(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2025 年 2 月 20 日 (20.02.2025)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2025/035553 A1

(51) 国际专利分类号:
G01N 19/08 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2023/122918

(22) 国际申请日: 2023 年 9 月 28 日 (28.09.2023)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202311027006.3 2023年8月15日 (15.08.2023) CN

(71) 申请人: 宁德时代新能源科技股份有限公司 (**CONTEMPORARY AMPEREX TECHNOLOGY CO., LIMITED**) [CN/CN]; 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。

(72) 发明人: 吴凯 (**WU, Kai**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。 孙龙利 (**SUN, Longli**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。 丁宇 (**DING, Yu**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。

(74) 代理人: 北京市汉坤律师事务所 (**BEIJING HAN KUN LAW OFFICES**); 中国北京市东城区东长安街1号东方广场C1座9层, Beijing 100738 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD,

(54) **Title:** WELDING QUALITY DETECTION METHOD AND DEVICE, COMPUTER-READABLE STORAGE MEDIUM, AND PRODUCT

(54) 发明名称: 焊接质量检测方法、装置、计算机可读存储介质和产品

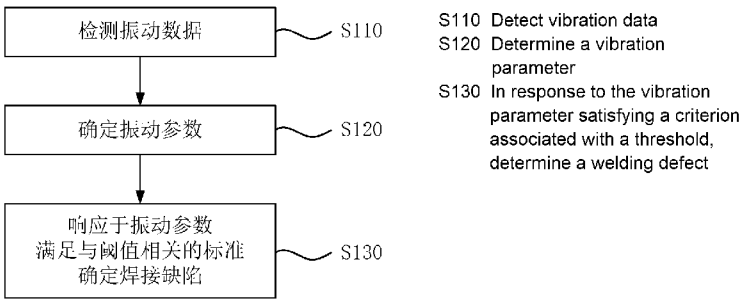


图 1

(57) **Abstract:** The present application relates to the technical field of batteries, and provides a welding quality detection method, a welding quality detection system, a welding quality detection device, a computer-readable storage medium, and a computer program product. The welding quality detection method comprises: acquiring vibration data, at a resonance frequency, of a welding sample detected by a vibration detector, wherein the resonance frequency is an excitation frequency for driving a welding sample to vibrate by means of the vibration generator; determining at least one vibration parameter of the welding sample on the basis of the vibration data; and in response to at least one of the at least one vibration parameter satisfying a criterion associated with a corresponding threshold, determining that a welding defect is present in the welding sample. Defect detection is carried out by directly extracting a vibration parameter of a welding sample, thereby achieving the characteristics of high detection precision and high detection efficiency.

(57) 摘要: 本申请提供一种焊接质量检测方法、焊接质量检测系统、焊接质量检测装置、计算机可读存储介质和计算机程序产品，属于电池技术领域。其中，焊接质量检测方法包括：获取由振动检测器检测的焊接样品在共振频率下的振动数据，共振频率为经由振动发生器驱动焊接样品发生振动的激励频率；基于振动数据，确定焊接样品的至少一个振动参数；以及响应于至少一个振动参数中的至少一者满足与相应阈值相关联的标准，确定焊接样品存在焊接缺陷。通过直接提取焊接样品的振动参数进行缺陷检测，具有检测精度高、检测效率快的特点。

WO 2025/035553 A1

[见续页]

SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

焊接质量检测方法、装置、计算机可读存储介质和产品

交叉引用

[0001] 本申请引用于 2023 年 08 月 15 日递交的名称为“焊接质量检测方法、装置、计算机可读存储介质和产品”的第 202311027006.3 号中国专利申请，其通过引用被全部并入本申请。

技术领域

[0002] 本申请涉及电池技术领域，尤其涉及一种焊接质量检测方法、一种焊接质量检测系统、一种焊接质量检测装置、一种计算机可读存储介质和一种计算机程序产品。

背景技术

[0003] 节能减排是汽车产业可持续发展的关键，电动车辆由于其节能环保的优势成为汽车产业可持续发展的重要组成部分。对于电动车辆而言，电池技术又是关乎其发展的一项重要因素。

[0004] 在电池的生产过程中，电池的各个部件之间的焊接质量会影响生产出的电池的可靠性，若存在焊接质量的电池流入市场端，则可能造成产品安全风险。

发明内容

[0005] 本申请旨在至少解决背景技术中存在的技术问题之一。为此，本申请的一个目的在于提供一种焊接质量检测方法及装置，以一定程度上提高电池制造过程中焊接问题的检出率。

[0006] 本申请第一方面的实施例提供一种焊接质量检测方法，该方法包括：获取由振动检测器检测的焊接样品在共振频率下的振动数据，其中，共振频率为经由振动发生器驱动焊接样品发生振动的激励频率；基于振动数据，确定焊接样品的至少一个振动参数；以及响应于至少一个振动参数中的至少一者满足与相应阈值相关联的标准，确定焊接样品存在焊接缺陷。

[0007] 本申请实施例的技术方案中，通过直接提取焊接样品在共振频率下的振动参数进行缺陷检测，具有检测精度高、便捷高效等特点。如果焊接部位能够在共振频率下保持各项振动参数稳定，说明焊接质量良好，反之，如果在共振频率下，各项振动参数满足与

相应阈值相关联的标准，则说明焊接部位可能出现问题，一定程度上提高了焊接缺陷的检出率。

[0008] 在一些实施例中，至少一个振动参数各自的阈值是通过对至少一个焊接良品在共振频率下的至少一个振动参数各自的取值分别进行统计而得到的。在振动测试中，焊接良品是用来设定检测标准的，设定振动参数各自的阈值的目的是为了在后续的测试中，可以依据这个阈值来判断待测的焊接样品是否合格。

[0009] 在一些实施例中，共振频率是通过对至少一个焊接良品的最大振动速度进行检测而得到的。通过获取共振频率作为激励频率，能够使样品振动信号到达峰值，有助于降低测量过程中的噪声对测量结果的影响，从而提高测量精度。

[0010] 在一些实施例中，至少一个焊接良品是通过以下步骤得到的：获取 N 个焊接样品中的 M 个焊接样品各自的剪切力测试结果，其中，N 个焊接样品是在相同工艺条件下焊接的，N 和 M 为大于 1 的整数，且 M＜N；响应于 M 个焊接样品各自的剪切力测试结果均满足良品评价指标，确定 N 个焊接样品中的剩余 N-M 个焊接样品为至少一个焊接良品。由于电芯制造的一致性较高，在相同工艺条件下焊接得到的同一批焊接样品之间的焊接差异度较小，因此通过选取在相同工艺条件下焊接得到的同一批次的焊接样品中的其中一部分进行剪切力测试，当焊接样品各自的剪切力测试结果均满足良品评价指标，则认为该批次的焊接样品均符合焊接良品的要求，则可以将剩余 N-M 个未经过剪切力测试的焊接样品确定为焊接良品。在一些实施例中，对于 M 个焊接样品中的每个焊接样品，剪切力测试结果包括该焊接样品在剪切力下的焊印残留率，其中，焊印残留率为该焊接样品在剪切力下进行拉伸后的残留焊点数量与该焊接样品的总焊点数量之比。通过基于剪切力和焊印残留率评价电池极耳与转接片的焊接质量，从而获得焊接良品，能够更好的对电池极耳与转接片的焊接质量进行评价。

[0011] 在一些实施例中，对于 M 个焊接样品中的每个焊接样品，良品评价指标包括：100 牛顿（N）≤τ≤800N，τ 为该焊接良品承受的剪切力；0.5≤R≤1，R 为该焊接良品的焊印残留率。剪切力和焊印残留率可用于表征焊接结构中的抗剪切强度和焊接质量，用于评估焊接质量的实际性能，能够更好的对电池极耳与转接片的焊接质量进行评价。

[0012] 在一些实施例中，至少一个振动参数包括表征焊接样品的振形的特征参数、焊接样品的振动速度和焊接样品的焊印区的钎着率中的至少一者，其中，钎着率为焊印区内的钎着区域的面积与焊印区的面积之比。

[0013] 通过表征焊接样品的振形的特征参数、焊接样品的振动速度和焊接样品的焊印区的钎着率中的至少一者是否满足与相应阈值相关联的标准，能一定程度上提高焊接接头的检测精度和检测效率。

[0014] 在一些实施例中，振形的特征参数包括振形的宽高比。通过监控振形的宽高比的变化，从而直接判断焊接接头是否发现裂纹，以及裂纹的严重程度，提高检测效率。

[0015] 在一些实施例中，相应阈值包括针对振形的宽高比的第一阈值，并且与第一阈值相关联的标准为：振形的宽高比小于第一阈值。通过表征焊接样品的振形的宽高比是否小于第一阈值，能快速的判定焊接样品的焊接接头是否发生裂纹，能一定程度上提高焊接接头的检测精度和检测效率。

[0016] 在一些实施例中，相应阈值包括针对焊接样品的振动速度的第二阈值，并且与第二阈值相关联的标准为：焊接样品的振动速度大于第二阈值。通过表征焊接样品的振动速度是否大于第二阈值，能快速的判定焊接样品的焊接接头是否发生虚焊，能一定程度上提高焊接接头的检测精度和检测效率。

[0017] 在一些实施例中，相应阈值包括针对焊印区的钎着率的第三阈值，并且与第三阈值相关联的标准为：焊印区的钎着率小于第三阈值。通过表征焊接样品的钎着率是否小于第三阈值，能快速的判定焊接样品的焊接接头的连接强度是否达到预设标准，能一定程度上提高焊接接头的检测精度和检测效率。

[0018] 在一些实施例中，焊接样品在共振频率下发生振动期间，焊接样品被放置于隔振平台上。通过隔振平台，能够隔绝环境振动的干扰，提高测量的稳定性和准确性。

[0019] 在一些实施例中，振动发生器包括超声换能器。通过超声换能器能够提高测量的稳定性和检测效率。

[0020] 在一些实施例中，焊接样品包括电池的极耳-转接片焊接接头。通过获取电池的极耳-转接片焊接接头的振动数据，能够实现针对电池的指定部位的焊接质量的检测。

[0021] 在一些实施例中，极耳-转接片焊接接头的共振频率是通过以下步骤得到的：通过振动发生器驱动极耳-转接片焊接接头良品发生振动，其中，振动发生器的激励频率逐渐变化；通过振动检测器检测极耳-转接片焊接接头良品在逐渐变化的激励频率下的振动速度；以及确定极耳-转接片焊接接头良品在振动速度最大时对应的激励频率作为极耳-转接片焊接接头的共振频率。通过振动发生器的激励频率逐渐变化，能够容易判断在哪个激励频率下极耳-转接片焊接接头良品的振动速度最大，从而得到极耳-转接片焊接接头的共振频率。

[0022] 在一些实施例中，振动发生器的激励频率按以下方式逐渐变化：振动发生器的激励频率以频率步长从第一频率递增至第二频率，或者以频率步长从第二频率递减至第一频率，其中，第二频率大于第一频率。以频率步长逐渐增加激励频率，可以观察到极耳-转接片焊接接头良品在不同激励频率下的响应情况，减少过度激励，并能够容易判断在哪个激励频率下极耳-转接片焊接接头良品的振动速度最大，从而得到极耳-转接片焊接接头的共振频率。

[0023] 在一些实施例中，第一频率为 20 千赫兹（kHz），第二频率为 800kHz，并且频率步长为 1 至 5kHz。通过设置合适的频率步长，可以找到较为准确的共振频率，从而提高检测准确性。

[0024] 在一些实施例中，本申请第二方面的实施例提供了一种焊接质量检测系统，包括：振动发生器、振动检测器、存储器和处理器，其中，存储器存储有指令；以及处理器，处理器被配置为执行指令以执行操作，该操作包括：经由振动发生器驱动焊接样品在共振频率下发生振动；获取由振动检测器检测的焊接样品在共振频率下的振动数据；基于振动数据，确定焊接样品的至少一个振动参数；以及响应于至少一个振动参数中的至少一者满足与相应阈值相关联的标准，确定焊接样品存在焊接缺陷。

[0025] 通过提供一种焊接质量检测系统，直接提取焊接样品的振动参数进行缺陷检测，具有检测精度高、便捷高效等特点。

[0026] 在一些实施例中，一种焊接质量检测系统还包括隔振平台，隔振平台用于在焊接样品在共振频率下发生振动期间承载焊接样品。通过隔振平台，能够隔绝环境振动的干扰，提高测量的稳定性和准确性。

[0027] 在一些实施例中，振动发生器产生的振动波沿第一方向传递至隔振平台，第一方向与隔振平台承载焊接样品的表面之间成锐角 θ。以锐角入射焊接样品，可以减少测量误差，提高检测的精准度。同时，锐角入射可以使得振动的路径更长，可以获取到较为准确的测量结果。

[0028] 在一些实施例中，锐角 θ 满足：40 度（°）≤θ≤60°。以 40°-60° 的角度入射焊接样品，可以减少测量误差，提高检测的精准度。同时，以 40°-60° 的角度入射可以使得振动的路径更长，可以获取到较为准确的测量结果。

[0029] 在一些实施例中，振动检测器与焊接样品之间的垂直距离 H 满足：20 毫米（mm）≤H≤50mm。通过调节振动检测器与焊接样品之间的垂直距离，可以减少检测信号的衰减，同时降低环境噪声的干扰，从而提高检测精度。

[0030] 在一些实施例中，振动发生器包括超声换能器，超声换能器用于在激励信号的激励下生成超声波，并将超声波投射至焊接样品上以驱动焊接样品在共振频率下发生振动。通过超声换能器能够一定程度上提高测量的稳定性和检测效率。

[0031] 在一些实施例中，一种焊接质量检测系统还包括信号发生器，用于产生电压信号；以及功率放大器，用于放大电压信号以提供激励信号。

[0032] 在一些实施例中，焊接样品包括电池的极耳-转接片焊接接头。通过获取电池的极耳-转接片焊接接头的振动数据，能够实现针对电池的指定部位的焊接质量的检测。

[0033] 本申请第三方面的实施例提供一种焊接质量检测装置，其包括第一模块、第二模块和第三模块，第一模块用于获取由振动检测器检测的焊接样品在共振频率下的振动数据，其中，共振频率为经由振动发生器驱动焊接样品发生振动的激励频率；第二模块用于基于振动数据，确定焊接样品的至少一个振动参数；以及第三模块用于响应于至少一个振动参数中的至少一者满足与相应阈值相关联的标准，确定焊接样品存在焊接缺陷。

[0034] 本申请第四方面的实施例提供一种计算机可读存储介质，其上存储有指令，指令被处理器执行时，使处理器执行如上述的焊接质量检测方法。

[0035] 本申请的第五方面的实施例提供一种计算机程序产品，包括指令，该指令被处理器执行时，使处理器执行如上述的焊接质量检测方法。

[0036] 上述说明仅是本申请技术方案的概述，为了能够更清楚了解本申请的技术手段，而可依照说明书的内容予以实施，并且为了让本申请的上述和其它目的、特征和优点能够更明显易懂，以下特举本申请的具体实施方式。

附图说明

[0037] 在附图中，除非另外规定，否则贯穿多个附图相同的附图标记表示相同或相似的部件或元素。这些附图不一定是按照比例绘制的。应该理解，这些附图仅描绘了根据本申请公开的一些实施方式，而不应将其视为是对本申请范围的限制。为了更清楚地说明本申请实施例的技术方案，下面将对本申请实施例中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面所描述的附图仅仅是本申请的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据附图获得其他的附图。

[0038] 图 1 为本申请一些实施例提供的焊接质量检测方法的流程示意图；

[0039] 图 2 为本申请一些实施例提供的焊接良品的示意图；

[0040] 图 3 为本申请一些实施例提供的焊接良品和焊接劣品的对比图；

[0041] 图 4 为本申请一些实施例提供的图 3 中 A 区域在剪切力拉伸前后的放大示意图；

[0042] 图 5 为本申请一些实施例提供的焊接良品和焊接劣品的振形对比图；

[0043] 图 6 为本申请一些实施例提供的焊接质量检测系统的结构示意图；

[0044] 图 7 为本申请一些实施例提供的工控机的结构框图；

[0045] 图 8 为本申请一些实施例提供的焊接质量检测装置的结构示意图。

具体实施方式

[0046] 下面将结合附图对本申请技术方案的实施例进行详细的描述。以下实施例仅用于更加清楚地说明本申请的技术方案，因此只作为示例，而不能以此来限制本申请的保护范围。

[0047] 除非另有定义，本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本申请的技术领域的技术人员通常理解的含义相同；本文中所使用的术语只是为了描述具体的实施例的目的，不是旨在于限制本申请；本申请的说明书和权利要求书及上述附图说明中的术语“包括”和“具有”以及它们的任何变形，意图在于覆盖不排他的包含。

[0048] 在本申请实施例的描述中，技术术语“第一”、“第二”等仅用于区别不同对象，而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量、特定顺序或主次关系。在本申请实施例的描述中，“多个”的含义是两个以上，除非另有明确具体的限定。

[0049] 在本文中提及“实施例”意味着，结合实施例描述的特定特征、结构或特性可以包含在本申请的至少一个实施例中。在说明书中的各个位置出现该短语并不一定均是指相同的实施例，也不是与其它实施例互斥的独立的或备选的实施例。本领域技术人员显式地和隐式地理解的是，本文所描述的实施例可以与其它实施例相结合。

[0050] 在本申请实施例的描述中，术语“和/或”仅仅是一种描述关联对象的关联关系，表示可以存在三种关系，例如 A 和/或 B，可以表示：单独存在 A，同时存在 A 和 B，单独存在 B 这三种情况。另外，本文中字符“/”，一般表示前后关联对象是一种“或”的关系。

[0051] 在本申请实施例的描述中，术语“多个”指的是两个以上（包括两个），同理，“多组”指的是两组以上（包括两组），“多片”指的是两片以上（包括两片）。

[0052] 在本申请实施例的描述中，技术术语“中心”、“纵向”、“横向”、“长度”、“宽度”、“厚度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、

“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”、“顺时针”、“逆时针”、“轴向”、“径向”、“周向”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本申请实施例和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本申请实施例的限制。

[0053] 在本申请实施例的描述中，除非另有明确的规定和限定，技术术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解，例如，可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或成一体；也可以是机械连接，也可以是电连接；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连，可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系。对于本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语在本申请实施例中的具体含义。

[0054] 目前，从市场形势的发展来看，动力电池的应用越加广泛。动力电池不仅被应用于水力、火力、风力和太阳能电站等储能电源系统，而且还被广泛应用于电动自行车、电动摩托车、电动汽车等电动交通工具，以及军事装备和航空航天等多个领域。随着动力电池应用领域的不断扩大，其市场的需求量也在不断地扩增。

[0055] 电池在生产的过程中，电池的正极和负极需要焊接到电池壳体或者其他连接部位，多个电池之间可能需要通过焊接连接片进行串联或并联，电池壳体可能需要焊接完成封闭，一些具备安全保护功能的电池，可能还需要将安全阀或防爆阀焊接在电池壳体上。而其中焊接质量对于电池的品质而言尤为重要，需要对电池各个焊接部位进行检测以及时发现焊接缺陷，减少存在焊接缺陷的电池的流出。

[0056] 其中当极耳转接片焊接接头发生虚焊或者焊接接头发生裂纹时，虚焊或裂纹会导致接触面积变小，电导率显著降低，接触电阻反而会增大，从而可能会引发电能损耗，同时电阻增大会导致电流通过时发热量增加，长时间下来可能会引发电池过热。另一方面，焊接接头裂纹或者焊缝虚焊，会造成接头的机械强度变薄，使得接头容易断裂，有可能造成严重的安全事故。

[0057] 基于以上考虑，为了解决电池焊接缺陷检测准确度和检测效率的问题，可以采用直接提取样品固有声学特征进行缺陷检测，该检测方式精确度高，也一定程度上提高了检测的效率。同时能够设定特定的声学特征，对特定类别或类型的缺陷进行深入检测和分析，具有较强的应用灵活性。

[0058] 本申请实施例公开的焊接质量检测方法，可以用与各种电池生产过程中的焊接部位的无损检测，包括但不限于可以用于对极耳转接片的焊接接头发生虚焊或者焊接接头发生裂纹的情况进行检测。

[0059] 请参照图 1，图 1 为本申请一些实施例提供的焊接质量检测方法的流程示意图。本申请实施例提供了一种焊接质量检测方法，该方法包括：

[0060] S110，获取由振动检测器检测的焊接样品在共振频率下的振动数据，其中，共振频率为经由振动发生器驱动焊接样品发生振动的激励频率；

[0061] S120，基于振动数据，确定焊接样品的至少一个振动参数；以及

[0062] S130，响应于至少一个振动参数中的至少一者满足与相应阈值相关联的标准，确定焊接样品存在焊接缺陷。

[0063] 共振频率是指一个物体或系统在受到外力驱动时，能达到振幅或振动速度最大的固有频率。共振时满足如下关系式：

[0064] $$s = Ce^{-kt-2\pi tiv_0} + \frac{F}{m} * \frac{\pi(f_0^2 - f^2) + ifk}{4\pi^3(f_0^2 - f^2)^2 + 4\pi f^2 k^2} e^{-2\pi ift}$$

[0065] 其中，s 为振子位移，C 为常数项，e 为自然常数，k 为刚度，t 为时间，i 为振动阶数，v_0 为初始振动速度，F 为振子总力，m 为振子质量，f_0 为焊接良品固有频率，f 为超声激励频率。

[0066] 作为一种可行的实施方式，振动发生器可以为利用超声波的特性，通过物体的弹性或者介质的非线性效应产生振动的发生装置（例如，超声波换能器）。振动检测器可以为加速度传感器、压电振动传感器、激光测振仪，在此不做特殊限定。

[0067] 各项振动参数满足于相应阈值相关的标准意味着当预设的标准为对应的第一振动参数小于相应的第一阈值时，焊接样品存在第一类焊接缺陷，则在质量检测的过程中响应于检测到的第一振动参数小于相应的第一阈值，确定焊接样品存在焊接缺陷，或至少确定焊接样品存在第一类焊接缺陷。同时，当预设的标准为对应的第二振动参数大于相应的第二阈值时，焊接样品存在第二类焊接缺陷，则在质量检测的过程中响应于检测到的第二振动参数小于相应的第二阈值，确定焊接样品存在焊接缺陷，或至少确定焊接样品存在第二类焊接缺陷。可以理解的是，由于不同的振动参数对应的相应阈值，以及相关联的标准可能彼此不相同，因此本申请中的满足相关联的标准可以为大于相应阈值和/或小于相应阈值。

[0068] 通过直接提取焊接样品在共振频率下的振动参数进行缺陷检测，具有检测精度高、便捷高效等特点。如果焊接质量不好，可能会出现断裂或结构破损等问题，如果焊接部位能够在共振频率下保持各项振动参数稳定，说明焊接质量良好，反之如果在共振频率

下，各项振动参数满足与相应阈值相关联的标准，则说明焊接部位可能出现问题，一定程度上提高了焊接缺陷的检出率和检测效率。

[0069] 根据本申请的一些实施例，至少一个振动参数各自的阈值是通过对至少一个焊接良品在共振频率下的至少一个振动参数各自的取值分别进行统计而得到的。

[0070] 在本申请中，焊接良品是用来设定标准的焊接件。设定振动参数阈值的目的是为了在后续的测试中，可以依据这个阈值来判断待测样品是否合格。

[0071] 当检测的对象为极耳与转接片的焊接头的焊接质量时，待测的焊接样品和焊接良品均为相互焊接好的极耳与转接片，由于在极耳与转接片焊接之前，极耳与电芯已经连接，因此待测的焊接样品和焊接良品还包括与相应极耳对应连接的电芯。可以理解的是，待测的焊接样品和焊接良品的选取是基于待检测的焊接位置（对象）而确定的，不同的待检测的焊接位置对应的待测的焊接样品和焊接良品可能彼此不相同。同一待检测的焊接位置对应的焊接样品和焊接良品应基于同一基准，也即若待测的焊接样品只包括电芯、极耳和转接片，则焊接良品也应只包括电芯、极耳和转接片。

[0072] 选取焊接良品来设定这个阈值，是因为焊接良品一定程度上代表了预期的、理想的产品状态。如果一个待测的焊接样品的振动响应与焊接良品的响应相近，则可以认为这个焊接样品是合格的。反之，如果待测的焊接样品的振动响应远离了这个阈值范围，那么可能就存在问题。例如，可能该焊接样品中出现了焊接不良的问题，造成了内部结构的不稳定，从而产生了异常的振动响应。

[0073] 作为一种可行的实施方式，在获取振动参数阈值时，可以采用多个焊接良品在共振频率下的至少一个振动参数各自的取值分别进行统计而得到。

[0074] 在振动测试中，焊接良品是用来设定检测标准的。设定振动参数各自的阈值的目的是为了在后续的测试中，可以依据这个阈值来判断待测样品是否合格。

[0075] 通过多个焊接良品的测量数据，能够提高振动参数各自阈值的准确性，从而一定程度上提高焊接缺陷的检出率。

[0076] 根据本申请的一些实施例，共振频率是通过对至少一个焊接良品的最大振动速度进行检测而得到的。

[0077] 实际检测过程中，由于各种环境因素会引入不必要的噪声，这种噪声通常是随机的，频率分布相对均匀。当整个检测过程在一个特定的共振频率上进行时，可以大幅提升该频率信号的幅度，其他频率的噪声幅度则相对较小，这就达到了降噪的效果。同时，使用共振频率可以提高信号的选择性和灵敏度，从而提高测量精度。

[0078] 通过获取共振频率作为激励频率，能够使样品振动信号到达峰值，有助于降低测量过程中的噪声对测量结果的影响，从而提高测量精度。

[0079] 根据本申请的一些实施例，至少一个焊接良品是通过以下步骤得到的：获取 N 个焊接样品中的 M 个焊接样品各自的剪切力测试结果，其中，N 个焊接样品是在相同工艺条件下焊接的，N 和 M 为大于 1 的整数，且 M＜N；响应于 M 个焊接样品各自的剪切力测试结果均满足良品评价指标，确定 N 个焊接样品中的剩余 N-M 个焊接样品为至少一个焊接良品。

[0080] 由于电芯制造的一致性较高，在相同工艺条件下焊接得到的同一批焊接样品之间的焊接差异度较小，因此通过选取在相同工艺条件下焊接得到的同一批次的焊接样品中的其中一部分进行剪切力测试，当焊接样品各自的剪切力测试结果均满足良品评价指标，则认为该批次的焊接样品均符合焊接良品的要求，则可以将剩余 N-M 个未经过剪切力测试的焊接样品确定为焊接良品。

[0081] 可以理解的是，相同工艺条件中焊接的环境未发生变化，焊接参数保持一致，以获取理论上各个参数相同的同一批焊接样品。

[0082] 作为一种可行的实施方式，可以将同一批焊接样品分为多个等份，例如，一批焊接样品的数量为 420 件，可以将其分为每份 10 件的 42 等份，在每一等份中抽取 1-2 件焊接样品进行剪切力测试，将每一等份中剩余的焊接样品作为焊接良品进行后续的检测。

[0083] 通过选取焊接良品，将焊接良品作为后续检测的评价指标，能够更好的对待测的焊接样品的焊接质量进行评价，从而实现无损检测。

[0084] 根据本申请的一些实施例，对于 M 个焊接样品中的每个焊接样品，剪切力测试结果包括该焊接样品在剪切力下的焊印残留率，其中，焊印残留率为该焊接样品在剪切力下进行拉伸后的残留焊点数量与该焊接样品的总焊点数量之比。

[0085] 请参照图 2，图 2 为本申请一些实施例提供的焊接良品的示意图。在电池制作过程中，极耳 2 与转接片 3 是通过焊接接头 4 进行连接的，其中极耳 2 与电芯 1 连接，而焊接接头 4 的连接是电池组件的结构之一。在正常情况下，极耳 2 与转接片 3 通过焊接实现紧密连接，形成一个相对稳定的焊接接头 4，可以在电池工作时有效地传递电流。

[0086] 而焊接接头 4 的焊接质量评估（也即前述的良品评价指标）一般依赖以下两个方面的指标：剪切力和焊印残留面积。其中剪切力是指将焊接接头 4 直接剪切开时所需的力，这个值是评价焊接接头 4 强度的指标。

[0087] 请参照图 3-4，图 3 为本申请一些实施例提供的焊接良品（图 3 左半部分）和焊接劣品（图 3 右半部分）的对比图。在焊接过程中，焊接样品表面会形成一层焊印区，也即图 3 中的 A 区域和 B 区域。图 4 为本申请一些实施例提供的图 3 中 A 区域在剪切力拉伸前后的放大示意图。焊印残留率为焊接良品在剪切力下进行拉伸后，焊接良品的残留的焊点 c 的数量与焊接良品的总的焊点 c 的数量之比，如图 4 所示，焊印区总的焊点数量为 27 个，拉伸后的残留的焊点 c 的数量为 19 个，则该焊接接头的焊印残留面积=19/27*100%=70.4%，其值大于 50%，也即该焊接接头为焊接良品。如果这个百分比在 50%至 100%之间，说明接头的焊接面大部分或者全部参与了焊接，焊接的质量较高。如果这个比例较低，可能说明焊接接头的质量存在问题，焊接接头的强度可能不达标。

[0088] 通过基于剪切力和焊印残留率评价电池极耳与转接片的焊接质量，从而获得焊接良品，能够更好的对电池极耳与转接片的焊接质量进行评价。

[0089] 根据本申请的一些实施例，对于 M 个焊接样品中的每个焊接样品，良品评价指标包括：$100N \leqslant \tau \leqslant 800N$，$\tau$ 为该焊接良品承受的剪切力；$0.5 \leqslant R \leqslant 1$，R 为该焊接良品的焊印残留率。

[0090] 一般来说，剪切力满足了 $100N \leqslant \tau \leqslant 800N$，说明焊接接头 4 的结实程度达到了预设的标准，能够在日常使用中承受一定的拉扯或者挤压，不会轻易断裂。

[0091] 如图 4 所示，焊印区总的焊点数量为 27 个，拉伸后的残留的焊点 c 的数量为 19 个，则该焊接接头的焊印残留面积=19/27*100%=70.4%，其值大于 50%，也即该焊接接头为焊接良品。如果这个百分比在 50%至 100%之间，说明接头的焊接面大部分或者全部参与了焊接，焊接的质量较高。如果这个比例较低，可能说明焊接接头的质量存在问题，焊接接头的强度可能不达标。

[0092] 剪切力和焊印残留率可用于表征焊接结构中的抗剪切强度和焊接质量，用于评估焊接质量的实际性能，能够更好的对电池极耳与转接片的焊接质量进行评价。

[0093] 根据本申请的一些实施例，至少一个振动参数包括表征焊接样品的振形的特征参数、焊接样品的振动速度和焊接样品的焊印区的钎着率中的至少一者，其中，钎着率为焊印区内的钎着区域的面积与焊印区的面积之比。

[0094] 当焊接接头 4 发生虚焊时，极耳 2 与转接片 3 的连接强度降低，转接片 3 对焊印区约束减弱，振动速度显著增强。

[0095] 当焊接接头 4 发生裂纹时，裂纹两侧的振动趋于离散，检测得到的振形会出现异形。

[0096] 焊印区的钎着率是指焊印区内的钎着区域面积与整个焊接接触面也即焊印区的面积的比值。钎着率直接影响焊接接头的机械性能，一般来说，钎着率越高，焊接接头的强度越大。

[0097] 通过表征焊接样品的振形的特征参数、焊接样品的振动速度和焊接样品的焊印区的钎着率中的至少一者是否满足与相应阈值相关联的标准，能一定程度上提高焊接接头的检测精度和检测效率。

[0098] 根据本申请的一些实施例，振形的特征参数包括振形的宽高比。

[0099] 振形的宽高比在某种程度上能够反映待测样品在振动时的弹性特性和结构性能。当焊接接头出现裂纹时，会形成应力集中区域，使得局部结构的刚度发生变化。而在振动时，这种刚度的变化也会引起振形的变化，一般情况下，裂纹越严重，引起的振形宽高比变化也越大。

[0100] 请参照图 5，图 5 为本申请一些实施例提供的焊接良品和焊接劣品的振形对比图。在图 5 中，W 为振形的宽度，H 为振形的高度。图 5 的左半部分为焊接良品的振形检测图像，图 5 右半部分为焊接劣品的振形检测图像。可以看到，相对于焊接良品，焊接劣品的振形的宽高比（W/H）一定程度地缩小了。因此，可以通过监控振形的宽高比的变化，从而直接判断焊接接头是否发现裂纹（甚至裂纹的严重程度）。

[0101] 应当理解，振形的宽高比只是振形的特征参数的一个示例，在其他实施例中，还可以采用振形的其他特征参数作为判断标准，例如振形的面积等。与振形的宽高比类似，振形的面积也可以反映待测样品在振动时的弹性特性和结构性能。一般情况下，裂纹越严重，振形的面积越小。

[0102] 根据本申请的一些实施例，相应阈值包括针对振形的宽高比的第一阈值，并且与第一阈值相关联的标准为：振形的宽高比小于第一阈值。

[0103] 可以通过对多个焊接良品在共振频率下的振形的测量结果，得到多个焊接良品的振形的宽高比，基于多个焊接良品的振形的宽高比得到第一阈值。

[0104] 由于当焊接接头发生裂纹时，裂纹两侧的振动趋于离散，检测得到的振形会出现异形。因此当焊接样品在共振频率下的振形的宽高比小于第一阈值时，则焊接样品的焊接接头发生裂纹，也即确定焊接样品存在焊接缺陷。

[0105] 通过表征焊接样品的振形的宽高比是否小于第一阈值，能快速的判定焊接样品的焊接接头是否发生裂纹，能一定程度上提高焊接接头的检测精度和检测效率。

[0106] 根据本申请的一些实施例，相应阈值包括针对焊接样品的振动速度的第二阈值，并且与第二阈值相关联的标准为：焊接样品的振动速度大于第二阈值。

[0107] 可以通过对多个焊接良品在共振频率下的振动速度，基于多个焊接良品的振动速度得到第二阈值区间。

[0108] 由于极耳与转接片的连接强度降低，转接片对焊印区约束减弱，振动速度会显著增强，则当焊接样品在共振频率下的振动速度大于第二阈值时，焊接样品的焊接接头存在虚焊，也即确定焊接样品存在焊接缺陷。

[0109] 通过表征焊接样品的振动速度是否大于第二阈值，能快速的判定焊接样品的焊接接头是否发生虚焊，能一定程度上提高焊接接头的检测精度和检测效率。

[0110] 根据本申请的一些实施例，相应阈值包括针对焊印区的钎着率的第三阈值，并且与第三阈值相关联的标准为：焊印区的钎着率小于第三阈值。

[0111] 可以通过对多个焊接良品在共振频率下的钎着率，基于多个焊接良品的钎着率得到第三阈值区间。由于钎着率越高，焊接接头的强度越大。因此当焊接样品在共振频率下的钎着率小于第三阈值时，焊接样品的焊接接头的强度不足，也即确定焊接样品存在焊接缺陷。

[0112] 通过表征焊接样品的钎着率是否小于第三阈值，能快速的判定焊接样品的焊接接头的连接强度是否达到预设标准，能一定程度上提高焊接接头的检测精度和检测效率。

[0113] 根据本申请的一些实施例，焊接样品包括电池的极耳-转接片焊接接头。

[0114] 应当理解，在这样的实施例中，用于测量共振频率和焊接质量判断阈值的焊接良品也包括电池的极耳-转接片焊接接头。也即，针对焊接良品的极耳-转接片焊接接头测量的共振频率和判断阈值将应用于焊接样品的极耳-转接片焊接接头的焊接质量检测。

[0115] 通过获取电池的极耳-转接片焊接接头的振动数据，能够实现针对电池中指定部位的焊接质量进行检测。

[0116] 根据本申请的一些实施例，极耳-转接片焊接接头的共振频率是通过以下步骤得到的：通过振动发生器驱动极耳-转接片焊接接头良品发生振动，其中，振动发生器的激励频率逐渐变化；通过振动检测器检测极耳-转接片焊接接头良品在逐渐变化的激励频率下的振动速度；以及确定极耳-转接片焊接接头良品在振动速度最大时对应的激励频率作为极耳-转接片焊接接头的共振频率。

[0117] 极耳-转接片焊接接头良品是通过以下步骤得到的：获取 X 个极耳-转接片焊接接头中的 Y 个极耳-转接片焊接接头各自的剪切力测试结果，其中，X 个极耳-转接片焊接

接头是在相同工艺条件下焊接的，X 和 Y 为大于 1 的整数，且 Y＜X；响应于 Y 个极耳-转接片焊接接头各自的剪切力测试结果均满足良品评价指标，确定 X 个极耳-转接片焊接接头中的剩余 X-Y 个极耳-转接片焊接接头为至少一个极耳-转接片焊接接头良品。由于电芯制造的一致性较高，在相同工艺条件下焊接得到的同一批极耳-转接片焊接接头之间的焊接差异度较小，因此通过选取在相同工艺条件下焊接得到的同一批次的极耳-转接片焊接接头中的其中一部分进行剪切力测试，当极耳-转接片焊接接头各自的剪切力测试结果均满足良品评价指标，则认为该批次的极耳-转接片焊接接头均符合焊接良品的要求，则可以将剩余 X-Y 个未经过剪切力测试的极耳-转接片焊接接头确定为极耳-转接片焊接接头良品。

[0118] 通过振动发生器的激励频率逐渐变化，能够容易判断在哪个激励频率下极耳-转接片焊接接头良品的振动速度最大，从而得到极耳-转接片焊接接头的共振频率。

[0119] 根据本申请的一些实施例，振动发生器的激励频率按以下方式逐渐变化：振动发生器的激励频率以频率步长从第一频率递增至第二频率，或者以频率步长从第二频率递减至第一频率，其中，第二频率大于第一频率。

[0120] 共振频率是指一个物体或系统在受到外力驱动时，能达到振幅或振动速度最大的固有频率。共振时满足如下关系式：

[0121]
$$s = Ce^{-kt-2\pi tiv_0} + \frac{F}{m} * \frac{\pi(f_0^2 - f^2) + ifk}{4\pi^3(f_0^2 - f^2)^2 + 4\pi f^2 k^2} e^{-2\pi ift}$$

[0122] 其中，s 为振子位移，C 为常数项，e 为自然常数，k 为刚度，t 为时间，i 为振动阶数，v_0 为初始振动速度，F 为振子总力，m 为振子质量，f_0 为焊接良品固有频率，ff 为超声激励频率。

[0123] 作为一种可行的实施方式，振动发生器可以为利用超声波的特性，通过物体的弹性或者介质的非线性效应产生振动的发生装置（例如，超声波换能器）。振动检测器可以为加速度传感器、压电振动传感器、激光测振仪，在此不做特殊限定。

[0124] 以频率步长逐渐增加激励频率，可以观察到极耳-转接片焊接接头良品在不同激励频率下的响应情况，减少过度激励，并能够容易判断在哪个激励频率下极耳-转接片焊接接头良品的振动速度最大，从而得到极耳-转接片焊接接头的共振频率。

[0125] 根据本申请的一些实施例，第一频率为 20kHz，第二频率为 800kHz，并且频率步长为 1 至 5kHz。

[0126] 通过设置合适的频率步长，可以找到较为准确的共振频率，从而提高检测的准确性。

[0127] 请参照图 6，图 6 为本申请一些实施例提供的焊接质量检测系统的结构示意图。本申请实施例提供了一种焊接质量检测系统，包括：振动发生器 8、振动检测器 7 和工控机 11，其中，工控机 11 包括存储器，存储器存储有指令；以及处理器，处理器被配置为执行指令以执行操作，该操作包括：经由振动发生器 8 驱动焊接样品 6 在共振频率下发生振动；获取由振动检测器 7 检测的焊接样品 6 在共振频率下的振动数据；基于振动数据，确定焊接样品 6 的至少一个振动参数；以及响应于至少一个振动参数中的至少一者满足与相应阈值相关联的标准，确定焊接样品 6 存在焊接缺陷。

[0128] 请参照图 7，图 7 为本申请一些实施例提供的工控机的结构框图。工控机 11 旨在表示各种形式的数字电子的计算机设备，诸如，膝上型计算机、台式计算机、工作台、个人数字助理、服务器、刀片式服务器、大型计算机、和其它适合的计算机。本文所示的部件、它们的连接和关系、以及它们的功能仅仅作为示例。

[0129] 如图 7 所示，工控机 11 包括处理器 111，其可以根据存储在只读存储器（ROM）112 中的计算机程序或者从存储单元 118 加载到随机访问存储器（RAM）113 中的指令，来执行各种适当的动作和处理。在 RAM113 中，还可存储工控机 11 操作所需的各种程序和数据。计算单元 111、ROM112 以及 RAM113 通过总线 114 彼此相连。输入/输出（I/O）接口 115 也连接至总线 114。

[0130] 工控机 11 中的多个部件连接至 I/O 接口 115，包括：输入单元 116、输出单元 117、存储单元 118 以及通信单元 119。输入单元 116 可以是能向工控机 11 输入信息的任何类型的设备，输入单元 116 可以接收输入的数字或字符信息，以及产生与电子设备的用户设置和/或功能控制有关的键信号输入，并且可以包括但不限于鼠标、键盘、触摸屏、轨迹板、轨迹球、操作杆、麦克风和/或遥控器。输出单元 117 可以是能呈现信息的任何类型的设备，并且可以包括但不限于显示器、扬声器、视频/音频输出终端、振动器和/或打印机。存储单元 118 可以包括但不限于磁盘、光盘。通信单元 119 允许工控机 11 通过诸如因特网的计算机网络和/或各种电信网络与其他设备交换信息/数据，并且可以包括但不限于调制解调器、网卡、红外通信设备、无线通信收发机和/或芯片组。

[0131] 处理器 111 可以是各种具有处理和计算能力的通用和/或专用处理组件。处理器 111 的一些示例包括但不限于中央处理单元（CPU）、图形处理单元（GPU）、各种专用的人工智能（AI）计算芯片、各种运行机器学习模型算法的计算单元、数字信号处理器（DSP）、

以及任何适当的处理器、控制器、微控制器等。处理器 111 执行上文所描述的各个方法和处理，例如上述各实施例中的焊接质量检测方法。

[0132] 一种焊接质量检测系统通过直接提取焊接样品在共振频率下的振动参数进行缺陷检测，具有检测精度高、便捷高效等特点。如果焊接质量不好，可能会出现断裂或结构破损等问题，如果焊接部位能够在共振频率下保持各项振动参数稳定，说明焊接质量良好，反之如果在共振频率下，各项振动参数满足与相应阈值相关联的标准，则说明焊接部位可能出现问题，一定程度上提高了焊接缺陷的检出率和检测效率。

[0133] 继续参考图 6，根据本申请的一些实施例，一种焊接质量检测系统还包括隔振平台 5，隔振平台 5 用于在焊接样品在共振频率下发生振动期间承载焊接样品。

[0134] 隔振平台 5 可以在振动测试中隔离和控制外部环境对焊接样品的振动干扰，以此来提高测试的准确性。作为一种可行的实施方式，隔振平台 5 可以为气浮隔振平台，通过空气弹簧将平台与其支架隔离，来隔离外部的振动。

[0135] 通过隔振平台 5，能够隔绝环境振动的干扰，提高测量的稳定性和准确性。

[0136] 根据本申请的一些实施例，振动发生器产生的振动波沿第一方向传递至隔振平台，第一方向与隔振平台承载焊接样品的表面之间成锐角 θ。

[0137] 振动发生器是一种设备，用于创建特定的激励频率的振动，振动发生器产生的振动波通常是激励频率的物理表现。振动波的振动频率决定了振动的速度。

[0138] 振动发生器产生的振动波一般是沿着与振动发声器振动方向相同的方向传播的，因此振动发生器的振动方向决定了振动波的原始传播方向。

[0139] 以锐角入射焊接样品，可以减少测量误差，提高检测的精准度。同时，锐角入射可以使得振动的路径更长，可以获取到较为准确的测量结果。

[0140] 根据本申请的一些实施例，锐角 θ 满足：40°≤θ≤60°。

[0141] 以 40°-60°的角度入射焊接样品，可以减少测量误差，提高检测的精准度。同时，以 40°-60°的角度入射可以使得振动的路径更长，可以获取到较为准确的测量结果。

[0142] 根据本申请的一些实施例，振动检测器与焊接样品之间的垂直距离 H 满足：20mm≤H≤50mm。

[0143] 振动检测器与焊接样品之间的垂直距离 H 可以为，振动检测器的检测口与焊接样品距离振动传感器最近的表面之间的最小距离，其中，振动检测器的检测口可以为振动检测器检测位置外壳的开口处，也可以为振动检测器的传感器所在平面。

[0144] 通过调节振动检测器与焊接样品之间的垂直距离，可以减少检测信号的衰减，同时降低环境噪声的干扰，从而提高检测精度。

[0145] 根据本申请的一些实施例，振动发生器包括超声换能器 8，超声换能器 8 用于在激励信号的激励下生成超声波，并将超声波投射至焊接样品 6 上以驱动焊接样品 6 在共振频率下发生振动。

[0146] 超声换能器 8 用于将电压信号转换为超声波，并投射到焊接接头上。超声换能器 8 可以提供非常精确和一致的动力，能够很好地控制振动的频率和振幅。相比其他类型的振动发生器，超声换能器 8 的能量转化效率更高，且体积小易于安装和维护，响应速度也较快，可以在短时间内产生强烈的振动。

[0147] 由于超声换能器 8 产生振动不需要与焊接样品直接接触，在一定程度上避免了振动发生器与焊接样品之间的机械连接，因此通过超声换能器 8 能够一定程度上提高测量的稳定性和检测效率。

[0148] 根据本申请的一些实施例，一种焊接质量检测系统还包括信号发生器 10，用于产生电压信号；以及功率放大器 9，用于放大电压信号以提供激励信号。

[0149] 信号发生器 10 和功率放大器 9 常常配对使用，信号发生器 10 产生所需的电压信号，然后功率放大器 9 放大这个信号，使得激励信号有足够的能量去驱动后续设备进行特定的操作。

[0150] 根据本申请的一些实施例，焊接样品包括电池的极耳-转接片焊接接头。

[0151] 参考图 2，当焊接良品包括电芯 1、极耳 2、转接片 3 和焊接接头 4 时，焊接样品也包括电芯、极耳、转接片和焊接接头。同一待检测的焊接位置对应的焊接样品和焊接良品应基于同一基准。

[0152] 通过获取电池的极耳-转接片焊接接头的振动数据，能够实现针对电池中指定部位的焊接质量进行检测。

[0153] 应当理解，极耳-转接片焊接接头只是一个示例，在其他实施例中，可以针对电池的其他适当的焊接部位进行焊接质量的检测。

[0154] 请参照图 8，图 8 为本申请一些实施例提供的焊接质量检测装置的结构示意图。本申请实施例提供了一种焊接质量检测装置 800，包括：

[0155] 第一模块 801，用于获取由振动检测器检测的焊接样品在共振频率下的振动数据，其中，共振频率为经由振动发生器驱动焊接样品发生振动的激励频率。

[0156] 第二模块 802，用于基于振动数据，确定焊接样品的至少一个振动参数。

[0157] 第三模块 803，用于响应于至少一个振动参数中的至少一者满足与相应阈值相关联的标准，确定焊接样品存在焊接缺陷。

[0158] 由于焊接质量检测装置 800 中的第一模块 801、第二模块 802 和第三模块 803 可以分别对应于如图 1 中的步骤 S110 至 S130，因此这里不再赘述其各个方面的细节。

[0159] 应当注意，本文讨论的各个模块的功能可以分为多个模块，和/或多个模块的至少一些功能可以组合成单个模块。本文讨论的特定模块执行动作包括该特定模块本身执行该动作，或者替换地该特定模块调用或以其他方式访问执行该动作（或结合该特定模块一起执行该动作）的另一个组件或模块。因此，执行动作的特定模块可以包括执行动作的该特定模块本身和/或该特定模块调用或以其他方式访问的、执行动作的另一模块。

[0160] 还应当理解，本文可以在软件硬件元件或程序模块的一般上下文中描述各种技术。上面关于图 8 描述的各个模块可以在硬件中或在结合软件和/或固件的硬件中实现。例如，这些模块可以被实现为计算机程序代码/指令，该计算机程序代码/指令被配置为在一个或多个处理器中执行并存储在计算机可读存储介质中。可替换地，这些模块可以被实现为硬件逻辑/电路。硬件逻辑/电路可以包括集成电路芯片（其包括处理器（例如，中央处理单元（Central Processing Unit，CPU）、微控制器、微处理器、数字信号处理器（Digital Signal Processor，DSP）等）、存储器、一个或多个通信接口、和/或其他电路中的一个或多个部件），并且可以执行所接收的程序代码和/或包括嵌入式固件以执行功能。

[0161] 本申请实施例还提供了一种计算机可读存储介质，其上存储有指令，指令被处理器执行时，使处理器执行如上任意实施例中的焊接质量检测方法。

[0162] 计算机可读存储介质包括通过用于存储信息的任何方法或技术实施的易失性和非易失性、可移除和不可移除介质，信息诸如是计算机可读指令、数据结构、程序模块或者其他数据。计算机可读存储介质包括而不限于 RAM、ROM、EEPROM、闪存或其他存储器技术，CD-ROM、数字通用盘（DVD）、或其他光学存储装置，磁盒、磁带、磁盘存储装置或其他磁性存储设备，或者可以被用来存储信息以供计算机设备访问的任何其他非传送介质。与此相对，通信介质可以在诸如载波或其他传送机制之类的已调制数据信号中实现计算机可读指令、数据结构、程序模块或其他数据。本文所定义的计算机可读存储介质不包括通信介质。

[0163] 本申请实施例还提供了一种计算机程序产品，包括指令，该指令被处理器执行时，使处理器执行如上任意实施例中的焊接质量检测方法。这样的计算机程序或指令已经在上文关于图 7 进行了描述，为了简洁起见，在此不再赘述。

[0164] 根据本申请的一些实施例，如图 1-6 所示，本申请实施例提供了一种焊接质量检测方法，包括了：

[0165] 获取由扫描式激光测振镜头检测的焊接样品在共振频率下的振动数据，其中，共振频率为经由振动发生器驱动焊接样品发生振动的激励频率；基于振动数据，确定焊接样品的至少一个振动参数，振动参数包括表征焊接样品的振形的宽高比、焊接样品的振动速度和焊接样品的焊印区的钎着率中的至少一者；响应于以上至少一个振动参数中的至少一者满足与相应阈值相关联的标准，确定焊接样品存在焊接缺陷。

[0166] 其中，在测量焊接样品之前，通过多个焊接良品在共振频率下的至少一个振动参数各自的取值进行统计得到至少一个振动参数对应的阈值。

[0167] 多个焊接良品中包括铜质的极耳-转接片焊接接头和铝质的极耳-转接片焊接接头：通过拉伸测试，铜质的极耳-转接片焊接接头和铝质的极耳-转接片焊接接头的平均剪切力分别为 256N 与 231N，焊印残留面积分别为 90%与 85%，选取为焊接良品。

[0168] 作为一种可行的实施方式，选取焊接良品共 420 个，420 个焊接良品依据铜质的极耳-转接片焊接接头和铝质的极耳-转接片焊接接头分类，并分批次放在气浮隔振平台上。通过超声换能器激励频率驱动各个批次的焊接良品发生振动，激励频率范围满足 20~800kHz，频率间隔为 1-5kHz，超声入射角度 40-60°，采用扫描式激光测振镜头距离焊接良品约 20-50mm 处探测样品振动信号。作为一种可行的实施方式，激励频率范围满足 20~800kHz，频率间隔为 2kHz，超声入射角度 45°，采用扫描式激光测振镜头距离焊接良品约 40mm 处探测样品振动信号。获得铜质的极耳-转接片焊接接头的焊接良品的平均共振频率为 301kHz，和铝质的极耳-转接片焊接接头焊接良品的平均共振频率为 165kHz。

[0169] 将超声换能器激励频率设置为焊接良品对应的共振频率，分别测得多个焊接良品在共振频率下的振动参数，并基于多个焊接良品的振形的宽高比得到第一阈值 Th1=W/H ≥0.8，其中，W 为振形的宽度，H 为振形的高度。测得多个焊接良品在共振频率下的振动速度，两者的振动速度均小于 1E-05m/s，也即第二阈值为 Th2≤1E-05m/s。测得多个焊接良品在共振频率下的钎着率，两者的钎着率均满足第三阈值 Th3≥0.5。

[0170] 将超声换能器激励频率保持为焊接良品对应的共振频率，分别测得多个焊接样品在共振频率下的振动参数，并将其与第一阈值、第二阈值和第三阈值中的至少一者进行比较，响应于以上至少一个振动参数中的至少一者满足与相应阈值相关联的标准，也即，当焊接样品的振形的宽高比小于第一阈值、焊接样品的振动速度大于第二阈值，以及焊

接样品焊印区的钎着率小于第三阈值，三个条件中至少满足一者时，则输出焊接样品存在焊接缺陷，从而检测并拦截了相应焊接样品中的质量缺陷。

[0171] 最后应说明的是：以上各实施例仅用以说明本申请的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述各实施例对本申请进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本申请各实施例技术方案的范围，其均应涵盖在本申请的权利要求和说明书的范围当中。尤其是，只要不存在结构冲突，各个实施例中所提到的各项技术特征均可以任意方式组合起来。本申请并不局限于文中公开的特定实施例，而是包括落入权利要求的范围内的所有技术方案。

权 利 要 求 书

1. 一种焊接质量检测方法，包括：

获取由振动检测器检测的焊接样品在共振频率下的振动数据，其中，所述共振频率为经由振动发生器驱动所述焊接样品发生振动的激励频率；

基于所述振动数据，确定所述焊接样品的至少一个振动参数；以及

响应于所述至少一个振动参数中的至少一者满足与相应阈值相关联的标准，确定所述焊接样品存在焊接缺陷。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述至少一个振动参数各自的阈值是通过对至少一个焊接良品在所述共振频率下的所述至少一个振动参数各自的取值分别进行统计而得到的。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其中，所述共振频率是通过对至少一个焊接良品的最大振动速度进行检测而得到的。

4. 根据权利要求 2 或 3 所述的方法，其中，所述至少一个焊接良品是通过以下步骤得到的：

获取 N 个焊接样品中的 M 个焊接样品各自的剪切力测试结果，其中，所述 N 个焊接样品是在相同工艺条件下焊接的，N 和 M 为大于 1 的整数，且 M＜N；

响应于所述 M 个焊接样品各自的剪切力测试结果均满足良品评价指标，确定所述 N 个焊接样品中的剩余 N-M 个焊接样品为所述至少一个焊接良品。

5. 根据权利要求 4 所述的方法，其中，对于所述 M 个焊接样品中的每个焊接样品，所述剪切力测试结果包括该焊接样品在剪切力下的焊印残留率，其中，所述焊印残留率为该焊接样品在所述剪切力下进行拉伸后的残留焊点数量与该焊接样品的总焊点数量之比。

6. 根据权利要求 5 所述的方法，其中，对于所述 M 个焊接样品中的每个焊接样品，所述良品评价指标包括：

100N≤τ≤800N，τ 为该焊接良品承受的剪切力；

0.5≤R≤1，R 为该焊接良品的焊印残留率。

7. 根据权利要求 1-6 中任一项所述的方法，其中，所述至少一个振动参数包括表征所述焊接样品的振形的特征参数、所述焊接样品的振动速度和所述焊接样品的焊印区的钎着率中的至少一者，其中，所述钎着率为所述焊印区内的钎着区域的面积与所述焊印区的面积之比。

8. 根据权利要求 7 所述的方法，其中，所述振形的特征参数包括所述振形的宽高比。

9. 根据权利要求 8 所述的方法，其中，所述相应阈值包括针对所述振形的宽高比的第一阈值，并且与所述第一阈值相关联的标准为：所述振形的宽高比小于所述第一阈值。

10. 根据权利要求 7-9 中任一项所述的方法，其中，所述相应阈值包括针对所述焊接样品的振动速度的第二阈值，并且与所述第二阈值相关联的标准为：所述焊接样品的振动速度大于所述第二阈值。

11. 根据权利要求 7-10 中任一项所述的方法，其中，所述相应阈值包括针对所述焊印区的钎着率的第三阈值，并且与所述第三阈值相关联的标准为：所述焊印区的钎着率小于所述第三阈值。

12. 根据权利要求 1-11 中任一项所述的方法，其中，所述焊接样品包括电池的极耳-转接片焊接接头。

13. 根据权利要求 12 所述的方法，其中，所述极耳-转接片焊接接头的共振频率是通过以下步骤得到的：

通过所述振动发生器驱动极耳-转接片焊接接头良品发生振动，其中，所述振动发生器的激励频率逐渐变化；

通过所述振动检测器检测所述极耳-转接片焊接接头良品在逐渐变化的所述激励频率下的振动速度；以及

确定所述极耳-转接片焊接接头良品在振动速度最大时对应的激励频率作为所述极耳-转接片焊接接头的共振频率。

14. 根据权利要求 13 所述的方法，其中，所述振动发生器的激励频率按以下方式逐渐变化：

所述振动发生器的激励频率以频率步长从第一频率递增至第二频率，或者以所述频率步长从所述第二频率递减至所述第一频率，其中，所述第二频率大于所述第一频率。

15. 根据权利要求 14 所述的方法，其中，所述第一频率为 20kHz，所述第二频率为 800kHz，并且所述频率步长为 1 至 5kHz。

16. 一种焊接质量检测系统，包括：

振动发生器；

振动检测器；

存储器，所述存储器存储有指令；以及

处理器，所述处理器被配置为执行所述指令以执行操作，所述操作包括：

获取由所述振动检测器检测的焊接样品在共振频率下的振动数据，其中，所述共振频率为经由所述振动发生器驱动所述焊接样品发生振动的激励频率；

基于所述振动数据，确定所述焊接样品的至少一个振动参数；以及

响应于所述至少一个振动参数中的至少一者满足与相应阈值相关联的标准，确定所述焊接样品存在焊接缺陷。

17. 根据权利要求 16 所述的焊接质量检测系统，其中，还包括隔振平台，所述隔振平台用于在所述焊接样品在所述共振频率下发生振动期间承载所述焊接样品。

18. 根据权利要求 17 所述的焊接质量检测系统，其中，所述振动发生器产生的振动波沿第一方向传递至所述隔振平台，所述第一方向与所述隔振平台承载所述焊接样品的表面之间成锐角 θ。

19. 根据权利要求 18 所述的焊接质量检测系统，其中，所述锐角 θ 满足：$40° \leqslant \theta \leqslant 60°$。

20. 根据权利要求 16-19 中任一项所述的焊接质量检测系统，其中，所述振动检测器与所述焊接样品之间的垂直距离 H 满足：20mm≤H≤50mm。

21. 根据权利要求 16-20 中任一项所述的焊接质量检测系统，其中，所述振动发生器包括超声换能器，所述超声换能器用于在激励信号的激励下生成超声波，并将所述超声波投射至所述焊接样品上以驱动所述焊接样品在所述共振频率下发生振动。

22. 根据权利要求 21 所述的焊接质量检测系统，其中，还包括：

信号发生器，用于产生电压信号；以及

功率放大器，用于放大所述电压信号以提供所述激励信号。

23. 根据权利要求 16-22 中任一项所述的焊接质量检测系统，其中，所述焊接样品包括电池的极耳-转接片焊接接头。

24. 一种焊接质量检测装置，包括：

第一模块，用于获取由振动检测器检测的焊接样品在共振频率下的振动数据，其中，所述共振频率为经由所述振动发生器驱动所述焊接样品发生振动的激励频率；

第二模块，用于基于所述振动数据，确定所述焊接样品的至少一个振动参数；以及

第三模块，用于响应于所述至少一个振动参数中的至少一者满足与相应阈值相关联的标准，确定所述焊接样品存在焊接缺陷。

25. 一种计算机可读存储介质，其上存储有指令，所述指令被处理器执行时，使所述处理器执行权利要求 1-15 中任一项所述的方法。

26. 一种计算机程序产品，包括指令，所述指令被处理器执行时，使所述处理器执行权利要求 1-15 中任一项所述的方法。

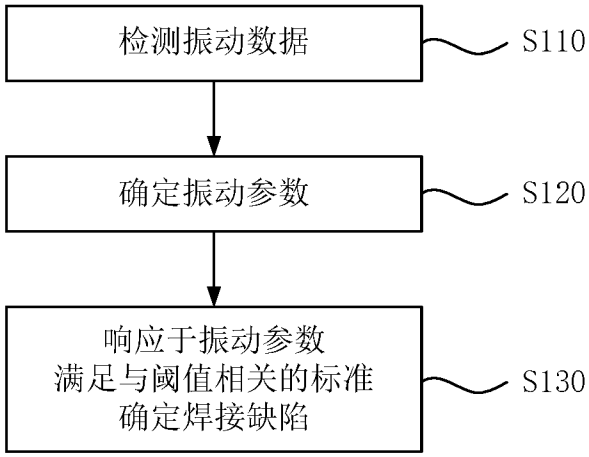

检测振动数据
S110
确定振动参数
S120
响应于振动参数
满足与阈值相关的标准
确定焊接缺陷
S130

图 1

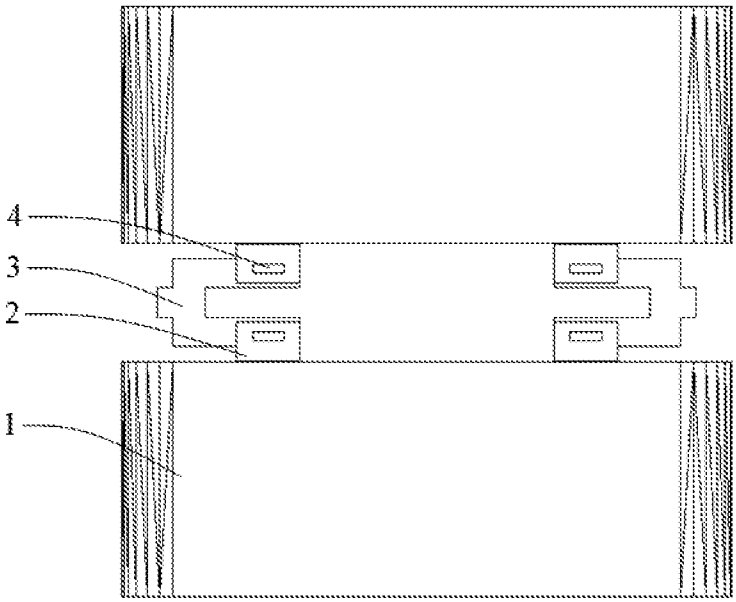

4
3
2
1

图 2

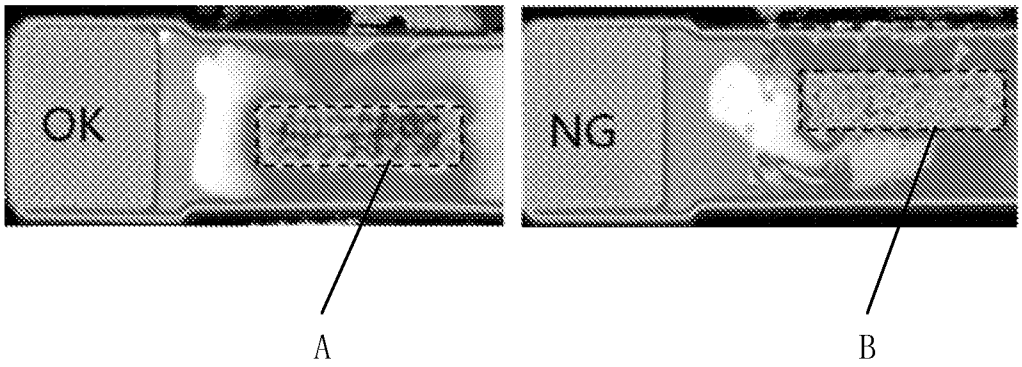


图 3

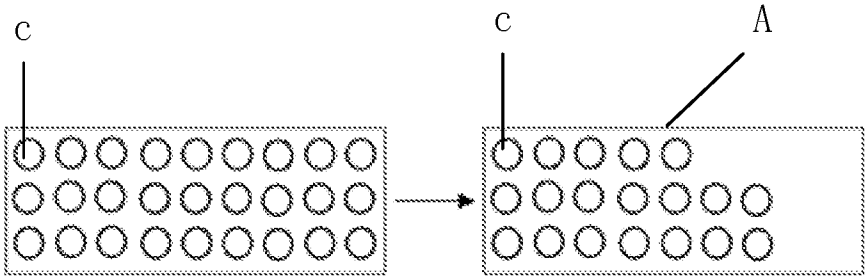


图 4

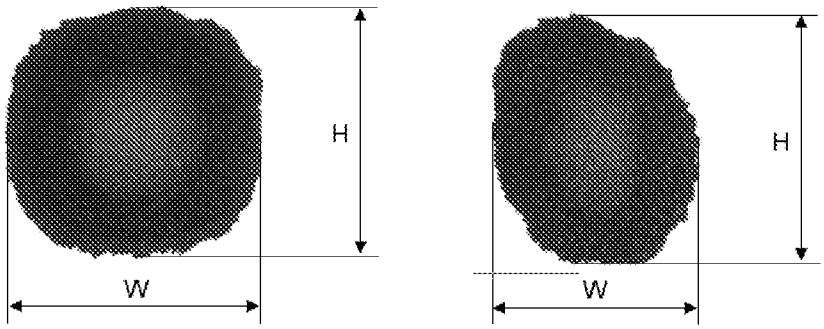


图 5

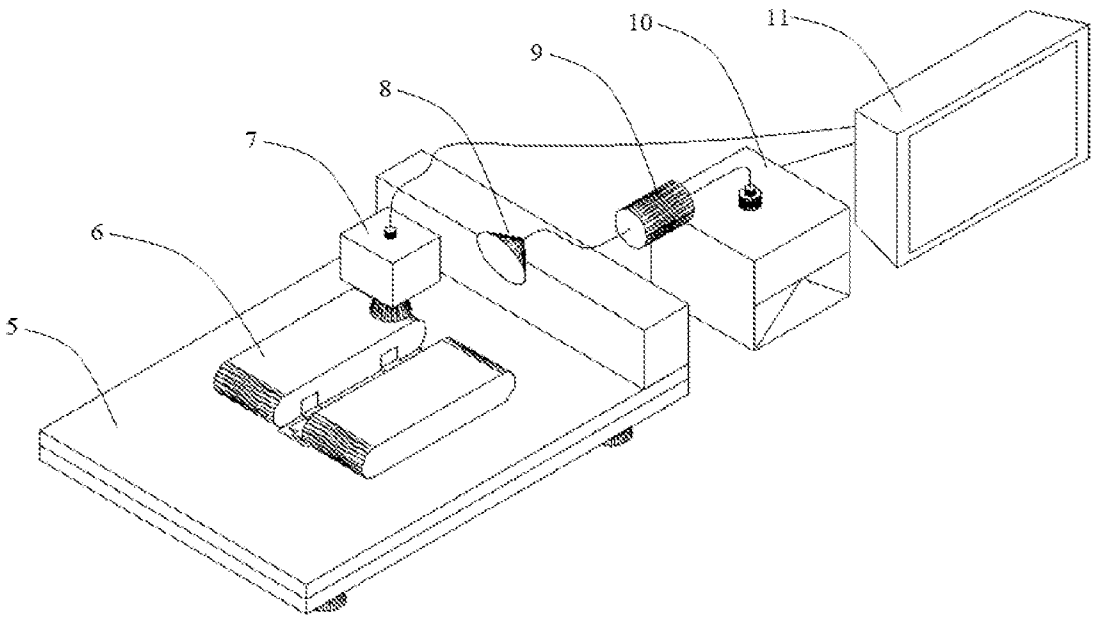


图 6

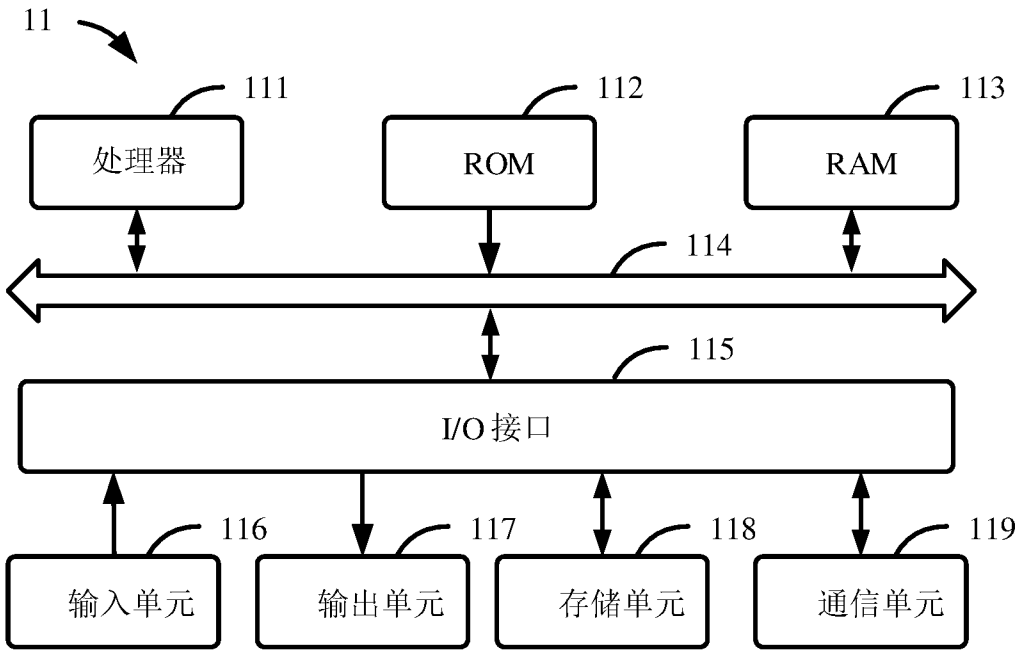

11
111
处理器
112
ROM
113
RAM
114
115
I/O 接口
116
输入单元
117
输出单元
118
存储单元
119
通信单元

图 7

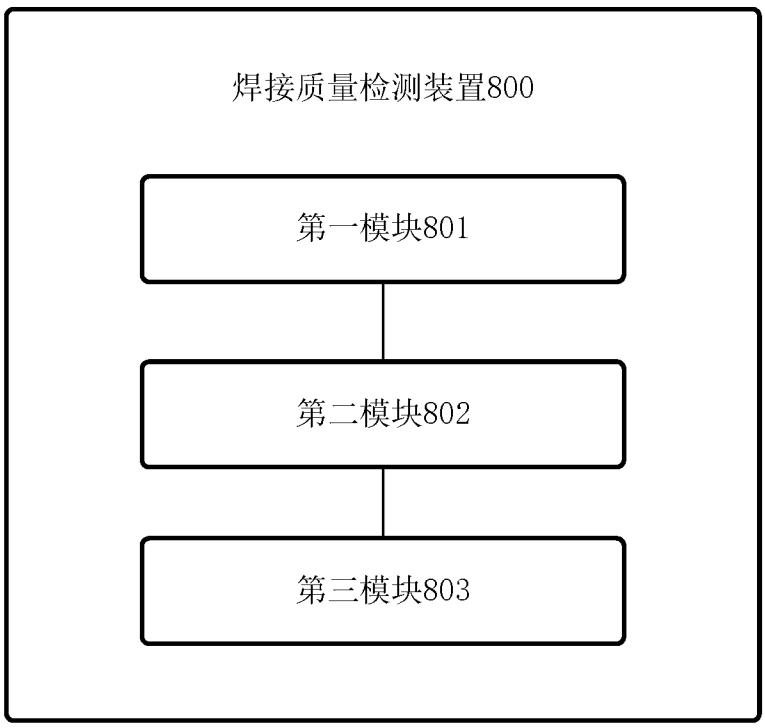

焊接质量检测装置800
第一模块801
第二模块802
第三模块803

图 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2023/122918

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N 19/08(2006.01)i

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: G01N

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 practicable, search terms used)

CNABS; CNTXT; CNKI; IEEE; VEN; ENTXTC: 宁德时代新能源科技股份有限公司, 吴凯, 孙龙利, 丁宇, 电池, 极耳, 转接片, 焊接, 焊缝, 振动, 缺陷, 共振, 频率, 阈值, 剪切力, 振动速度, 振动形状, 振形, 钎着率, batter+, tab+, adapter+, weld+, vibrat+, defect+, resonanc+, frequenc+, threshold+, shear forc+, speed+, shap+, braz+ rate

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 116413199 A (1MORE ACOUSTICS CO., LTD.) 11 July 2023 (2023-07-11) description, paragraphs [0042]-[0053], and figure 1	1-26
A	CN 110261483 A (SANY AUTOMOBILE HOISTING MACHINERY CO., LTD.) 20 September 2019 (2019-09-20) entire document	1-26
A	CN 115541715 A (JIANGSU CONTEMPORARY AMPEREX TECHNOLOGY LTD.) 30 December 2022 (2022-12-30) entire document	1-26
A	CN 115805393 A (RUIPU LANJUN ENERGY CO., LTD.) 17 March 2023 (2023-03-17) entire document	1-26

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"D" document cited by the applicant in the international application
"E" earlier application or patent 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
22 November 2023	**05 December 2023**

Name and mailing address of the ISA/CN	Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) **China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2023/122918

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN 116413199 A	11 July 2023	None	
CN 110261483 A	20 September 2019	None	
CN 115541715 A	30 December 2022	None	
CN 115805393 A	17 March 2023	None	

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2023/122918

A. 主题的分类

G01N 19/08(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC：G01N

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用））

CNABS;CNTXT;CNKI;IEEE;VEN;ENTXTC:宁德时代新能源科技股份有限公司，吴凯，孙龙利，丁宇，电池，极耳，转接片，焊接，焊缝，振动，缺陷，共振，频率，阈值，剪切力，振动速度，振动形状，振形，钎着率，batter+，tab+，adapter+，weld+，vibrat+，defect+，resonanc+， frequenc+，threshold+，shear forc+，speed+，shap+，braz+ rate

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 116413199 A (万魔声学股份有限公司) 2023年7月11日 (2023 - 07 - 11) 说明书第[0042]-[0053]段，图1	1-26
A	CN 110261483 A (三一汽车起重机械有限公司) 2019年9月20日 (2019 - 09 - 20) 全文	1-26
A	CN 115541715 A (江苏时代新能源科技有限公司) 2022年12月30日 (2022 - 12 - 30) 全文	1-26
A	CN 115805393 A (瑞浦兰钧能源股份有限公司) 2023年3月17日 (2023 - 03 - 17) 全文	1-26

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“D” 申请人在国际申请中引证的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件，或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件（如具体说明的）

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布，与申请不相抵触，但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件，单独考虑该文件，认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件，当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时，要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2023年11月22日	2023年12月5日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088	受权官员 屈海京 电话号码 (+86) 0512-88997544

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2023/122918

检索报告引用的专利文件	公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN 116413199 A	2023年7月11日	无	
CN 110261483 A	2019年9月20日	无	
CN 115541715 A	2022年12月30日	无	
CN 115805393 A	2023年3月17日	无	