



SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,  
US, UZ, VC, VN, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,  
NA, RW, 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, 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))。

non-destructive, convenient and intelligent detection of a change in a dielectric property during a drying process of fruits and vegetables, and providing a powerful basis for adjusting and controlling a microwave power during intelligent drying.

(57) 摘要: 一种低场核磁智能检测微波真空干燥果蔬介电特性的装置及方法, 采用微波真空干燥技术进行果蔬干燥, 干燥过程中阶段性取样, 对样品进行低场核磁共振分析, 同样的样品采用矢量网络分析仪(11)测定介电特性。对得到的样品介电特性数据和核磁结果参数进行分析, 采用偏最小二乘回归法建立表达两者关系的回归模型, 依据此模型进行未知样品的介电特性预测。利用低场核磁共振技术, 解决原有果蔬介电特性检测中对物料形状和厚度的特殊要求, 实现果蔬干燥过程中介电特性变化的无损、便捷、智能检测, 为智能干燥中微波功率的调控提供有力依据。

# 一种低场核磁智能检测微波真空干燥果蔬介电特性的装置及方法

## 技术领域

[0001] 本发明涉及一种低场核磁智能检测微波真空干燥果蔬介电特性的装置及方法，属于果蔬干燥品质智能化识别技术领域。

## 背景技术

[0002] 果蔬作为人类食物的重要组成部分，具有很高的市场占有率，其丰富的维生素，有机酸及活性物质等对人体健康大有益处。然而含水量高，易腐烂以及季节性强的特点，使得果蔬采后的加工显得尤为重要。通过干燥的方式，将果蔬制成成品，不但延长了货架期，对果蔬的深加工又可促进果蔬产业的进一步发展。可用于果蔬干燥的技术很多，传统的热风干燥操作简便，费用低，但干燥过程在高温有氧条件下进行，对果蔬中的维生素、多酚等营养成分具有降解作用，降低了产品的营养价值。相反，冷冻干燥可最大程度的保留果蔬的营养成分，但干燥时间长，费用高。微波真空干燥技术利用微波的内部加热特性对物料进行快速干燥，真空环境可降低水分蒸发温度加速干燥进程，并且减少由氧化反应引起的果蔬营养成分的损失。提到微波干燥，不得不提的一个概念便是物料的介电特性，它是影响微波干燥的重要参数。其中介电常数( $\epsilon'$ )表示物料耦合微波，储存微波的能力；介电损耗因子( $\epsilon''$ )表示物料吸收微波的能力。物料的干燥特性受其介电特性的直接影响。

[0003] 当前干燥行业蓬勃发展，人们已不满足于基础的干燥方式，对于干燥过程自动化、智能化检测与控制的要求越来越高，以传感器、智能检测方法、实时反馈智能控制系统为核心的智能一体化控制装备的应用是干燥设备发展的必然趋势。

[0004] 低场核磁共振(LF-NMR)技术是一种快速、灵敏的新型无损检测技术，被广泛用于食品中水分流动性和分布特征的分析。食品中组分与水存在复杂的相互作用，通过水分状态的测定间接反映不同成分的信息，基于此理论，低场核磁共振技术被广泛用作食品体系加工处理过程中各组分快速检测的手段。依据核

磁共振技术对同一物种不同品种差别的灵敏响应识别，该技术被用作不同品质食品的区分。谭明乾等（专利公开号：106018452A）公开了一种基于核磁共振技术的花生品种无损检测方法，采用主成分分析法对各花生样品的CPMG序列反演数据进行处理，得到各花生样品的主成分得分散点图；采用相同的CPMG序列对未知品种花生样本进行核磁共振横向弛豫扫描，对获得的CPMG序列反演数据进行主成分分析，对照已建立的主成分得分散点图确定未知品种花生样本的品种。谭明乾等（专利公开号：CN105806872A）采用类似的分析方法公开了利用低场核磁技术鉴别不同鳃鱼卵的方法。不同于上述两者从宏观上对花生和鳃鱼卵品种的鉴别，本专利是对果蔬特定品质——介电特性的准确预测。

[0005] 食品加工处理过程常伴随理化性质的变化，常规的物理化学分析手段耗时且具有破坏性，低场核磁共振技术的快速无损检测在加工过程品质的监控中表现出突出优势。谭明乾等（专利公开号：CN105424739A）公开了一种基于核磁共振技术无损检测海参自溶的方法，采用磁共振分析仪采集海参样品的CPMG序列并进行数据反演得出横向弛豫图谱，根据弛豫峰左移的程度判断海参体内自由水含量的变化。并利用核磁共振分析仪的成像功能获取海参样品的  $T_1$  和  $T_2$  加权成像，从图像直观判断结合水和自由水在储藏过程中的变化。谭明乾等（专利公开号：106018453A）还公开了一种基于低场核磁共振技术的鱼子酱品质快速检测方法，建立鱼子酱在腌渍加工和贮藏过程中水分含量、脂肪含量和色差值信息数据库，通过相关性分析和数据库信息比对评价未知鱼子酱的品质。Li等（2014）利用低场核磁共振技术检测鸡胸肉干燥过程水分状态的变化，发现核磁共振参数与鸡胸肉含水量及剪切力之间的相关性。上述依据核磁参数和图像判断水分状态的变化及通过相关性进行品质鉴定的方法准确性有待提高，本专利建立的偏最小二乘回归模型提高了预测的准确性。

[0006] 低场核磁共振技术不仅可以宏观判断食品加工过程品质变化的大体趋势，大量研究证明其在准确预测化学成分含量及物理特性方面也有突出表现，且该类研究一般需要结合模型分析手段。Zhang等（2017）建立了低场核磁共振参数与发酵香肠水分含量之间的线性方程，关系方程在特定含油量的样品间表现出很好的预测性能。谭明乾等（专利公开号：CN105606637A）公开了一种利用低场核

磁共振技术检测鲍鱼中水分和脂肪含量的方法，通过CPMG序列对鲍鱼样品分别进行核磁共振横向弛豫扫描得到相关参数，同时采用传统方法测定鲍鱼含水量和脂肪含量，建立基于低场核磁共振技术的鲍鱼水分和脂肪含量的回归模型，以此为基础，对未知鲍鱼样品采用相同的CPMG序列进行核磁共振横向弛豫扫描，通过已建立的回归模型预测其含水量和脂肪含量。Thybo等（2003）及Hansen等（2010）采用低场核磁共振分析仪对土豆样品的响应参数变化规律进行测定，并结合干物质含量的实测值，采用单变量线性回归和多变量偏最小二乘回归模型建立两者之间的关系，实现快速检测。这些研究以低场核磁共振技术为基础，结合了一定的数学分析手段，如线性回归、多变量偏最小二乘回归等建立核磁响应参数与研究对象品质指标的关系，从而实现快速检测。本专利与其相比突出特点在于，自主设计了一套基于低场核磁的微波干燥果蔬介电特性智能检测的装置，可实现干燥过程果蔬介电特性的智能检测。

[0007] 本发明中，干燥加工中物料水分含量、状态处于不断变化的过程，对其有依赖性的介电特性也处于不断的变化中。利用核磁共振技术的检测原理，氢质子在磁场中受到脉冲激发得到的横向弛豫时间信号，弛豫信号强度与被测样品中所含具有固定磁矩的原子核数目成正比，信号衰减过程与被测物质的成分结构密切相关，可以提供核内部的物理化学环境等有价值的信息。

[0008] 本发明设计了一套基于低场核磁的微波干燥果蔬介电特性智能检测的装置，对微波干燥过程中果蔬的介电特性和弛豫特征进行多点采集，将获取的数据采用偏最小二乘法建立回归模型，以实现对未知样品介电特性的快速检测，并对配套实验装置做出详细介绍。

## 发明概述

## 技术问题

[0009] 本发明的目的是提供一种低场核磁智能检测微波真空干燥果蔬介电特性的装置及方法，利用低场核磁共振技术，对干燥过程中物料的介电特性进行无损、智能检测，并介绍配套检测装置，为智能化干燥的发展贡献力量。

## 问题的解决方案

## 技术解决方案

- [0010] 一种低场核磁智能检测微波真空干燥果蔬介电特性的装置，该装置包括微波真空干燥箱1、样品颗粒2、吸料口3、微波源4、取料阀5、分离器6、放气阀7、油封真空泵8、水环真空泵9、进样电磁阀10、矢量网络分析仪11、工控机12和低场核磁共振仪13；
- [0011] 所述的微波真空干燥箱1中设置多层载物盘，载物盘上铺放样品颗粒2，样品颗粒2的上方设置吸料口3，吸料口3通过管道与微波真空干燥箱1外部的分离器6，吸料口3与分离器6之间的管道上设置取料阀5，用于控制进入分离器6的样品颗粒2的量；分离器6的下端连接低场核磁共振仪13，二者之间设置进样电磁阀10，用于控制进入低场核磁共振仪13的样品颗粒2的量；低场核磁共振仪13依次与工控机12、矢量网络分析仪11相连；分离器6的侧端连接油封真空泵8，二者之间设置放气阀7；微波真空干燥箱1的底部通过管道与水环真空泵9相连，微波真空干燥箱1顶部设置微波源4，用于为微波真空干燥箱1提供微波能量。
- [0012] 进一步的，所述的微波真空干燥箱1的装机功率为5 kW，真空度调节范围为15-101 kPa。
- [0013] 进一步的，所述的矢量网络分析仪11包括E5062A型矢量网络分析仪及配套测定探头。
- [0014] 进一步的，所述的低场核磁共振仪13为PQ001型低场核磁共振分析仪。
- [0015] 装置使用步骤如下：首先，开启微波真空干燥箱1、矢量网络分析仪11、工控机12及低场核磁共振仪13。在微波真空干燥箱1中的载物盘上铺放样品颗粒2，设置微波真空干燥箱1相应的参数，取料阀5、放气阀7、进样电磁阀10保持关闭状态，开启水环真空泵9，待真空度到达设定值时，开启微波源4，干燥开始。其次，干燥到达设定时间后，关闭微波源4、水环真空泵9，开启油封真空泵8，将分离器6抽真空，当其真空度低于微波真空干燥箱1设置的真空度，关闭油封真空泵8，调节取料阀5，样品颗粒2部分通过上方吸料口3进入分离器6，关闭取料阀5，开启放气阀7，样品颗粒2进入分离器6的底部，开启进样电磁阀10，样品进入低场核磁共振仪13进行核磁数据采集，同时矢量网络分析仪11通过工控机12采集样品介电特性；最后，上述过程完成后，关闭放气阀7、进样电磁阀10，开启水环真空泵9，待真空度到达设定值，开启微波源4，干燥继续。

[0016] 一种低场核磁智能检测微波真空干燥果蔬介电特性的方法，主要包括以下步骤：

[0017] (1) 微波真空干燥：将切割处理后的果蔬样品置于载物盘中，设置微波加载功率，在绝对真空度15 kPa下进行微波真空干燥，在整个微波真空干燥过程中进行阶段性取样；

[0018] (2) 介电特性的测定：采用矢量网络分析仪11对采集的样品颗粒2进行介电特性的测定；采用频率扫描的方法获得100-3000 MHz范围的介电图谱，选取915和2450 MHz两点的介电常数和损耗因子值作为样品介电特性的结果。

[0019] (3) 低场核磁共振分析：对采集的样品颗粒2进行低场核磁共振分析，得到样品颗粒2的弛豫时间  $T_2$  曲线和各项响应信号参数；所述的各项响应信号参数包括横向弛豫时间和峰面积，所述横向弛豫时间包括结合水弛豫时间  $T_{21}$ 、不易流动水弛豫时间  $T_{22}$ 、自由水弛豫时间  $T_{23}$  共3种；所述峰面积包括结合水峰面积  $A_{21}$ 、不易流动水峰面积  $A_{22}$ 、自由水峰面积  $A_{23}$  和全部水的峰面积  $A$  共4种；

[0020] (4) 基于低场核磁的微波真空干燥果蔬介电特性预测模型的建立与评价：通过单次干燥实验阶段性取样及重复干燥实验得到大量样品介电特性与其对应的核磁响应信号参数数据库，采用偏最小二乘法建立回归模型，并依据回归模型预测值与实际测定值的相关系数  $R^2$  和均方根误差RMSE进行评价；

[0021] (5) 果蔬介电特性的智能检测：对未知的样品进行低场核磁共振分析，调用步骤(4)中得到回归模型预测当前样品的介电特性。

[0022] 所述步骤(3)低场核磁共振分析采用Carr-Purcell-Meiboom-Gill (CPMG)脉冲序列采集质子衰变信号，获得CPMG衰减曲线，具体采集参数为：TW (等待时间)设置范围为1000-10000 ms，TE (回波时间) = 0-1 ms，NECH (回波数) = 1000-10000，NS (扫描次数) = 4、8、16、32，将CPMG衰减曲线使用SRIT算法进行多指数拟合，获得样品的横向弛豫时间  $T_2$  曲线及对应的核磁响应信号参数。

[0023] 所述步骤(4)中所述样品介电特性与其对应的核磁响应信号参数建立关系方程时，需要对峰面积作质量归一化处理。

[0024] 所述步骤(4)中所述样品核磁响应信号参数中不同组分水的弛豫时间及峰面

积与介电特性建立回归模型时，需要保证待测试样的一致性。

## 发明的有益效果

### 有益效果

- [0025] (1) 本发明利用低场核磁共振的检测技术，解决原有果蔬介电特性检测中对物料形状和厚度的特殊要求，实现无损、便捷、智能检测，提高了检测工作效率及产品完整性。(2) 本发明操作方便、流程简单，模型预测性能好，检测结果准确性高、耗时短，可以实现干燥过程物料介电特性变化的有效监测。(3) 本发明提出的方法可以精确有效判断果蔬干燥过程中介电特性变化，为智能干燥中微波功率的调控提供有力依据。

## 对附图的简要说明

### 附图说明

- [0026] 图1为实验装置示意图。
- [0027] 图2山药微波真空干过程  $T_2$  曲线。
- [0028] 图3为未知山药样品的模型预测值与测定值的关系。其中，(a) 为介电常数 $\epsilon'$ ，(b) 为损耗因子 $\epsilon''$ 。
- [0029] 图4为苹果微波真空干过程  $T_2$  曲线。
- [0030] 图5为未知苹果品的模型预测值与测定值的关系。其中，(a) 为介电常数 $\epsilon'$ ，(b) 为损耗因子 $\epsilon''$ 。
- [0031] 图中：1微波真空干燥箱；2样品颗粒；3吸料口；4微波源；5取料阀；6分离器；7放气阀；8油封真空泵；9水环真空泵；10进样电磁阀；11矢量网络分析仪；12工控机；13低场核磁共振仪。

## 发明实施例

### 本发明的实施方式

- [0032] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。
- [0033] 实施例1：基于低场核磁的微波干燥山药介电特性智能检测取经清洗、去皮、

切片的山药100 g，于微波真空干燥箱内开展干燥，微波功率设置为400 W，真空度15 kPa，干燥过程中每10 min取样一次进行低场核磁共振分析，具体采集参数为：TW (等待时间) = 3000 ms，TE (回波时间) = 0.6 ms，NECH (回波数) = 5000，NS (扫描次数) = 16，将CPMG衰减曲线使用SRIT算法进行多指数拟合，得到样品的横向弛豫时间  $T_2$  曲线（如图2）及各响应信号参数，图中坐标轴自左向右出现的峰分别代表结合水峰、不易流动水峰和自由水峰。并采用矢量网络分析仪测定对应样品在2450 MHz下的介电特性。经多次重复实验得到大量样品介电特性与其对应的核磁响应参数的数据库，采用偏最小二乘法建立回归模型，山药介电常数 $\epsilon'$ 的回归模型  $R^2$ 和RMSE分别为0.978和2.782，损耗因子 $\epsilon''$ 的回归模型  $R^2$ 和RMSE分别为0.918和1.093，具有很好的模型性能。在介电特性智能检测中，将未知山药样品置于图1所示装置的干燥仓内进行干燥，当干燥进行至选定的任意时间点时，关闭微波，打开取料阀使物料吸取至核磁检测设备放样槽中，对样品的水分状态进行在线检测，将上述已建立的模型用于介电特性的预测，重复多点采集核磁信号并预测其介电特性，得到 $\epsilon'$ 和 $\epsilon''$ 预测值与测定值的关系如图3，具有很好的预测性能。

[0034] 实施例2：基于低场核磁的微波干燥苹果介电特性智能检测取经清洗、去皮、切片的苹果100 g，于微波真空干燥箱内开展干燥，微波功率设置为600 W，真空度15 kPa，干燥过程中每5 min取样一次进行低场核磁共振分析，具体采集参数为：TW (等待时间) = 5000 ms，TE (回波时间) = 0.8 ms，NECH (回波数) = 5000，NS (扫描次数) = 32，将CPMG衰减曲线使用SRIT算法进行多指数拟合，得到样品的横向弛豫时间  $T_2$  曲线（如图4）及各响应信号参数。并采用矢量网络分析仪测定对应样品在915 MHz下的介电特性。经多次重复实验得到大量样品介电特性与其对应的核磁响应参数的数据库，采用偏最小二乘法建立回归模型，苹果介电常数 $\epsilon'$ 的回归模型  $R^2$ 和RMSE分别为0.971和2.499，损耗因子 $\epsilon''$ 的回归模型  $R^2$ 和RMSE分别为0.936和1.271，表现出很好的模型性能。在介电特性智能检测中，将未知苹果样品置于图1所示装置的干燥仓内进行干燥，当干燥进行至选定的任意时间点时，关闭微波，打开取料阀使物料吸取至核磁检测设备放样槽中，对样品的水分状态进行在线检测，将上述已建立的模型用于苹果介电特性的预

测，重复多点采集核磁信号并预测其介电特性，得到 $\epsilon'$ 和 $\epsilon''$ 预测值与测定值的关系如图5，具有很好的预测性能。

## 权利要求书

- [权利要求 1] 一种低场核磁智能检测微波真空干燥果蔬介电特性的装置，其特征在于，该装置包括微波真空干燥箱（1）、样品颗粒（2）、吸料口（3）、微波源（4）、取料阀（5）、分离器（6）、放气阀（7）、油封真空泵（8）、水环真空泵（9）、进样电磁阀（10）、矢量网络分析仪（11）、工控机（12）和低场核磁共振仪（13）；
- 所述的微波真空干燥箱（1）中设置多层载物盘，载物盘上铺放样品颗粒（2），样品颗粒（2）的上方设置吸料口（3），吸料口（3）通过管道与微波真空干燥箱（1）外部的分离器（6）相连，吸料口（3）与分离器（6）之间的管道上设置取料阀（5），用于控制进入分离器（6）的样品颗粒（2）的量；分离器（6）的下端连接低场核磁共振仪（13），二者之间设置进样电磁阀（10），用于控制进入低场核磁共振仪（13）的样品颗粒（2）的量；低场核磁共振仪（13）依次与工控机（12）、矢量网络分析仪（11）相连；分离器（6）的侧端连接油封真空泵（8），二者之间设置放气阀（7）；微波真空干燥箱（1）的底部通过管道与水环真空泵（9）相连，微波真空干燥箱（1）顶部设置微波源（4），用于为微波真空干燥箱（1）提供微波能量。
- [权利要求 2] 根据权利要求1所述的装置，其特征在于，所述的微波真空干燥箱（1）的装机功率为5 kW，真空度调节范围为15-101 kPa。
- [权利要求 3] 根据权利要求1或2所述的装置，其特征在于，所述的矢量网络分析仪（11）包括E5062A型矢量网络分析仪及配套测定探头。
- [权利要求 4] 根据权利要求1或2所述的装置，其特征在于，所述的低场核磁共振仪（13）为PQ001型低场核磁共振分析仪。
- [权利要求 5] 根据权利要求3所述的装置，其特征在于，所述的低场核磁共振仪（13）为PQ001型低场核磁共振分析仪。
- [权利要求 6] 采用权利要求1-5任一所述的装置的一种低场核磁智能检测微波真空干燥果蔬介电特性的方法，其特征在于，包括以下步骤：

(1) 微波真空干燥：将切割处理后的果蔬样品置于载物盘中，设置微波加载功率，在绝对真空度15 kPa下进行微波真空干燥，在整个微波真空干燥过程中进行阶段性取样；

(2) 介电特性的测定：采用矢量网络分析仪 (11) 对采集的样品颗粒 (2) 进行介电特性的测定；采用频率扫描的方法获得100-3000 MHz范围的介电图谱，选取915和2450 MHz两点的介电常数和损耗因子值作为样品介电特性的结果；

(3) 低场核磁共振分析：对采集的样品颗粒 (2) 进行低场核磁共振分析，得到样品颗粒 (2) 的弛豫时间  $T_2$  曲线和各项响应信号参数；所述的各项响应信号参数包括横向弛豫时间和峰面积，所述横向弛豫时间包括结合水弛豫时间  $T_{21}$ 、不易流动水弛豫时间  $T_{22}$ 、自由水弛豫时间  $T_{23}$  共3种；所述峰面积包括结合水峰面积  $A_{21}$ 、不易流动水峰面积  $A_{22}$ 、自由水峰面积  $A_{23}$  和全部水的峰面积  $A$  共4种；

(4) 基于低场核磁的微波真空干燥果蔬介电特性预测模型的建立与评价：通过单次干燥实验阶段性取样及重复干燥实验得到大量样品介电特性与其对应的核磁响应信号参数数据库，采用偏最小二乘法建立回归模型，并依据回归模型预测值与实际测定值的相关系数  $R^2$  和均方根误差RMSE进行评价；

(5) 果蔬介电特性的智能检测：对未知的样品进行低场核磁共振分析，调用步骤 (4) 中得到回归模型预测当前样品的介电特性。

[权利要求 7]

根据权利要求6所述的方法，其特征在于，所述步骤 (3) 低场核磁共振分析采用Carr-Purcell-Meiboom-Gill脉冲序列采集质子衰变信号，获得CPMG衰减曲线，具体采集参数为：等待时间TW设置范围为1000-10000 ms，回波时间TE= 0-1 ms，回波数NECH = 1000-10000，扫描次数NS=4、8、16、32，将CPMG衰减曲线使用SRIT算法进行多指数拟合，获得样品的横向弛豫时间  $T_2$  曲线及对应的核磁响应信号参数。

[权利要求 8]

根据权利要求6所述的方法，其特征在于，所述步骤 (4) 中所述样品

介电特性与其对应的核磁响应信号参数建立关系方程时，需要对峰面积作质量归一化处理。

[权利要求 9] 根据权利要求7所述的方法，其特征在于，所述步骤（4）中所述样品介电特性与其对应的核磁响应信号参数建立关系方程时，需要对峰面积作质量归一化处理。

[权利要求 10] 根据权利要求7、8或9所述的方法，其特征在于，所述步骤（4）中所述样品核磁响应信号参数中不同组分水的弛豫时间及峰面积与介电特性建立回归模型时，需要保证待测试样的一致性。

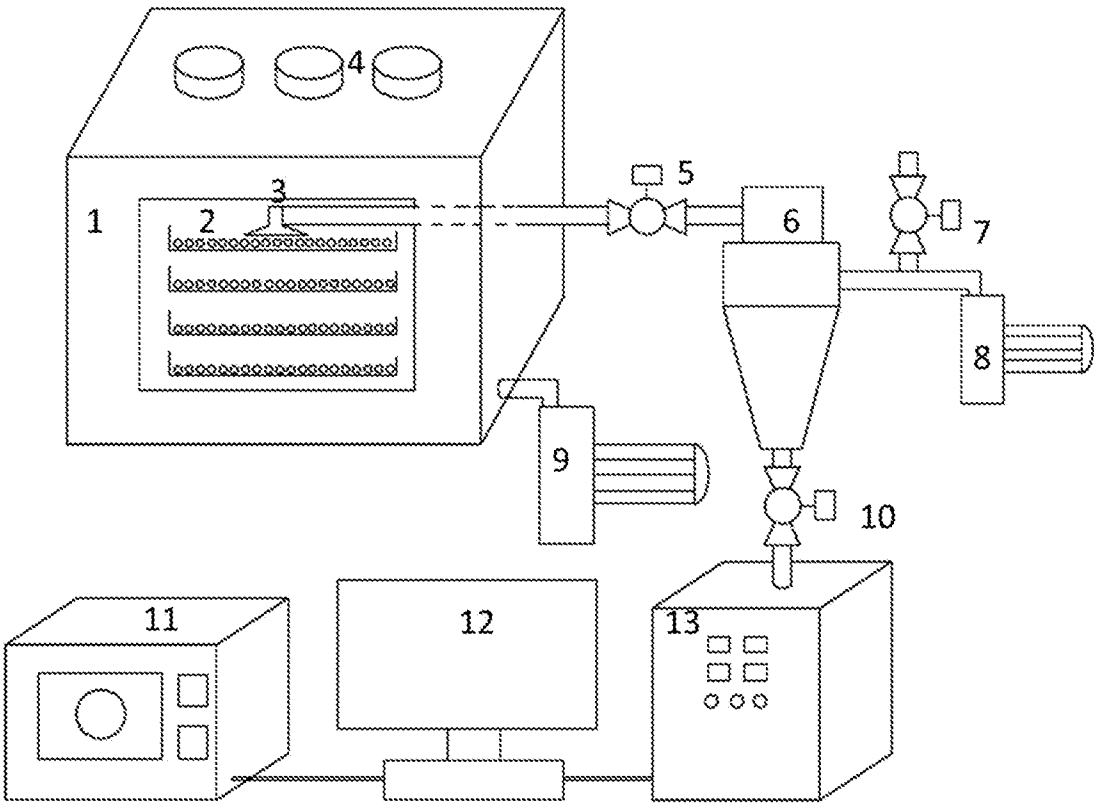


图 1

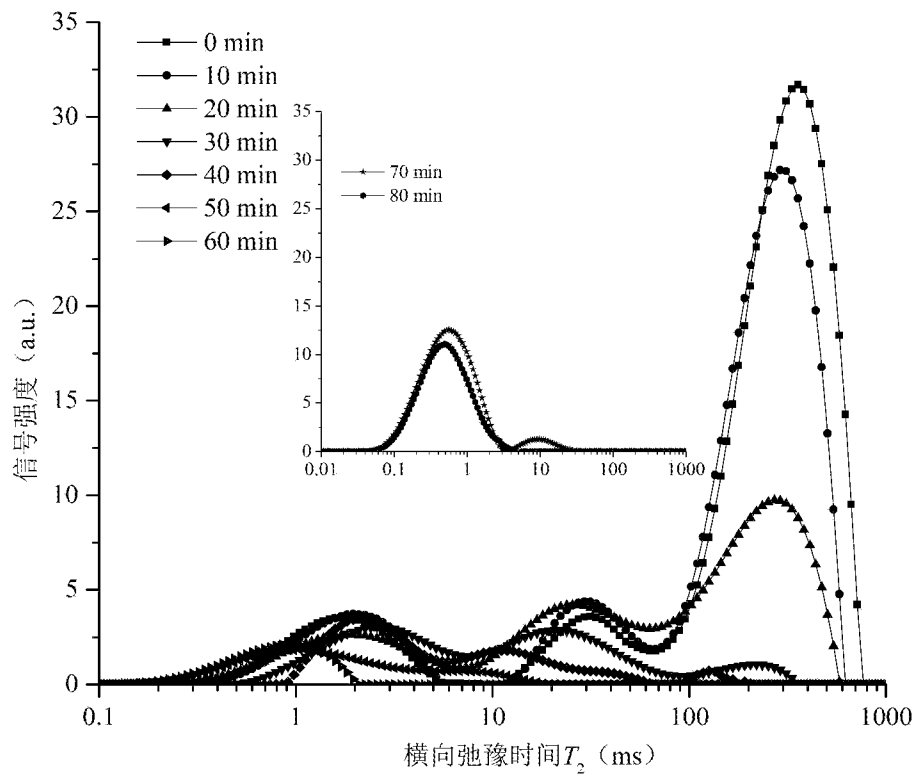


图 2

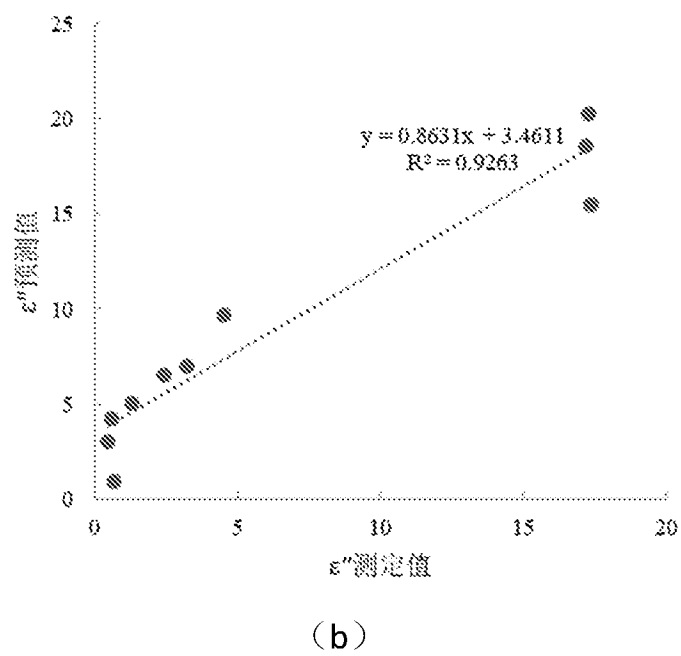
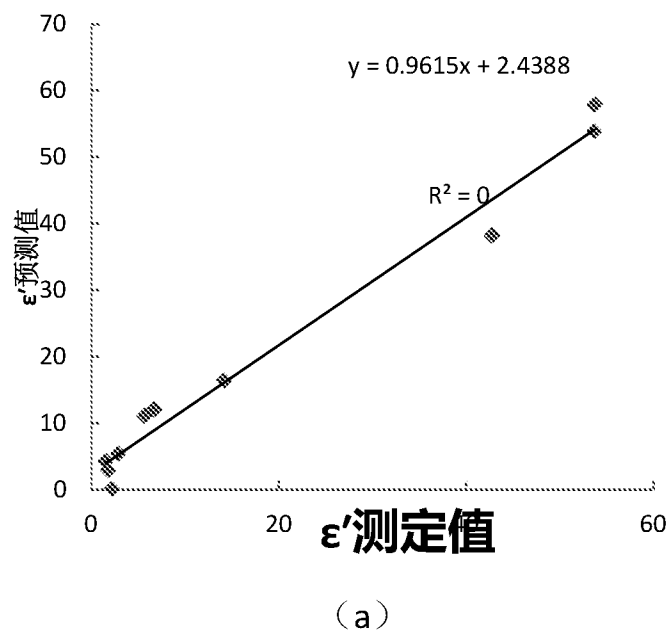


图 3

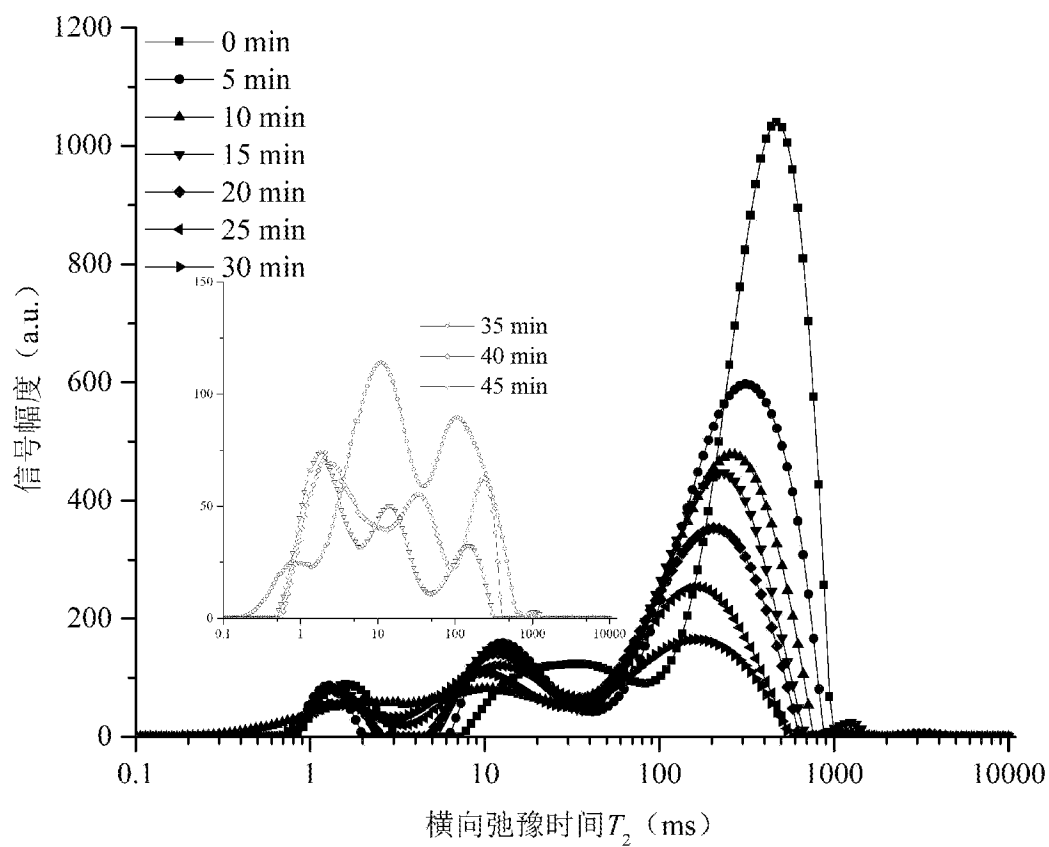
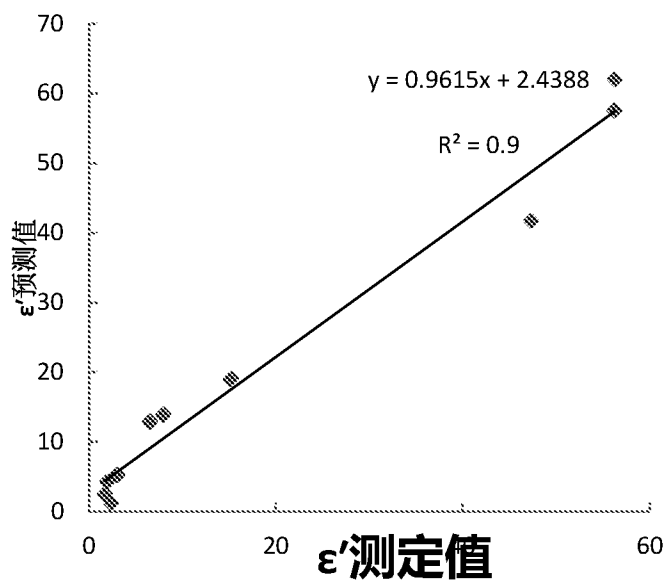
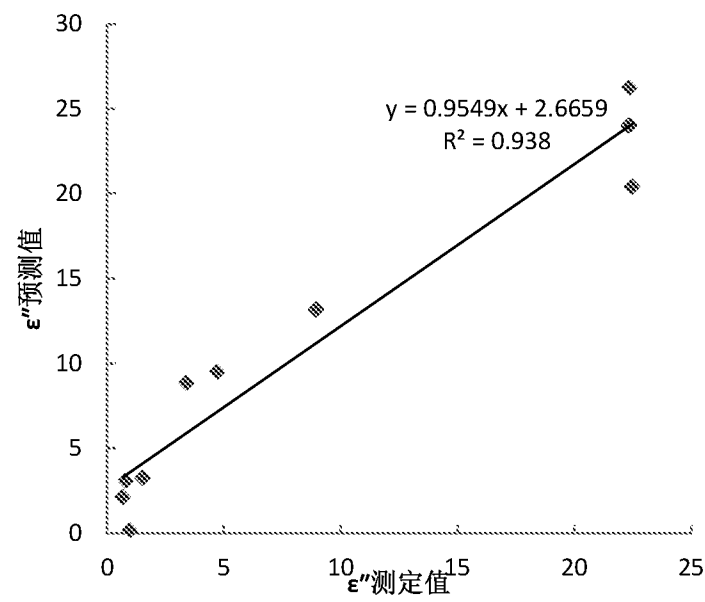


图 4



(a)



(b)

图 5

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/123519

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

G01N 24/08(2006.01)i; A23B 7/02(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)

G01N 24/-; A23B 7/-

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)

CNPAT, WPI, EPODOC, CNKI: 江南大学, 张懋, 李琳琳, 王玉川, 范东翠, 杨培强, 低场, 核磁, 微波, 真空, 干燥, 阀, 取料, 取样, 矢量网络分析, 介电, 弛豫, microwave, nuclear, NMR, dry, vacuum, dielectric, sample

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                        | Relevant to claim No. |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| PX        | CN 109799255 A (JIANGNAN UNIVERSITY) 24 May 2019 (2019-05-24)<br>claims 1-10                                                                                              | 1-10                  |
| Y         | CN 108519398 A (JIANGNAN UNIVERSITY) 11 September 2018 (2018-09-11)<br>description, paragraphs [0008]-[0047]                                                              | 1-10                  |
| Y         | CN 102062525 A (JIANGNAN UNIVERSITY) 18 May 2011 (2011-05-18)<br>description, paragraphs [0011]-[0029], and figures 1 and 2                                               | 1-10                  |
| Y         | CN 204166340 U (HUBEI SANJIANG SPACE MECHANICAL & ELECTRICAL<br>EQUIPMENT CO., LTD.) 18 February 2015 (2015-02-18)<br>description, paragraphs [0004]-[0027], and figure 1 | 1-10                  |
| A         | CN 108895767 A (JIANGNAN UNIVERSITY et al.) 27 November 2018 (2018-11-27)<br>entire document                                                                              | 1-10                  |
| A         | CN 106841268 A (DALIAN POLYTECHNIC UNIVERSITY) 13 June 2017 (2017-06-13)<br>entire document                                                                               | 1-10                  |
| A         | US 2018080887 A1 (FRITO-LAY NORTH AMERICA, INC.) 22 March 2018 (2018-03-22)<br>entire document                                                                            | 1-10                  |



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

“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

22 February 2020

Date of mailing of the international search report

06 March 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration  
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing  
100088  
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/CN2019/123519**

| Patent document cited in search report |            |    | Publication date (day/month/year) | Patent family member(s) |            |    | Publication date (day/month/year) |
|----------------------------------------|------------|----|-----------------------------------|-------------------------|------------|----|-----------------------------------|
| CN                                     | 109799255  | A  | 24 May 2019                       | None                    |            |    |                                   |
| CN                                     | 108519398  | A  | 11 September 2018                 | WO                      | 2019192088 | A1 | 10 October 2019                   |
| CN                                     | 102062525  | A  | 18 May 2011                       | CN                      | 102062525  | B  | 18 April 2012                     |
| CN                                     | 204166340  | U  | 18 February 2015                  | None                    |            |    |                                   |
| CN                                     | 108895767  | A  | 27 November 2018                  | None                    |            |    |                                   |
| CN                                     | 106841268  | A  | 13 June 2017                      | None                    |            |    |                                   |
| US                                     | 2018080887 | A1 | 22 March 2018                     | US                      | 2019064087 | A1 | 28 February 2019                  |
|                                        |            |    |                                   | US                      | 2019064086 | A1 | 28 February 2019                  |

## 国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/123519

## A. 主题的分类

G01N 24/08 (2006.01) i; A23B 7/02 (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)

G01N 24/-; A23B 7/-

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))

CNPAT, WPI, EPDOC, CNKI: 江南大学, 张懋, 李琳琳, 王玉川, 范东翠, 杨培强, 低场, 核磁, 微波, 真空, 干燥, 阀, 取料, 取样, 矢量网络分析, 介电, 弛豫, microwave, nuclear, NMR, dry, vacuum, dielectric, sample

## 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 |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| PX   | CN 109799255 A (江南大学) 2019年 5月 24日 (2019 - 05 - 24)<br>权利要求1-10                          | 1-10    |
| Y    | CN 108519398 A (江南大学) 2018年 9月 11日 (2018 - 09 - 11)<br>说明书第[0008]-[0047]段                | 1-10    |
| Y    | CN 102062525 A (江南大学) 2011年 5月 18日 (2011 - 05 - 18)<br>说明书第[0011]-[0029]段、图1, 2          | 1-10    |
| Y    | CN 204166340 U (湖北三江航天机电设备有限责任公司) 2015年 2月 18日 (2015 - 02 - 18)<br>说明书第[0004]-[0027]段、图1 | 1-10    |
| A    | CN 108895767 A (江南大学 等) 2018年 11月 27日 (2018 - 11 - 27)<br>全文                             | 1-10    |
| A    | CN 106841268 A (大连工业大学) 2017年 6月 13日 (2017 - 06 - 13)<br>全文                              | 1-10    |
| A    | US 2018080887 A1 (FRITO-LAY NORTH AMERICA INC.) 2018年 3月 22日 (2018 - 03 - 22)<br>全文      | 1-10    |

☐ 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

“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

“&amp;” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2020年 2月 22日

国际检索报告邮寄日期

2020年 3月 6日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局 (ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

林婷

电话号码 86- (10) -53962439

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/123519

| 检索报告引用的专利文件 |            |    | 公布日<br>(年/月/日) | 同族专利 |            |    | 公布日<br>(年/月/日) |
|-------------|------------|----|----------------|------|------------|----|----------------|
| CN          | 109799255  | A  | 2019年 5月 24日   | 无    |            |    |                |
| CN          | 108519398  | A  | 2018年 9月 11日   | W0   | 2019192088 | A1 | 2019年 10月 10日  |
| CN          | 102062525  | A  | 2011年 5月 18日   | CN   | 102062525  | B  | 2012年 4月 18日   |
| CN          | 204166340  | U  | 2015年 2月 18日   | 无    |            |    |                |
| CN          | 108895767  | A  | 2018年 11月 27日  | 无    |            |    |                |
| CN          | 106841268  | A  | 2017年 6月 13日   | 无    |            |    |                |
| US          | 2018080887 | A1 | 2018年 3月 22日   | US   | 2019064087 | A1 | 2019年 2月 28日   |
|             |            |    |                | US   | 2019064086 | A1 | 2019年 2月 28日   |