple electrode defibrillation regimens. For example, during a simultaneous pulse defibrillation regimen, pulses would simultaneously be delivered between electrode 28 and electrode 30 and between electrode 28 and electrode 32. During sequential pulse defibrillation, it is envisioned that pulses would be delivered sequentially

between subcutaneous electrode 30 and electrode 28 and between coronary sinus electrode 32 and right ventricular electrode 28. Single pulse, two electrode defibrillation shock regimens may be also provided, typically between electrode 28 and coronary sinus electrode 32. Alternatively, single pulses may be delivered between electrodes 28 and 30. The particular interconnection of the electrodes to an ICD will depend somewhat on which specific single electrode pair defibrillation shock regimen is believed more likely to be employed.

FIG. 2 is a block diagram illustrating the interconnection of high voltage output circuit 40, high voltage charging circuit 64 and capacitors 265 according to one example of the microcomputer based operating system of the ICD IPG of FIG. 1. As illustrated, the ICD operations are controlled by means of a stored program in microprocessor 42, which performs all necessary computational functions within the ICD. Microprocessor 42 is linked to control circuitry 44 by means of bi-directional data/control bus 46, and thereby controls operation of the output circuitry 40 and the high voltage charging circuitry 64. Pace/sense circuitry 78 awakens microprocessor 42 to perform any necessary mathematical calculations, to perform tachycardia and fibrillation detection procedures and to update the time intervals controlled by the timers in pace/sense circuitry 78 on reprogramming of the ICD operating modes or parameter values or on the occurrence of signals indicative of delivery of cardiac pacing pulses or of the occurrence of cardiac contractions,.

The basic operation and particular structure or components of the exemplary ICD of FIGs. 1 and 2 may correspond to any of the systems known in the art, and the present invention is not dependent upon any particular configuration thereof. The flat aluminum electrolytic capacitor of the present invention may be employed generally in conjunction with the various systems illustrated in the aforementioned '209 patent, or in conjunction with the various systems or components disclosed in the various U.S. patents listed in the above-referenced parent patent application Serial No. 09/104,104.

Control circuitry 44 provides three signals of primary importance to output circuitry 40. Those signals include the first and second control signals discussed above, labeled here as ENAB, line 48, and ENBA, line 50. Also of importance is DUMP line 52 which initiates discharge of the output capacitors and VCAP line 54 which provides a

signal indicative of the voltage stored on the output capacitors C1, C2, to control circuitry 44. Defibrillation electrodes 28, 30 and 32 illustrated in FIG. 1, above, are shown coupled to output circuitry 40 by means of conductors 22, 24 and 26. For ease of understanding, those conductors are also labeled as "COMMON", "HVA" and "HVB". However, other configurations are also possible. For example, subcutaneous electrode 30 may be coupled to HVB conductor 26, to allow for a single pulse regimen to be delivered between electrodes 28 and 30. During a logic signal on ENAB, line 48, a cardioversion/defibrillation shock is delivered between electrode 30 and electrode 28. During a logic signal on ENBA, line 50, a cardioversion/ defibrillation shock is delivered between electrode 32 and electrode 28.

The output circuitry includes a capacitor bank, including capacitors C1 and C2 and diodes 121 and 123, used for delivering defibrillation shocks to the electrodes. Alternatively, the capacitor bank may include a further set of capacitors as depicted in the above referenced '758 application. In FIG. 2, capacitors 265 are illustrated in conjunction with high voltage charging circuitry 64, controlled by the control/timing circuitry 44 by means of CHDR line 66. As illustrated, capacitors 265 are charged by means of a high frequency, high voltage transformer 65. Proper charging polarities are maintained by means of the diodes 121 and 123. VCAP line 54 provides a signal indicative of the voltage on the capacitor bank, and allows for control of the high voltage charging circuitry and for termination of the charging function when the measured voltage equals the programmed charging level.

Pace/sense circuitry 78 includes an R-wave sense amplifier and a pulse generator for generating cardiac pacing pulses, which may also correspond to any known cardiac pacemaker output circuitry and includes timing circuitry for defining ventricular pacing intervals, refractory intervals and blanking intervals, under control of microprocessor 42 via control/data bus 80.

Control signals triggering generation of cardiac pacing pulses by pace/sense circuitry 78 and signals indicative of the occurrence of R-waves, from pace/sense circuitry 78 are communicated to control circuitry 44 by means of a bi-directional data bus 81. Pace/sense circuitry 78 is coupled to helical electrode 34 illustrated in FIG. 1 by means of a conductor 36. Pace/sense circuitry 78 is also coupled to ventricular electrode 28,

illustrated in FIG. 1, by means of a conductor 82, allowing for bipolar sensing of R-waves between electrodes 34 and 28 and for delivery of bipolar pacing pulses between electrodes 34 and 28, as discussed above.

FIGs. 3(a) through 3(g) show perspective views of various components of ICD IPG 10, including one embodiment of the capacitor of the present invention, as those components are placed successively within the housing of ICD IPG 10 formed by right and left hand shields 240 and 350.

In FIG. 3(a), electronics module 360 is placed in right-hand shield 340 of ICD IPG 10. FIG. 3(b) shows ICD IPG 10 once electronics module 360 has been seated in right-hand shield 340.

FIG. 3(c) shows a pair of capacitors 265 formed as described herein prior to being placed within right-hand shield 340, the capacitors 265 being connected electrically in series by interconnections in electronics module 340. FIG. 3(d) shows ICD IPG 10 once the pair of capacitors 265 has been placed within right-hand shield 340. In accordance with one aspect of the present invention, the space occupied by the epoxy droplet connector block 145 and wire harness 155 of each stacked capacitor 265 within right-hand shield 340 is advantageously minimized. It will be understood that other shapes of capacitors 265 utilizing the improved connector block 145 and wiring harness 155 of the present invention can be inserted into the housing of ICD IPG 10 in the same or similar manner as described here.

FIG. 3(e) shows insulator cup 370 prior to its placing atop capacitors 265 in right-hand shield 340. FIG. 3(f) shows electrochemical cell or battery 380 having insulator 382 disposed around battery 380 prior to placing it in shield 340. Battery 380 provides the electrical energy required to charge and re-charge capacitors 265, and also powers electronics module 360. Battery 380 may take any of the forms employed in the prior art to provide cardioversion/defibrillation energy, some of which are identified in parent patent application Serial No. 09/104,104.

FIG. 3(g) shows ICD IPG 10 having left-hand shield 350 connected to right-hand shield 340 and feedthrough 390 projecting upwardly from both shield halves. Activity sensor 400 and patient alert apparatus 410 are shown disposed on the side lower portion of

left-hand shield 350. Left-hand shield 350 and right-hand shield 340 are subsequently closed and hermetically sealed (not shown in the figures).

FIG. 4 shows an exploded view of one embodiment of a capacitor layer or single anode/cathode sub-assembly 227 of capacitor 265. The capacitor design described herein employs a stacked configuration of a plurality of capacitor layers or single anode/cathode sub-assemblies 227 as further described below with respect to FIG. 6. Each anode/cathode sub-assembly 227 comprises alternating substantially rectangular-shaped anode layers 185 and cathode layers 175, with a substantially rectangular-shaped separator layer 180 being interposed therebetween. The shapes of anode layers 185, cathode layers 175 and separator layers 180 are primarily a matter of design choice, and are dictated largely by the shape or configuration of case 90 within which those layers are ultimately disposed. Anode layers 185, cathode layers 175 and separator layers 180 may assume any arbitrary shape to optimize packaging efficiency.

Anode sub-assembly 170d most preferably comprises a plurality of non-notched anode layers 185a, 185b, 185c, notched anode layer 190 including anode tab notch 200, and anode tab 195 coupled to anode layer 185a. It will be understood that anode sub-assembly 170d shown in FIG. 4 is but one possible embodiment of an anode sub-assembly 170. Cathode layer 175d most preferably is formed of a single sheet and has cathode tab 176 formed integral thereto and projecting from the periphery thereof.

In one preferred embodiment of the sub-assembly 227 as depicted in the figures, two individual separator layer sheets 180a and 180b form the separator layer 180 that is disposed between each anode sub-assembly 170 and cathode layer 175. Further single separator layer sheets 180a and 180b are disposed against the outer surfaces of the anode layer 185c and the cathode layer 175d. When the sub-assemblies are stacked, the outermost single separator layer sheets 180a and 180b bear against adjacent outermost single separator layer sheets 180b and 180a, respectively, of adjacent capacitor layers so that two sheet separator layers 180 separate all adjacent cathode and anode layers of an electrode stack assembly 225.

It will be understood by those skilled in the art that the precise number of sub-assemblies 227 selected for use in a electrode stack assembly 225 will depend upon the energy density, volume, voltage, current, energy output and other requirements placed

upon capacitor 265. Similarly, it will be understood by those skilled in the art that the precise number of notched and un-notched anode layers 185, anode tabs 195, anode sub-assemblies 170, cathode layers 175 and separator layers 180 selected for use in a given embodiment of anode/cathode sub-assembly 227 will depend upon the energy density, volume, voltage, current, energy output and other requirements placed upon capacitor 265. It will now become apparent that a virtually unlimited number of combinations and permutations respecting the number of anode/cathode sub-assemblies 227, and the number of un-notched and notched anode layers 185 forming anode sub-assembly 170, anode sub-assemblies 170, anode tabs 195, cathode layers 175 and separator layers 180 disposed within each anode/cathode sub-assembly 227, may be selected according to the particular requirements of capacitor 265. Anode layers 185, cathode layers 175 and separator layers 180 are most preferably formed of materials typically used in high quality aluminum electrolytic capacitors.

Anode layers 185 and 190 are formed of anode foil that is most preferably through-etched, has a high specific capacitance (at least about 0.3, at least about 0.5 or most preferably at least about 0.8 microfarads/cm^2), has a dielectric withstand parameter of at least 425 Volts DC, a thickness ranging between about 50 and about 200 micrometers, more preferably between about 75 and 150 micrometers, more preferably yet between about 90 and about 125 micrometers, and most preferably being about 100 micrometers thick, and a cleanliness of about 1.0 mg/m^2 respecting projected area maximum chloride contamination. The anode foil preferably has a rated surge voltage of 390 Volts, an initial purity of about 99.99% aluminum, a final thickness of about 104 micrometers, plus or minus about five micrometers, and a specific capacitance of about 0.8 microfarads per square centimeter. Suitable anode foils are commercially available on a widespread basis.

Individual anode layers 185 are typically somewhat stiff and formed of high-purity aluminum processed by etching to achieve high capacitance per unit area. Thin anode foils are preferred, especially if they substantially maintain or increase specific capacitance while reducing the thickness of the electrode stack assembly 225, or maintain the thickness of electrode stack assembly 225 while increasing overall capacitance. For example, it is contemplated that individual anode layers 185 have a thickness of about 10 micrometers, about 20 micrometers, about 30 micrometers, about 40 micrometers, about 50

micrometers, about 60 micrometers, about 70 micrometers, about 80 micrometers, about 90 micrometers, about 100 micrometers, about 110 micrometers, about 120 micrometers, about 130 micrometers, about 140 micrometers and about 150 micrometers.

Cathode layers 175 are preferably high purity and are comparatively flexible. Cathode layers 175 are most preferably formed from cathode foil having high surface area (i.e., highly etched cathode foil), high specific capacitance (preferably at least 200 microfarads/cm^2, and at least 250 microfarads/cm^2 when fresh), a thickness of about 30 micrometers, a cleanliness of about 1.0 mg/m^2 respecting projected area maximum chloride contamination, and a purity which may be less than corresponding to the starting foil material from which anode foil is made. The cathode foil preferably has an initial purity of at least 99% aluminum, and more preferably yet of about 99.4% aluminum, a final thickness of about 30 micrometers, and an initial specific capacitance of about 250 microfarads per square centimeter. In other embodiments, cathode foil has a specific capacitance ranging between about 100 and about 500 microfarads/cm^2, about 200 and about 400 microfarads/cm^2, or about 250 and about 350 microfarads/cm^2, a thickness ranging between about 10 and about 150 micrometers, about 15 and about 100 micrometers, about 20 and about 50 micrometers, or about 25 and about 40 micrometers.

It is generally preferred that the specific capacitance of the cathode foil be as high as possible, and that cathode layer 175 be as thin as possible. For example, it is contemplated that individual cathode layers 175 have specific capacitances of about 100 microfarads/cm^2, about 200 microfarads/cm^2, about 300 microfarads/cm^2, about 400 microfarads/cm^2, about 500 microfarads/cm^2, about 600 microfarads/cm^2, about 700 microfarads/cm^2, about 800 microfarads/cm^2, about 900 microfarads/cm^2, or about 1,000 microfarads/cm^2. Suitable cathode foils are commercially available on a widespread basis. In still other embodiments, cathode foil is formed of materials or metals in addition to aluminum, aluminum alloys and "pure" aluminum.

Separator layer sheets 180a and 180b outer separator layers 165a and 165b are most preferably made from a roll or sheet of separator material. Separator layers 180 are preferably cut slightly larger than anode sub-assemblies 170 and cathode layers 175 to accommodate misalignment during the stacking of layers, to prevent subsequent shorting

between anode and cathode layers, and to otherwise ensure that a physical barrier is disposed between the anodes and the cathodes of the finished capacitor.

It is preferred that separator layer sheets 180a and 180b and exterior separator layers 165a and 165b (shown in FIG. 9) be formed of a material that: (a) is chemically inert; (b) is chemically compatible with the selected electrolyte; (c) may be impregnated with the electrolyte to produce a low resistance path between adjoining anode and cathode layers, and (d) physically separates adjoining anode and cathode layers. In one preferred embodiment, separator material is a pure cellulose, very low halide or chloride content Kraft paper having a thickness of about 0.0005 inches (0.0013 mm), a density of about 1.06 grams/cm^3, a dielectric strength of 1,400 Volts AC per 0.001 inch (0.025 mm) thickness, and a low number of conducting paths (about 0.4/ft^2 or less). Separator layer sheets 180a and 180b and outer separator layers 165a and 165b may also be formed of materials other than Kraft paper, such as Manila paper, porous polymeric materials or fabric gauze materials. For example, porous polymeric materials may be disposed between anode and cathode layers like those disclosed in U.S. Patent Numbers 3,555,369 and 3,883,784 in some embodiments of the capacitor layers

In such capacitor stacks formed of a plurality of capacitor layers, a liquid electrolyte saturates or wets separator layers 180 and is disposed within case 90. It is to be understood, however, that various embodiments include within their scope a solid or adhesive electrolyte such as those disclosed in U.S. Patent Numbers, 5,628,801; 5,584,890; 4,942,501; 5,146,391 and 5,153,820. Note that an appropriate inter-electrode adhesives/electrolyte layer may be employed in place of paper, gauze or porous polymeric materials to form separator layer 180.

Continuing to refer to FIG. 4, a first preferred step in assembling a flat aluminum electrolytic capacitor is to cut anode layers 185 and 190, anode tabs 195, cathode layers 175 and separator layers 180. Those components are most preferably cut to shape using dies having low wall-to-wall clearance, where inter-wall spacing between the substantially vertically-oriented corresponding walls of the punch and die is most preferably on the order of about 6 millionths of an inch per side. Larger or smaller inter-wall spacings between the substantially vertically-oriented corresponding walls of the punch and cavity,

such as about 2, about 4, about 5, about 7, about 8, about 10 and about 12 millionths of an inch may also be employed but are less preferred.

Such low clearance results in smooth, burr free edges being formed along the peripheries of anode layers 185 and 190, anode tabs 195, cathode layers 175 and separator layers 180. Smooth, burr free edges on the walls of the dies have been discovered to be critical respecting reliable performance of a capacitor. The presence of burrs along the peripheries of anode layers 185 and 190, anode tabs 195, cathode layers 175 and separator layers 180 may result in short circuit and failure of the capacitor. The means by which anode foil, cathode foil and separator materials are cut or formed may have a significant impact on the lack or presence of burrs and other cutting debris disposed about the peripheries of the formed or cut members. The use of low clearance dies produces an edge superior to the edge produced by other cutting methods, such as steel rule dies. The shape, flexibility and speed of a low clearance die have been discovered to be superior to those achieved by laser or blade cutting. Other methods of cutting or forming anode layers 185 and 190, anode tabs 195, cathode layers 175 and separator layers 180 include, but are not limited to, steel rule die cutting, laser cutting, water jet cutting and blade cutting.

The preferred low clearance of the die apparatus is especially important for cutting thin ductile materials such as the cathode foil. In addition to improving reliability, burr and debris reduction permits reductions in the thickness of separator layer 180, thereby improving energy density of the capacitor. Angle cutting, where the face of the punch is not held parallel to the opposing floor of the die during the cutting step, is another less preferred method of cutting or forming anode layers 185 and 190, anode tabs 195, cathode layers 175 and separator layers 180.

It is preferred to cut or otherwise form separator layer 180 such that its outer periphery conforms closely to that of the corresponding side walls of the interior of case 90. In preferred embodiments, the periphery of separator layer is disposed within plus or minus 0.009 inches of the corresponding side walls of case 90. Such close conformity between the periphery of separator layer 180 and the corresponding internal side walls of case 90 has been discovered to provide the advantage of permitting separator layers 180 to immobilize or secure firmly in place electrode stack assembly 225 in case 90. This immobilization occurs because the separator paper forming separator layers 180 swells

after electrolyte is added through the lumen of fill port 107 into otherwise assembled and sealed capacitor 265.

In a preferred method, foil or separator materials are drawn between the punch and cavity portions of a die having appropriate clearances on a roll. An air or hydraulically actuated press is then most preferably employed to actuate the punch or cavity portion of the die. The punch portion of the die is most preferably formed of hardened tool steel, or has other suitable wear resistant materials or coatings disposed on the cutting surfaces thereof. When the cavity of the die is aligned vertically, the punch portion of the die may travel either upwards or downwards towards the die cavity during a cutting cycle. In the former case, components are cut and drop downwardly into a container for use in subsequent assembly operations. In the latter case, components are cut and may be presented directly to automated assembly equipment, such as robots equipped with vacuum or other pick-up tooling, for subsequent processing. Low clearance dies of the type described herein may be supplied by Top Tool, Inc. of Minneapolis, Minnesota.

Anode sub-assembly 170 most preferably includes one notched anode layer 190, which facilitates appropriate placing and positioning of anode tab 195 within anode sub-assembly 170. More than one notched anode layer 190 may also be included in anode sub-assembly 170. It is preferred that the remaining anode layers of anode sub-assembly 170 be non-notched anode layers 185. Anode tab 195 is most preferably formed of aluminum strip material. In one preferred embodiment, aluminum strip 80 has a purity of about 99.99% aluminum and a lesser degree of anodization than anode foil 65. When anode tab 195 is formed of a non-anodized material, cold welding of anode tab 195 to non-notched anode layers 185 may be accomplished with less force and deflection, more about which we say below. It is preferred that the thickness of anode tab 195 be about equal to that of notched anode layer 190. If more than one notched anode layer 190 is employed in anode sub-assembly 170, a thicker anode tab 195 may be employed.

FIG. 13 shows a flow chart that describes generally one method, from beginning to end, of making flat aluminum electrolytic capacitor 265. FIGs. 14 through 20, on the other hand, show specific portions of the method or process described generally in FIG. 13.

FIG. 14 shows a flow chart of one method for making anode layer 170 wherein non-notched anode layers 185, notched anode layer 190 and anode tab 195 are provided and assembled within cold welder 202 to form anode sub-assembly 170.

Referring now to FIGs. 5(a) through 5(c), two non-notched anode layers 185a and 185b are placed on cold welding fixture base layer 207 of cold welding apparatus 202. The various structural members of cold welding apparatus 202 are most preferably formed of precision machined stainless steel or a high strength aluminum alloy. Layers 185a and 185b are next aligned and positioned appropriately on cold welding fixture base layer 207 using spring loaded alignment pins 209a through 209e. Pins 209a through 209e retract upon top layer 208 being pressed downwardly upon layers 185a and 185b disposed within cold welding cavity 220. See also FIG. 5(c), where a cross-sectional view of cold welding apparatus 202 is shown.

Anode layer 190 is similarly disposed within cavity 220, followed by placing anode tab 195 within anode tab notch 200 in notched anode layer 190. Anode tab 195 is most preferably positioned along the periphery of notched anode layer 190 with the aid of additional spring loaded alignment pins 209f and 209g disposed along the periphery of anode tab 195. Non-notched anode layer 185c is then placed atop anode layer 190. Stacked anode sub-assembly 170 is then clamped between top plate 208 and base plate 207. Disposed within base plate 207 are anode layer cold welding pins 206a and anode tab cold welding pin 211a. Disposed within top plate 208 are anode layer cold welding pin 206b and anode tab cold welding pin 211b. Base plate 207 and top plate 208 are aligned such that the axes of cold welding pins 206a and 206b coincide with and are aligned respecting corresponding cold welding pins 211a and 211b.

Upper actuation apparatus 214 of cold welding apparatus 202 displaces cold welding pins 206b and 211b downwardly. Lower actuation apparatus 215 displaces cold welding pins 206a and 211a upwardly. In one embodiment of upper actuation apparatus 214 and lower actuation apparatus 215, pneumatic cylinders are employed to move pins 206a, 206b, 211a and 211b. In another embodiment of apparatus 214 and apparatus 215, a pair of rolling wheels is provided that move simultaneously and perpendicularly to the axes of pins 206a, 206b, 211a, and 211b. Still other embodiments of apparatus 214 and apparatus 215 may employ hydraulic actuators, cantilever beams, dead weights, springs,

servomotors electromechanical solenoids, and the like for moving pins 206a, 206b, 211a and 211b. Control of actuation apparatus 214 and apparatus 215 respecting pin displacement force magnitude and timing may be accomplished using any one or combination of constant load, constant displacement, solenoid controller, direct or indirect means.

Following clamping with top plate 208, cold welding pins 206a, 206b, 211a and 211b are actuated. Cold welds 205 and 210 in anode sub-assembly 170 are formed by compression forces generated when cold weld pins 206a, 206b, 211a and 211b are compressed against anode sub-assembly 170. See FIG. 6(a), where the preferred regions in which cold welds 205 and 210 are formed are shown. Cold welds 205 and 210 may be described as not only cold welds, but forged welds. This is because the interfacial boundaries between anode layers 185 are deformed in the region of welds 205 and 210, thereby disrupting oxide layers and bringing base metals into direct contact with one another where metallic bonding occurs. Metallic bonding increases the strength of the welds.

In one embodiment of the method, a plurality of pneumatic cylinders function simultaneously in upper actuation apparatus 214 and lower actuation apparatus 215 to drive pins 206a, 206b, 211a and 211b against anode sub-assembly 170. Anode layer cold weld 205 and anode tab cold weld 210 are most preferably formed under direct constant load conditions, where pneumatic cylinders are pressurized to a predetermined fixed pressure. Anode layer cold weld 205 and anode tab cold weld 210 may also be formed under indirect constant displacement conditions, where pneumatic cylinders are pressurized until a displacement sensor placed across cold welding pins 206a, 206b, 211a or 211b generates a signal having a predetermined value, whereupon those pins are disengaged from anode/cathode sub-assembly 227.

In another embodiment of the method, a cantilever beam mechanism is incorporated into upper actuation apparatus 214 and lower actuation apparatus 215. Anode layer cold weld 205 and anode tab cold weld 210 are formed under direct constant displacement conditions, where cantilever beams are actuated and cause upper and lower members 208 and 207 to engage anode/cathode sub-assembly 227 until a hard stop point is reached. An indirect load controlled system may also be employed in apparatus 214 and

apparatus 215, where cantilever or other means include a load measuring sensor for controlling the stop point of the cantilever beam, for example, when a predetermined load is measured by the sensor.

The cross-sectional shape of cold weld pins 206a, 206b, 211a and 211b may be square, circular, oval or any other suitable shape. The shape of the ends of cold weld pins 206a, 206b, 211a and 211b may be flat, rounded, domed or any other suitable shape appropriate for selectively controlling the properties of the cold welds produced therein. Likewise, more or fewer than four cold weld pins may be employed. The ends of cold weld pins 206a, 206b, 211a and 211b are most preferably rounded or domed and circular in cross-section. Cold weld pins 206a, 206b, 211a and 211b preferably have a diameter of about 0.060 inches (0.174 mm) and further have a beveled or radiused end. Cold weld pins 206a, 206b, 211a and 211b are preferably made from a high strength material that does not readily deform under the pressures obtained during welding, such as stainless steel, titanium, tool steel or HSLA steel. The ends or side walls of cold welding pins 206a, 206b, 211a and 211b may be coated, clad or otherwise modified to increase wear resistance, deformation resistance or other desirable tribilogical attributes of the pins.

The primary function of cold welds 205 and 210 is to provide electrical interconnections between layers 185a, 185b, 185c and 190 and anode tab 195, while minimizing the overall thickness of anode sub-assembly 170 in the regions of welds 205 and 210. Typical prior art commercial cylindrical capacitors exhibit a significant increase in the thickness of the anode layer in the regions of the cold welds. This increase in thickness is typically on the order of about two times the thickness of the tab, or about 0.008 inch (0.020 mm). In the case of cylindrical capacitors where only one or two non-coincident tab connections are present, the overall effect on anode layer thickness may be minimal. In a stacked layer design having many more interconnections and welds, however, increases in weld zone thickness have been found to significantly increase the overall thickness of the anode layer and the electrode stack assembly as a whole.

In one cold welding method and corresponding apparatus, no or an inappreciable net increase in anode sub-assembly 170 thickness results when cold weld geometries and formation processes are appropriately optimized. Several embodiments of anode-assembly 170 have been found to have no more than about a 20% increase in layer

thickness due to the presence of cold welds, as compared to about a 200% increase in thickness resulting from cold welds found in some commercial cylindrical capacitors. Two, three, four, five, six or more anode layers 185 and 190 may be cold-welded to form anode sub-assembly 170 as described herein.

FIG. 6(b) shows a cross-sectional view of a portion of one embodiment of a cold-welded anode assembly formed in accordance with the preferred cold welding method. Anode layers 185a, 190, 185b and 185c having anode layer thicknesses t_a, t_N, t_b and t_c, respectively, are cold-welded together at weld 205 through the compressive action of pins 206a and 206b mounted in bottom plate 207 and top plate 208, respectively. Pins 206a and 206b form central depressions 293 and 294, respectively, in anode sub-assembly 170d, and further result in the formation of rims 295 and 296, respectively. Rims 295 and 296 project downwardly and upwardly, respectively, from the surrounding surfaces of anode sub-assembly 170d, thereby increasing the overall thickness **T** of anode sub-assembly 170d by Δ**T** (**T** measured in respect of the non-cold-welded surrounding regions or portions of anode sub-assembly 170d).

FIG. 6(c) shows a cross-sectional view of another portion of one embodiment of a cold-welded anode assembly wherein anode layers 185a, 185b and 185c and anode tab 195, having anode layer/tab thicknesses t_a, t_b, t_c and t_{tab}, respectively, are cold-welded together at weld 210 through the compressive action of pins 211a and 211b mounted in bottom plate 207 and top plate 208, respectively. Pins 211a and 211b form central depressions 297 and 298, respectively, in anode sub-assembly 170d, and further result in the formation of rims 299 and 301, respectively. Rims 299 and 301 project downwardly and upwardly, respectively, from the surface of anode sub-assembly 170d, thereby increasing overall thickness **T** of anode sub-assembly 170d by Δ**T** (**T** measured in respect of the non-cold-welded surrounding regions or portions of anode sub-assembly 170d).

The overall thickness **T** of anode sub-assembly 170d is therefore defined by the equation:

$$\mathbf{T = n\,t}$$

The maximum overall thickness $T + \Delta T$ of anode sub-assembly 170d in the region of cold welds 205 or 210 is then defined by the equation:

$$T + \Delta T = n\,t + \Delta T$$

where T_{ns} is the overall thickness of anode sub-assembly 170d in non-cold-welded regions, n is the number of anode layers 185 and/or 190 in anode sub-assembly 170d, and t is the thickness of individual anode layers 185 and/or 190 or anode tab 195 where the thicknesses t_n, t_a, t_b, t_c and t_{ab}, are assumed to be the same.

It is highly desirable to form anode sub-assembly such that the ratio $\Delta T/T$ is less than or equal to 0.05, 0.1, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45 or 0.50. The lower the value of the ratio $\Delta T/T$, the greater the volumetric efficiency of capacitor 265. Additionally, the overall thickness of capacitor 265 may be reduced when the value of the ratio $\Delta T/T$ is made smaller.

Referring now to FIG. 6(a), the overall thickness of electrode stack assembly 225 may be reduced further by staggering or offsetting horizontally the respective vertical locations of tabs 195a through 195h (and corresponding cold welds 210). In this embodiment, tabs 195a 195b, for example, are not aligned vertically in respect of one another. Such staggering or offsetting of tabs 195 permits the increases in thickness ΔT corresponding to each of anode subassemblies 170a through 170h to be spread out horizontally over the perimeter or other portion of electrode stack assembly 225 such that increases in thickness ΔT do not accumulate or add constructively, thereby decreasing the overall thickness of electrode stack assembly 225. Cold welds 205 may similarly be staggered or offset horizontally respecting one another and cold weld 210 to achieve a reduction in overall thickness of electrode stack assembly 225.

In another preferred embodiment, the anode sub-assembly 170 of each capacitor layer or electrode sub-assembly comprises a plurality of three, four, five or more anode sheets or layers 185 and 190, each sub-assembly most preferably having at least one anode layer having a corresponding anode tab 195 attached thereto or forming a portion thereof, the layers being cold welded together to form anode sub-assembly 170. For example, an anode sub-assembly 170 may comprise six anode layers 185 constructed by cold-welding

two separate triple anode layers 185 that were previously and separately cold-welded or otherwise joined together. Alternatively, anode sub-assembly 170 layer may comprise seven anode layers constructed by cold-welding together one triple anode layer 185 and one quadruple anode layer 185 that were previously and separately cold-welded or otherwise joined together. In another preferred embodiment, multiple notched anode layers 190 may employed in anode sub-assembly 170, thereby permitting the use of a thicker anode tab material.

The geometry of base plate 207 and top plate 208 in the regions surrounding cold welding pins 206a, 206b, 211a and 211b has been discovered to affect the properties of cold welds 205 and 210. In a preferred method, the mating surfaces of plates 207 and 208 surfaces have no radiused break formed in the perimeters of the pin holes. The presence of radiused breaks or chamfers in those regions may cause undesired deformation of cold welds 205 and 210 therein. Such deformation may result in an increase in the thickness of anode sub-assembly 170, which may translate directly into an increase in the thickness of capacitor 265. Note further that the increase in thickness so resulting is a multiple of the number of anode sub-assemblies 170 present in electrode stack assembly 225. Alternatively, radiused breaks or chamfers may be employed in the region of the pin holes in base plate 207 and top plate 208, but appropriate capacitor design accommodations are most preferably made, such as staggering the positions of adjoining stacked cold welds.

As shown in FIG. 14, once cold welding pins 206a, 206b, 211a and 211b have been actuated against anode sub-assembly 170, top plate 208 is removed and cold-welded anode sub-assembly 170 is provided for further stacking of anode/cathode sub-assembly 227. FIG. 15 shows a flow chart corresponding to one preferred method for making electrode stack assembly 225. See also FIG. 6(a), where an exploded top perspective view of one embodiment of an electrode stack assembly 225 of capacitor 265 is shown. As illustrated in FIGs. 4, 6(a) and 15, electrode stack assembly 225 most preferably comprises a plurality of cold-welded anode sub-assemblies 175a through 175h, a plurality of cathode layers 175a through 175i, a plurality of separator layers 180, outer separator layers 165a and 165b, outer wrap 115 and wrapping tape 245.

Outer wrap 115 is most preferably die cut from separator material described supra, but may be formed from a wide range of other suitable materials such as polymeric

materials, aluminum, suitable heat shrink materials, suitable rubberized materials and synthetic equivalents or derivatives thereof, and the like.

Wrapping tape 245 is most preferably cut from a polypropylene-backed acrylic adhesive tape, but may also be replaced by a staple, an ultrasonic paper joint or weld, suitable adhesives other than acrylic adhesive, suitable tape other than polypropylene-backed tape, a hook and corresponding clasp and so on.

Outer wrap 115 and wrapping tape 245 together comprise an electrode stack assembly wrap which has been discovered to help prevent undesired movement or shifting of electrode stack assembly 225 during subsequent processing. It will now become apparent to one skilled in the art that many means other than those disclosed explicitly herein exist for immobilizing and securing electrode stack assembly 225 during subsequent processing which accomplish substantially the same function as the electrode stack assembly wrap comprising outer wrap 115 and wrapping tape 245. Alternative means for immobilizing and securing electrode stack assembly 225 other than those described hereinabove exist. Such alternative means include, but are not limited to, robotic or other mechanical clamping and securing means not necessarily forming a portion of electrode stack assembly 225, adhesive electrolytes for forming separator layers 180, and so on.

The stacking process by which electrode stack assembly 225 is most preferably made begins by placing outer wrap 115 into a stacking fixture followed by placing outer paper or separator layer 165a thereon. Next, cathode layer 175a is placed atop separator layer 165a, followed by separator layers 180a and 180b being disposed thereon. Cold-welded anode sub-assembly 170a is then placed atop separator layer 180b, followed by placing separator layers 180a and 180b thereon, and so on. The placing of alternating cathode layers 175 and anode sub-assemblies 170 with separator layers 180a and 180b interposed therebetween continues in the stacking fixture until final cathode layer 175h has been placed thereon.

In the embodiment of electrode stack assembly 225 shown in FIG. 6(a), eight anode sub-assemblies (anode sub-assemblies 170a through 170h) and nine cathode layers (cathode layers 175a through 175i) are illustrated. The voltage developed across each combined anode sub-assembly/separator layer/cathode layer assembly disposed within

electrode stack assembly 225 most preferably ranges between about 360 and about 390 Volts DC. As described below, the various anode sub-assemblies of electrode stack assembly 225 are typically connected in parallel electrically, as are the various cathode layers of electrode stack assembly 225.

Consistent with the discussion hereinabove concerning FIG. 4, it will now be understood by one skilled in the art that electrode stack assembly 225 shown in FIG. 6(a) is merely illustrative, and does not limit the scope of the present invention in any way respecting the number or combination of anode sub-assemblies 170, cathode layers 175, separator layers 180, anode tabs 195, cathode tabs 176, and so on. The number of electrode components is instead determined according to the total capacitance required, the total area of each layer, the specific capacitance of the foil employed and other factors.

In another embodiment of electrode stack assembly 225, the number of anode layers 185 employed in each anode sub-assembly 170 is varied in the stack. Such a design permits the fabrication of capacitors having the same layer area but nearly continuously varying different and selectable total capacitances that a user may determine by increasing or decreasing the number of anode layers 185/190 included in selected anode sub-assemblies 170 (as opposed to adding or subtracting full anode/cathode sub-assemblies 227 from electrode stack assembly 225 to thereby change the total capacitance). Following placing of cathode layer 175i in the stack, outer paper layer 165b is placed thereon, and outer wrap 115 is folded over the top of electrode stack assembly 225. Wrapping tape 245 then holds outer wrap 115 in place and secures the various components of electrode stack assembly 225 together.

The physical dimensions of separator layers 165 and 180 are most preferably somewhat larger than those of anode sub-assemblies 170 and cathode layers 175 to prevent contact of the electrodes with the case wall or electrical shorting between opposing polarity electrode layers due to the presence of burrs, stray or particulate material, debris or imperfections occurring therein. The reliability and functionality of capacitor 265 may be compromised if a portion of anode sub-assembly 170 comes into contact with a conducting case wall, if a burr on the periphery of anode sub-assembly 170 or cathode layer 175 comes into contact with an adjoining layer of opposing polarity, or if separator layer 180a or 180b does not provide sufficient electrical insulation between adjoining

opposite-polarity electrode layers and conducting particulate matter bridges the gap therebetween.

The additional separator material most preferably disposed about the periphery of electrode stack assembly 225 is referred to herein as separator overhang. Decreasing the amount of separator overhang increases the energy density of capacitor 265. It is beneficial from an energy density optimization perspective, therefore, to decrease the amount or degree of separator overhang. The amount of separator overhang required has been discovered to be primarily a function of the stack-up tolerance characteristic of the stacking method employed.

In commercial cylindrical capacitors, the amount of separator overhang is typically on the order of 0.050 to 0.100 inches (0.127 to 0.254 mm). The above-referenced '851 patent describes a flat aluminum electrolytic capacitor wherein the housing of the capacitor has at least two internal alignment members. Those alignment members necessarily add volume to the capacitor while taking away from the total amount of "active" electrode material available, thereby decreasing the energy density of the capacitor.

A preferred method for assuring consistent registration of separator layers 165 and 180, anode sub-assemblies 170 and cathode layers 175 in electrode stack assembly 225 involves stacking the various elements of electrode stack assembly 225 using robotic assembly techniques. More particularly, the various electrode and separator layers of electrode stack assembly 225 are stacked and aligned using an assembly work cell comprising four Seiko 4-axis SCARA Model No. TT8800 and TT8500, or equivalent, to pick up and place the various electrode and separator elements in an appropriate stacking fixture. Other suitable methods for stacking and registering electrode and separator layers include cam driven walking beam assembly machine techniques, rotary table machine techniques, multiple station single stacking machine techniques, and the like.

In a preferred method, a pre-formed or cut separator, electrode layer or sub-assembly is presented to a robot arm, which then picks the part up with end-of-arm tooling. A Venturi system produces a vacuum in the end-of-arm tooling. The system creates a vacuum at an appropriate time such that the part is sucked up onto the end-of-arm tooling. The vacuum is next released when the part is placed in the stacking fixture. A direct vacuum system, such as rubber suction cups, or other contact or non-contact pick up

robotic or manual assembly methods may also be employed. The position of the part is robotically translated from the pickup point into the stacking fixture by the robot arm with an accuracy of 0.005 inch (0.013 mm) or less. After placing the part in the stacking fixture, part alignment is most preferably verified electronically with a SEIKO COGNEX 5400 VISION System, or equivalent, in combination with a SONY XC-75 camera, or equivalent. The camera is mounted on the robot arm to permit the accuracy of part placing to be verified. This system can accurately determine the position of each part or element in electrode stack assembly 225 to within 0.01 millimeters. Once all layers have been placed in the stacking fixture by the robot arm, the stack is presented for wrapping.

The foregoing methods permit precise alignment and stacking of separator layers 165 and 180, anode sub-assemblies 170, and cathode layers 175 in electrode stack assembly 225, while minimizing the addition of undesirable unused volume to capacitor 265.

Another method for assuring registration of separator layers 165 and 180, anode sub-assembly 170 and cathode layer 175 in electrode stack assembly 225 involves alignment elements disposed within the stacking fixture are employed in a manual process which utilizes fixture registration points. In such a method, the stacking fixture has several alignment elements such as posts or side walls disposed about its periphery for positioning separator layers 165 and 180. Because cathode layers 175 and anode sub-assemblies 170 do not extend to the periphery of the separator, an alternative means for accurately positioning those electrodes becomes necessary.

Positioning of alternating cathode layers 175 and anode sub-assemblies 170 is most preferably accomplished using alignment elements such as posts or side walls disposed about the periphery of cathode tab 176 and anode tab 195. It has been discovered that the accuracy of layer placing and positioning is primarily a function of the length of the electrode tabs. The longer the tab, the less significant the alignment error becomes. Electrode tab length must typically be balanced against the loss of electrode material which occurs during die cutting, which in turn results primarily due to the longer length of cathode tab 176 in respect of the length of anode tab 195. Tabs 176 and 195 may include or contain alignment features therein having any suitable geometry for facilitating registration and positioning in respect of alignment elements. Any additional tab length

utilized for registration of the electrode layers is most preferably trimmed from electrode stack assembly 225 during the process of electrode tab interconnection (more about which we say below).

Another method for ensuring registration of separator layers 165 and 180, anode sub-assembly 170 and cathode layer 175 in electrode stack assembly 225 does not require the use of internal alignment elements within capacitor 265 is enveloping or covering anode sub-assembly 170 and cathode layer 175 with separator material. In this method, separator layers 180a and 180b are combined into a single die cut piece part that is folded around either anode sub-assembly 170 or cathode layer 175. The free edges of the separator are then secured by doubled-sided transfer tape, another adhesive, stitching or ultrasonic paper welding. Construction of an electrode sub-assembly in this manner secures and registers anode sub-assembly 170 and cathode layer 175 in respect of the periphery of the separator envelope so formed. The resulting anode/cathode sub-assembly or capacitor layer 227 is then presented for stacking in electrode stack assembly 225.

Yet another method for securing the separator to anode sub-assembly 170 is through the use of pressure bonding techniques. In such a method, separator layer 165 or 180 is pressed into a surface of anode sub-assembly 170 or anode layer 185 over a localized region thereof with sufficient force to rigidly affix the separator paper to anode sub-assembly 170, but not with such great force that a portion of underlying anode sub-assembly 170 is fractured. Other methods of securing all or portions of separator layer 165 or 180 to anode sub-assembly 170 or anode layer 185 include, but are not limited to, stitching, adhesive bonding and ultrasonic paper welding techniques.

FIG. 7 shows a top perspective view of one embodiment of an electrode stack assembly 225 of the electrolytic capacitor 265. FIG. 8 shows an enlarged view of a portion of the electrode stack assembly 225 of FIG. 7. After wrapping electrode stack assembly 225 with outer wrap 115 and wrapping tape 245, interconnection of gathered anode tabs 232 and gathered cathode tabs 233 with their respective external terminals is most preferably made.

FIGs. 9 and 10 show exploded top perspective views of one case neutral embodiment of a capacitor 265 employing the electrode stack assembly of FIGs. 6, 7 and 8 therein and the connector block 145 formed of an epoxy droplet over the anode and

cathode feedthroughs 120 and 125. Other case negative embodiments are described further below in reference to FIGs. 22-24. The connector block 145 is shown as a discrete part, but it will be understood that it is formed in situ, after assembly of the capacitor 265, of a cured epoxy droplet as shown in FIGs. 11 and 12 and described further below with reference to the flow chart of FIG. 20.

FIG. 16 shows a flow chart corresponding to one method of making tab interconnections and feedthrough terminal connections of certain steps of FIG. 13 that are also shown in FIG. 11. This case neutral embodiment employs anode feedthrough 120 and cathode feedthrough 125 most preferably have coiled basal portions 121 and 126, respectively. Feedthroughs 120 and 125 provide external electrical feedthrough terminals for capacitor 265 and gather gathered anode tabs 232 and gathered cathode tabs 233 within internally disposed, basal portions or coils 121 and 126 for electrical and mechanical interconnection as shown in FIG. 11.

In this method, feedthrough wire is first provided for construction of feedthroughs 120 and 125. In one embodiment, a preferred feedthrough wire is aluminum having a purity greater than or equal to 99.99% and a diameter of 0.020 inch (0.510 mm). Wire is trimmed to predetermined lengths for use in anode feedthrough 120 or cathode feedthrough 125. One end of the trimmed wire is coiled such that its inside diameter or dimension is slightly larger than the diameter or dimension required to encircle gathered anode tabs 232 or gathered cathode tabs 233.

Gathered anode tabs 232 are next gathered, or brought together in a bundle by crimping, and inside diameter 131 of anode feedthrough coil assembly 120 is placed over gathered anode tabs 232 such that anode feedthrough pin 130 extends outwardly away from the base of gathered anode tabs 232. Similarly, gathered cathode tabs 233 are gathered and inside diameter 136 of cathode feedthrough coil assembly 125 is placed over gathered cathode tabs 233 such that cathode feedthrough pin 135 extends outwardly away from the base of cathode tab 233. Coiled basal portions 121 and 126 of anode and cathode feedthroughs 120 and 125 are then most preferably crimped onto anode and cathode tabs 232 and 233, followed by trimming the distal ends thereof. Most preferably the crimps so formed are oriented substantially perpendicular to imaginary axes 234 and 235 of tabs 232

and 233. Trimming the tab distal ends may also, but less preferably, be accomplished at other non-perpendicular angles respecting imaginary axes 234 and 235.

A crimping force is applied to feedthrough coils 121 and 126 and gathered tabs 232 and 233 throughout a subsequent preferred welding step. In one method, it is preferred that the crimped anode and cathode feedthroughs be laser or ultrasonically welded along the top portion of the trimmed edge of the distal ends to anode and cathode tabs 232 and 233. Pins 130 and 135 are bent for insertion through feedthrough holes or openings 142 and 143 of case 90 following welding of feedthroughs 120 and 125 to gathered anode tabs 232 and gathered cathode tabs 233, respectively. The externally disposed ends of feedthrough pins 130 and 135 provide anode and cathode connection terminals in the case neutral embodiment.

Many different embodiments of the feedthroughs 120 and 125, and means for connecting the feedthroughs to anode and cathode tabs 232 and 233 exist other than those shown explicitly in the figures. For example, the feedthroughs include embodiments comprising basal portions having open sides, forming "U" or "T" shapes in cross-section, forming a coil having a single turn of wire, forming a coil having three or more turns of wire, formed from flattened wire, or basal portions formed from crimping sleeves or layers of metal for connecting feedthrough pins 130 and 135 to anode and cathode tabs 232 and 233.

FIG. 17 shows a flow chart corresponding to a further method for making tab interconnections and feedthrough connections. In this method, anode feedthrough 120 and cathode feedthrough 125 have no coiled portions. Gathered anode tabs 232 and gathered cathode tabs 233 are gathered and trimmed, followed by the basal portions of anode and cathode feedthroughs 120 and 125 being placed near to gathered anode tabs 232 and gathered cathode tabs 233, respectively. The basal portions of feedthroughs 120 and 125 are then joined to gathered anode tabs 232 and gathered cathode tabs 233, respectively, most preferably by ultrasonic welding means.

In yet another method, the basal portions of feedthroughs 120 and 125 are flattened to facilitate welding to gathered anode and cathode tabs 232 and 233. In still another method, the basal portions of feedthrough pins 130 and 135 are formed such that they engage gathered anode tabs 232 or gathered cathode tabs 233 around the periphery of the

tabs by means other than coiling. For example, basal portions 121 and 126 of feedthroughs 120 and 125 may be "flag shaped," and the flag portions thereof may be wrapped around tabs 232 and 233. In yet other attachment methods, feedthrough pins 130 and 135 may be attached to anode and cathode tabs 232 and 233 with resistance welds, cold welds, brazing, friction welds, or an additional feedthrough component such as a crimping sleeve may capture and join tabs 232 and 233 for providing electrical and mechanical connections thereto.

It has been discovered that the processes of forming electrical connections between tabs 232 and 233 and feedthrough coil assemblies 120 and 125 can introduce undesirable stress on the individual tabs 176 and 195. The resultant strain induced in those tabs has further been found to manifest itself as tears in cathode layer 175 at the base of cathode tab 176, or as fractures in relatively low strength cold welds 205 or 210 within anode sub-assembly 170. One advantage of the coiled portions of feedthroughs 120 and 125 is that they can provide strain relief between feedthrough pins 130 and 135 and tabs 232 and 233. Thus, the strain relief features of feedthroughs 120 and 125 help minimize or eliminate undesirable stress in feedthrough connections.

As employed in the specification and claims hereof, the term "laser welding" means, but is not necessarily limited to, a method of welding wherein coherent light beam processing is employed. Coherent light beam processing include electron beam or laser welding methods (e.g., Nd:YAG, CO_2 processes) having hard or fiber optic beam delivery in pulsed, continuous, or q-switched modes. Other welding processes, such as micro metal inert gas welding and micro plasma welding processes, may be substituted for coherent light beam welding.

Table 2 sets forth optimized, preferred processing parameters under which various components of capacitor 265 are laser welded to one another. The parameters set forth in Table 2 correspond to those for a Model No. JK702H pulsed Nd:YAG laser welding system having hard optic beam delivery manufactured by Lumonics Laserdyne of Eden Prairie, Minnesota. Table 3 sets forth a range of parameters under which the same type of laser welding system provides acceptable weld characteristics.

Table 2: Optimized Nd:YAG Laser Welding Parameters

Weld Type	Optimized Laser Welding Parameters*				
	Energy per Pulse (Joules/ pulse	Pulse Frequency (Hertz)	Feed Rate (inches/ min)	Pulse Width (msec)	Argon Cover Gas (SCFH)
Feedthrough Ferrule to Case Tack 1	13.5	4.5	3	5	35
Feedthrough Ferrule to Case Weld	9.75	20	2	4.5	35
Fill port Ferrule to Case Tack 1	13.5	4.5	3	5	35
Fill port Ferrule to Case Weld	15	15	2	6	35
Anode Feedthrough Tabs	8	10	2	5	35
Cathode Feedthrough Tabs	4	10	2	5	35
Cover to Case	7.5	40	6	5.4	60
Fill Tube Seal	13.5	15	4	7	30

*Lumonics JK702H Nd:YAG laser having an initial beam diameter of approximately 1.0 inch (2.54 cm) passing through a final focusing lens with a 146 mm focal length (purchased having "160 mm lens", actual fine focal point measured was 146 mm) and a spot size at the joint surface of 0.022 inch (0.560 mm) diameter. The cover gas was coaxial. It will be understood that variations respecting the manufacturer of the laser, beam delivery optics, the initial beam size, final focusing lens, spot size of the beam and the like may be made.

Table 3: Generalized Nd:YAG Laser Welding Parameters

Weld Type	Optimized Laser Welding Parameters*				
	Energy per Pulse (Joules/ pulse	Pulse Frequency (Hertz)	Feed Rate (inches/ min)	Pulse Width (msec)	Argon Cover Gas (SCFH)
Feedthrough Ferrule to Case	2-15	3-30	1-5	3.5-8	30-60
Fill port Ferrule to Case	2-15	3-30	1-5	3.5-8	30-60
Feedthrough Tabs	1-10	1-10	1-7	3.5-8	30-60
Cover to Case	5-25	10-40	1-7	3.5-8	30-60
Fill Tube Seal	8-20	5-20	1-10	3.5-8	30-60

*Lumonics JK702H Nd:YAG laser having an initial beam diameter of approximately 1.0 inch (2.54 cm) passing through a final focusing lens with a 146 mm focal length (purchased having "160 mm lens", actual fine focal point measured was 146 mm) and a spot size at the joint surface of 0.022 inch (0.560 mm) diameter. The cover gas was coaxial. It will be understood that variations respecting the manufacturer of the laser, beam delivery optics, the initial beam size, final focusing lens, spot size of the beam and the like may be made.

FIG. 10 shows an exploded top perspective view of capacitor 265 of FIG. 9 in a partially assembled state, again with the connector block 145 depicted as a discrete part for convenience of illustration. FIG. 18 shows a flow chart of one method of making case

sub-assembly 108. Case 90, anode ferrule 95, cathode ferrule 100, and fill port ferrule 105 are first provided. Case 90 contains a means for accepting anode ferrule 95 therein, shown in FIGs. 9 and 10 as anode feedthrough hole or opening 142. Case 90 further contains a means for accepting cathode ferrule 100, shown in FIGs. 9 and 10 as cathode feedthrough hole or opening 143. Case 90 also includes a means for accepting fill port ferrule 105, shown in FIGs. 9 and 10 as fill port hole 139. In a further preferred embodiment, case 90 and cover 110 are formed of aluminum and are electrically connected to the cathode layers, and where case 90 and cover 110 are at the same electrical potential as the cathode layers, i.e., at negative potential.

Ferrules 95, 100 and 105 are most preferably welded to case 90 (or otherwise attached thereto such as by a suitable epoxy, adhesive, solder, glue or the like), and together comprise case sub-assembly 108. Radial flanges in anode ferrule 95 and cathode ferrule 100 provide a region for making a lap joint between the side wall of case 90 and around the perimeters of feedthrough ferrule holes 142 and 143. In preferred methods, a circumferential laser weld is made in the joint between the case 90 and cover 110, and welding is carried out in two primary steps. First, a series of tack welds is made around the circumference of the joint. The tack welds are most preferably made either by making adjoining, successive tack welds around the perimeter or by making a first tack weld at a first location along the perimeter, making a second weld diametrically opposed from the first weld along the perimeter, making a third weld adjacent to the first weld, making a fourth weld adjacent to the second weld, and so on. Finally, a final closing weld is made around the hole perimeter to hermetically seal the tack welded joint.

Table 2 sets forth an optimized set of parameters under which anode ferrule 95 and cathode ferrule 100 are joined to case 90. Table 3 sets forth a range of general parameters under which the same laser welding system provides acceptable weld characteristics for joining anode ferrule 95 and cathode ferrule 100 to case 90.

FIG. 18 also shows steps for inserting anode wire guide 140 into the inside diameter opening of anode ferrule 95, and inserting cathode wire guide 141 into the inside diameter opening of cathode ferrule 100. Wire guides 140 and 141 are non-conductive and center anode and cathode pins 130 and 135 within the inside diameter openings of the

ferrules to permit anode and cathode pins 130 and 135 to be electrically insulated from the inside surface of case 90, anode ferrule 95, and cathode ferrule 100.

The size tolerances of the wire guides 140, 141, the feedthrough pins 130, 135 and the holes 142, 143 are such that the wire guides 140, 141 can be fitted into the holes 142, 143 and the feedthrough pins 130, 135 fitted through holes in the wire guides 140, 141. The assemblies are not hermetically sealed with the case side wall 92, and it necessary to effect a hermetic seal to prevent loss of electrolyte. In accordance with one aspect of the present invention, the seal is effected by formation of the epoxy droplet connector block 145 in accordance with the method of FIG. 20. Epoxy seeps into the gaps between the wire guides 140, 141, the feedthrough pins 130, 135 and the holes 142, 143.

Wire guides 140 and 141 most preferably contain annular, ramped, or "snap-in" features formed integrally therein. Those features prevent wire guides 140 and 141 from being pushed out of their respective ferrules during handling, but are most preferably formed such that insertion of wire guides 140 and 141 in their corresponding ferrules may occur using forces sufficiently low so as not to damage case 90 or ferrules 95 or 100 during the inserting step.

Wire guides 140 and 141 may be formed from any of a wide variety of electrically insulating materials that are stable in the environment of an electrolytic capacitor. In one preferred embodiment, the material from which wire guides 140 and 141 is made is an injection molded polysulfone known as AMOCO UDEL supplied by Amoco Performance Products of Atlanta, Georgia. In other embodiments, wire guides 140 and 141 may be formed from other chemically resistant polymers such as fluoroplastics (e.g., ETFE, PTFE, ECTFE, PCTFE, FEP, PFA or PVDF), fluoroelastomers, polyesters, polyamides, polyethylenes, polypropylenes, polyacetals, polyetherketones, polyarylketones, polyether sulfones, polyphenyl sulfones, polysulfones, polyarylsulfones, polyetherimides, polyimides, poly(amide-imides), PVC, PVDC-PVC copolymers, CPVC, polyfurans, poly(phenylene sulfides), epoxy resins, silicone elastomers, nitrile rubbers, chloroprene polymers, chlorosulfonated rubbers, polysulfide rubbers, ethylene-polypropylene elastomers, butyl rubbers, polyacrylic rubbers, fiber-reinforced plastics, glass, ceramic and other suitable electrically insulating, chemically compatible materials.

As used in the specification and claims hereof, the foregoing acronyms have the following meanings: the acronym "ETFE" means poly(ethylene-co-tetrafluoroethylene); the acronym "PTFE" means polytetrafluoroethylene; the acronym "CTFE" means poly(ethylene-co-chlorotrifluoroethylene); the acronym "PCTFE" means polychlorotrifluoroethylene; the acronym "FEP" means fluorinated ethylene-propylene copolymer; the acronym "PFA" perfluoroalkoxy fluoropolymer; the acronym "PVDF" means polyvinylidene fluoride; the acronym "PVC" means polyvinyl chloride; the acronym "PVDC-PVC" means polyvinylidene chloride - polyvinyl chloride copolymer; and the acronym "CPVC" means chlorinated polyvinyl chloride.

The electrode stack assembly 225 is seated in the interior case chamber of case 90 after the feedthrough pins 130 and 135 are inserted through the wire guides 140 and 141 as shown in FIG. 11. FIG. 11 shows the head space portion of electrode stack assembly 225 (referred to herein as head space 230) is insulated from case 90 and cover 110. The means by which head space insulation may be provided include molded, thermally-formed, die cut, or mechanically formed insulating materials and means, where the materials and means are stable in the environment of an electrolytic capacitor. Suitable materials from which head space insulators may be formed include all those listed hereinabove respecting materials for forming wire guides 140 and 141. Another means of providing head space insulation is to wrap electrically insulating tape, similar to wrapping tape 245, around head space 230 to prevent the anode or cathode terminals from contacting case 90 or cover 110 or each other.

FIG. 19 shows an expanded flow chart of the step in FIG. 13 of welding the cover 110 to the case 90 and effecting a hermetic seal therebetween as described in greater detail in the above-referenced parent application Serial No. 09/104,104. Case sub-assembly 108 is provided with electrode stack assembly 225 inserted into interior case chamber of case 90 and the anode and cathode tab/feedthrough connections completed as described above. Cover 110 is disposed atop an upper edge 94 formed in the side wall 92 of case 90. In one case side wall upper edge configuration, a raised portion of the upper edge extends about 0.014 inches (0.355 mm) above an upper surface 112 of cover 110 when cover 110 is placed on the upper edge 94. The assembly is placed within a crimping mechanism or nest, and a clamp is actuated to hold cover 110 against upper edge 94 and the stepped

portion thereof. The crimping mechanism is actuated to crimp or fold the raised edge portion onto, along or over upper surface 112 of cover 110.

In another preferred method, crimping of raised portion 95 is accomplished using a die cut to the shape of case 90 and further having angled or ramped side walls for engaging and pressing inwardly the raised portion over upper surface 112 of cover 110. A crimp may also be formed with a moving crimp apparatus that travels around the perimeter of case 90 while continuously crimping the raised portion over upper surface 112 of cover 110. The foregoing methods may be readily adapted to permit the crimping or folding of the edge of cover 110 downwardly over outer side wall 92.

Crimping of the raised portion onto cover 110 or the cover edge onto the side wall upper edge 94 provides several advantages. First, laser welding of cover 110 to case 90 may be accomplished using relatively simple tooling, thereby resulting in short process times. Laser welding often provides a bottleneck in manufacturing process flow when components such as case 90 and cover 110 typically must be aligned precisely respecting one another. The elimination of such alignment steps during the laser welding process has been discovered to help eliminate manufacturing process bottlenecks. Folding or crimping raised edge portion or outer cover edge prevents a laser beam from entering the interior of capacitor 265. Instead, a laser beam is forced to couple with the material of case 90 and cover 110 to thereby induce melting. It was discovered that joints not having crimps forming at least a portion thereof may permit a laser beam to damage components inside capacitor 265.

Another advantage of the crimped joint is that the crimp provides additional metal in the weld zone. Aluminum, having a high thermal expansion coefficient, is sensitive to cracking upon rapid cooling from the high temperatures characteristic of welding processes. The additional metal provided by the crimp decreases cracking sensitivity in the joint between the cover and the case upper edge.

Crimped case 90 and cover 110 are next removed from the crimp fixture and placed in a welding fixture. A laser weld is made in the joint formed between the cover edge and the case upper edge 94 to hermetically seal case 90 to cover 110. Table 2 sets forth an optimized set of parameters under which the crimped case/cover joint may be sealed using a pulsed Nd:YAG laser welding system. Table 3 sets forth a generalized

range of conditions under which the same laser welding system provides acceptable results.

FIG. 11 also shows the preferred attachment of the exposed wire ends 150a and 150b to the feedthrough pins 130 and 135, respectively, and the epoxy droplet connector block 145 (shown in phantom outline) which is formed in situ on the case wall 92 and encapsulates these connections. The steps of attaching the exposed wire ends 150a and 150b to the feedthrough pins 130 and 135, respectively, and forming the epoxy droplet connector block 145 are also shown in the flow chart of FIG. 20.

In preferred embodiments, the electrical connections of the exposed wire ends 150a and 150b to the feedthrough pins 130 and 135, respectively, are made using techniques such as ultrasonic welding, resistance welding and laser welding. In such joining techniques, the joint geometry may also be a cross-wire weld, i.e. at right angles, between feedthrough wire 130 and 135 and the exposed ends 150a and 150b of harness lead wires 151 and 152, respectively.

Table 4 sets forth an optimized set of parameters of the cross-wire and alternative surface welds for resistance welding of stranded wire exposed ends 150a and 150b to the anode and cathode connection terminals:

Table 4: Generalized Resistance Welding Parameters (Single or Dual Pulse)

Weld Type	Resistance Welding Parameters*							
	a.	b.	c.	d.	e.	f.	g.	h.
Cross Wire	0-20.0	.250-.550	0-15	8.0-30.0	.500-1.500	1.0-7.0	1.5-8.5	20-50
Wire to Case	0-20.0	.500-.750	0-15	8.0-30.0	.500-2.30	1.0-7.0	1.5-8.5	20-50

a. 1st pulse width in milliseconds
b. 1st pulse current in KA
c. Cooling cycle in milliseconds
d. 2nd pulse width in milliseconds
e. 2nd pulse current in KA
f. Weld head force in lbs
g. Follow-up weld head force in lbs.
h. Argon Cover Gas in SCFH

* Unitek Miyachi HF 25 high frequency inverter with a Unitek Miyachi 302H linear actuated electromagnetic weld head with a Unitek Miyach C350 weld head controller. Electrodes: oversized class 2 copper lower electrode , molybdenum, copper/tungsten or HD-17 alloy upper electrode .030"-.060" in diameter.

In FIG. 20, the epoxy droplet connector block 145 is formed after the electrical connections are completed in a manner also illustrated in FIGs. 21(a) - 21(c). In general, after the electrical connections with the wire harness are made, the encapsulation area is

prepped, a metered amount of relatively viscous liquid epoxy is applied in a droplet over the electrical connections in the encapsulation area, and the epoxy is cured in an oven while the capacitor assembly is rotated slowly. The controlled temperature and the slow rotation allow the epoxy to flow and seep into any cavities around the feedthrough components and electrical connections, to release any gas that would form bubbles and to form a bulbous, smooth, glossy exterior surface having a somewhat hemispheric shape that is consistent from one capacitor to the next.

In FIG. 21(a), the electrical connections are completed by cross-wire welding the wire harness wire ends 150a and 150b to the anode and cathode terminal pins 130 and 135 as described above. In FIG. 21(b), the encapsulation area 98 and the electrical connections are prepped by cleaning, and the masking tape 99 is optionally applied to the side wall 92 to limit epoxy flow along the flat side wall surface and to provide a neat and consistent edge of the epoxy droplet that is formed over the encapsulation area 98. It is not necessary to mask all four edges of the encapsulation area 98, because the other edges are bounded by the curved case edges, and epoxy flow over those case edges is inhibited by surface tension of the liquid epoxy that cures as the capacitor assembly is rotated.

The metered amount of epoxy that forms the connector block 145 is applied to the encapsulation area 98 as shown in FIG. 21(c), while the encapsulation area surface is disposed horizontal in a receptacle of a fixture that may have a plurality of such receptacles for holding a plurality of capacitor assemblies. Then, the fixture holding the capacitor assembly or assemblies is placed in carriage that is coupled to a motorized drive that rotates the carriage at a predetermined rate. The rotation of the carriage and fixture rotates each capacitor assembly about the axis A-A of FIG. 21(c) (or any other preferred axis) while in the temperature controlled oven. The elevated temperature lowers the viscosity of the epoxy allowing the epoxy to assume a minimum volume (and surface area) as governed by gravity, epoxy-aluminum surface energy (wetting) and epoxy surface tension. The epoxy droplet connector block 145 so formed provides strain relief to feedthrough pins 130 and 135 and to the harness wire electrical connections. The epoxy provides an epoxy seal between wire guides 140 and 141, case 90 and ferrules 95 and 100.

We have found that the epoxy cures within 30 minutes in an oven operating between 85° - 105° Centigrade (e.g., 90° C) with the carriage rotating at about two rpm.

Moreover, we have found that the masking tape 99 is not necessary to confine the epoxy flow as long as there is no failure in the rotation of the carriage in a position that would allow epoxy flow away from the area.

After curing is completed, the capacitor assembly so formed is removed from the receptacle of the carriage, the masking tape 99 is removed (if applied earlier), and the epoxy droplet connector block 145 is inspected. The overall shape, the droplet edge, and the coverage of the internally encapsulated components must meet prescribed standards.

The method by which the epoxy droplet connector block 145 is made provides excellent electrical insulation of the feedthrough pins 130, 135 and the wire ends 150a, 150b. The method provides a predictable, uniform, reliable and attractive connector block 145 that exhibits a high quality hermetic seal.

The epoxy employed to form the epoxy droplet connector block 145 is most preferably chemically resistant to the electrolyte employed in capacitor 265 and adheres well to surrounding surfaces. Adhesion promotion (such as by chemical deposition, etching, corona, ion gun, or plasma treatment) of each polymeric wire guide (or a polymeric case side wall, if one is substituted for the above-described aluminum case) may be employed to maximize the reliability of capacitor 265. In a preferred method, an epoxy is employed which has few or no voids and cracks and completely or substantially completely adheres to the surrounding pin, ferrule wall and wire guide components. Filling of the ferrule hole with sealing epoxy may be accomplished in several ways, depending largely on the viscosity and wetting angle (surface energy) of the epoxy selected. A balance in wetting angle and viscosity characteristics of the epoxy has been found to be desirable. More particularly, it is desired that the epoxy be thin enough to fill without voids forming and to wet the surface, yet thick or viscous enough not to escape around or through the wire guides or around the capacitor case edges and masking tape bounding the encapsulation area 98.

One suitable epoxy comprises an aliphatic epoxy such as CIBA-Geigy Araldite 2014.

Other suitable potting adhesives include chemically resistant thermoplastic hot melt materials such as polyamides, polyesters, polyurethanes, epoxies, and polyethylene-vinyl acetates, UV curable resins such as acrylates and methacrylates, and other thermosetting

resins such as aliphatic and aromatic epoxies, silicones, polyamides, polyesters and polyurethanes. Many suitable potting adhesives may be thermally cured or cured with ultraviolet light. A focused IR procedure may be employed in some instances to minimize cure time and localize heat. A transparent epoxy droplet connector block 145 is depicted in FIG. 21(c), but the epoxy material may be opaque.

Further case negative or case neutral capacitor embodiments formed with epoxy droplet connector blocks 145' are depicted in FIGs. 22(a) - 22(b) through 24(a) - 24(b). The method of making the electrical connections and forming the epoxy droplet connector block 145' follows the steps of FIG. 20 as described above. The capacitor cases 90' and 90'' and the mating covers and interior disposed electrode stack assembly of these case negative embodiments are somewhat smaller and more hemispheric than the above-described case neutral embodiments. The encapsulation area 98' of the embodiment depicted in FIG. 22(a) follows the curvature of the side wall 92', whereas the encapsulation area 98'' of the embodiment depicted in FIG. 22(b) is in a flattened portion of the side wall 92''. FIGs. 23(a) - 23(b) and 24(a) - 24(b) depict alternative ways of making case neutral or case negative electrical connections in the embodiment of FIG. 22(a), but it will be understood that these and equivalent forms of making case negative connections can be employed in the embodiment of FIG. 22(b). Moreover, these and equivalent forms of making case negative connections can be employed to change the above-described case neutral capacitors into case negative capacitors.

FIGs. 23(a) and 24(a) shows one embodiment of the electrical connections of the gathered anode tabs 232 with the wiring harness 155 within the epoxy droplet connector block 145'. An anode feedthrough pin 120' is supported in anode hole or opening 142' and electrically insulated from the case side wall 92' by an electrically insulating, ring-shaped, guide 95'. These anode feedthrough components may be formed and assembled to the case side wall 92' in the manner described above or can be formed as a discrete feedthrough, wherein the ferrule is welded to the case side wall 92' as a unit and then connected to the gathered anode tabs 232 and the exposed wire end 150a. The anode feedthrough pin 120' is coupled at an internal end to the gathered anode tabs 232. The externally disposed end of the anode feedthrough pin 120' provides an anode connection terminal for connection with the exposed wire end 150a of wire 152 of wiring harness 155

by any convenient method including those described above. The preferred cross-wire weld is illustrated.

FIGs. 23(a) and 23(b) illustrate one manner of making the connection of the gathered cathode tabs 233 with the wiring harness 155 within the epoxy droplet connector block 145' and for providing a cathode connection terminal. A cathode pin 125' is coupled at an internal end to the gathered cathode tabs 233 and at an external end to the exposed wire end 150b of wire 151 of wiring harness 155 by any convenient method including those described above. The preferred cross-wire weld is illustrated. In this embodiment depicted in FIGs. 23(a) and 23(b), the cathode pin 125' is simply extended through the cathode opening 143', and it is not necessary to weld any remaining gap between the cathode pin 125' and the edge of cathode opening 143' closed, since that gap will be filled with the flowing epoxy. Thus, the gathered cathode tabs 233 may or may not be electrically coupled to the case 90', depending upon whether the cathode pin 125' happens to contact an edge of the cathode opening 143'

FIGs. 24(a) and 24(b) illustrate a further manner of making the case negative connection of the gathered cathode tabs 233 with the wiring harness 155 within the epoxy droplet connector block 145' and providing a cathode connection terminal. A cathode pin 125' is coupled at an internal end to the gathered cathode tabs 233 and at an external end to the exposed wire end 150b of wire 151 of wiring harness 155 by any convenient method including those described above. The cathode pin 125' is extended through small diameter cathode hole 143' and electrically coupled with the case side wall 92' by application of welding energy that also seals the cathode hole 143'. In this embodiment, the cathode pin 125' is then ground down to the surface of the case side wall 92', and the exposed wire end 150b is welded to that surface at the cathode connection terminal within the encapsulated area 98'. The welding may close the gap between the cathode pin 125' and the edge of cathode opening 143'. Welding parameters for such surface or wire tocase resistance welds are set forth in Table 4 above.

It should be noted that the epoxy droplet connector block 145, 145' and the method of forming the same of the present invention can be employed with the illustrated wiring harness 155 or with equivalent harnesses or connector assemblies. The wire harness 155 may then serve as a means of routing capacitor electrical connections as desired in, for

example, device level assembly steps as shown in FIGs. 3(a) - 3(g), for example. In the embodiments shown in FIGs. 9-12, 23(b) and 24(b), terminal connector 153 forms the female end of a slide contact adapted to be connected to a mating connector of a circuit or module. In another embodiment, terminal connector 153 may be a male end of a slide contact. Moreover, the wires 151 and 152 may be shortened such that the terminal connector 153 is mechanically bonded to the epoxy droplet connector block 145, 145'. Or the terminal connector 153 can be eliminated so that the ends of the wires 151 and 152 can be connected to other circuits or modules by resistance spot welding, ultrasonic wire bonding, soldering, crimping, or other attachment means.

The remaining capacitor fabrication steps following formation of the epoxy droplet connector block 145, 145' are illustrated in FIG. 13, and described hereafter in specific reference to the case neutral embodiment, but are also applicable to completion of fabrication and testing of the case negative embodiments.

After the welding steps and the formation of the connector block 145 are completed, capacitor 265 is filled with electrolyte through a fill port 107 welded into a hole in the side wall 92 of the capacitor case, and the fill port lumen is then closed. The filling is accomplished in a plurality of vacuum impregnation cycles described in detail in the above-referenced parent application Serial No. 09/104,104. The electrolyte may be any suitable liquid electrolyte for high voltage electrolytic capacitors. In a preferred embodiment, the electrolyte is an ethylene glycol based electrolyte having an adipic acid solute. It is contemplated that other electrolytes suitable for use in high voltage capacitors may also be employed.

Fill port 107 provides electrolyte filling and helium leak verification capabilities and is easy to hermetically seal when these functions are completed. The hermeticity of capacitor 265 is preferably measured using a helium leak test that. In one type of helium leak testing, a helium leak testing apparatus forms a seal around fill port 107. It is preferred that an O-ring be disposed between the fitting and the fill port 107 as a vacuum of about 50 Tor is pulled on the interior of capacitor 265 through the fill port tube lumen and the gas pulled from the interior of capacitor 265 is directed past a tuned mass spectrometer. Helium gas is then emitted about and around capacitor 265, cover 110, case 90, the joint between the cover 110 and case 90, connector block 145, ferrule 105, fill port

107 and ferrule 105 and other components while the helium leaktightness testing apparatus tests gas and molecules evacuated from the interior of capacitor 265 for the presence of helium gas which has leaked from the exterior of capacitor 265 into the interior thereof. The leak rate for helium through the materials and joints within capacitor 265 is determined by the mass spectrometer. This measure of leaktightness or hermeticity provides a means of assuring the quality of the welded joints of the cover to the case opening, the feedthrough ferrules to the case side wall and the fill tube ferrule to the case side wall.

In another type of helium leak testing, "bombing" or filling of the interior chamber of capacitor 265 with helium gas is accomplished immediately prior to sealing of fill port 107. The exterior of the sealed capacitor 265 is then monitored under vacuum conditions with a tuned mass spectrometer to determine the rate of helium leakage past the materials and joints of capacitor 265.

A tuned mass spectrometer is most preferably included in the helium leaktightness testing apparatus. The spectrometer is sensitive to the presence of helium atoms or molecules. An example of such an apparatus is a LEYBOLD INFICON Model No. UL-200 Helium Leaktester manufactured in East Syracuse, New York. An O-ring having a leaktightness rating of about 1×10^{-9} cm^3/sec. is most preferably employed in conjunction with the fill tube and the fitting of the leaktightness testing apparatus. A typical fail point specification for the leaktightness testing apparatus when employed with the capacitor 265 is about 1×10^{-9} cm^3/sec.

When hermeticity testing is completed, the fill tube 107 is employed to fill the capacitor case with electrolyte. The capacitor 265 and the electrolyte source are then placed in a vacuum chamber with the exterior tube end 106 of fill port 107 connected to a source of the electrolyte optionally using a temporary fill tube attached thereto. Preferably, multiple vacuum impregnation cycles are then performed at pressures exceeding the vapor pressure of the electrolyte described further below. In a less preferred method, capacitor 265 is filled with electrolyte by immersing capacitor 265 in the electrolyte or by vacuum-filling capacitor 265 with a metered filling machine.

Once capacitor 265 is filled with electrolyte, it is preferred that an aging process be undertaken to form the dielectric aluminum oxide layer. Aging is generally accomplished

by applying a current through the capacitor terminals and gradually raising the voltage across those terminals from zero to the peak aging voltage of the capacitor (usually between about 360 and about 390 Volts DC). Once the aging voltage is attained, capacitor 265 is held at that voltage until the leakage current stabilizes at an acceptably low value. It is preferred that capacitor 265 be aged until a voltage of about 370 Volts is attained during a current limiting process.

The aging process is preferably carried out with the voltage set at 370 Volts and the current limited to about 1.5 mA (for capacitor 265 having a capacitance of 214 microfarads) while observing leakage current. It is beneficial to increase the temperature of the aging system at higher voltages. In one preferred method, the temperature is increased to about 70 degrees Celsius when the voltage reaches 230 Volts. After charging to 370 Volts, the capacitors are most preferably permitted to continue aging with the voltage held at 370 Volts until the leakage current decreases to a predetermined value, a predetermined time at 370 Volts has elapsed, or until a predetermined rate of decrease in leakage current has been obtained.

Following aging, post aging vacuum treatment or filling of the capacitor 265 contributes to significant improvements in capacitance and equivalent series resistance (ESR) as described in detail in the above-referenced parent application Serial No. 09/104,104.

After the aging and vacuum refilling cycles are completed, distal end 106 of fill port tube 107 is hermetically sealed to inhibit the loss of electrolyte, even when gas pressures build up within the capacitor. Preferably the fill port lumen is first crimped shut at the end of fill port tube 107 mechanically by pliers or other suitable means such as compression rollers or welding. The crimped or closed joint so formed is next most preferably trimmed with side cutter metal shears or in a metal die, and sealed. The fill port thereof may be closed and sealed quickly at minimum cost without any requirement for additional high tolerance, expensive piece parts or components for sealing fill tube 197. The gaps in the crimped end of fill port tube 107 are then sealed, most preferably by using joining techniques such as ultrasonic welding, cold welding or laser welding. See, for example, Tables 2 and 3.

But other steps may be undertaken to seal fill port tube 107 including gluing, epoxying, or any other suitable means. For example, the lumen of fill port tube 107 may be sealed by inserting a compression-fit spherical ball into a corresponding spherical recess disposed inside the lumen of fill port tube 107 or ferrule 105. The ball is most preferably formed from a metal, plastic or ceramic material that is stable in the capacitor electrolyte. Dimensional control of the fill port tube or ferrule lumen inside diameter in respect of the diameter of the ball is critical to controlling the quality of the seal being made. Ideally, the ball fits in the inside diameter in as tight an interference fit as possible without damaging the fill port ferrule weld or deforming case 90 to any significant extent. The "ball" need not conform to a spherical geometry, and may be a fitting that is cylindrically, conically or otherwise-shaped.

Still another method for sealing fill port ferrule 105 is to integrate a hydrogen permeable membrane seal into or near to fill port ferrule 105 that does not permit electrolyte components to escape through fill port tube 107 but that does permit hydrogen gas evolved through charge and discharge of capacitor 265 to escape from the interior thereof. By sealing fill port tube 107 with a barrier having sufficient chemical resistance, but that is selective to hydrogen gas (such as some silicones, polyphenylene oxides, cellulose acetates and triacetates and polysulfones), no electrolyte is lost. Several potting adhesives (such as epoxy or silicone) have the foregoing chemical resistance and hydrogen permeability properties and thus are suitable for such use. Those adhesives most preferably seal feedthroughs while permitting hydrogen gas to escape from otherwise hermetically sealed capacitor 265. Alternatively, the sealing of fill port tube 107 can be accomplished by an adhesive strip disposed over distal end 106 of fill port tube 107, similar to the types of seals employed in commercial ethylene glycol coolant canisters.

Once the fill port tube lumen is sealed by one of the means and methods described above, the capacitor 265, 265', 265'' is electrically tested. Applications in implantable defibrillators may require two capacitors 265, 265', 265'' to be connected in series. In this embodiment, an insulator is provided by a two sided adhesive being disposed between the capacitors 265, 265', 265'' so that they are joined along opposing faces with the insulator/adhesive strip disposed therebetween. The pair of capacitors 265, 265', 265'' is

then provided for assembly in ICD IPG 10 as shown and described above with respect to FIGs. 3(a) through 3(g).

Although only a few exemplary embodiments of a capacitor 265, 265', 265'' in which the present invention is advantageously implemented have been described in detail above, those skilled in the art will appreciate readily that many modifications are possible in the exemplary embodiments without materially departing from the novel teachings and advantages of the invention. Accordingly, all such modifications are intended to be included within the scope of the present invention as defined in the following claims.

The preceding specific embodiments are illustrative of a capacitor structure and method of fabrication thereof and its incorporation into an IMD in accordance with the present invention. It is to be understood, therefore, that other expedients known to those skilled in the art or disclosed herein, and existing prior to the filing date of this application or coming into existence at a later time may be employed without departing from the invention or the scope of the appended claims. In the claims, means-plus-function clauses are intended to cover the structures described herein as performing the recited function and not only structural equivalents but also equivalent structures.

All patents and printed publications disclosed herein are hereby incorporated by reference herein into the specification hereof, each in its respective entirety.

We claim:

1. An electrolytic capacitor comprising:

a hermetically sealed capacitor case defining an interior case chamber, the case having a case side wall extending to a side wall upper opening edge, and a cover hermetically sealed against the side wall upper opening edge to enclose the interior case chamber,

an electrode stack assembly and electrolyte located within the interior case chamber, the electrode stack further comprising a plurality of capacitor layers stacked in registration upon one another, each capacitor layer comprising a cathode layer having a cathode tab, an anode sub-assembly comprising at least one anode layer having an anode tab, and a separator layer located between adjacent anode and cathode layers, whereby all adjacent cathode layers and anode layers of the stack are electrically insulated from one another by a separator layer,

anode terminal means extending through said capacitor case side wall for electrically connecting a plurality of said anode tabs to one another and providing an anode connection terminal at the exterior of said case in relation to an external encapsulation area of the case side wall;

cathode terminal means extending through an encapsulation area of said capacitor case side wall for electrically connecting a plurality of said cathode tabs to one another and providing a cathode connection terminal at the exterior of said case in relation to said external encapsulation area;

a connector assembly electrically attached to said anode connection terminal for making electrical connection with said anode tabs and electrically attached to said cathode connection terminal for making electrical connection with said cathode tabs; and

a connector block formed of an epoxy droplet adhered to the encapsulation area of said capacitor side wall surrounding and encapsulating said anode and cathode connection terminals and the electrical connections with the connector assembly.

2. The capacitor of Claim 1, wherein the anode terminal means comprises a feedthrough assembly fitted into an anode opening in said encapsulation area of said capacitor case side wall and further comprising a feedthrough pin coupled at an internal pin end with said plurality of anode tabs and means for supporting and electrically insulating said feedthrough pin from said capacitor case and disposing an external pin end away from said case to provide said anode connection terminal.

3. The capacitor of Claim 2, wherein said supporting means of said feedthrough assembly further comprises an insulating spacer through which said feedthrough pin extends and a portion of said epoxy droplet.

4. The capacitor of Claim 1, wherein the cathode terminal means comprises a feedthrough assembly comprising a feedthrough pin coupled at an internal pin end with said plurality of cathode tabs, and means for supporting and electrically insulating said feedthrough pin from said capacitor case and disposing an external pin end away from said case to provide said cathode connection terminal.

5. The capacitor of Claim 1, wherein said supporting means of said feedthrough assembly further comprises an insulating spacer through which said feedthrough pin extends and a portion of said epoxy droplet.

6. The capacitor of Claim 1, wherein the cathode terminal means comprises means for electrically connecting said plurality of cathode tabs to said case side wall to provide said cathode connection terminal upon said case side wall within said encapsulation area.

7. The capacitor of Claim 1, wherein the cathode terminal means comprises a cathode feedthrough pin extending through a cathode opening in said case side wall having an internal pin end connected to said plurality of cathode tabs and an external pin end extending away from said case to provide said cathode connection terminal, said cathode feedthrough pin electrically connected with said case.

8. The capacitor of Claim 1, wherein the anode terminal means comprises an insulating guide fitted into an anode opening in said encapsulation area of said capacitor case side wall and an anode pin coupled at an internal pin end with said plurality of anode tabs and extending through said insulating guide supporting and electrically insulating said anode pin from said capacitor case and disposing an external pin end away from said case to provide said anode connection terminal.

9. The capacitor of Claim 1, wherein the cathode terminal means comprises a cathode pin extending through a cathode opening in said case side wall having an internal pin end connected to said plurality of cathode tabs and an external pin end extending away from said case to provide said cathode connection terminal, and said epoxy droplet fills any gap between the cathode pin and the case side wall.

10. The capacitor of Claim 1, wherein:

the cathode terminal means comprises a cathode pin extending through a cathode opening in said case side wall having an internal pin end connected to said plurality of cathode tabs and an external pin end extending at least to the external surface of said case side wall; and

said connector assembly comprises a cathode connector wire surface welded to said case side wall adjacent said external pin end.

11. An implantable medical device comprising:

a housing;

an electronics module disposed within the housing;

an energy source disposed within the housing and electrically coupled to the electronics module; and

an electrolytic capacitor disposed within the housing and electrically coupled to the electronics module, the capacitor further comprising:

a hermetically sealed capacitor case defining an interior case chamber, the case having a case side wall extending to a side wall upper opening edge, and a cover

hermetically sealed against the side wall upper opening edge to enclose the interior case chamber,

an electrode stack assembly and electrolyte located within the interior case chamber, the electrode stack further comprising a plurality of capacitor layers stacked in registration upon one another, each capacitor layer comprising a cathode layer having a cathode tab, an anode sub-assembly comprising at least one anode layer having an anode tab, and a separator layer located between adjacent anode and cathode layers, whereby all adjacent cathode layers and anode layers of the stack are electrically insulated from one another by a separator layer,

anode terminal means extending through said capacitor case side wall for electrically connecting a plurality of said anode tabs to one another and providing an anode connection terminal at the exterior of said case in relation to an external encapsulation area of the case side wall;

cathode terminal means extending through an encapsulation area of said capacitor case side wall for electrically connecting a plurality of said cathode tabs to one another and providing a cathode connection terminal at the exterior of said case in relation to said external encapsulation area;

a connector assembly electrically attached to said anode connection terminal for making electrical connection with said anode tabs and electrically attached to said cathode connection terminal for making electrical connection with said cathode tabs; and

a connector block formed of an epoxy droplet adhered to said encapsulation area of said capacitor side wall surrounding and encapsulating said anode and cathode connection terminals and the electrical connections with the connector assembly.

12. The implantable medical device of Claim 11, wherein the anode terminal means comprises a feedthrough assembly fitted into an opening in said encapsulation area of said capacitor case side wall and further comprising a feedthrough pin coupled at an internal pin end with said plurality of anode tabs and means for supporting and electrically insulating said feedthrough pin from said capacitor case and disposing an external pin end away from said case to provide said anode connection terminal.

13. The implantable medical device of Claim 12, wherein said supporting means of said feedthrough assembly further comprises an insulating spacer through which said feedthrough pin extends and a portion of said epoxy droplet.

14. The implantable medical device of Claim 11, wherein the cathode terminal means comprises a feedthrough assembly comprising a feedthrough pin coupled at an internal pin end with said plurality of cathode tabs, and means for supporting and electrically insulating said feedthrough pin from said capacitor case and disposing an external pin end away from said case to provide said cathode connection terminal.

15. The implantable medical device of Claim 11, wherein said supporting means of said feedthrough assembly further comprises an insulating spacer through which said feedthrough pin extends and a portion of said epoxy droplet.
case to provide said cathode connection terminal.

16. The implantable medical device of Claim 11, wherein the cathode terminal means comprises means for electrically connecting said plurality of cathode tabs to said case side wall to provide said cathode connection terminal upon said case side wall within said encapsulation area.

17. The implantable medical device of Claim 11, wherein the anode terminal means comprises an insulating guide fitted into an anode opening in said encapsulation area of said capacitor case side wall and an anode pin coupled at an internal pin end with said plurality of anode tabs and extending through said insulating guide supporting and electrically insulating said anode pin from said capacitor case and disposing an external pin end away from said case to provide said anode connection terminal.

18. The implantable medical device of Claim 11, wherein the cathode terminal means comprises a cathode pin extending through a cathode opening in said case side wall having an internal pin end connected to said plurality of cathode tabs and an external pin

end extending away from said case to provide said cathode connection terminal, and said epoxy droplet fills any gap between the cathode pin and the case side wall.

19. The implantable medical device of Claim 11, wherein:

the cathode terminal means comprises a cathode pin extending through a cathode opening in said case side wall having an internal pin end connected to said plurality of cathode tabs and an external pin end extending at least to the external surface of said case side wall; and

said connector assembly comprises a cathode connector wire surface welded to said case side wall adjacent said external pin end.

20. The implantable medical device of Claim 11, wherein the cathode terminal means comprises a cathode feedthrough pin extending through said case side wall having an internal pin end connected to said plurality of cathode tabs and an external pin end extending away from said case to provide said cathode connection terminal, said cathode feedthrough pin electrically connected with said case.

21. A method of making an electrolytic capacitor comprising:

providing a capacitor case defining an interior case chamber, the case having a case side wall extending to a side wall upper opening edge,

providing a cover adapted to be sealed against the side wall upper opening edge to enclose the interior case chamber,

forming an electrode stack assembly, the electrode stack further comprising a plurality of capacitor layers stacked in registration upon one another, each capacitor layer comprising a cathode layer having a cathode tab, an anode sub-assembly comprising at least one anode layer having an anode tab, and a separator layer located between adjacent anode and cathode layers, whereby all adjacent cathode layers and anode layers of the stack are electrically insulated from one another by a separator layer,

disposing the electrode stack assembly within the interior case chamber;

electrically connecting the anode tabs to an anode terminal pin;

extending the anode terminal pin through an anode opening of the capacitor case side wall providing an anode connection terminal at the exterior of said case in relation to an external encapsulation area of the case side wall;

electrically connecting the cathode tabs to a cathode terminal pin;

extending the cathode terminal pin to one of the capacitor case or through a cathode opening of the capacitor case side wall providing a cathode connection terminal in relation to said external encapsulation area;

attaching a connector assembly to said anode and cathode connection terminals thereby making electrical connection with said anode and cathode tabs, thereby forming a capacitor assembly;

applying epoxy to said external encapsulation area; and

curing said applied epoxy to form an epoxy droplet adhered to the encapsulation area of said capacitor side wall surrounding and encapsulating said anode and cathode connection terminals and the electrical connections with the connector assembly.

22. The method of Claim 21, wherein the step of extending an anode terminal pin further comprises:

providing an anode feedthrough assembly further comprising a feedthrough pin having internal and external pin ends and a pin supporting insulating spacer;

coupling said internal pin end with said plurality of anode tabs;

fitting said pin supporting insulating spacer in the anode opening in said encapsulation area of said capacitor case side wall; and

extending said external pin end through said pin supporting insulating spacer thereby disposing an external pin end away from said case to provide said anode connection terminal.

23. The method of Claim 22, wherein said epoxy applying step further comprises applying epoxy into said anode opening to fill any spaces and gaps of the supporting insulating spacer, the feedthrough pin and the anode opening.

24. The method of Claim 21, wherein the step of extending a cathode terminal pin further comprises:

providing a cathode feedthrough assembly further comprising a feedthrough pin having internal and external pin ends and a pin supporting insulating spacer;

coupling said internal pin end with said plurality of cathode tabs;

fitting said pin supporting insulating spacer in the cathode opening in said encapsulation area of said capacitor case side wall; and

extending said external pin end through said pin supporting insulating spacer thereby disposing an external pin end away from said case to provide said cathode connection terminal.

25. The method of Claim 24, wherein said epoxy applying step further comprises applying epoxy into said cathode opening to fill any spaces and gaps of the supporting insulating spacer, the feedthrough pin and the cathode opening.

26. The method of Claim 21, wherein the step of extending a cathode terminal pin further comprises:

extending the cathode terminal pin into said cathode opening of the capacitor case side wall;

trimming said cathode terminal pin; and

welding the cathode terminal pin in the cathode opening to seal the cathode opening thereby disposing an external pin end flush with said case side wall to provide said cathode connection terminal within said external encapsulation area.

27. The method of Claim 26, wherein the step of extending a cathode terminal pin further comprises:

extending the cathode terminal pin through said cathode opening of the capacitor case side wall providing a cathode connection terminal extending outward in relation to said external encapsulation area; and

welding the cathode terminal pin in the cathode opening to seal the cathode opening thereby disposing an external pin end away from said case to provide said cathode connection terminal.

28. The method of Claim 21, wherein:

said applying step further comprises applying a metered amount of uncured liquid epoxy to said external encapsulation area; and

said curing step further comprises rotating said capacitor assembly during curing of said applied epoxy to form an epoxy droplet adhered to the encapsulation area of said capacitor side wall surrounding and encapsulating said anode and cathode connection terminals and the electrical connections with the connector assembly having a bulbous droplet shape.

29. The method of Claim 21, wherein:

said applying step further comprises applying a metered amount of uncured liquid epoxy to said external encapsulation area; and

said curing step further comprises disposing said capacitor assembly in an elevated temperature environment and rotating said capacitor assembly during curing of said applied epoxy for a predetermined time to form an epoxy droplet adhered to the encapsulation area of said capacitor side wall surrounding and encapsulating said anode and cathode connection terminals and the electrical connections with the connector assembly having a bulbous droplet shape.

30. The method of Claim 21, wherein:

said applying step further comprises masking at least one edge of the encapsulation area to inhibit flow of applied epoxy from the encapsulation area and applying a metered amount of uncured liquid epoxy to said external encapsulation area; and

said curing step further comprises rotating said capacitor assembly during curing of said applied epoxy to form an epoxy droplet adhered to the encapsulation area of said capacitor side wall surrounding and encapsulating said anode and cathode connection

terminals and the electrical connections with the connector assembly having a bulbous droplet shape.

31. The method of Claim 21, wherein:

said applying step further comprises masking at least one edge of the encapsulation area to inhibit flow of applied epoxy from the encapsulation area and applying a metered amount of uncured liquid epoxy to said external encapsulation area; and

said curing step further comprises disposing said capacitor assembly in an elevated temperature environment and rotating said capacitor assembly during curing of said applied epoxy for a predetermined time to form an epoxy droplet adhered to the encapsulation area of said capacitor side wall surrounding and encapsulating said anode and cathode connection terminals and the electrical connections with the connector assembly having a bulbous droplet shape.

32. The method of Claim 21, wherein:

the step of extending a cathode terminal pin further comprises extending said cathode terminal pin through said cathode opening; and

said epoxy applying step further comprises applying epoxy into said cathode opening to fill any spaces and gaps of the cathode terminal pin and the case side wall around the cathode opening.

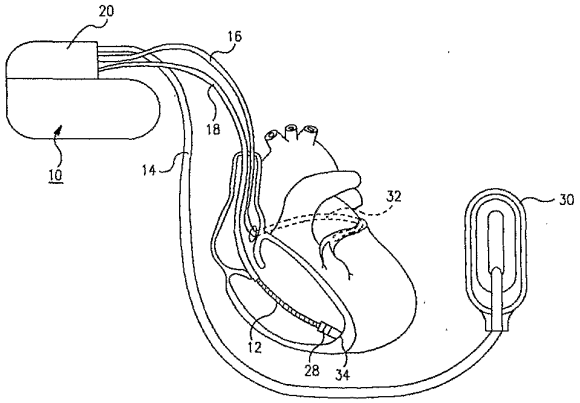


FIG. 1

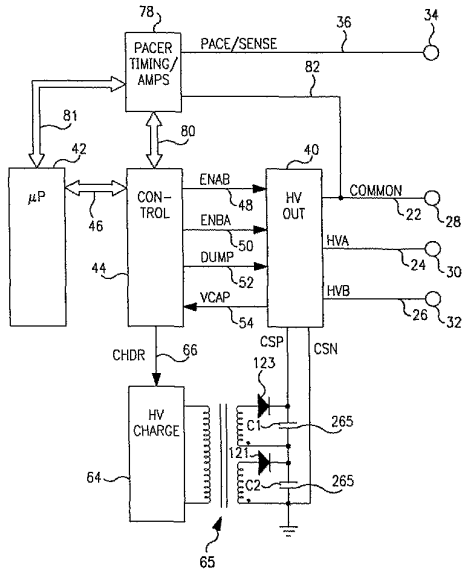

78
PACER TIMING/ AMPS
PACE/SENSE
36
34
82
81
80
42
40
μP
CON-TROL
ENAB
48
ENBA
50
DUMP
52
VCAP
54
HV OUT
COMMON
22
28
HVA
24
30
HVB
26
32
46
44
CHDR
66
CSP
CSN
123
HV CHARGE
C1
265
121
C2
265
64
65

FIG. 2

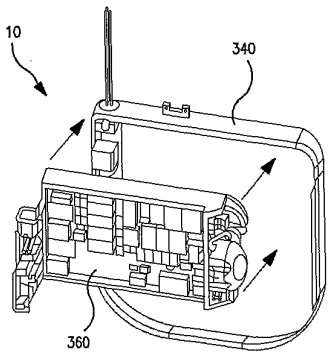


FIG. 3A

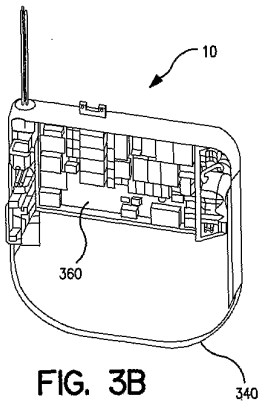


FIG. 3B

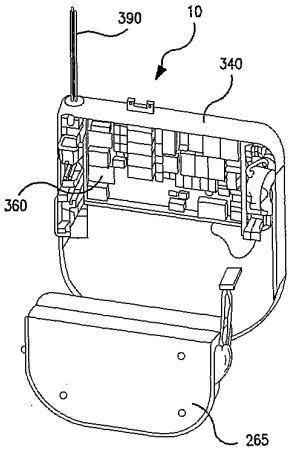


FIG. 3C

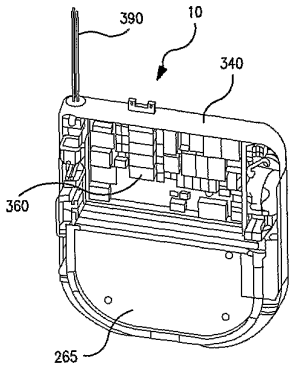


FIG. 3D

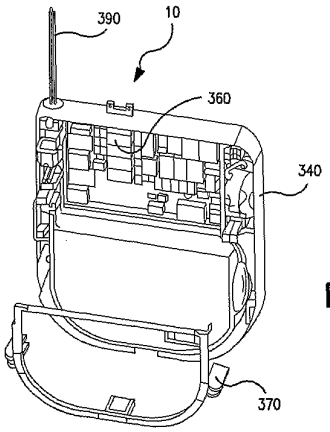


FIG. 3E

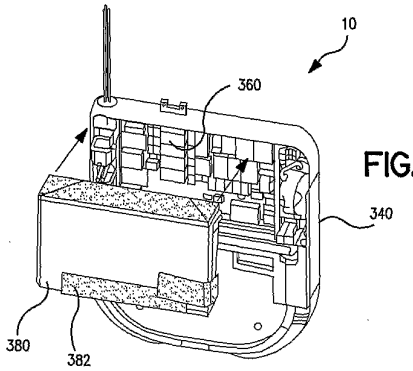


FIG. 3F

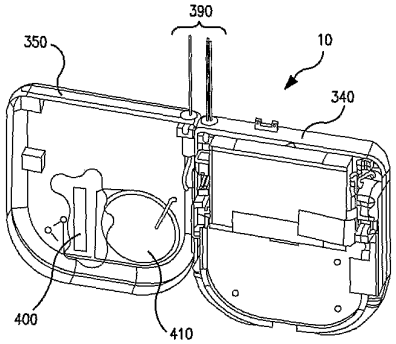


FIG. 3G

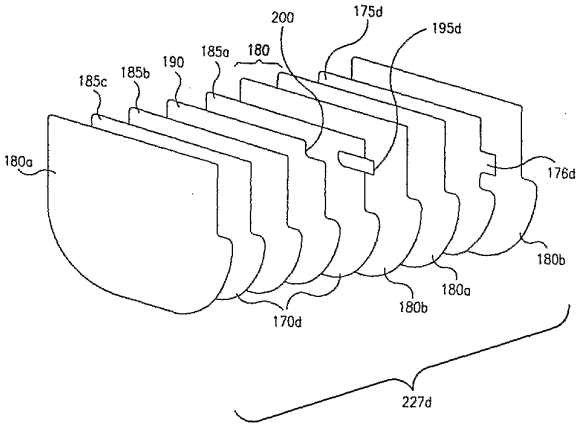

200
175d
195d
185a
180
190
185c
185b
180a
176d
180b
180a
180b
170d
227d

FIG. 4

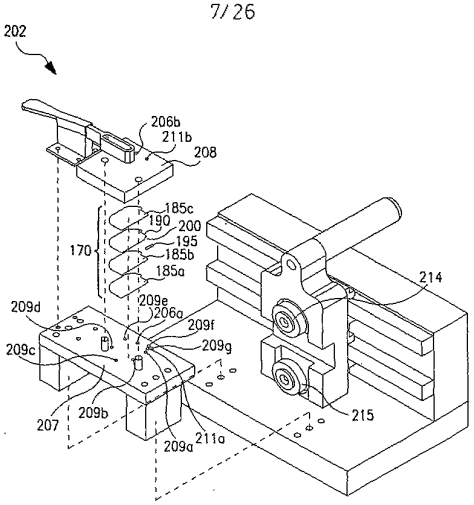

202
206b
211b
208
185c
190
200
195
185b
185a
170
214
209d
209e
206a
209f
209g
209c
207
209b
209a
211a
215

FIG. 5A

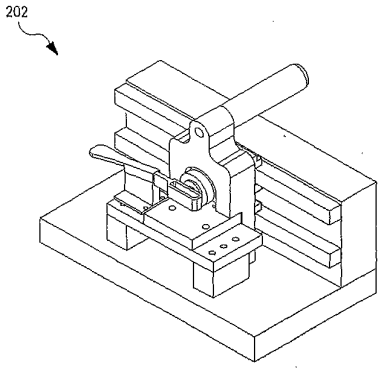

202

FIG. 5B

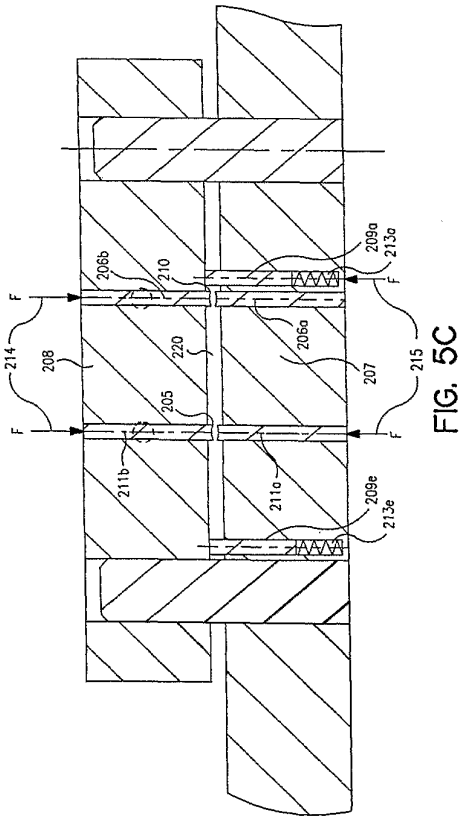

F
214
208
206b
210
220
205
211b
209a
213a
206a
207
215
211c
209e
213e

FIG. 5C

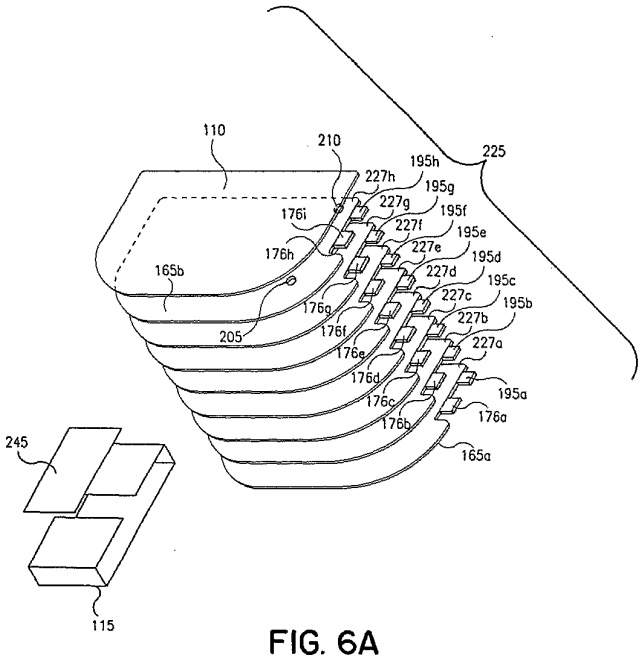

110
210
225
195h
227h
195g
227g
176i
195f
227f
195e
176h
227e
195d
165b
227d
195c
176g
227c
195b
205
176f
227b
176e
227a
176d
195a
176c
176a
176b
165a
245
115

FIG. 6A

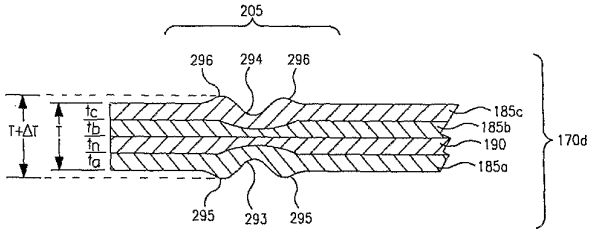

205
296
294
296
T+ΔT
T
tc
tb
tn
ta
185c
185b
190
185a
170d
295
293
295

FIG. 6B

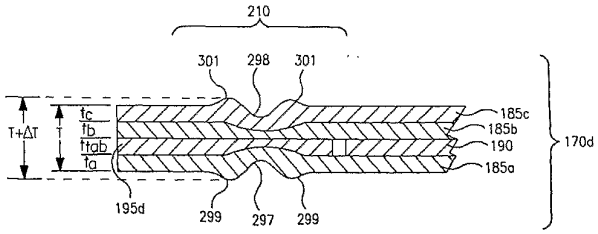

210
301
298
301
T+ΔT
T
tc
tb
ttab
ta
185c
185b
190
185a
170d
195d
299
297
299

FIG. 6C

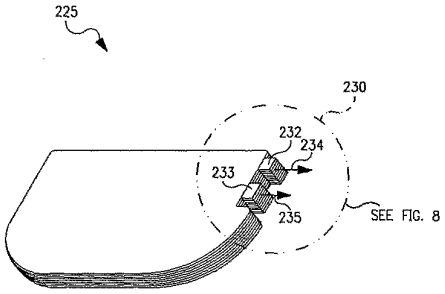


FIG. 7

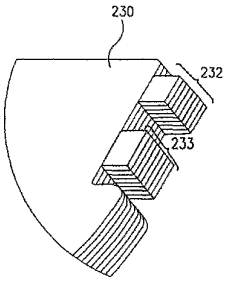


FIG. 8

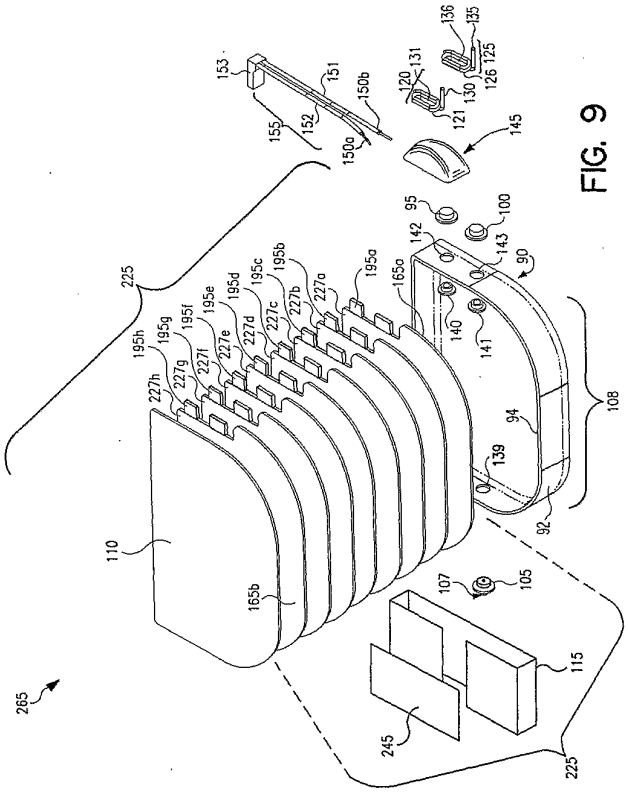

153
151
150b
155
152
150a
136
135
131
125
126
120
130
121
145
95
100
142
143
90
225
195h
195g
195f
195e
195d
195c
195b
195a
227h
227g
227f
227e
227d
227c
227b
227a
165a
140
141
108
94
139
92
110
165b
107
105
115
265
245
225

FIG. 9

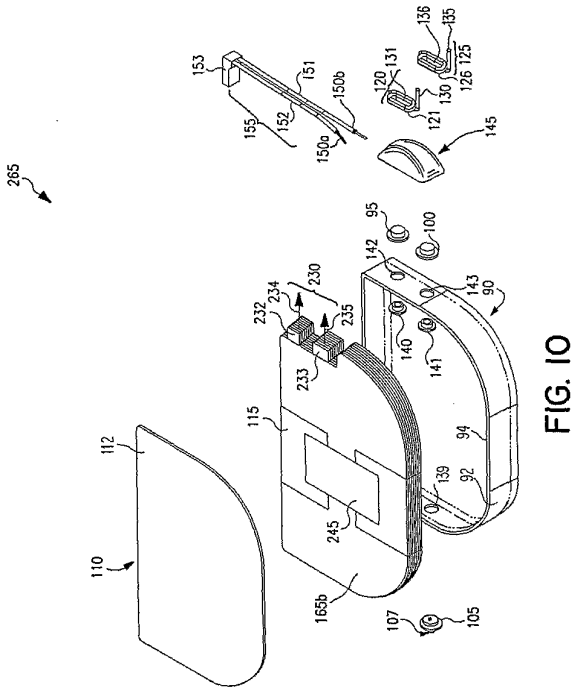

265
153
151
150b
155
152
150a
120
131
121
130
136
135
125
126
145
95
100
142
143
90
230
234
232
235
233
140
141
115
112
110
94
92
139
245
165b
107
105

FIG. 10

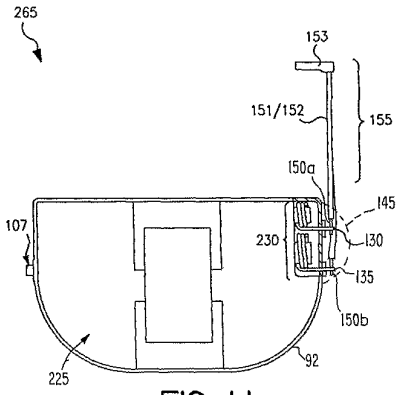

265
153
151/152
155
150a
145
107
230
130
135
150b
92
225

FIG. 11

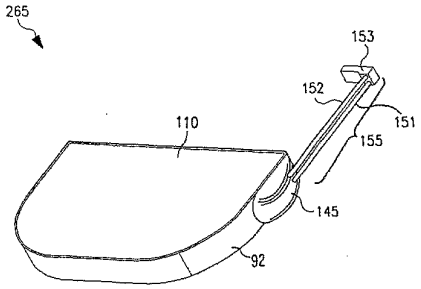

265
153
152
151
110
155
145
92

FIG. 12

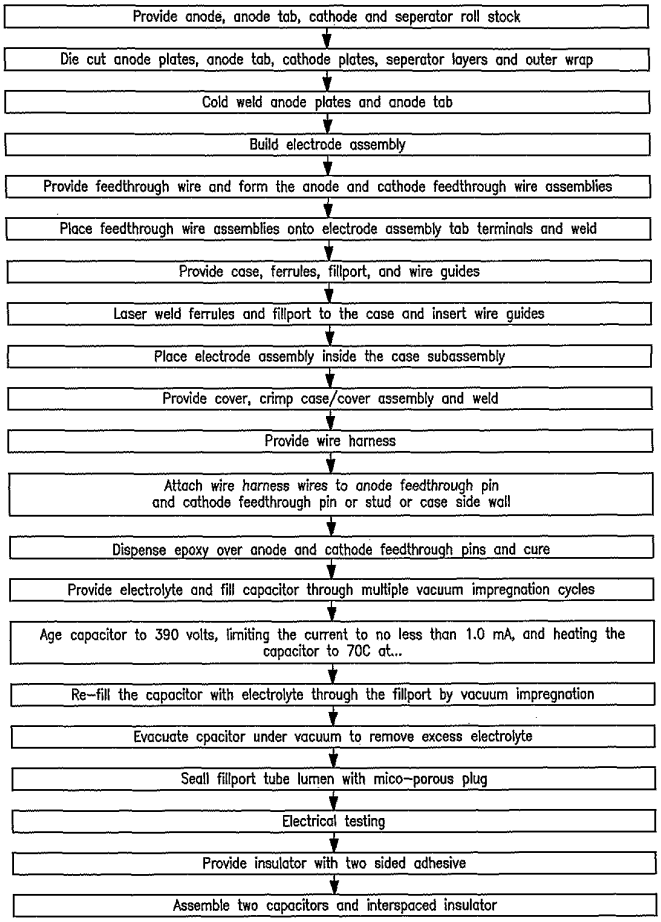

Provide anode, anode tab, cathode and seperator roll stock
Die cut anode plates, anode tab, cathode plates, seperator layers and outer wrap
Cold weld anode plates and anode tab
Build electrode assembly
Provide feedthrough wire and form the anode and cathode feedthrough wire assemblies
Place feedthrough wire assemblies onto electrode assembly tab terminals and weld
Provide case, ferrules, fillport, and wire guides
Laser weld ferrules and fillport to the case and insert wire guides
Place electrode assembly inside the case subassembly
Provide cover, crimp case/cover assembly and weld
Provide wire harness
Attach wire harness wires to anode feedthrough pin and cathode feedthrough pin or stud or case side wall
Dispense epoxy over anode and cathode feedthrough pins and cure
Provide electrolyte and fill capacitor through multiple vacuum impregnation cycles
Age capacitor to 390 volts, limiting the current to no less than 1.0 mA, and heating the capacitor to 70C at...
Re-fill the capacitor with electrolyte through the fillport by vacuum impregnation
Evacuate cpacitor under vacuum to remove excess electrolyte
Seall fillport tube lumen with mico-porous plug
Electrical testing
Provide insulator with two sided adhesive
Assemble two capacitors and interspaced insulator

FIG. 13

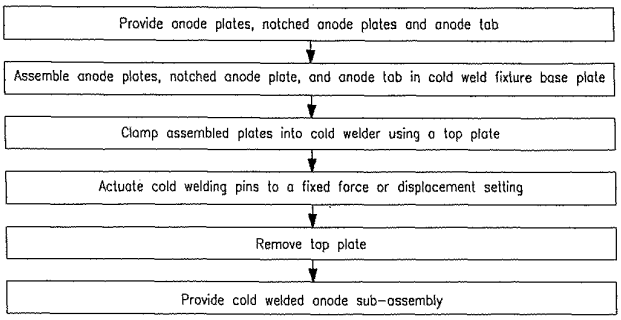

Provide anode plates, notched anode plates and anode tab
Assemble anode plates, notched anode plate, and anode tab in cold weld fixture base plate
Clamp assembled plates into cold welder using a top plate
Actuate cold welding pins to a fixed force or displacement setting
Remove top plate
Provide cold welded anode sub-assembly

FIG. 14

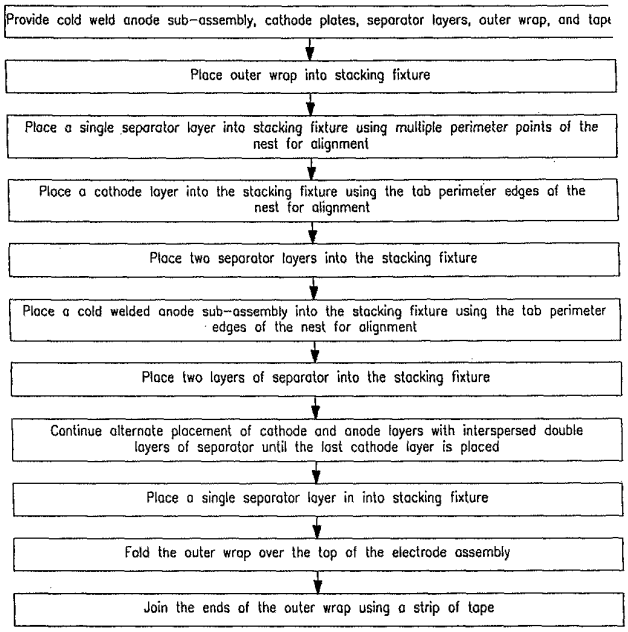

Provide cold weld anode sub-assembly, cathode plates, separator layers, outer wrap, and tape
Place outer wrap into stacking fixture
Place a single separator layer into stacking fixture using multiple perimeter points of the nest for alignment
Place a cathode layer into the stacking fixture using the tab perimeter edges of the nest for alignment
Place two separator layers into the stacking fixture
Place a cold welded anode sub-assembly into the stacking fixture using the tab perimeter edges of the nest for alignment
Place two layers of separator into the stacking fixture
Continue alternate placement of cathode and anode layers with interspersed double layers of separator until the last cathode layer is placed
Place a single separator layer in into stacking fixture
Fold the outer wrap over the top of the electrode assembly
Join the ends of the outer wrap using a strip of tape

FIG. 15

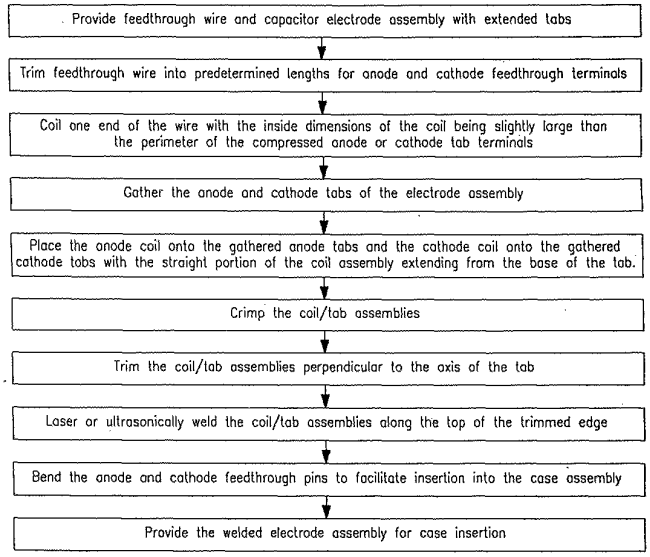

Provide feedthrough wire and capacitor electrode assembly with extended tabs
Trim feedthrough wire into predetermined lengths for anode and cathode feedthrough terminals
Coil one end of the wire with the inside dimensions of the coil being slightly large than the perimeter of the compressed anode or cathode tab terminals
Gather the anode and cathode tabs of the electrode assembly
Place the anode coil onto the gathered anode tabs and the cathode coil onto the gathered cathode tabs with the straight portion of the coil assembly extending from the base of the tab.
Crimp the coil/tab assemblies
Trim the coil/tab assemblies perpendicular to the axis of the tab
Laser or ultrasonically weld the coil/tab assemblies along the top of the trimmed edge
Bend the anode and cathode feedthrough pins to facilitate insertion into the case assembly
Provide the welded electrode assembly for case insertion

FIG. 16

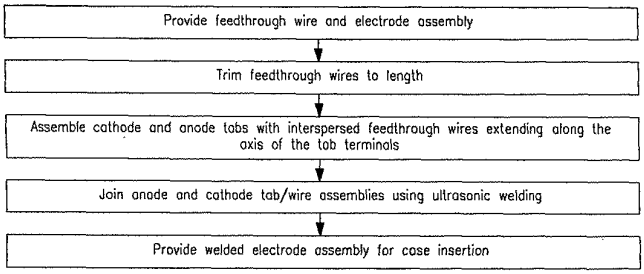

Provide feedthrough wire and electrode assembly
Trim feedthrough wires to length
Assemble cathode and anode tabs with interspersed feedthrough wires extending along the axis of the tab terminals
Join anode and cathode tab/wire assemblies using ultrasonic welding
Provide welded electrode assembly for case insertion

FIG. 17

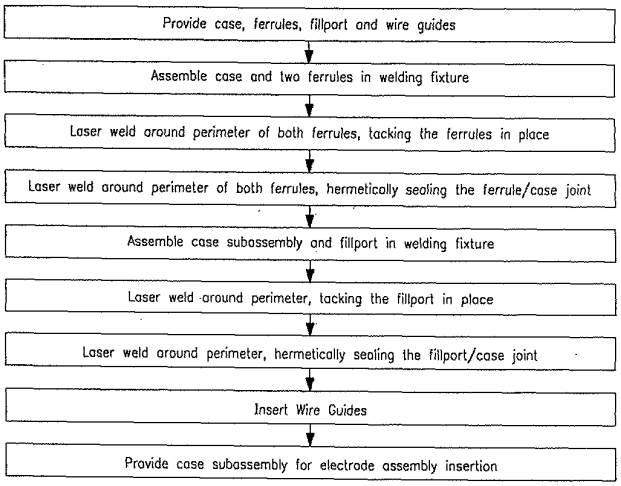

Provide case, ferrules, fillport and wire guides
Assemble case and two ferrules in welding fixture
Laser weld around perimeter of both ferrules, tacking the ferrules in place
Laser weld around perimeter of both ferrules, hermetically sealing the ferrule/case joint
Assemble case subassembly and fillport in welding fixture
Laser weld around perimeter, tacking the fillport in place
Laser weld around perimeter, hermetically sealing the fillport/case joint
Insert Wire Guides
Provide case subassembly for electrode assembly insertion

FIG. 18

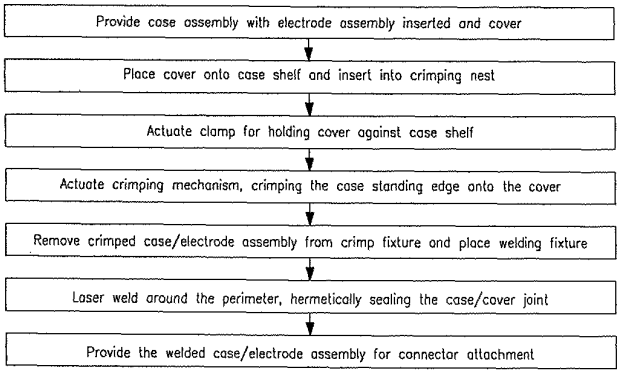

Provide case assembly with electrode assembly inserted and cover
Place cover onto case shelf and insert into crimping nest
Actuate clamp for holding cover against case shelf
Actuate crimping mechanism, crimping the case standing edge onto the cover
Remove crimped case/electrode assembly from crimp fixture and place welding fixture
Laser weld around the perimeter, hermetically sealing the case/cover joint
Provide the welded case/electrode assembly for connector attachment

FIG. 19

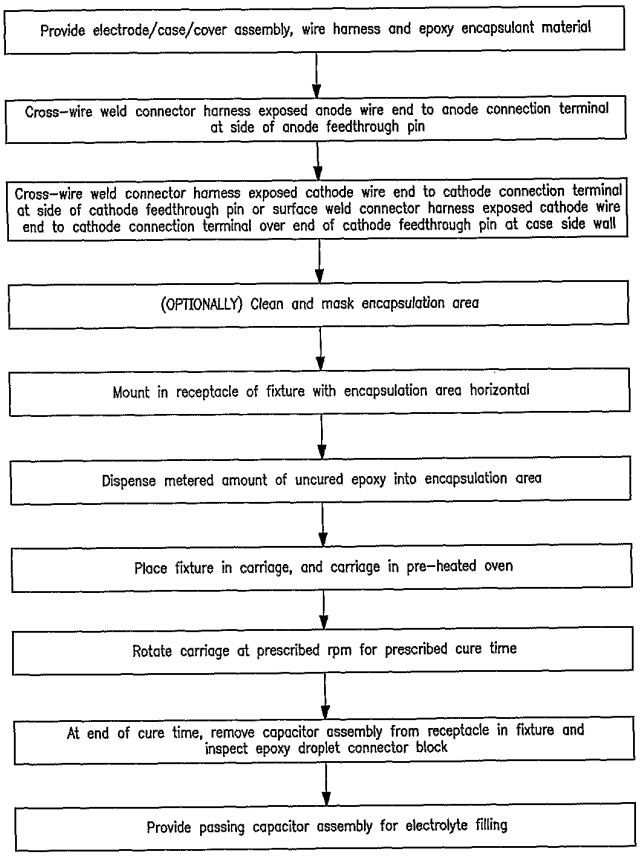

Provide electrode/case/cover assembly, wire harness and epoxy encapsulant material
Cross-wire weld connector harness exposed anode wire end to anode connection terminal at side of anode feedthrough pin
Cross-wire weld connector harness exposed cathode wire end to cathode connection terminal at side of cathode feedthrough pin or surface weld connector harness exposed cathode wire end to cathode connection terminal over end of cathode feedthrough pin at case side wall
(OPTIONALLY) Clean and mask encapsulation area
Mount in receptacle of fixture with encapsulation area horizontal
Dispense metered amount of uncured epoxy into encapsulation area
Place fixture in carriage, and carriage in pre-heated oven
Rotate carriage at prescribed rpm for prescribed cure time
At end of cure time, remove capacitor assembly from receptacle in fixture and inspect epoxy droplet connector block
Provide passing capacitor assembly for electrolyte filling

FIG. 20

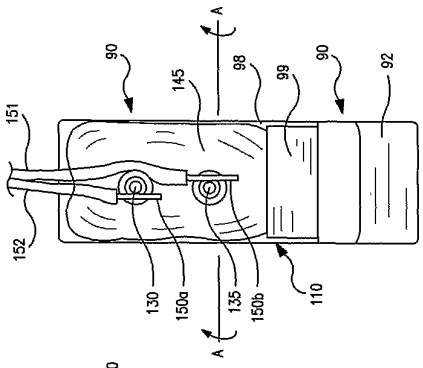


FIG. 21C

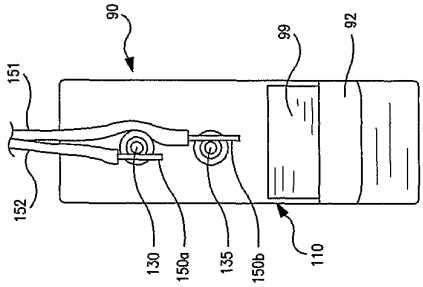


FIG. 21B

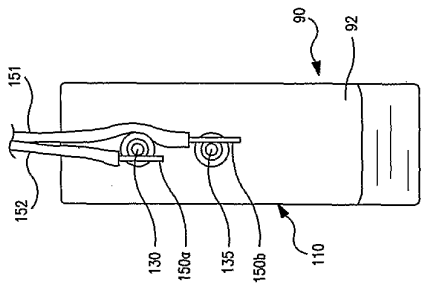


FIG. 21A

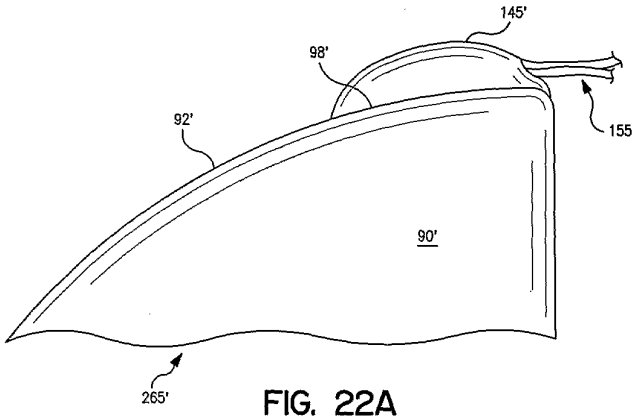


FIG. 22A

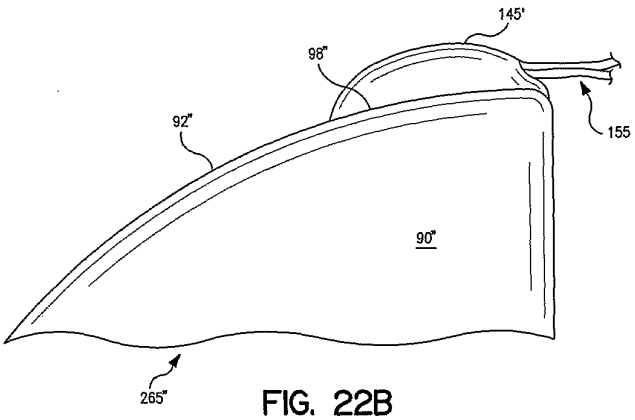


FIG. 22B

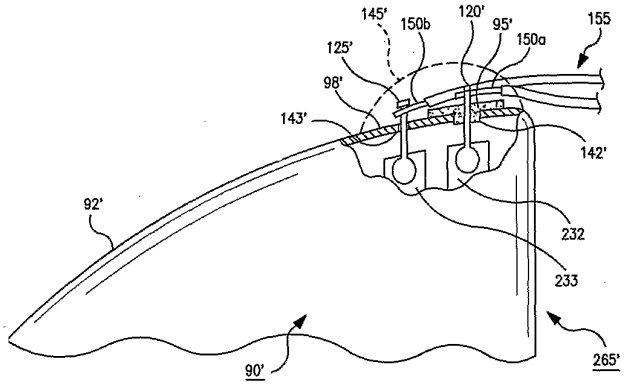


FIG. 23A

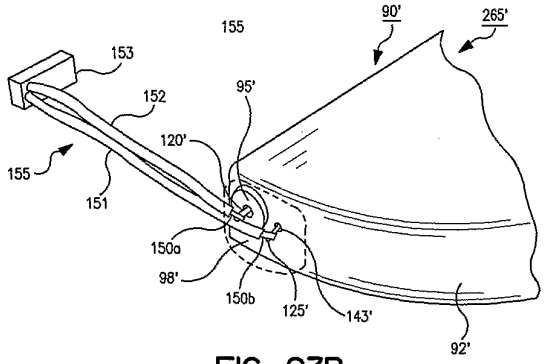


FIG. 23B

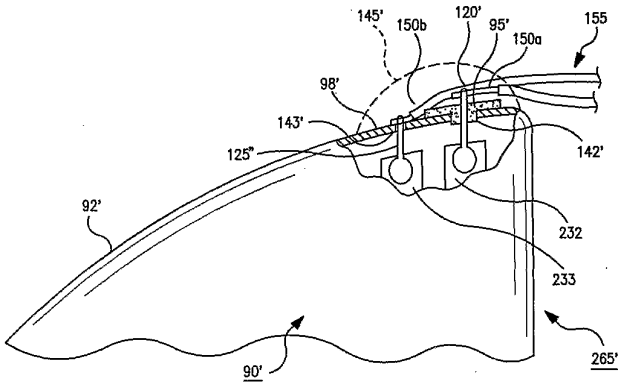


FIG. 24A

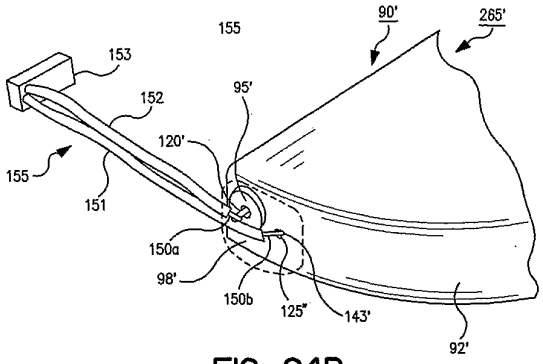


FIG. 24B

【国際公開パンフレット（コレクトバージョン）】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau

(43) International Publication Date
10 January 2002 (10.01.2002)

PCT

(10) International Publication Number
WO 02/003407 A3

(51) International Patent Classification[7]: H01G 9/008, 9/10

(21) International Application Number: PCT/US01/19887

(22) International Filing Date: 21 June 2001 (21.06.2001)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
09/608,246 30 June 2000 (30.06.2000) US

(71) Applicant: MEDTRONIC, INC. [US/US]; 710 Medtronic Parkway Northeast, Minneapolis, MN 55432 (US).

(72) Inventors: NIELSEN, Christian, S.; 582 Sykora Lane, River Falls, WI 54022 (US). BOMSTAD, Timothy, T.; 7660 Bowman Court South, Inver Grove Heights, MN 55076 (US). BREYEN, Mark, D.; 4620 Arrowood Lane North, Plymouth, MN 55442 (US). MILTICH, Thomas, P.; 9148 Upland Lane North, Maple Grove, MN 55369 (US). CLARKE, Michael, E.; 9799 44th Street Northeast, St. Michael, MN 55448 (US). RORVICK, Anthony, W.; 4800 89th Crescent, Brooklyn Park, MN 55443 (US).

(74) Agents: WOLDE-MICHAEL, Girma et al.; Medtronic, Inc. LC340, 710 Medtronic Parkway, Minneapolis, MN 55432 (US).

(81) Designated States (national): CA, JP.

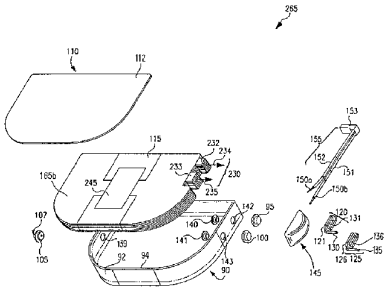
(84) Designated States (regional): European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

Published:
— with international search report

(88) Date of publication of the international search report:
9 January 2003

[Continued on next page]

(54) Title: IMPLANTABLE MEDICAL DEVICE HAVING FLAT ELECTROLYTIC CAPACITOR WITH MINIATURIZED EPOXY CONNECTOR DROPLET



(57) Abstract: Implantable medical devices (IMDs) and their various components, including flat electrolytic capacitors for same, and methods of making and using same, particularly a simplified, miniature capacitor connector block and wiring harness utilizing an epoxy droplet and method of making same are disclosed. An electrode stack assembly and electrolyte are located within the interior case chamber of a hermetically sealed capacitor case. The electrode stack comprises a plurality of capacitor layers stacked in registration upon one another, each capacitor layer comprising a cathode layer having a cathode tab, an anode sub-assembly comprising at least one anode layer having an anode tab, and a separator layer located between adjacent anode and cathode layers, whereby all adjacent cathode layers and anode layers of the stack are electrically insulated from one another by a separator layer. Anode terminal means extend through the capacitor case side wall for electrically connecting a plurality of the anode tabs to one another and providing an anode connection terminal at the exterior of the case. Cathode terminal means extend through or to an encapsulation area of the capacitor case side wall for electrically connecting a plurality of the cathode tabs to one another and providing a cathode connection terminal at the exterior of the case. A connector assembly is electrically attached to the anode connection terminal for making electrical connection with the anode tabs and to the cathode connection terminal for making electrical connection with the cathode tabs. A connector block is formed of an epoxy droplet adhered to the encapsulation area of the capacitor side wall surrounding and encapsulating the anode and cathode connection terminals and the electrical connections with the connector assembly. The connector block is formed on an encapsulation area of the case side wall of epoxy that is cured for a period of time under elevatedtemperature conditions while rotating the capacitor assembly.

WO 02/003407 A3

WO 02/003407 A3

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/US 01/19887

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H01G9/008 H01G9/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H01G

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 99 51302 A (MEDTRONIC INC) 14 October 1999 (1999-10-14) the whole document	1-32
A	EP 0 464 605 A (SANYO ELECTRIC CO) 8 January 1992 (1992-01-08) page 3, line 8 - line 53; figure 4	1-10, 21-32

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.
☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
23 September 2002	04/10/2002

Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Frias Rebelo, A

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/US 01/19887

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
WO 9951302	A	14-10-1999	US	6042624 A	28-03-2000
			US	6032075 A	29-02-2000
			EP	1067986 A1	17-01-2001
			EP	1067989 A1	17-01-2001
			EP	1067987 A1	17-01-2001
			US	2002108221 A1	15-08-2002
			US	2002071240 A1	13-06-2002
			WO	9951301 A1	14-10-1999
			WO	9951303 A1	14-10-1999
			WO	9951302 A1	14-10-1999
			US	6157531 A	05-12-2000
			US	6141205 A	31-10-2000
			US	6099600 A	08-08-2000
			US	6006133 A	21-12-1999
			US	6009348 A	28-12-1999
			US	6212063 B1	03-04-2001
			US	6118652 A	12-09-2000
			US	6321114 B1	20-11-2001
			US	6184160 B1	06-02-2001
			US	6445948 B1	03-09-2002
			US	6388866 B1	14-05-2002
			US	6402793 B1	11-06-2002
EP 0464605	A	08-01-1992	JP	2031345 C	19-03-1996
			JP	4297012 A	21-10-1992
			JP	7050663 B	31-05-1995
			DE	69115770 D1	08-02-1996
			DE	69115770 T2	19-09-1996
			EP	0464605 A2	08-01-1992
			JP	2726009 B2	11-03-1998
			JP	7183179 A	21-07-1995
			US	5117333 A	26-05-1992
			KR	199321 B1	15-06-1999

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1992)

フロントページの続き

(51)Int.Cl.[7]	FI		テーマコード（参考）
Ｈ０１Ｇ　9/08	Ｈ０１Ｇ　9/24	Ｂ	
	Ｈ０１Ｇ　9/24	Ｄ	

(72)発明者　ニールセン，クリスチャン・エス
アメリカ合衆国ウィスコンシン州５４０２２，リバー・フォールズ，サイコラ・レイン　５８２
(72)発明者　ボムスタッド，ティモシー・ティー
アメリカ合衆国ミネソタ州５５０７６，インヴァー・グローヴ・ハイツ，ボウマン・コート・サウス　７６６０
(72)発明者　ブレエン，マーク・ディー
アメリカ合衆国ミネソタ州５５４４２，プリマス，アローウッド・レイン・ノース　４６２０
(72)発明者　ミルティチ，トーマス・ピー
アメリカ合衆国ミネソタ州５５３６９，メイプル・グローヴ，アップランド・レイン・ノース　９１４８
(72)発明者　クラーク，マイケル・イー
アメリカ合衆国ミネソタ州５５４４８，セント・マイケル，フォーティフォース・ストリート・ノースイースト　９７９９
(72)発明者　ローヴィック，アンソニー・ダブリュー
アメリカ合衆国ミネソタ州５５４４３，ブルックリン・パーク，エイティナインス・クレッセント　４８００

Ｆターム(参考)　4C053 JJ23　JJ40