

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/334304036>

# CN109693788A仿海鸥扑翼机构

Patent · July 2019

CITATIONS

0

READS

16

4 authors, including:



[Xiaojuan Mo](#)

Northwestern Polytechnical University

21 PUBLICATIONS 36 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Yaolei Shen](#)

Northwestern Polytechnical University

3 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109693788 A

(43)申请公布日 2019. 04. 30

(21)申请号 201811435788.3

(22)申请日 2018.11.28

(71)申请人 西北工业大学

地址 710072 陕西省西安市友谊西路127号

(72)发明人 葛文杰 莫小娟 沈焱磊 赵东来

(74)专利代理机构 西北工业大学专利中心  
61204

代理人 陈星

(51)Int.Cl.

B64C 33/02(2006.01)

权利要求书2页 说明书5页 附图6页

### (54)发明名称

仿海鸥扑翼机构

### (57)摘要

本发明一种仿海鸥扑翼机构包括驱动部分、传动部分、扑翼部分和龙骨；所述龙骨依次贯穿并固定于所述驱动部分、传动部分和扑翼部分上，用于整个机构的支撑连接；所述扑翼部分的左、右扑翼连杆机构均由前、后曲柄摇杆机构和平行四边形机构组成，通过采用两套并联的曲柄摇杆机构以及平行四边形机构，相对于传统的单曲柄摇杆机构的仿海鸥扑翼机构，模仿鸟类的双段扑翼和海鸥扑动近似的两段扑翼的运动规律，改善了扑翼运动的仿生性，同时具有结构紧凑、结构简单的优点。

1. 一种仿海鸥扑翼机构, 其特征在于: 包括驱动部分、传动部分、扑翼部分和龙骨; 所述龙骨依次贯穿并固定于所述驱动部分、传动部分和扑翼部分上, 用于整个机构的支撑连接;

所述驱动部分包括镂空板结构的后框架, 在其镂空面上安装有后框架固定夹、无刷电调和电机; 所述无刷电调和电机通过输出线连接, 用于提供整个机构的动力; 通过所述后框架固定夹将所述龙骨固定在所述后框架上;

所述传动部分包括电机固定框架、电机框架固定夹、锂电池、第一级主动齿轮、第一级被动齿轮、第二级被动齿轮、第二级主动齿轮、第三级被动齿轮、第一传动轴和第二传动轴; 所述电机固定框架为镂空板结构, 所述电机从其镂空面上的通孔中穿过, 用于支撑所述电机; 所述锂电池固定于所述电机固定框架上, 用于给所述无刷电调提供电能; 所述电机的输出轴上固定有所述第一级主动齿轮; 所述第一传动轴和第二传动轴均通过轴承安装于所述电机固定框架上; 所述第一传动轴的一端依次固定有所述第一级被动齿轮和第二级主动齿轮, 另一端通过轴承安装于所述扑翼部分上; 两个所述第二传动轴的一端分别固定有第二级被动齿轮和第三级被动齿轮, 另一端均通过轴承安装于所述扑翼部分上; 所述第一级主动齿轮和第一级被动齿轮啮合, 第二级主动齿轮、第二级被动齿轮和第三级被动齿轮依次啮合; 所述第二级被动齿轮和第三级被动齿轮尺寸参数都相同, 作为所述扑翼部分的动力输入; 通过所述电机框架固定夹将所述龙骨固定在所述电机固定框架上;

所述扑翼部分包括前框架、前框架固定夹和左、右扑翼连杆机构; 所述前框架为镂空板结构, 通过所述前框架固定夹将所述龙骨固定在所述前框架上; 左扑翼连杆机构包括前、后曲柄摇杆机构和平行四边形机构; 所述平行四边形机构中前摇杆、连杆、平行四边形机构摇杆和后摇杆依次铰接, 所述前摇杆和后摇杆的连接处通过轴承同轴安装于所述前框架的前、后面上, 将所述前框架安装所述前摇杆的面称为前面, 将所述前框架安装所述后摇杆的面称为后面; 所述连杆为T字结构, 其相互垂直的两端分别铰接于所述前摇杆和平行四边形机构摇杆, 另一端向与所述前摇杆铰接一端的反方向延伸作为扑翼杆, 所述扑翼杆和后摇杆的之间的方位夹角是 $45^{\circ}$ ; 所述前曲柄摇杆机构中前曲柄的一端和前连杆的一端铰接, 前曲柄的另一端固定于所述第二传动轴的另一端上, 所述前连杆的另一端铰接于所述前摇杆上; 所述后曲柄摇杆机构由后连杆和所述第二级被动齿轮组成, 所述后连杆一端交接于所述后摇杆和平行四边形机构连杆的铰接处, 另一端通过销钉铰接于所述第二级被动齿轮上; 所述销钉的中心轴和第二级被动齿轮的中心轴相互平行, 所述销钉安装孔位置是根据生物数据通过天牛须搜索算法优化得到; 所述右扑翼连杆机构与所述左扑翼连杆机构相同, 且对称设置于所述前框架上, 所述右扑翼连杆机构的后连杆另一端通过销钉铰接于所述第三级被动齿轮上;

所述后框架、电机固定框架和前框架相互平行, 且与所述龙骨垂直。

2. 根据权利要求1所述仿海鸥扑翼机构, 其特征在于: 所述后连杆和后摇杆之间的传动角大于 $20^{\circ}$ 。

3. 根据权利要求1所述仿海鸥扑翼机构, 其特征在于: 所述平行四边形机构摇杆和前摇杆的尺寸参数相同。

4. 根据权利要求1所述仿海鸥扑翼机构, 其特征在于: 在所述后框架和前框架之间设置有连接杆, 用于固定所述后框架和前框架。

5. 根据权利要求1所述仿海鸥扑翼机构, 其特征在于: 在所述后框架和电机固定框架之

间设置有第一后框架和电机固定框架连接杆和第二后框架和电机固定框架连接杆,用于固定所述后框架和电机固定框架。

6.根据权利要求1所述仿海鸥扑翼机构,其特征在于:所述电机固定框架上设置有电池架,所述锂电池通过胶水和尼龙扎带固定与电池架上,并通过第五螺钉和第五防松螺母和龙骨固定。

## 仿海鸥扑翼机构

### 技术领域

[0001] 本发明属于仿生机器人技术领域，具体涉及一种仿海鸥扑翼机构。

### 背景技术

[0002] 自然界中能够实现扑翼飞行的生物主要有鸟类，哺乳类（主要是蝙蝠）和昆虫，对应的翅膀结构以及肌肉驱动机理各不相同。随着飞行动物体型的减小，其扑翼频率呈不断增大的趋势。飞鸟的扑动频率在2-100赫兹之间，如天鹅和苍鹭扑动频率为2赫兹，海鸥为4赫兹，鸽子为10赫兹，最小的蜂鸟可达50赫兹。而昆虫的扑动频率通常大于100赫兹，曾经有超过1000赫兹的记录。

[0003] 无人机在军事侦察，航拍以及生物行为研究等多个领域具有广泛的应用，现有飞行机器人主要有固定翼、旋转翼以及扑动翼三类。由于固定翼以及旋转翼普遍存在能耗大、噪音大和易于被侦察等缺点，生物广泛采用的扑动翼在无人机的设计中得到重视。现有扑翼机构主要为单段扑翼，多以实现与昆虫类似的高频上下扑动为研制目的。而在体型较大的鸟类中，多采用多段翼，实现包括扑动、折叠、扭转等运动的复杂低频率扑翼运动。鸟类在长途迁徙中所展现的高效率飞行令人叹服，研究能够实现与鸟类扑翼类似的仿生扑翼机构，有望助力无人机获取与鸟类类似的气动性能，提高无人机的效率，并且与生物类似的外形也有利于提高隐蔽性，不易被侦察，同时有望应用于鸟类行为的研究。

[0004] 本发明的研究背景是仿海鸥扑翼机研制，海鸥的扑翼频率约为4Hz。整个扑动周期内，海鸥的翅膀前后翼段有较大变形，是一个较为复杂的空间运动。现有仿生扑翼机构多数只考虑扑翼前端的角度扑动范围，或仅包含被动后端的扑翼机构，这种设计使得扑翼机在扑动过程中很难模仿鸟类在扑翼过程中扑翼前端和扑翼后端的协调配合，从而影响了扑动过程中的气动性能。

[0005] 在中国专利200610042632.X中，采用蜗轮蜗杆减速机构，蜗轮两侧对称分布有空间曲柄摇杆机构，其中连杆两端分别通过球形铰链与曲柄端和摇杆端相连，由电机带动蜗杆转动，进而驱动蜗轮，使得左右两侧的曲柄摇杆机构中的摇杆能够模拟生物的扑动角度范围，而不能模仿生物扑动角度变化规律。

[0006] 在中国专利CN104276283B中，通过曲柄摇杆机构模拟生物的扑动，结合V形块的设计可以保证向上扑动过程中产生一定的折叠效果，向下扑动的过程中扑翼展平，有助于提升扑动过程中的升力和推力，能够一定程度上模仿生物扑翼的折叠运动，但是仿生性不强。在中国专利CN202609083U中，利用曲柄摇杆机构和平行四边形机构可以实现扑翼前端和后端的协调运动，但是由于前后翼段的扑动都由同一套四边形机构产生，很难达到很好的仿生性能。

### 发明内容

[0007] 要解决的技术问题：

[0008] 为了避免现有技术的不足之处，本发明提出一种仿海鸥扑翼机构，利用两套曲柄

摇杆机构和平行四边形机构的对称扑翼机构,基于新提出的天牛须搜索算法通过优化机构的尺寸参数来模拟扑动过程中海鸥的翅膀前端和后端的扑动角度曲线变化。

[0009] 本发明的技术方案是:一种仿海鸥扑翼机构,其特征在于:包括驱动部分、传动部分、扑翼部分和龙骨;所述龙骨依次贯穿并固定于所述驱动部分、传动部分和扑翼部分上,用于整个机构的支撑连接;

[0010] 所述驱动部分包括镂空板结构的后框架,在其镂空面上安装有后框架固定夹、无刷电调和电机;所述无刷电调和电机通过输出线连接,用于提供整个机构的动力;通过所述后框架固定夹将所述龙骨固定在所述后框架上;

[0011] 所述传动部分包括电机固定框架、电机框架固定夹、锂电池、第一级主动齿轮、第一级被动齿轮、第二级被动齿轮、第二级主动齿轮、第三级被动齿轮、第一传动轴和第二传动轴;所述电机固定框架为镂空板结构,所述电机从其镂空面上的通孔中穿过,用于支撑所述电机;所述锂电池固定于所述电机固定框架上,用于给所述无刷电调提供电能;所述电机的输出轴上固定有所述第一级主动齿轮;所述第一传动轴和第二传动轴均通过轴承安装于所述电机固定框架上;所述第一传动轴的一端依次固定有所述第一级被动齿轮和第二级主动齿轮,另一端通过轴承安装于所述扑翼部分上;两个所述第二传动轴的一端分别固定有第二级被动齿轮和第三级被动齿轮,另一端均通过轴承安装于所述扑翼部分上;所述第一级主动齿轮和第一级被动齿轮啮合,第二级主动齿轮、第二级被动齿轮和第三级被动齿轮依次啮合;所述第二级被动齿轮和第三级被动齿轮尺寸参数都相同,作为所述扑翼部分的动力输入;通过所述电机框架固定夹将所述龙骨固定在所述电机固定框架上;

[0012] 所述扑翼部分包括前框架、前框架固定夹和左、右扑翼连杆机构;所述前框架为镂空板结构,通过所述前框架固定夹将所述龙骨固定在所述前框架上;左扑翼连杆机构包括前、后曲柄摇杆机构和平行四边形机构;所述平行四边形机构中前摇杆、连杆、平行四边形机构摇杆和后摇杆依次铰接,所述前摇杆和后摇杆的连接处通过轴承同轴安装于所述前框架的前、后面上,将所述前框架安装所述前摇杆的面称为前面,将所述前框架安装所述后摇杆的面称为后面;所述连杆为T字结构,其相互垂直的两端分别铰接于所述前摇杆和平行四边形机构摇杆,另一端向与所述前摇杆铰接一端的反方向延伸作为扑翼杆,所述扑翼杆和后摇杆的之间的方位夹角是 $45^{\circ}$ ;所述前曲柄摇杆机构中前曲柄的一端和前连杆的一端铰接,前曲柄的另一端固定于所述第二传动轴的另一端上,所述前连杆的另一端铰接于所述前摇杆上;所述后曲柄摇杆机构由后连杆和所述第二级被动齿轮组成,所述后连杆一端交接于所述后摇杆和平行四边形机构连杆的铰接处,另一端通过销钉铰接于所述第二级被动齿轮上;所述销钉的中心轴和第二级被动齿轮的中心轴相互平行,所述销钉安装孔位置是根据生物数据通过天牛须搜索算法优化得到;所述右扑翼连杆机构与所述左扑翼连杆机构相同,且对称设置于所述前框架上,所述右扑翼连杆机构的后连杆另一端通过销钉铰接于所述第三级被动齿轮上;

[0013] 所述后框架、电机固定框架和前框架相互平行,且与所述龙骨垂直。

[0014] 本发明的进一步技术方案是:所述后连杆和后摇杆之间的传动角大于 $20^{\circ}$ 。

[0015] 本发明的进一步技术方案是:所述平行四边形机构摇杆和前摇杆的尺寸参数相同。

[0016] 本发明的进一步技术方案是:在所述后框架和前框架之间设置有连接杆,用于固

定所述后框架和前框架。

[0017] 本发明的进一步技术方案是：在所述后框架和电机固定框架之间设置有第一后框架和电机固定框架连接杆和第二后框架和电机固定框架连接杆，用于固定所述后框架和电机固定框架。

[0018] 本发明的进一步技术方案是：所述电机固定框架上设置有电池架，所述锂电池通过胶水和尼龙扎带固定与电池架上，并通过第五螺钉和第五防松螺母和龙骨固定。

[0019] 有益效果

[0020] 本发明的有益效果在于：本发明一种仿海鸥扑翼机构，通过采用两套并联的曲柄摇杆机构以及平行四边形机构，相对于传统的单曲柄摇杆机构的仿海鸥扑翼机构，模仿鸟类的双段扑翼和海鸥扑动近似的两段扑翼的运动规律，改善了扑翼运动的仿生性，同时具有结构紧凑、结构简单的优点。

[0021] 将锂电池安装在传动部分上，能够将机构的重心前移，保证整个机构的稳定性。扑翼杆和后摇杆的之间的方位夹角设定为 $45^{\circ}$ ，利于前后曲柄的装配，同时有利于保障平行四边形的传动特性；所述后连杆和后摇杆之间的传动角大于 $20^{\circ}$ 保证后曲柄摇杆机构能力。

## 附图说明

[0022] 图1为本发明整体结构示意图；

[0023] 图2为本发明结构爆炸图；

[0024] 图3为驱动部分100前侧示意图；

[0025] 图4为驱动部分100后侧示意图；

[0026] 图5为传动部分200前侧示意图；

[0027] 图6为传动部分200后侧示意图；

[0028] 图7为传动部分200后侧二级以及三级齿轮示意图；

[0029] 图8为扑翼部分300前侧示意图；

[0030] 图9为扑翼部分300前侧局部放大图；

[0031] 图10为扑翼部分300后侧局部放大图；

[0032] 附图标记说明：

[0033] 100-驱动部分，101-后框架，102-后框架固定夹，103-无刷电调，104-第一螺钉，105-第一防松螺母，106-第二螺钉，107-第二防松螺母，108-电机固定螺钉，109-轴承；

[0034] 200-传动部分，201-龙骨，202-第一前后框架连接杆，203-第二前后框架连接杆，204-第三螺钉，205-电机框架固定夹，206-第四防松螺母，207-电机固定框架，208-第五螺钉，209-第五防松螺母，210-电池架，211-第一级被动齿轮，212-第二级被动齿轮，213-第二级主动齿轮，214-第三级被动齿轮，215-锂电池，216-第四螺钉，217-电机，218-第一传动轴，219-第一后框架和电机固定框架连接杆，220-第二后框架和电机固定框架连接杆，221-第一级主动齿轮，222-第三防松螺母；

[0035] 300-扑翼部分，301-前框架固定夹，302-第六防松螺母，303-第七螺钉，304-第七防松螺母，305-前框架，306-圆柱销钉，307-开口销，308-连杆，309-前摇杆，310-平行四边形机构摇杆，311-前连杆，312-轴承，313-前曲柄，314-第八防松螺母，315-第八螺钉，316-轴承，317-后连杆，318-后摇杆，319-轴承，320-第六螺钉，321-第二传动轴。

## 具体实施方式

[0036] 下面通过参考附图描述的实施例是示例性的,旨在用于解释本发明,而不能理解为对本发明的限制。

[0037] 在本发明的描述中,需要理解的是,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”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发明和简化描述,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发明的限制。

[0038] 为了实现与海鸥相似的扑翼频率4Hz,设定传动部分各齿轮的齿数,第一级主动齿轮齿数为 $z_{1a}$ ,第一级被动齿轮齿数为 $z_{1b}$ ,第二级主动齿轮和第二级被动齿轮的齿数分别为 $z_{2a}$ 和 $z_{2b}$ 。

[0039] 通过公式第一级主动齿轮与第一级被动齿轮的传动比, $i_1 = z_{1b}/z_{1a}$ ;第二级主动齿轮和第二级被动齿轮的传动比, $i_2 = z_{2b}/z_{2a}$ 。

[0040] 得到扑翼机构的扑动频率为 $f = w_1 / (2\pi i_1 i_2)$ ,  $f \geq 4\text{Hz}$ ,其中 $w_1$ 为电机的输出转速。

[0041] 下面结合附图及对实例进一步说明本发明的具体结构及工作原理。

[0042] 如图1和2所示,本发明一种仿海鸥扑翼机构,包括驱动部分100、传动部分200、扑翼部分300和龙骨201;龙骨201依次贯穿并固定于驱动部分100、传动部分200和扑翼部分300上,用于整个机构的支撑连接;

[0043] 如图3和图4所示,驱动部分100主要包括后框架101、后框架固定夹102和无刷电调103和电机217,后框架101为镂空板结构。后框架101和后框架固定夹102通过四个完全一致、对称布局的第二螺钉106和第二防松螺母107固定。后框架固定夹102和龙骨201由四个完全一致、对称布局的第一螺钉104和第一防松螺母105固定。电机217通过四个完全一致、对称布局的电机固定螺钉108和后框架101固定,同时贯穿电机固定框架207上留下的电机孔中完成装配。无刷电调103直接胶结在后框架固定架102上,并通过输出线驱动电机进行工作。

[0044] 传动部分200主要是电机齿轮传动系统,如图5、图6和图7所示。主要包括电机固定框架207、电机框架固定夹205、锂电池215、电机217、第一级主动齿轮221、第一级被动齿轮211、第二级被动齿轮212、第二级主动齿轮213、第三级被动齿轮214、第一传动轴218和第二传动轴321。电机固定框架207为镂空板结构;电机217输出轴与第一级主动齿轮221固定,第一级被动齿轮211与第一传动轴218过盈配合;第一传动轴218通过轴承109一端装配在后框架101上,另一端通过轴承316装配在前框架305上。第二级主动齿轮214与第一传动轴218过盈配合,与第二级主动齿轮啮合的第二级被动齿轮212与第二传动轴321过盈配合。第二传动轴321通过轴承装配在前框架305上。第二级被动齿轮212同时作为第三级主动齿轮,与之啮合的第三级被动齿轮214与之参数完全一致,并作为前、后曲柄摇杆机构的曲柄的动力输入。电机框架固定夹205通过四个完全一致、对称布局的第四防松螺母206和第四螺钉216与电机固定框架207固定,电机框架固定夹205通过四个完全一致、对称布局的第三螺钉204和第三防松螺母222固定在龙骨201上。电池架210和锂电池215通过胶水和尼龙扎带固定在一起,并通过第五螺钉208和第五防松螺母209和龙骨201固定。后框架101和电机固定框架207通过第一后框架和电机固定框架连接杆219和第二后框架和电机固定框架连接杆220固定。



[0045] 扑翼部分300包括前框架305、前框架固定夹301和左、右扑翼连杆机构；前框架305为镂空板结构；左扑翼连杆机构包括前、后曲柄摇杆机构和平行四边形机构，所述平行四边形机构中前摇杆309、连杆308、平行四边形机构摇杆310和后摇杆318依次铰接。由于左、右扑翼连杆机构完全对称，因此仅取一侧机构进行介绍。如图8，图9和图10所示。前框架固定夹301利用四个完全一致、对称布局的第六防松螺母302和第六螺钉320和前框架305固定，前框架固定夹301利用四个完全一致、对称布局的第七螺钉303和第七防松螺母304和龙骨201固定。前曲柄313通过第八防松螺母314和第八螺钉315固定在第二传动轴321上，运动与第二级被动齿轮即第三级主动齿轮212保持一致。前连杆311一端和前曲柄313铰接，另一端通过和前摇杆309铰接，所有的连杆之间的铰接部分均通过如圆柱销钉306和开口销307所示的结构铰接。前摇杆309的一端通过轴承312与前框架305上面的孔铰接。后连杆317直接与第二级被动齿轮212上面的孔铰接，该孔距离第二传动轴321的距离和布局取决于设计。后曲柄摇杆机构的曲柄尺寸参数，是根据生物数据通过天牛须搜索算法优化得到。后连杆317的另一端和后摇杆318的一端铰接。前摇杆309通过轴承312、后摇杆318通过轴承319同轴安装于所述前框架305的前、后面上，轴承319用于减小摩擦。平行四边形机构摇杆310和前摇杆309的尺寸参数完全一致。连杆308一端和前摇杆309铰接，另一端和平行四边形机构摇杆310铰接，主要用于将后摇杆318的运动规律引至连杆308处，并考虑到四边形的传动特性（后连杆和后摇杆之间的传动角尽量大于 $20^{\circ}$ ），在平行四边形机构中，将连杆308和后摇杆318的之间的方位夹角设定为 $45^{\circ}$ 。这样的角度偏转布局，第一有利于前后曲柄的装配，第二有利于保障平行四边形的传动特性。传动角是指所述后连杆和后摇杆之间的角度。

[0046] 本发明改善了仿海鸥扑翼机构的仿生性能，能够模拟海鸥前后翼段在扑动过程中的角度变化规律。

[0047] 尽管上面已经示出和描述了本发明的实施例，可以理解的是，上述实施例是示例性的，不能理解为对本发明的限制，本领域的普通技术人员在不脱离本发明的原理和宗旨的情况下在本发明的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。



图1

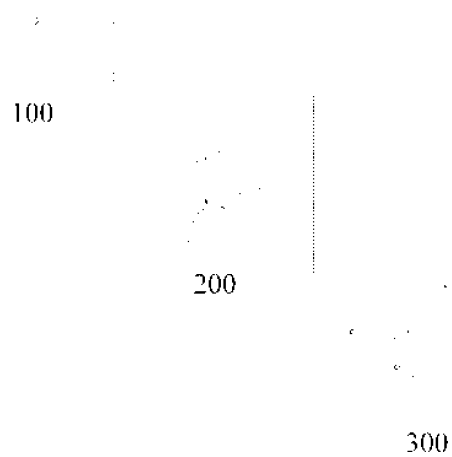


图2

图3

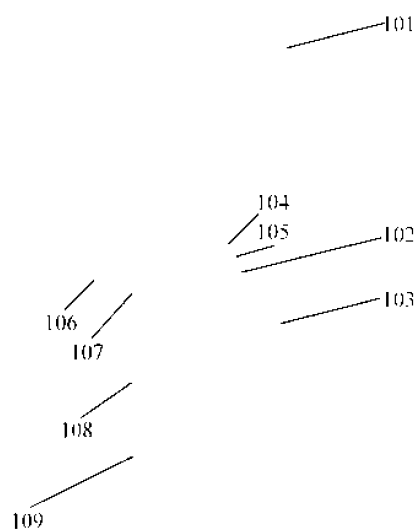


图4

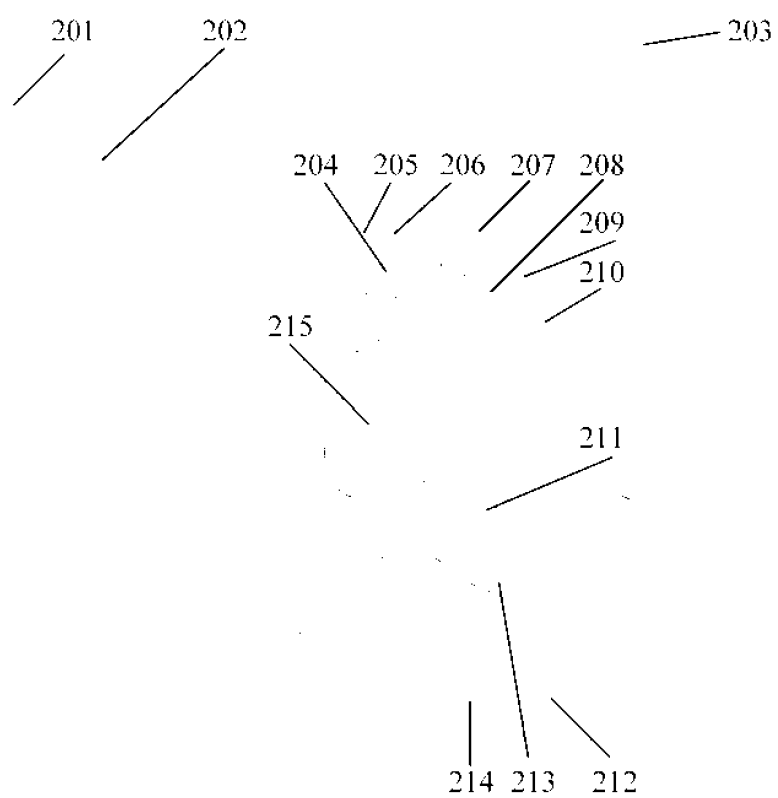


图5

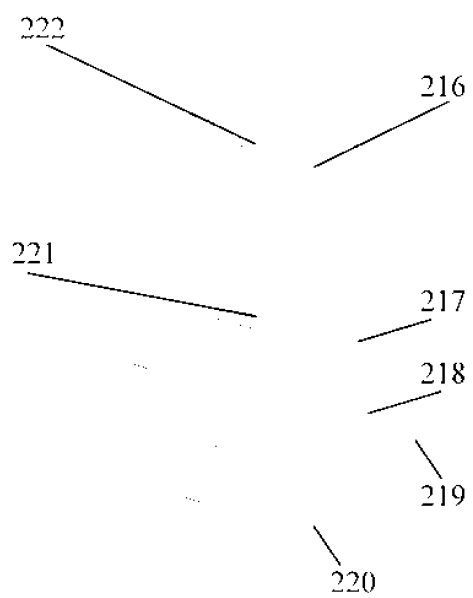


图6

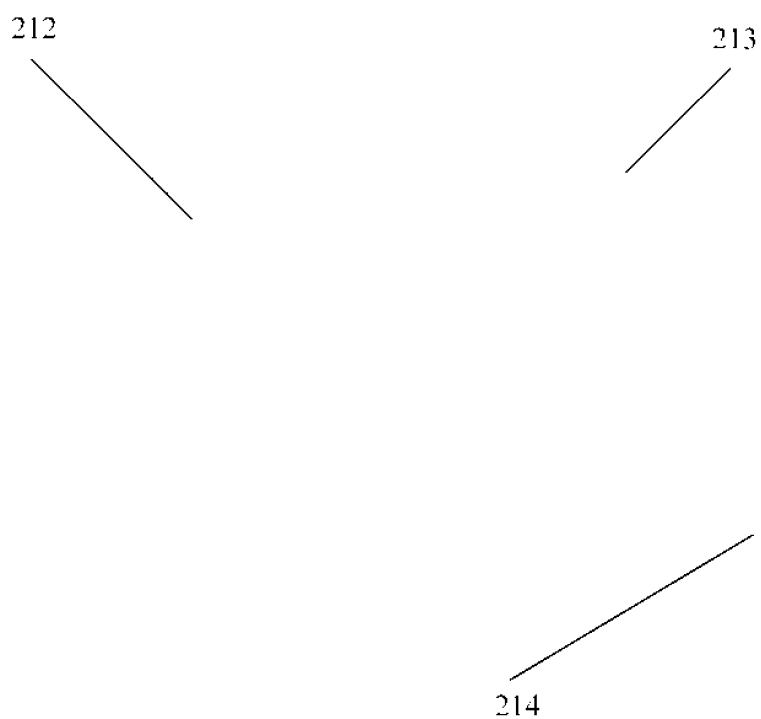


图7

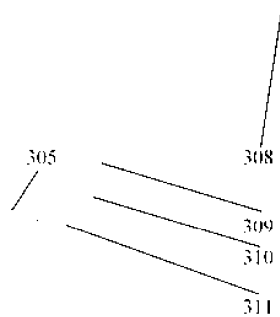


图8

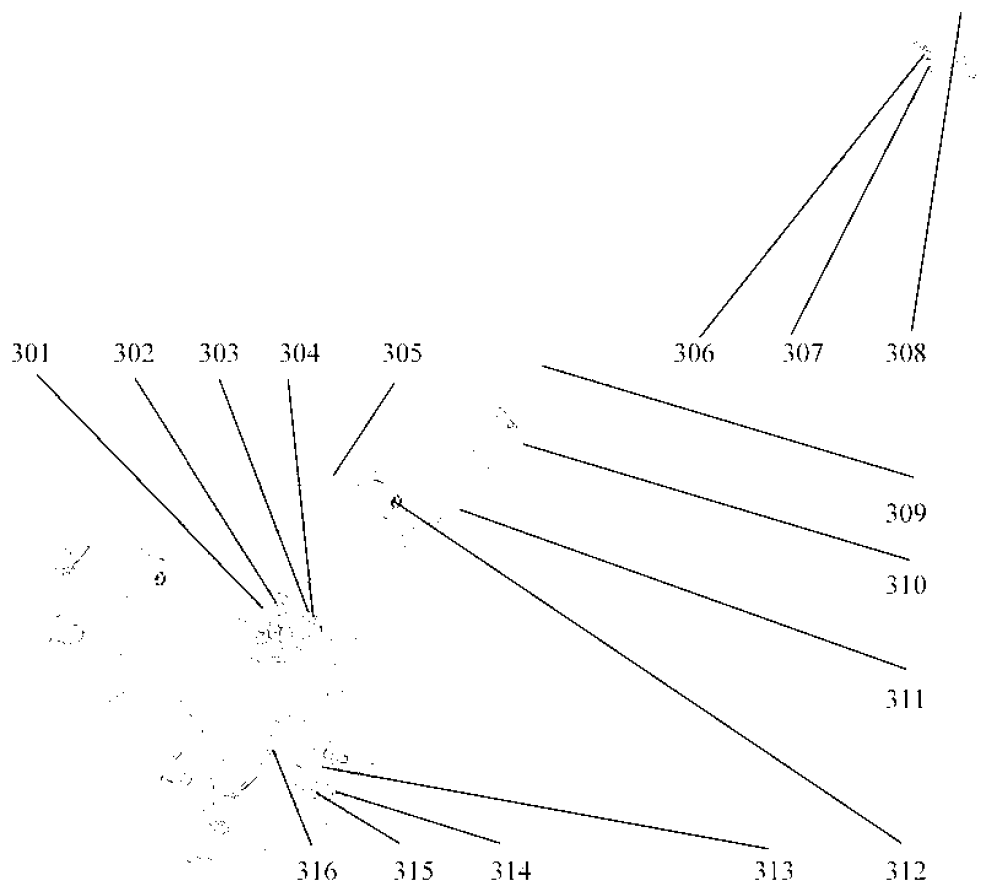


图9

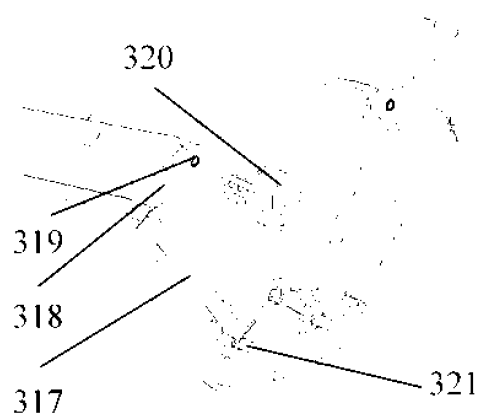


图10