

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410093139.1

[51] Int. Cl.
A61B 5/00 (2006.01)
A61B 5/06 (2006.01)
A61K 49/00 (2006.01)

[45] 授权公告日 2006年12月6日

[11] 授权公告号 CN 1287727C

[22] 申请日 2004.12.16

[21] 申请号 200410093139.1

[73] 专利权人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路800号

[72] 发明人 颜国正 姜萍萍

审查员 栾志超

[74] 专利代理机构 上海交达专利事务所

代理人 毛翠莹

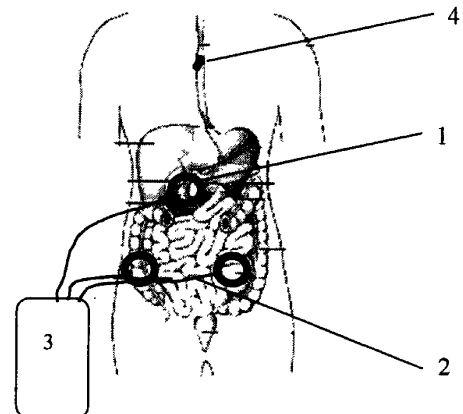
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

[54] 发明名称

全消化道吞服式遥测胶囊体外电磁励磁式定位系统

[57] 摘要

一种全消化道吞服式遥测胶囊体外电磁励磁式定位系统，包括密封在胶囊内的三轴磁场传感器、信号处理模块和无线通讯模块，体外三个静磁场激发环形线圈和由单片机控制电路、恒流源电路、多路开关、无线通讯模块、存储器、电源模块组成的体外数据记录仪。系统工作时，三个环形线圈固定在体表并由数据记录仪依次提供激磁电流产生磁场，体内胶囊中的三轴磁场传感器依次检测三个线圈的磁感应强度值，由信号处理电路转换成数字信号并通过无线通讯模块发射，由体外数据记录仪接收并保存到存储器。胶囊停止工作后，由计算机根据每一时刻对应的三个场强值获得该时刻胶囊的位置，并由此获得胶囊在人体内的通过过程及通过时间，进而获得胶囊在体内的三维轨迹。



1、一种全消化道吞服式遥测胶囊体外电磁励磁式定位系统，由体内和体外两个部分组成，其特征在于体内部分包括密封在胶囊内的一个三轴磁场传感器、信号处理模块和无线通讯模块，三轴磁场传感器连接到信号处理模块，信号处理模块的输出连接无线通讯模块，由无线通讯模块向体外传递检测信号；体外部分包括用于产生静磁场的三个环形线圈（1）和体外数据记录仪（3），三个环形线圈（1）分别固定在人体表的相应位置，分别通过三根连接导线（2）和体外数据记录仪（3）相连；体外数据记录仪由无线通讯模块、单片机控制电路、恒流源电路、多路开关、存储器及电源模块组成，电源模块分别和单片机控制电路、恒流源电路、多路开关，无线通讯模块、存储器相连并提供电源，恒流源电路连接在多路开关的输入端，为多路开关提供恒定激磁电流，单片机控制电路和多路开关连接，单片机控制电路产生多路开关通道选择信号和多路开关开启、关闭控制信号，多路开关输出的激磁脉冲信号通过连接导线分别传到相应的环形线圈，单片机控制模块分别和无线通讯模块、存储器相连，控制磁场检测信号的接收和保存；所述体外数据记录仪的存储器通过读卡机连接计算机，由计算机根据每一采样时刻三个环形线圈所产生的磁感应强度值求解出每一时刻胶囊在体内的位置，并由此获得胶囊在人体内的通过过程及通过时间，进而获得胶囊在体内的三维轨迹。

2、根据权利要求1的全消化道吞服式遥测胶囊体外电磁励磁式定位系统，其特征在于所述体外数据记录仪在胶囊排出体外时进行报警提示。

全消化道吞服式遥测胶囊体外电磁励磁式定位系统

技术领域

本发明涉及一种吞服式胶囊的体外定位系统，尤其涉及一种采用电磁励磁方式对全消化道微型吞服式遥测胶囊进行体外跟踪的定位系统，属于微型机电系统或生物医学工程技术领域。

背景技术

随着人们的生活节奏加快与饮食结构不断改变，消化道功能性疾病的发病率日趋升高到第一位。现代科学认为消化道疾病和人肠道内的压力变化存在密切关系，由于国内外医学界对于健康人肠道内压力正确数值的未知及对生理状态下肠腔内压的各种变化不了解，因此缺乏对消化道疾病诊断的固定客观指标。申请号为 021370540 的中国发明专利介绍了一种“全消化道微型胶囊体状无创介入式诊查系统”，可以在无痛苦、无创伤、无需清肠及禁食条件下反映出人体消化道正常生理，即 24 小时监测人体全消化道内压力、温度、pH 值及其变化以及食物在消化道内通过过程的研究。系统由微型吞服式遥测胶囊、便携式体外接收和存储装置、体外数据处理站组成。系统诊疗过程中，确定“微型遥测胶囊”各时间段在消化道内的位置、实现监测数值和消化道位置的对应，是后期数据分析、辅助诊断的一个必要条件。体内异物的定位目前临床上一般采用 X 线透视法、B 型超声检查法、放射性同位素照相定位，以上方法都要求被试者在具有一定条件的医院里进行，从而给被试者的日常生活、工作带来很多不便，限制了其活动自由。以色列开发的 M2A 胶囊内窥镜在体表处布置多个天线接收体内胶囊发射的无线信号，然后根据电磁信号强弱和相互之间的关系通过一定算法计算胶囊位置。Smart Pill 公司生产的 Smart Pill 胃肠道检测胶囊，利用穿在病人身上的传感器内衣进行定位，传感器内衣中有用来跟踪胶囊位置的接收天线、电磁激发天线、共振检测线圈和射频子系统。根据传感器内衣接收到的信号，采用神经网络的方法来计算胶囊在体内的坐标位置和指向角。这两种

定位方法利用的都是体内胶囊发射的电磁信号，由于人体是一种非常复杂的电磁结构，电磁波在人体组织内的传播受辐射源位置、方向、组织电磁特性、组织结构等多种因素影响，因此体表处电磁场强度和体内辐射源之间迄今为止没有准确定量的对应关系。同时利用电磁场方法定位涉及到大量的电磁正问题的计算，使得系统结构异常复杂，同时定位准确性和精度有待考证。

发明内容

本发明的目的在于针对现有技术的不足，提供一种全消化道微型遥测胶囊体外跟踪定位系统，结构相对简单，工作可靠，可以准确确定胶囊任意时刻在体内的位置。

为实现这样的目的，本发明的全消化道微型遥测胶囊体外跟踪定位系统包括密封在胶囊内的三轴磁场传感器、信号处理模块、无线通讯模块，体外三个静磁场激发环形线圈和由单片机控制电路、恒流源电路、多路开关、无线通讯模块、存储器、电源模块组成的体外数据记录仪。系统工作时，三个环形线圈固定在体表并由数据记录仪依次提供激磁电流产生磁场，体内胶囊中的三轴磁场传感器依次检测三个线圈的磁感应强度值，由信号处理电路转换成数字信号并通过无线通讯模块发射，由体外数据记录仪接收并保存到存储器。胶囊停止工作后，由计算机根据每一时刻对应的三个场强值获得该时刻胶囊的位置，并由此获得胶囊在人体内的通过过程及通过时间，进而获得胶囊在体内的三维轨迹。

本发明的具体结构分为体内和体外两个部分，体内部分包括密封在胶囊内的一个三轴磁场传感器、信号处理模块和无线通讯模块，三轴磁场传感器连接到信号处理模块，信号处理模块的输出连接无线通讯模块，由无线通讯模块向体外传递检测信号。体外部分则包括用于产生静磁场的三个环形线圈和体外数据记录仪，三个环形线圈分别固定在人体表的相应位置，分别通过三根连接导线和体外数据记录仪相连。体外数据记录仪由无线通讯模块、单片机控制电路、恒流源电路、多路开关、存储器、电源模块组成，电源模块分别和单片机控制电路、恒流源电路、多路开关，无线通讯模块、存储器相连并提供电源，恒流源电路连接在多路开关的输入端，为多路开关提供恒定激磁电流，单片机控制

电路和多路开关连接，单片机控制电路产生多路开关通道选择信号和多路开关开启、关闭控制信号，多路开关输出的激磁脉冲信号通过连接导线分别传到相应的环形线圈，单片机控制模块分别和无线通讯模块、存储器相连，控制磁场检测信号的接收和保存。

系统工作时：将三个环形线圈固定在检查者腹部体表三个位置，三个环形线圈分别经导线连接到其腰部携带的体外数据记录仪。检测者吞下胶囊。体外数据记录仪通过单片机控制电路，根据线圈的编号经多路开关将恒流源电路提供的电流依次加载到三个环形线圈。由于电流的磁场效应，线圈周围会产生静磁场，胶囊内的磁场传感器在信号处理模块的控制下同步依次检测三个线圈所产生的磁感应强度值。胶囊内信号处理电路将磁场传感器输出的模拟信号转换成数字信号，再传送给胶囊内的无线通讯模块发射，最后由体外数据记录仪的无线通讯模块接收并保存到存储器。当胶囊从体内排出后，将体外数据记录仪的存储器中保存的数据读至计算机。根据每一位置测出的三个环形线圈所产生的磁感应强度值，用计算机软件采用数值计算方法计算出每一时刻胶囊的位置坐标。还可以就此确定胶囊在人体内的通过过程、通过时间，进而计算出胶囊在体内的三维轨迹。

本发明具有如下优点：（1）定位方法利用了人体组织非导磁的特性，改电磁场检测为静磁场检测，避免了大量不确定因素影响，避开了复杂电磁场计算问题，以静磁场理论为依据，原理可靠，定位精度高；（2）系统结构简单。采用的磁场传感器体积小，功耗低，工作方式简单。外部磁场利用了电流的磁场效应，由线圈通以一定大小的电流产生，激磁装置结构简单，控制方便，稳定性、重复性好；（3）工作磁场的强度由环形线圈中的电流强度决定，可以产生强磁场，使其远远大于环境磁场和地磁场，从而很好解决了电磁场定位方法中无法解决的环境干扰问题；（4）本发明对人体无损伤，不会产生辐射危险，装置携带固定方便，对人的工作生活无任何限制和不利影响。

附图说明

图1为本发明的体内胶囊内部功能模块连接示意图。

图1中，三轴磁场传感器、信号处理模块、无线通讯模块密封在胶囊内。

图 2 为本发明系统总体结构示意图。

图 2 中，1 为环形线圈，2 为连接导线，3 为体外数据记录仪，4 为胶囊。

图 3 为本发明体外数据记录器的组成及其和线圈的连接示意图。

如图 3 所示，体外数据记录仪中包括电源模块、单片机控制电路、恒流源电路、多路开关、无线通讯模块和存储器。

具体实施方式

以下结合附图和实施例对本发明的技术方案作进一步描述。

本发明的全消化道微型遥测胶囊体外跟踪定位系统由体内和体外两个部分组成，体内部分包括密封在胶囊内的一个三轴磁场传感器、信号处理模块、无线通讯模块，如图 1 所示。三轴磁场传感器连接到信号处理模块，信号处理模块的输出连接无线通讯模块，由无线通讯模块向体外传递检测信号。

本发明的体外部分如图 2 的总体结构图所示，包括用于产生静磁场的三个环形线圈 1 和体外数据记录仪 3。三个环形线圈 1 分别固定在人体表的相应位置，分别通过三根连接导线 2 和体外数据记录仪 3 相连，体外数据记录仪 3 固定在人的腰部皮带上。胶囊 4 从人体消化道进入体内。

体外数据记录仪 3 的组成如图 3 所示，由无线通讯模块、单片机控制电路、恒流源电路、多路开关、存储器、电源模块组成。电源模块分别和单片机控制电路、恒流源电路、多路开关，无线通讯模块、存储器相连为它们提供电源，恒流源电路连接在多路开关的输入端，为多路开关提供恒定激磁电流。单片机控制电路和多路开关连接，单片机控制电路产生多路开关通道选择信号和多路开关开启、关闭控制信号。多路开关输出的激磁脉冲信号通过连接导线分别传到相应的环形线圈。单片机控制模块分别和无线通讯模块、存储器相连，控制磁场检测信号的接收和保存。

本发明的体外定位系统具体工作过程如下：（1）将三个用以产生外部磁场的环形线圈 1 固定在被检查者腹部体表三个位置，并将体外数据记录仪 3 固定在被检查者的腰部皮带上，三个环形线圈 1 分别经连接导线 2 连接到体外数据记录仪 3。（2）胶囊从口腔吞入，按下体外数据记录仪电源开关，单片机控制电路发出多路开关通道选择信号和通断控制信号给多路开关，这样加在多路开关

输入端的从恒流源输出的恒定激磁电流就经多路开关依次提供给 3 个环形线圈，在人体周围激发出静磁场。(3) 胶囊内的三轴磁场传感器检测其所在位置处的磁感应强度，并由胶囊内的信号处理模块依次采样，经 A/D 转换成数字信号，传送给胶囊内的无线通讯模块调制发射。(4) 体外数据记录仪接收胶囊发射的磁场检测信号和时间值并保存在记录仪中的存储器内。(5) 胶囊从体内排出后，体外数据记录仪报警提示，关断数据记录仪电源，取下环形线圈和数据记录仪。

(6) 通过读卡机将体外数据记录仪存储器内保存的数据读入计算机，得到每一采样周期内三个环形线圈所产生的磁感应强度值和对应时间值。(7) 根据每一采样周期的三个磁感应强度值，通过计算机软件用数值计算方法求解出每一时刻胶囊在体内的位置。(8) 获得胶囊每一时刻的位置信息后，还可以从总体上了解胶囊在人体内的通过过程、通过时间，进而描绘出胶囊在体内的三维轨迹。

本发明的技术原理

空间一个小的电流环路，半径为 a ，考虑该电流环在 r 处所产生的磁场，若 $r \gg a$ ，则该电流环就相当于一个磁偶极子的作用。空间任意位置 $r'(x', y', z')$ 处任意指向的磁偶极子在周围空间所产生的磁感应强度分布规律为：

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \left[\frac{3(\mathbf{m} \cdot \mathbf{R})\mathbf{R}}{R^5} - \frac{\mathbf{m}}{R^3} \right] \quad (1)$$

$$\mathbf{R} = \mathbf{r} - \mathbf{r}'$$

其中： $r'(x', y', z')$ 为磁偶极子中心位置坐标， $r(x, y, z)$ 为场点坐标。 \mathbf{R} 为磁偶极子和测量点之间的矢量距离，其方向由源点指向场点。 m 为磁矩。

在胶囊内安装一个三轴磁场传感器，三轴磁敏传感器可测空间任意一点的磁场的三维分量及该磁场的矢量方向。在体表处设置三个环形线圈，当对环形线圈加载电流后，环形载流线圈就可以看成一个磁偶极子。以胶囊内三轴磁场传感器中心为原点，传感器的三轴方向为坐标轴建立参考坐标系 $\{x'y'z'\}$ 。考察体外环形载流线圈在传感器处所产生的磁感应强度。以人体脐部为原点，水平向右为 x 轴，垂直向上为 y 轴建立基本坐标系 $\{xyz\}$ 。在基本坐标系内，每个线圈的位置、方向固定，假定已知第 i 个线圈的坐标为 (x_i, y_i, z_i) ，通电后产生的

磁矩为 $\mathbf{m}_i = \{m_{ix}, m_{iy}, m_{iz}\}$ 。设某一时刻传感器中心在基本坐标系内的坐标为 (x_0, y_0, z_0) ，则磁偶极子 i 在该点所产生的磁感应强度由式 (1) 确定，记为 $\mathbf{B}'_i = \{B'_{ix}, B'_{iy}, B'_{iz}\}$ ，分别沿 x, y, z 方向。

$$\mathbf{B}'_i = \{B'_{ix}, B'_{iy}, B'_{iz}\} = f(x_0, y_0, z_0)$$

设环形线圈 i 被激励时，三轴磁场传感器所测得的场强为 $\mathbf{B}_i = \{B_{xi}, B_{yi}, B_{zi}\}$ ，分别沿 x', y', z' 方向。为此需要将环形线圈的磁场对参考坐标系矢量分解成 $\mathbf{B}'_i = \{B'_{ix'}, B'_{iy'}, B'_{iz'}\}$ 。设该时刻基本坐标系相对于参考坐标系的旋转矩阵为 T ， T 由基本坐标系 $\{xyz\}$ 的三个主矢量 x, y, z 相对于参考坐标系 $\{x'y'z'\}$ 的方向余弦组成。

$$T = [\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{r}_3] = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix}$$

式中， $\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{r}_3$ 都是单位矢量，且两两相互垂直，因此满足 6 个约束条件（正交条件），只有 3 个元素是独立的，用 (r_1, r_2, r_3) 代表。

则：

$$\begin{bmatrix} B'_{ix'} \\ B'_{iy'} \\ B'_{iz'} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B'_{ix} \\ B'_{iy} \\ B'_{iz} \end{bmatrix}$$

$$B'_{ix'} = f(x_0, y_0, z_0, r_1, r_2, r_3)$$

可见磁场传感器所测得的每个磁场强度分量都是代表胶囊位置和方向的 6 个未知参数 $(x_0, y_0, z_0, r_1, r_2, r_3)$ 的函数。为此必须联立 6 个以上方程求解这 6 个参数，因此在体表设置了三个环形线圈。

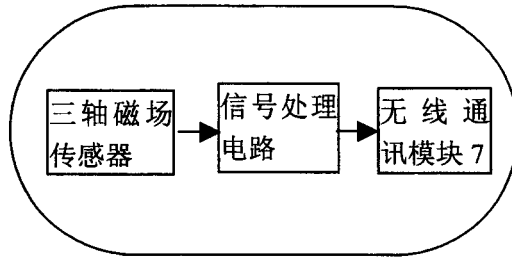


图1

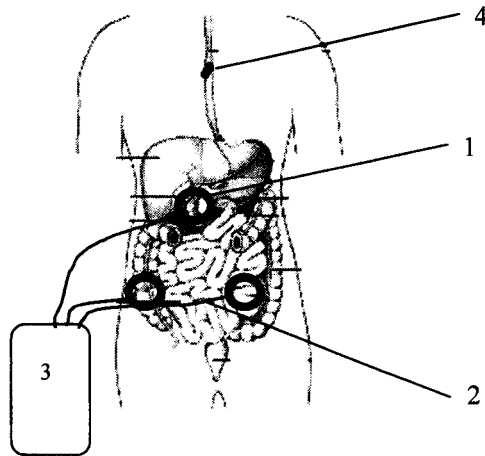


图2

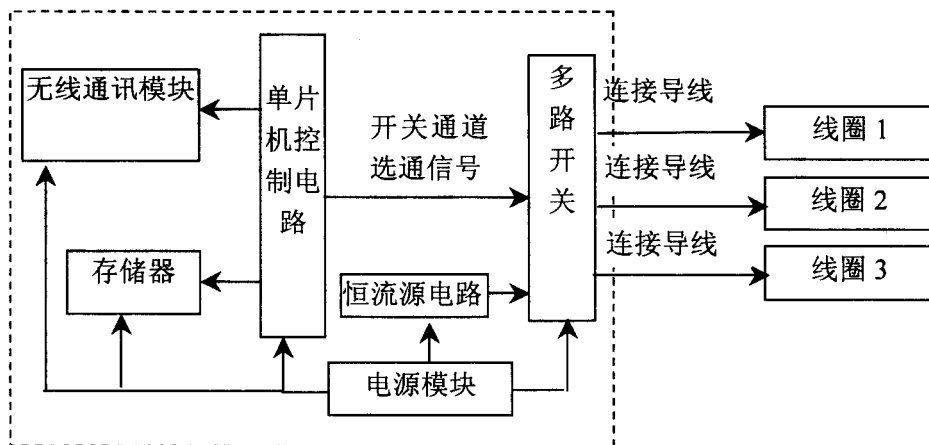


图3

专利名称(译)	全消化道吞服式遥测胶囊体外电磁励磁式定位系统		
公开(公告)号	CN1287727C	公开(公告)日	2006-12-06
申请号	CN200410093139.1	申请日	2004-12-16
[标]申请(专利权)人(译)	上海交通大学		
申请(专利权)人(译)	上海交通大学		
当前申请(专利权)人(译)	上海交通大学		
[标]发明人	颜国正 姜萍萍		
发明人	颜国正 姜萍萍		
IPC分类号	A61B5/00 A61B5/06 A61K49/00		
CPC分类号	A61B1/00158 A61B1/041		
其他公开文献	CN1620985A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

一种全消化道吞服式遥测胶囊体外电磁励磁式定位系统，包括密封在胶囊内的三轴磁场传感器、信号处理模块和无线通讯模块，体外三个静磁场激发环形线圈和由单片机控制电路、恒流源电路、多路开关、无线通讯模块、存储器、电源模块组成的体外数据记录仪。系统工作时，三个环形线圈固定在体表并由数据记录仪依次提供激励电流产生磁场，体内胶囊中的三轴磁场传感器依次检测三个线圈的磁感应强度值，由信号处理电路转换成数字信号并通过无线通讯模块发射，由体外数据记录仪接收并保存到存储器。胶囊停止工作后，由计算机根据每一时刻对应的三个场强值获得该时刻胶囊的位置，并由此获得胶囊在人体内的通过过程及通过时间，进而获得胶囊在体内的三维轨迹。

