[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
C25B 9/00

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 00811202.9

[43] 公开日 2003 年 2 月 26 日

[11] 公开号 CN 1399689A

[22] 申请日 2000.5.3 [21] 申请号 00811202.9
[30] 优先权
[32] 1999. 8. 5 [33] US [31] 09/369,153
[86] 国际申请 PCT/CA00/00498 2000.5.3
[87] 国际公布 WO01/11112 英 2001.2.15
[85] 进入国家阶段日期 2002.2.1
[71] 申请人 斯图尔特能源系统公司
地址 加拿大安大略
[72] 发明人 安德鲁·T·B·斯图尔特
雷纳·G·拉尚斯
史蒂文·J·索普

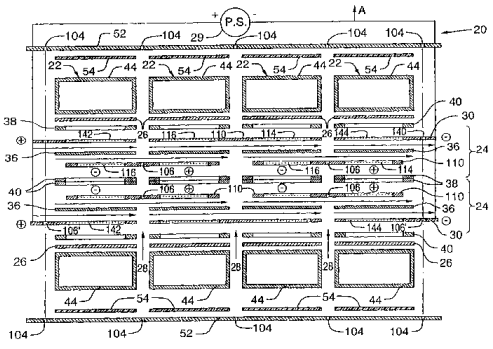
[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
代理人 蹇 炜

权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 12 页

[54] 发明名称 改进流体密封性的电解槽

[57] 摘要

本发明的目的是提供一种改进的电解槽组件，它减少或消除了流体泄漏。本发明提供一种电解装置，尤其是 MSE 或 SSE 型电解装置，其中循环框架(38，40)在金属载流体(110)的边缘之外延伸，使得第一电解槽的循环框架和/或垫片由与相邻的第二电解槽的循环框架和/或垫片之弹形材料相同的弹性材料形成，第一和第二电解槽包括电解槽组或电解槽单元；其中循环框架延伸到金属载流体的边缘之外，从而循环框架可以直接连接到相邻的非金属隔板(36)。因此，第一和第二电解槽可以在没有插入边界边缘的载流体金属/非金属的条件下直接连接在一起。这免除了在此边界提供垫片的需要。本发明能够使整个电解槽单元被适当地用弹性材料密封，以保证单元的边缘密封并防止氧气、氢气及电解液的泄漏。



ISSN1008-4274

1. 一种改进的电化学系统，包括

(a) 至少两个电解槽，每个电解槽限定阳极电解液腔室和阴极电解液腔室并且至少包括相邻于所述阳极电解液腔室的阳极和相邻于所述阴极电解液腔室的阴极；

(b) 至少一个单元的一片双电极板，具有导电框架、被支撑在所述导电框架的第一部分上的所述至少两个电解槽之一中的阳极、及所述至少两个电解槽的另一个中的阴极，它被支撑在与所述第一部分隔开的所述导电框架的第二部分上；

(c) 至少两个单电极板，每个单电极板包括用于支撑阳极或阴极的导电框架，其中，该双电极板的第一和第二部分至少包括相对面，每个相对面包括围绕所支撑的阳极和阴极的外围延伸的基本上平的外围表面，其中单电极板的导电框架包括相对的表面和围绕支撑在单电极板上的阳极或阴极的外围延伸的每个相对面上的平的外围表面；

(d) 位于阴极电解液腔室和阳极电解液腔室之间的隔板，至少具有由可压缩弹性材料形成的外围框架；

(e) 由可压缩弹性材料形成的阳极电解液腔室形成框架和由可压缩弹性材料形成的阴极电解液腔室形成框架构件，位于每个电解槽中，其中，当装配所述电化学系统时，将所述阳极电解液和阴极电解液形成框架构件和该隔板的外围框架压缩，形成流体紧密密封，其改进包括以直接邻接的方式连接所述阳极电解液和阴极电解液腔室形成框架构件的所述外围框架。

2. 根据权利要求 1 的电化学系统，其中

(a) 所述双电极板的导电框架至少包括长度和宽度，

(b) 所述外围框架至少具有长度和宽度，以及

(c) 每个所述阳极电解液和阴极电解液腔室形成框架构件至少具有长度和宽度；其中，所述导电框架的所述长度和宽度小于所述外围框架和所述阳极电解液和阴极电解液腔室形成框架构件的所述长度和宽度。

3. 根据权利要求 1 或权利要求 2 的电化学系统，其中，在单组中依次设置有 n 个电解槽，其中 n 是大于或等于 2 的电解槽的整数，在所述槽组的相对端部具有两个电解槽，其中电解装置包括至少 n-1 个双电极板和两个单电极板，其中单电极板之一支撑阳极并且位于所述槽组的一个端部的电解槽中，另一个单电极板支撑阴极并位于在所述槽组的另一端部的所述电解槽中，其中每个双电极板具有位于一个电解槽中的所述第一部分和位于所述槽组中的相邻电解槽中的所述第二部分，并且包括夹在每个双电极板的第一和第二部分之间的绝缘板。

4. 根据权利要求 3 的电化学系统，其中所述双电极板和单电极板的导电框架之每一个都至少包括长度和宽度，所述长度大于所述宽度，其中支撑在所述单电极板和所述双电极板上的所述阳极和阴极之每一个都具有长度和宽度，所述长度大于所述宽度。

5. 根据权利要求 4 的电化学系统，其中所述双电极板从它的中间部分弯折，这样由导电框架的第一部分支撑的阳极对于在所述相邻电解槽中的导电框架的所述第二部分连接的阴极是相对的关系。

6. 根据权利要求 1 至 5 中任一项的电化学系统，其中所述电化学系统是一个多组电解装置，它包括具有相对的第一和第二外部电解槽组的至少多个电解槽组，所述电解槽组基本上以并联的方式

设置并限定多行电解槽，其中，在每组中的电解槽限定一列电解槽，其中在一单独行中的电解槽与所述行中的相邻电解槽隔开。

7. 根据权利要求 1 至 6 中任一项的电化学系统，其中所述外围框架和所述阳极电解液及阴极电解液腔室形成框架构件被连接，所采用的连接方式选自包括热、超声波、溶剂化及粘合的一组连接方式。

改进流体密封性的电解槽

发明领域

本发明涉及电解槽，尤其涉及具有改进的气液密封性并用于生产氢气和氧气的水电解槽。

发明背景

电合成是一种用于化学反应生产的方法，此化学反应是使电流（一般为直流）通过阳极和阴极之间的电解液电力地驱动的。电解槽用于电化学反应并且包括浸在电解液中的阳极和阴极，来自外部电源的电流经过两个电极之间。生产速率与在没有寄生反应中的电流成比例。例如，在流体碱性水电解槽中，使直流经过在水电解液中的两个电极之间以便将水（反应物）分离成组成产物气体，即氢气和氧气，此产物气体在各电极的表面上放出。

典型地，水电解装置依靠压力控制系统以控制在电解槽的两半之间的压力，即，使在电解反应中产生的氧气和氢气保持分离并且不混合。

在目前广泛商用中存在的常规单极电解槽设计中，将一个电解槽或一列（行）电解槽包含在一个功能电解装置、或隔室或单个槽（tank）中。因此，每个电解槽由在分离的槽中的电极对的组件构成，并联连接的电极对的每个组件用作单独的电极对。与电解槽的连接是通过采用互连汇流线的限定区域接点，例如在专利号为302737的加拿大专利、发布于 A.T.Stuart(1930)中所公开的那样。在隔室之间，利用上述汇流线组件、利用点与点的电连接、从一个电解槽的一部分阴极向相邻电解槽的阳极引入电流。电流通常以几个点离

开一个电极并且通过螺栓连接、焊接或类似的连接方式与下一个电极在几个点进行连接，每个接点必须能够通过相当大的电流密度。

大部分压滤机型的电解装置利用各种材料使电解槽的阳极和阴极部分隔离，所述材料可以包括金属、塑料、橡胶、陶瓷以及各种纤维基结构。在许多情况中，将 O 型环槽被加工成框架或者将框架模压以允许插入 O 型环。典型地，至少两种不同于该组件材料对于在电解槽中装入电极和为电解液循环、反应剂输送和生成物去除创建沟道是必不可少的。

WO98/29912，1998 年 7 月 9 日公开，申请人:Electrolyser Corporation Ltd.和 Stuart Energy Systems Inc.，其中描述了这样一种电解装置系统，此系统既可以形成为电流的串流、单组电解装置（SSE），也可以形成为在多组电解装置（MSE）中电流的并流。上述 WO98/29912 提供了用于 SSE 和 MSE 电解装置的元件和组件设计的细节。

在此所采用的，术语“电解槽（cell）”或“电化学电解槽（electrochemical cell）”是指包括至少一对电极的结构，上述电极包括阳极和阴极，每个电极被适当地支撑在电解槽组结构中。后者进一步包括一系列的元件，例如循环框架/垫片，通过此框架/垫片使电解液循环并且使生成物分离。电解槽在围绕物和用于隔开相邻“电解槽”的端壁之间包括隔板组件，该隔板组件具有用于密封和机械支撑隔板的适当装置。多个电解槽既可以串联连接，也可以并联连接以形成电解槽组（cell stack），对于多少电解槽可以形成一个组没有限制。在一组中，电解槽以相同的方式连接，并联或串联。电解槽单元（cell block）是包括一个或多个电解槽组的单元，多个电解槽单元通过外部汇流线连接在一起。功能化电解装置包括一个或多个电解槽，这些电解槽以并联方式、串联方式、或如在 PCT 申请 WO98 / 29912 中详述的组合方式连接。

依据这样的槽组电化学系统的结构，每个包括以最简单的串联结构中在每组的两个端部上的端箱，或者在每个电解槽单元的端部上连接的端箱的集合。当装配电解槽并串联的组合时，电解装置选择实施例包括端箱，该端箱适合于与水平头部箱结合。

在电解液电解期间槽组的工作中，阳极用于产生氧气而阴极用于产生氢气。通过低透过性的隔膜／隔板使两种气体保持分离和互异。经由循环框架／垫片装配进行气体和电解液的流动，上述循环框架／垫片装配也用作将一个电解槽元件与第二个密封并且还用作在类似于池子的槽组构造中包含电解液。

刚性端箱可以用作几个功能，包括：除了用作气／液隔离设备之外，还提供用于使电解液从电解槽的顶部流处的返回沟道。它们还可以为下述元件提供定位，这些元件是用于控制电解液水平，即流体高度传感器，即例如加热器、冷凝器或热量转换器。另外，利用在每个槽组的端箱中的适当传感器，可以检测液体和气体的纯度。而且，当大部分电解液通过电解装置在循环时，电解液蒸汽可以从每个端箱取出以便提供外部的电平控制、电解液密度、温度、槽压和气体纯度的控制与监测。此蒸汽既可以返回到相同的端箱，也可以与其它相同蒸气混合并返回到端箱。选择性地，探测器可以插入到端箱中以控制这些参数。

现有技术的电解槽一般包括多个平面构件，上述平面构件包括以适合地功能性定制的并在气体和电解液中一个接一个相连设置的金属载流体、隔板、垫片、循环框架，并且上述气体和电解液密封地设置在电解槽的端壁之间。非金属性元件例如垫片、隔板、循环框架由可压缩弹性材料形成。通常，通过压缩电解槽元件的电解槽装配一起提供在电解槽单元中满意地流体密封性。在现有技术中，例如在前述 WO98/29912 中描述的 MSE 和 SSE，包括电极构件的金属载流体本身延伸到电解槽的顶部、底部和侧边缘，非金属元件也是

这样的，这样像弹性和金属平面构件的外围是共面的。在令人满意的同时，此电解槽结构需要进行改进以提高电解槽的密封性，特别是 KOH 电解液可能是很不理想的。

因此，需要具有改进了流体密封性的电解槽、电解槽组及整个电解槽单元组件。

发明概述

本发明的目的是提供一种改进的电解槽组件，它减少或消除了流体泄漏。

本发明提供一种电解装置，特别是 MSE 型或 SSE 型电解装置，其中，循环框架延伸到金属载流体（metallic current carrier）边缘之外，这样，第一电解槽的循环框架和/或垫片由与相邻第二电解槽的循环框架和／或垫片的弹性材料一致的弹性材料制成，第一电解槽和第二电解槽包括电解槽组或电解槽单元；其中，循环框架延伸到金属载流体的边缘之外，由此循环框架可以直接与相邻的非金属隔板直接连接。因此，第一和第二电解槽可以在没有插入边界边缘的载流体金属／非金属框架的情况下直接连接在一起。这样在此边界不需要提供垫片。

本发明能够使整个电解槽单元被适当地用弹性材料密封，以使得单元的边缘密封并防止氧气和氢气及电解液的泄漏。

框架可以整体地形成。

因此，本发明一方面提供一种改进的电化学系统，包括：

(a) 至少两个电解槽，每个电解槽限定阳极电解液腔室和阴极电解液腔室并且至少包括相邻于所述阳极电解液腔室的阳极和相邻于所述阴极电解液腔室的阴极；

(b) 至少一个单元的一片双电极板，具有导电框架、被支撑在所述导电框架的第一部分上的所述至少两个电解槽之一中的阳极、

循环框架在多槽和多槽组中的金属载流板之外延伸，其中所有载流极板最好被缩短，离开构成电解槽组或电解槽单元的末端的阳极和阴极。

附图的简要说明

为了使本发明更容易理解，现在仅通过示例并参考附图描述优选实施例，其中

图 1 是根据现有技术的多组电化学系统（MSE）的分解立体图，该系统由四个组串联连接构成，每个组由两个电解槽构成，每一电解槽都被并联；

图 2 是沿图 1 的线 2—2 的水平横截面图，显示在该电解槽单元中电流路径；

图 3 是根据本发明的多组电化学系统（MSE）的分解立体图，该系统由四个组串联连接构成，每个组由两个电解槽构成，每一电解槽被并联；

图 4 是沿图 3 的线 4—4 的水平横截面图，显示在根据本发明的电解槽单元中的电流路径；

图 5 是根据现有技术的一种双槽单组电解装置（SSE）的立体分解图；

图 6 是沿图 5 的线 6—6 的水平横截面图，显示穿过该单组电解装置电解槽单元的电流路径；

图 7 是根据本发明具有填充构件的一种两电解槽单组电解装置（SSE）的立体分解图；

图 8 是沿图 7 的线 8—8 的水平横截面图，显示穿过根据本发明之利用填充构件的单组电解装置电解槽单元的电流路径；

图 9 是根据本发明的不带填充构件的一种两电解槽单组电解装置的立体分解图；

及所述至少两个电解槽的另一个中的阴极，它被支撑在与所述第一部分隔开的所述导电框架的第二部分上；

(c) 至少两个单电极板，每个单电极板包括用于支撑阳极或阴极的导电框架，其中，该双电极板的第一和第二部分至少包括相对面，每个相对面包括围绕所支撑的阳极和阴极的外围延伸的基本上平的外围表面，其中单电极板的导电框架包括相对的表面和围绕支撑在单电极板上的阳极或阴极的外围延伸的每个相对面上的平的外围表面；

(d) 位于阴极电解液腔室和阳极电解液腔室之间的隔板，至少具有由可压缩弹性材料形成的外围框架；

(e) 由可压缩弹性材料形成的阳极电解液腔室形成框架和由可压缩弹性材料形成的阴极电解液腔室形成框架构件，位于每个电解槽中，其中，当装配所述电化学系统时，将所述阳极电解液和阴极电解液形成框架构件和该隔板的外围框架压缩，形成流体紧密密封，其改进包括以直接邻接的方式连接所述阳极电解液和阴极电解液腔室形成框架构件的所述外围框架。

当术语“直接邻接”用于本说明书和权利要求中时，表示外围框架通过相邻界面的接触与每个阳极电解液和阴极电解液腔室形成框架构件直接连接，或者如果当组装时、尽管各构件没有以这样一个接一个紧密邻接的方式实际接触，但是允许通过粘合物、熔融或其他适当的方式适当的连接。

因此，本发明通过平面元件的直接邻接，更优选的是通过一个接一个的弹性聚合物元件的连接／密封以减少或防止流体即氢气、氧气和电解液的泄漏，对几个上述电解槽元件提供了修整以便在所有边缘即电解槽、组、单元等的相邻顶部、底部和侧部实现密封。通过热（熔）、超声波、溶剂化（solvating）或粘合连接或其结合，可以实现弹性材料的连接/密封。

图 10 是沿图 9 的线 10－10 的水平横截面图，显示穿过根据本发明的不带填充构件的单组电解装置电解槽单元的电流路径；

图 11 是水平横截面图，显示穿过根据本发明不带填充构件的单组电解装置电解槽单元的另一实施例的电流路径；

图 12a 是根据现有技术的气体隔板组件的立体图；

图 12b 是沿线 12b-12b 的视图；其中相同编号代表同样的部件。

优选实施例的详细说明

图 1 一般地显示了根据如在上述 WO98/29912 中实施例的现有技术的单极 MSE，如所示的 20。

电化学系统 20 被示为一种电解槽单元，包括四个电解槽组 22，在电解槽组间串联连接，每组的两个电解槽并联连接。

每个组 22 包括具有两个阳极 110 和两个阴极 30 的两个电解槽。在每个隔室中，阳极电解液框架 38 相邻于阳极 110 放置以限定阳极电解液腔室，阴极电解液框架 40 相邻于阴极 30 放置限定阴极电解液腔室。阳极电解液框架 38 在结构上基本与阴极电解液框架 40 相同并且通常可被称为电解液循环框架。

在给定电解槽中，每个阳极和阴极腔室通过隔板组件 36 隔开，以减少在各自的阳极和阴极腔室中产生的不同电解产物即氧气和氢气的混合。

电化学系统 20 包括在每个槽组 22 的每个端部的端箱 44。特别参考图 1，每个端箱 44 在箱子的侧面设有与相应的阳极电解液和阴极电解液腔室相连通的下部开口 46 和上部开口 48。在每个箱子 44 顶部的气体出口 50 为收集在电解反应期间的有关气体提供出口。电解槽组 22 及整个电解槽单元 20 用足够的压力保持在一起，这样形成流体紧密密封，以防止电解液或气体的泄漏。刚性结构元件例如用于形成端箱 44 并带有夹条 52 的矩形管件、拉杆以及有关的紧固

件（未示出）的采用提供了均匀的负载分布表面，以便以最适度的夹持压力密封槽组 22。将电绝缘平板 54 被夹在端箱 44 的外表面与夹条 52 之间，以阻止端箱通过这些夹条彼此电连接。

绝缘平垫片 26 设置在电解液框架 38 或 40 和端箱 44 之间的每个槽组的端部，用于隔离端箱 44 的表面不与电解液接触。垫片 26 设有上部开口和下部开口（未示出），分别与在用于流体循环的端箱 44 中的开口 48 和 46 相对应。

根据现有技术，参考图 2，该图显示了一对金属末端双电极板（DEP）110 的每一个与其各自的隔板组件 36 和阳极电解液框架 38 的连接。因此，仅靠金属对非金属元件横向压缩的连接主要起到满足这些元件的流体密封性的作用。在 DEP110 的内部的末端看到了相似的设置。

根据本发明，现在参考图 3 和 4 ，可以看出 DEP 110 被缩短，由此当电解槽元件在压力下装配时，金属末端不置于隔板组件 36、更明确地说是其隔板框架 62（图 12a 和 12b）和阳极电解液框架 38 之间，从而实现令人满意的流体防漏连接。优选的是，隔板框架 62 通过粘合、溶剂化、超声波或热焊接的方式连接到循环框架。在 DEP 110/阴极电解液框架 / 隔板组件的内部末端看到了相似的设置。

参考图 12a 和 12b，图中将隔板组件整体示为 36，它由一对相同的外围弹性框架 62 构成，这对相同弹性框架 62 与夹在两个框架 62 之间的隔膜 64 焊接或者以其它方式连接在一起。

图 5 和图 6 显示了整体示为 160 的电化学系统的现有技术结构，该电化学系统被称为单组电化学系统（SSE）结构，此结构的特征在于：两个或更多个电解槽隔室一个接一个地放置，以形成一连串或“一串列”电串联的电解槽隔室。在本发明中，利用弯折的双电极板 130 形成电解槽之间的电连接，这样电流经过构成端壁 76 的绝缘平板的边缘周围。阳极电解液框架 70 和阴极电解液框架 70’与相

应的电解液框架 38 和 40 相同。每个电解槽通过电解液框架组件 180 与相邻电解槽隔开，此电解液框架组件 180 是通过将液体不渗透平板 76 夹在两个框架之间而形成的。从电源（未示出）到电化学系统 160 的外部连接是连接到单板电极 30'。

在图 5 和图 6 中的电化学系统 160 包括具有一个双电极板 130 和两个单板电极 30' 和 31' 的两个电解槽，每个电解槽位于槽组的每个端部。应当理解，对于具有三个电解槽的 SSE，则需要两个双电极板 130，对于四个电解槽的 SSE，需要三个双电极板，依此类推。在邻接于端箱 44 的槽组的端部采用绝缘板 26'。

仍参考图 5，在装配后的电解装置中，阳极电解液框架 70、阴极电解液框架 70' 和中部槽板 76 被夹在阳极部件 114 和阴极部件 116 之间。双电极板 130 具有两个上部开口 132 和两个下部开口 132'。双开口垫片 150 放置在每个开口 132 和 132' 中以便将阳极从阴极流动沟道分开。双电极板 130 具有开口 134，此开口在弯折板中形成狭缝 136，以在被夹紧之前、在如图 5 装配 SSE 时为拉杆（未示出）提供余地。

根据本发明，现在参考图 7 和图 8，可以看出弯折的双电极板（DEP）130 被缩短，由此在双电极板 130 的边缘上的金属末端未置于隔板组件 36、更明确地说是它的隔板框架 62（图 12a 和 12b）和阳极电解液框架 70 及阴极电解液框架 70' 之间。优选的是，隔板框架 62 通过粘合剂、溶剂、超声波或热焊接的方式连同端壁 76 一起连接到循环框架 70、70'。

进一步参考图 7 和图 8，可以看出，通过循环框架 70、70' 相对于弯折边缘的相对延伸以及也由可压缩弹性材料制成的过滤条 250 的结合，可以实现双电极板 130 的弯折边缘的密封。

根据本发明，现在参考图 9 和 10，可以看出，弯折的双电极板 130 被缩短，由此在 DEP 130 边缘的金属末端没有插入到隔板组件 36

一更明确地说是它的隔板框架 62（图 12a 和 12b）和阳极电解液框架 70 及阴极电解液框架 70’之间。

进一步参考图 9 和 10，可以看出，通过隔板组件的隔板框架 250 之一的相对伸伸可以实现双电极板 130 的弯折边缘的密封，所述隔板组件由可压缩弹性件制成，此弹性件代替了图 12a 和 12b 的现有技术的隔板框架 62 之一。优选的是，通过粘合剂、溶剂、超声波和热焊接的方式将隔板框架 62、循环框架 70 及 70’、端壁 76 和密封框架 250 一个接一个的连接。

根据本发明，现在参考图 11，可以看出，弯折的双电极板 130 被缩短，由此在双电极板 130 的边缘上的金属末端没有插入在隔板组件 36一更明确地说是它的隔板框架 62（图 12a 和 12b）和循环框架 70 之间。循环框架 70″被延伸以便密封该双电极板的弯折边缘，并且同时用作根据图 5 和图 6 的现有技术的阳极电解液框架 70 和阴极电解液框架 70’。循环框架 70″由可压缩弹性材料制成。优选的是，隔板框架 62、循环框架 70″和端壁 76 通过粘合剂、溶剂、超声波和热焊接的方式一个接一个地连接。

虽然本说明书描述和说明了本发明的某些优选实施例，应当理解本发明并不限于那些特定的实施例。另外，本发明包括与已经描述的具体实施例和特征在功能上或物理上等效的所有实施例。

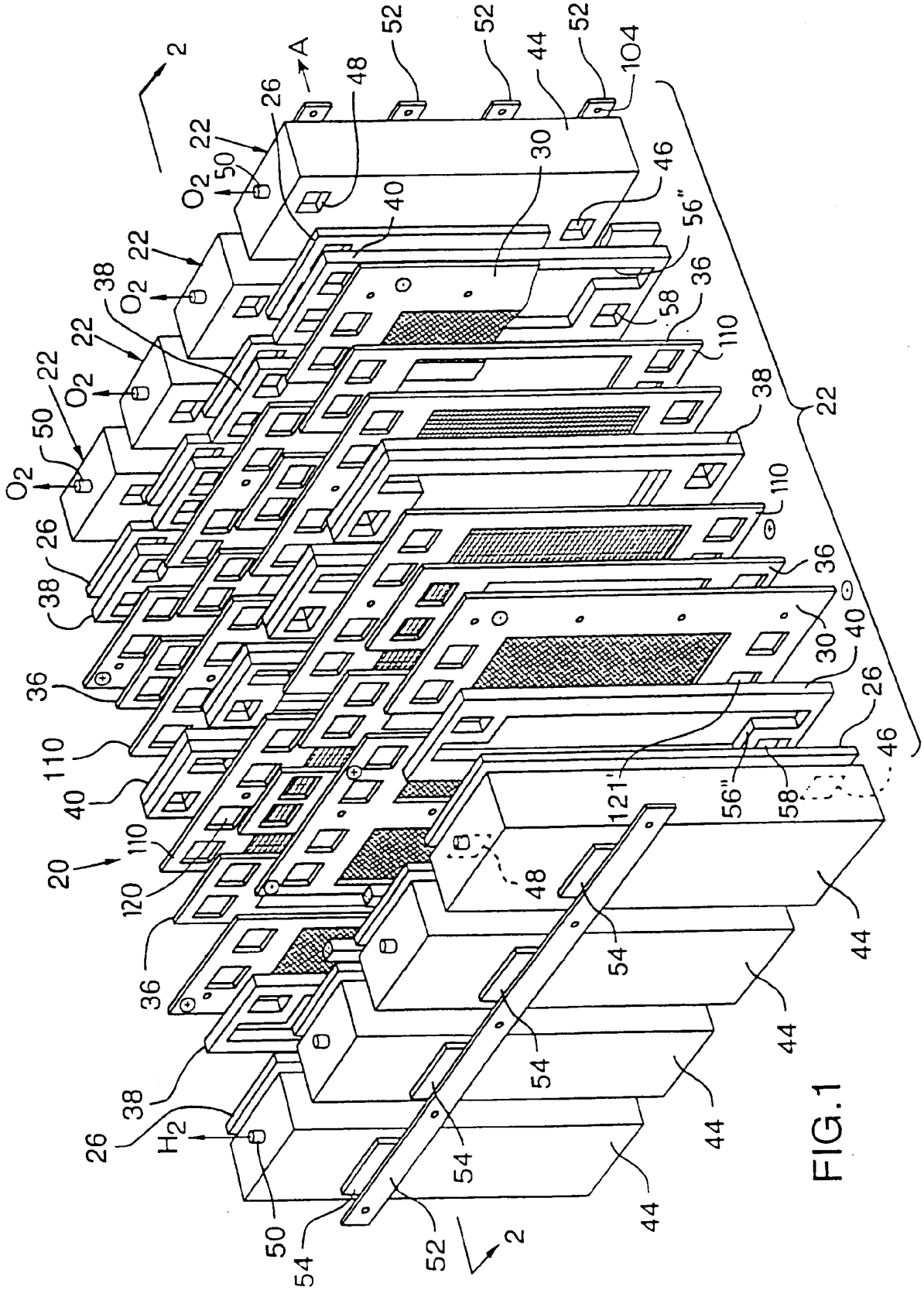

2
A
52
52
44
52
104
26
48
22
50
O2
30
46
40
56"
22
38
O2
36
58
22
110
22
O2
38
50
O2
22
26
110
38
36
40
30
40
26
46
121'
56"
58
20
110
120
48
36
54
44
38
54
44
26
H2
54
44
50
54
52
2

FIG.1

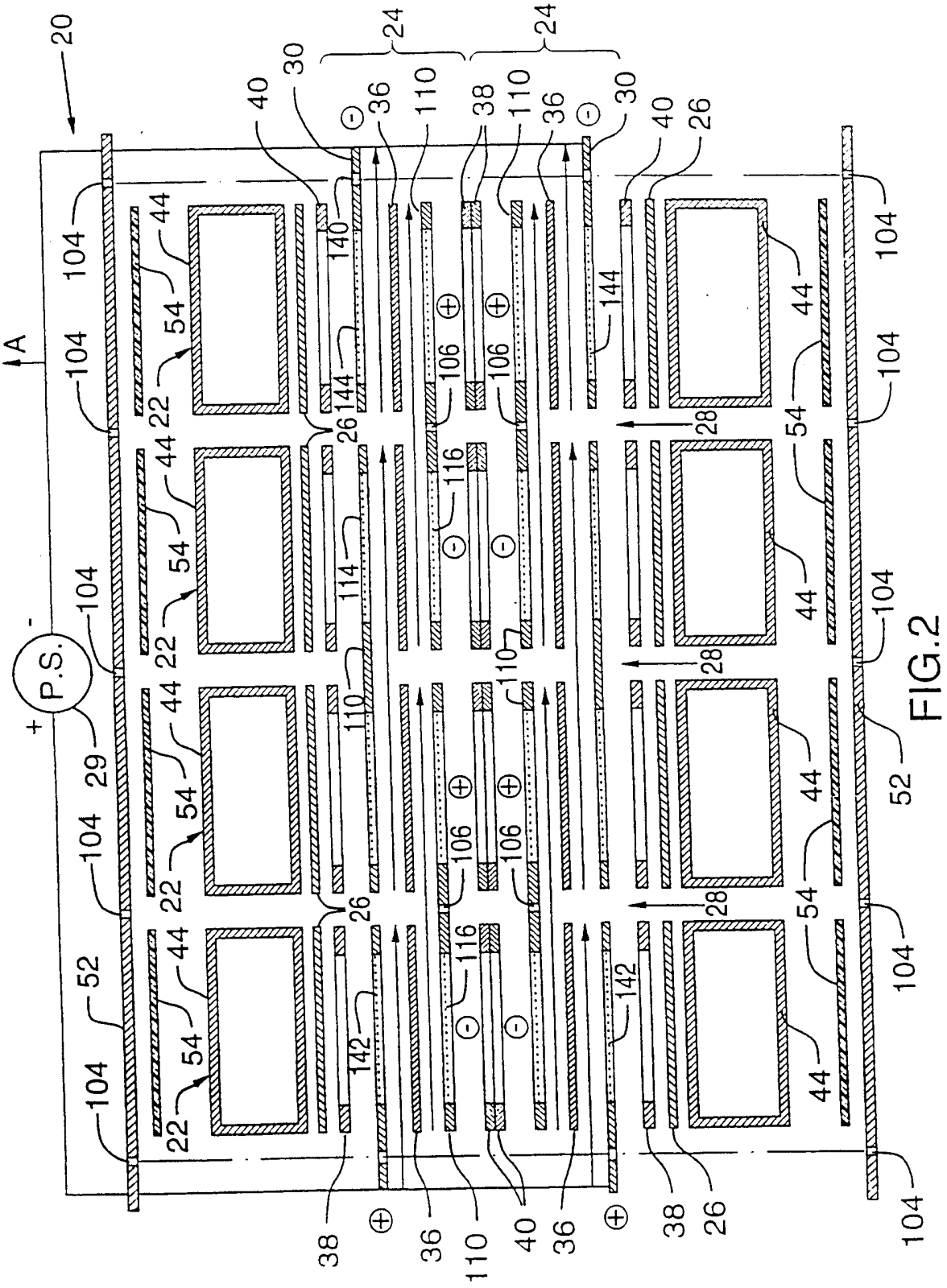
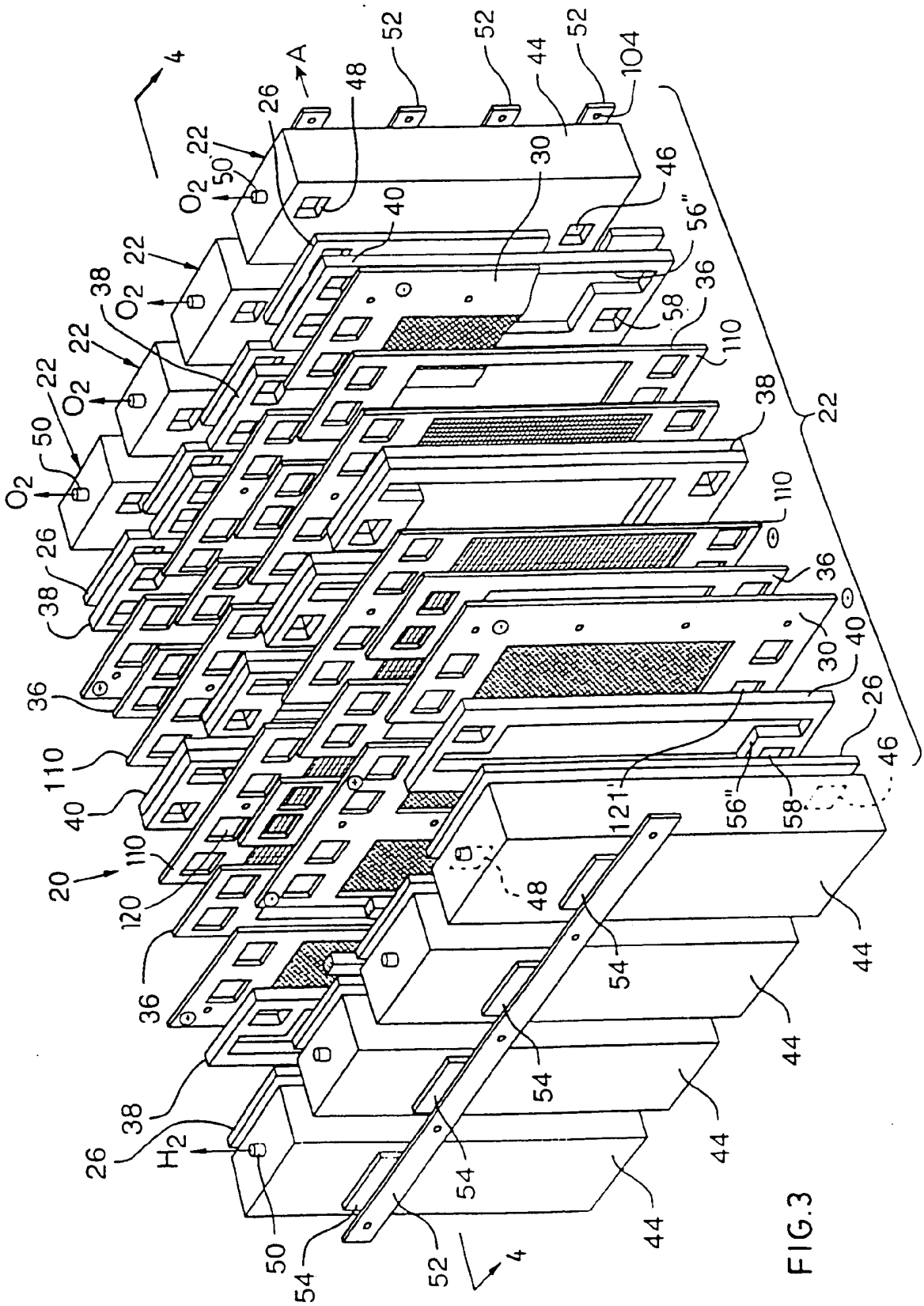

20
A
P.S.
+
-
24
24
30
40
36
110
38
110
36
30
40
26
104
44
54
22
106
116
114
142
144
140
28
52
29

FIG.2


4
A
48
52
52
44
52
104
26
22
50
O2
30
46
40
56"
22
38
O2
36
58
22
110
22
O2
38
50
O2
22
110
26
36
38
36
40
30
26
110
46
121'
56"
58
40
110
20
120
48
36
54
44
38
54
44
26
H2
54
44
50
54
52
4
FIG.3

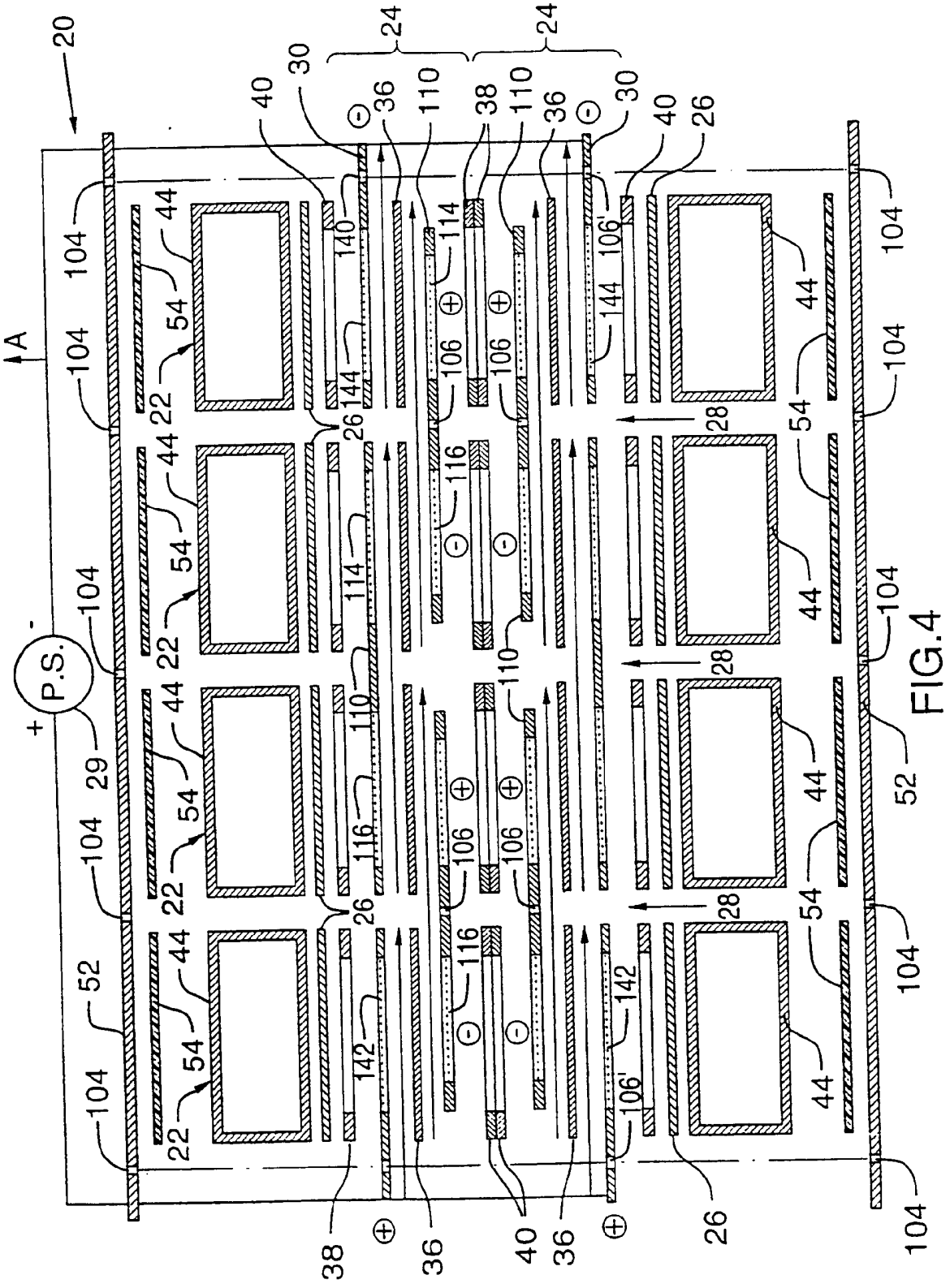

20
A
P.S.
+
-
29
52
104
22
44
54
26
28
30
36
38
40
24
110
114
116
106
106'
140
142
144

FIG.4

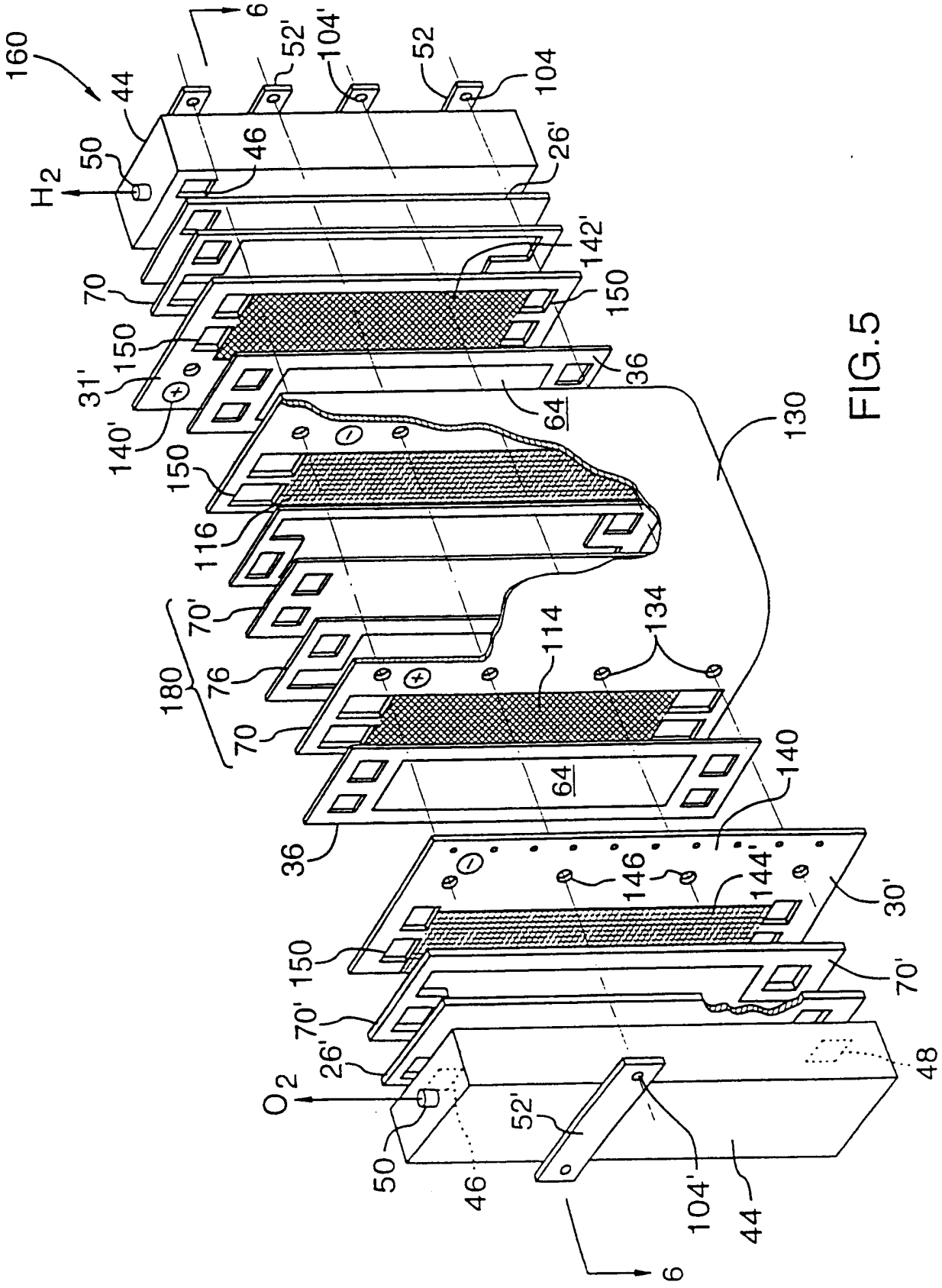

160
44
50
H_2
46
6
52'
104'
52
104
26'
142'
70
150
150
31'
140'
36
64
130
150
116
70'
180
76
114
134
70
64
140
36
146
144'
30'
150
70'
70'
26'
O_2
48
52'
50
46
104'
44
6

FIG.5

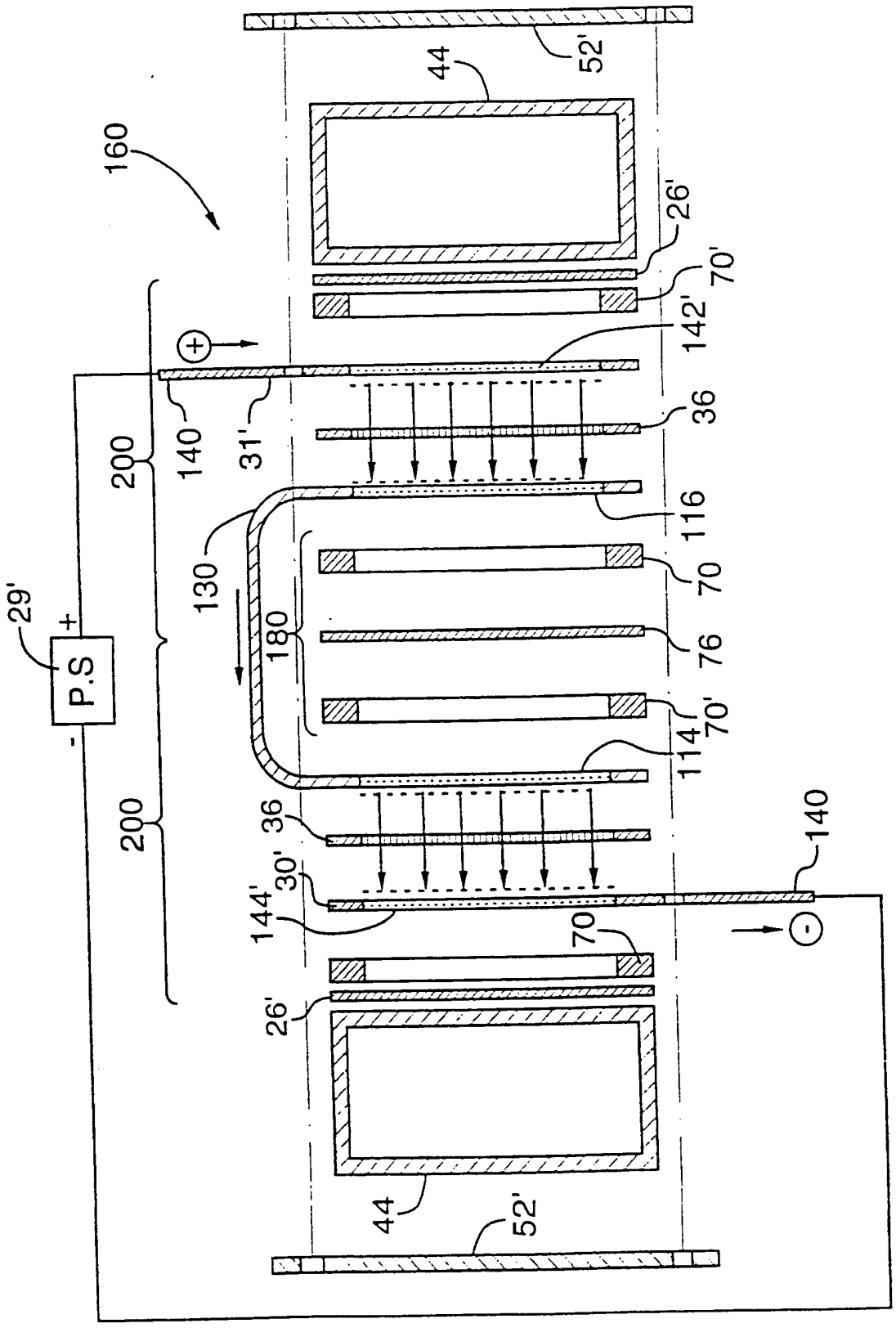
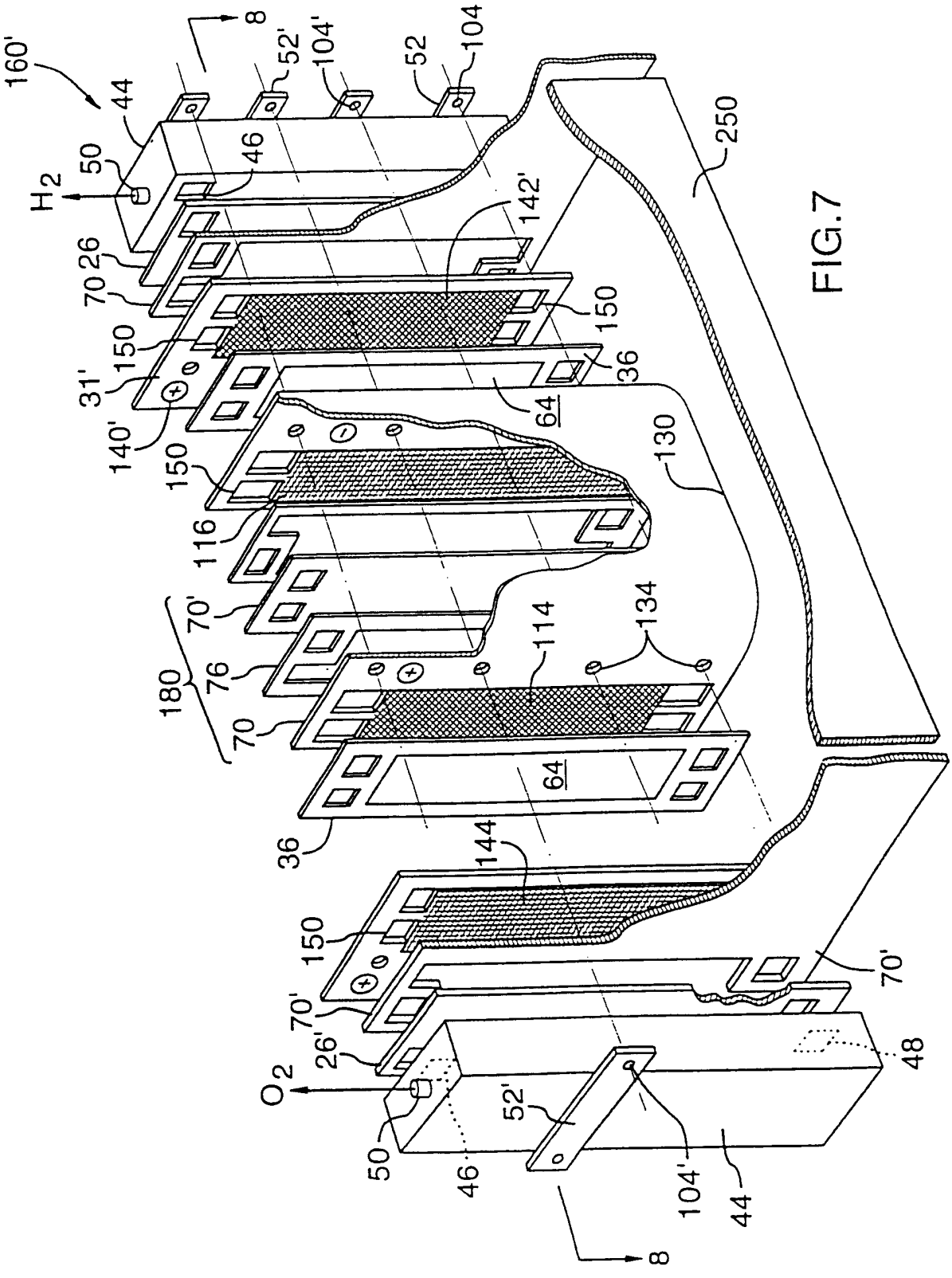

160
52'
44
26'
70'
142'
140
31'
36
116
130
70
180
76
70'
114
200
29'
P.S
+
-
144'
30'
26'
44
52'

FIG.6


160'
8
52'
104'
52
104
44
50
46
H_2
250
142'
26
70
150
31'
140'
36
64
130
116
70'
134
114
180
76
144
O_2
26'
48
52'
104'
FIG.7

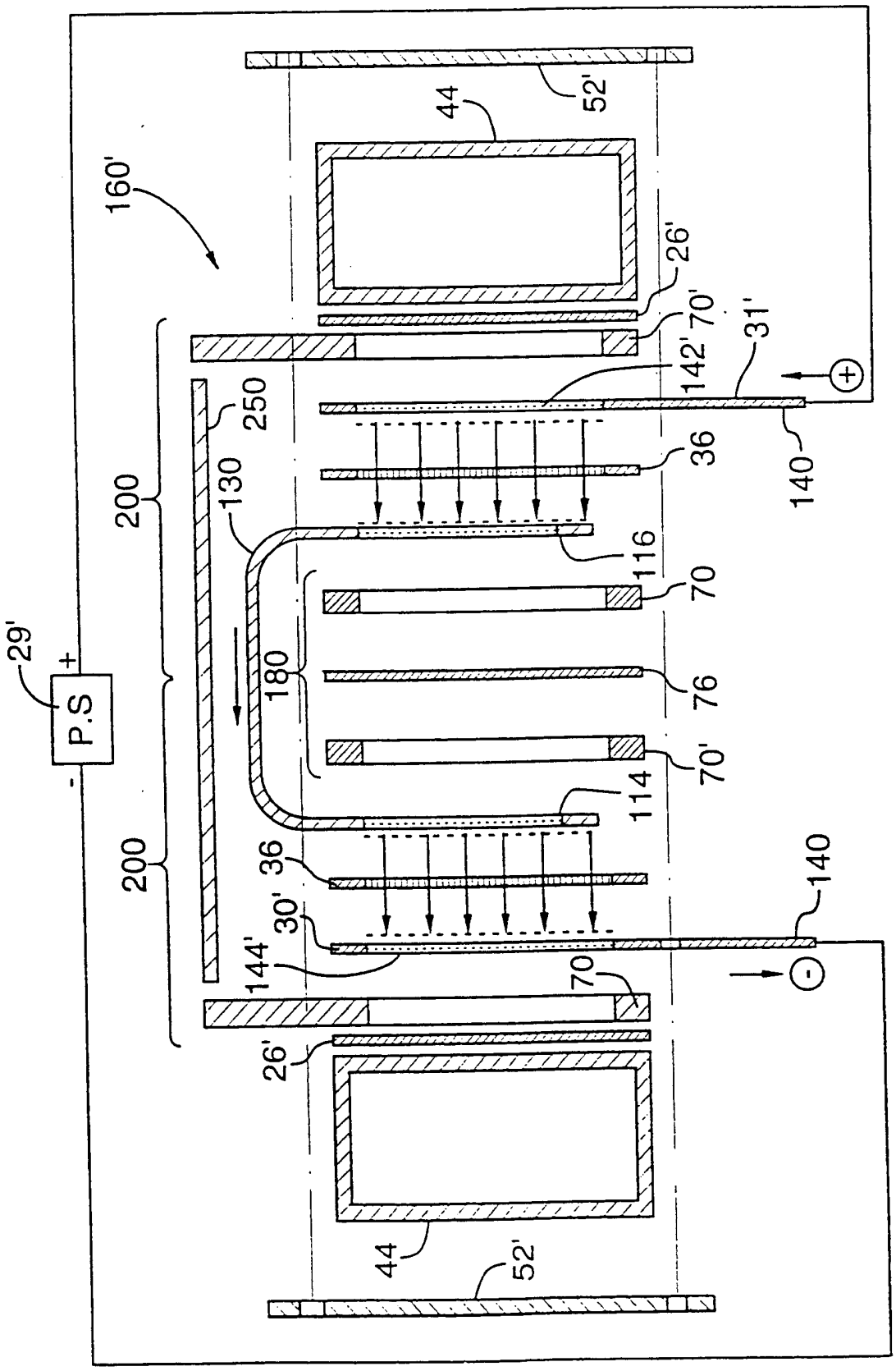

52'
44
160'
26'
70'
31'
142'
250
36
140
130
200
116
70
29'
180
76
P.S
70'
114
36
140
30'
144'
70
26'
44
52'

FIG.8

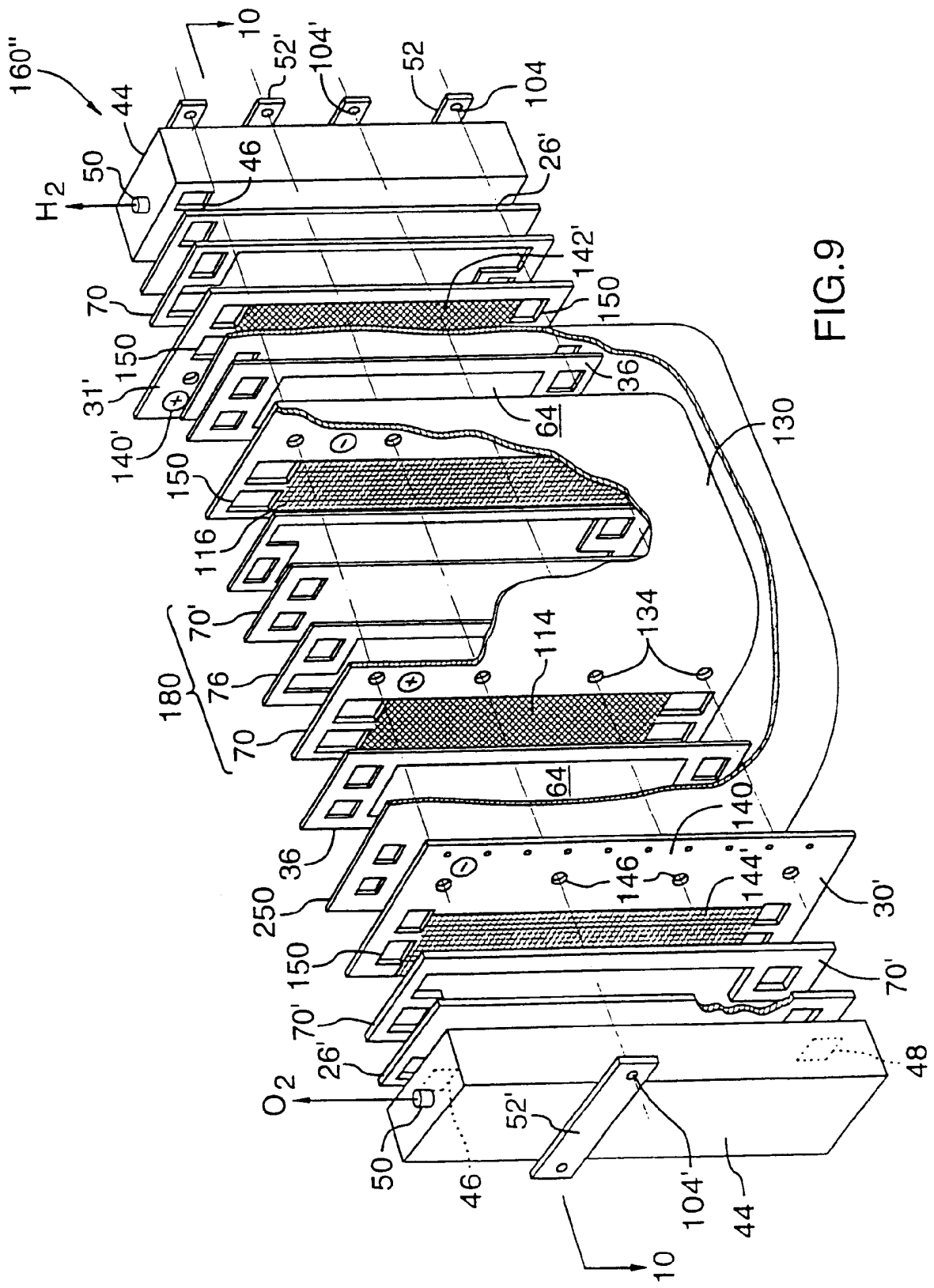

160"
44
50
H2
46
10
52'
104'
52
104
26'
142'
150
70
150
31'
140'
36
64
130
116
70'
114
134
180
76
70
250
146
144'
30'
O2
48
52'
104'
10

FIG.9

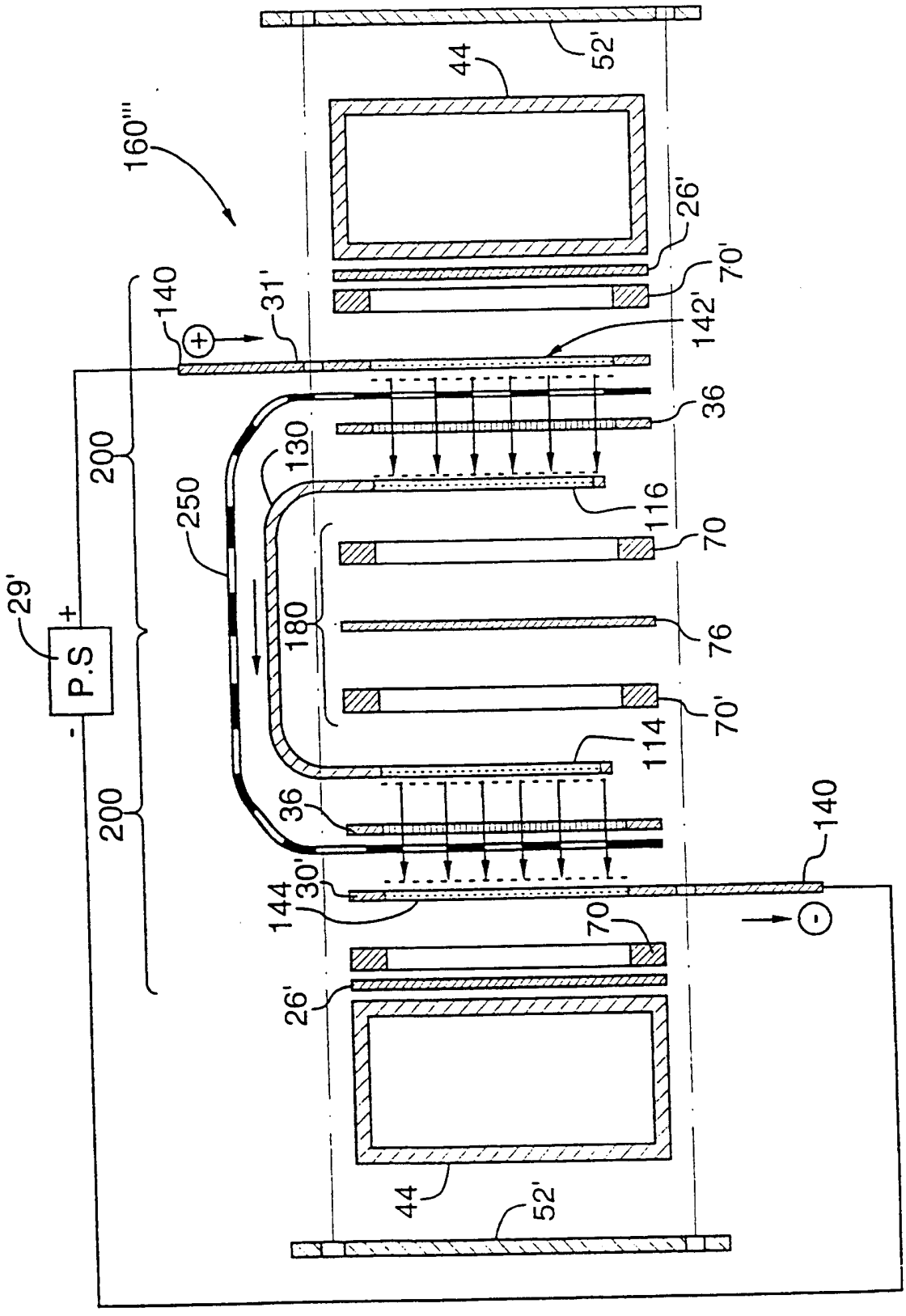

160'''
44
52'
26'
70'
140
31'
142'
36
130
116
70
250
180
76
70'
114
29'
P.S
+
-
200
200
36
140
144
30'
70
26'
44
52'

FIG.10

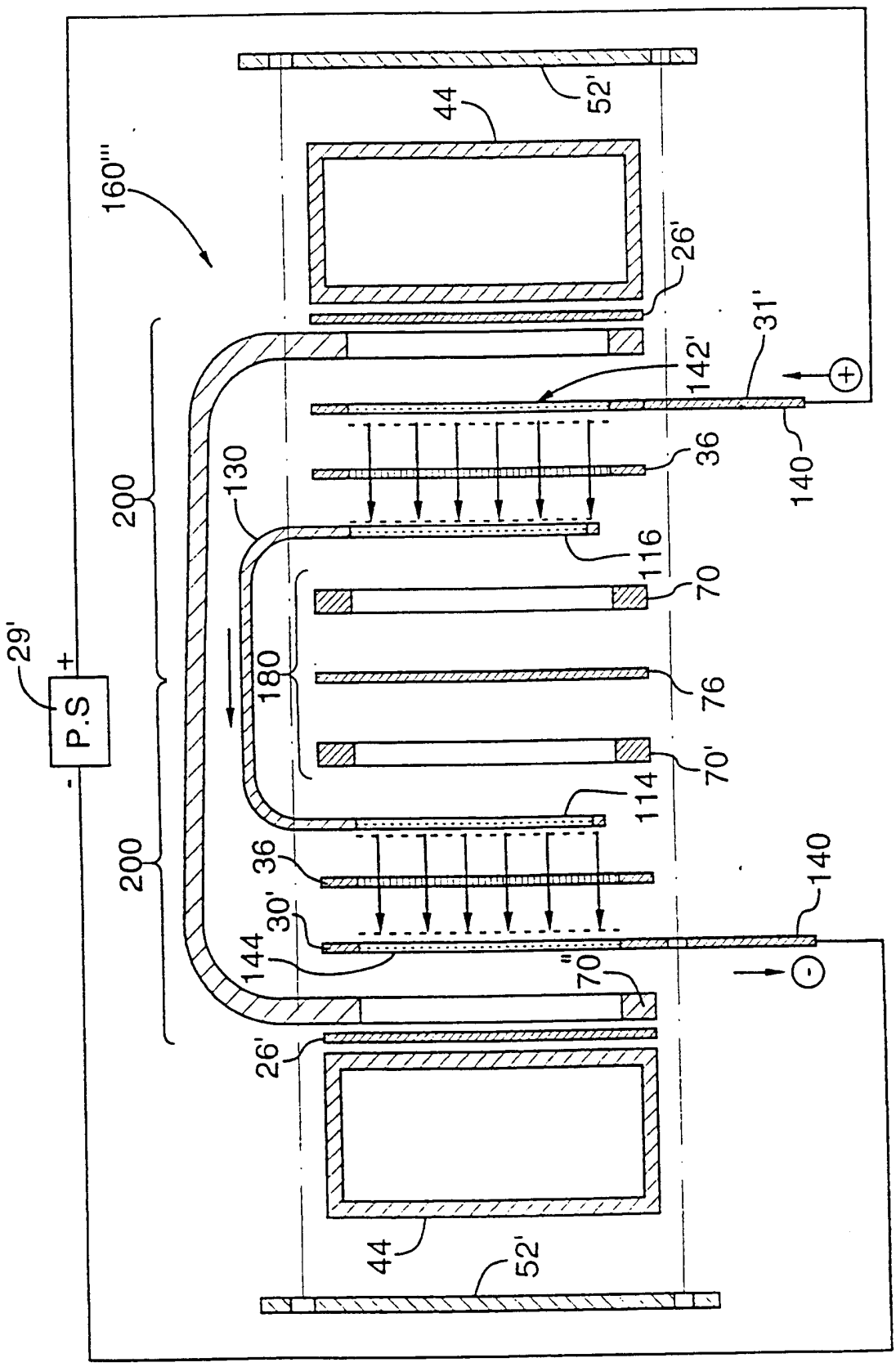

160'''
44
52'
26'
31'
142'
140
36
130
200
116
70
180
76
70'
114
29'
P.S
+
-
144
30'
70''
26'
44
52'

FIG.11

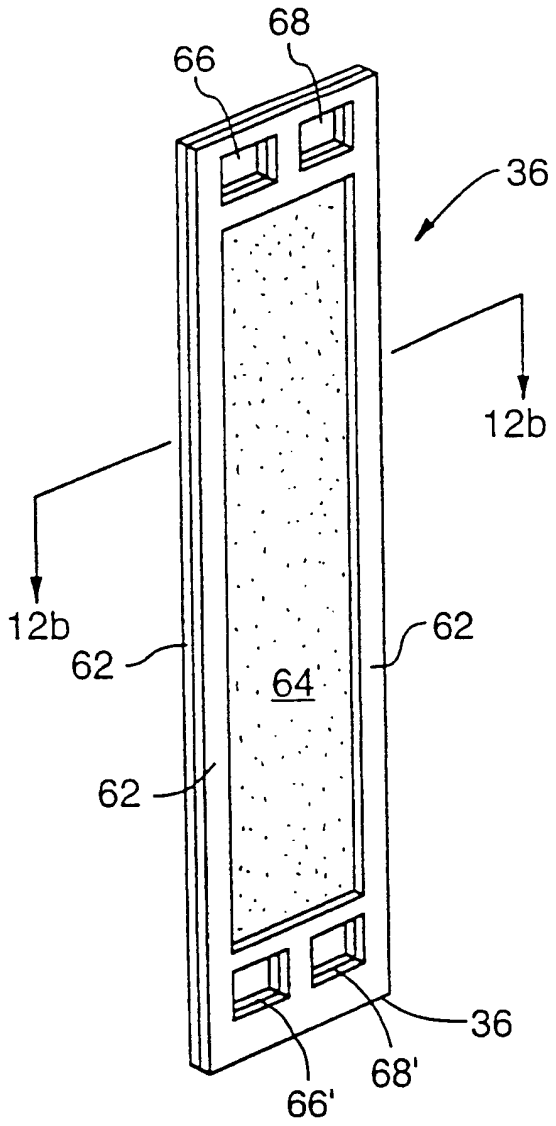


FIG.12A

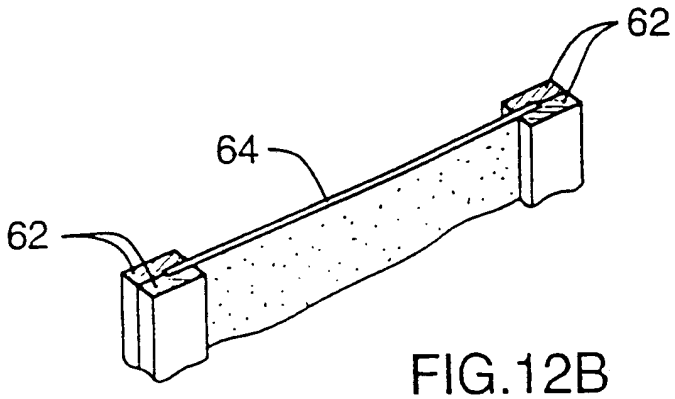


FIG.12B