



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103934569 B

(45) 授权公告日 2016. 01. 20

(21) 申请号 201410175610. 5

CN 103639411 A, 2014. 03. 19,

(22) 申请日 2014. 04. 28

CN 103395205 A, 2013. 11. 20,

(73) 专利权人 南京先进激光技术研究院

EP 0846303 A4, 1998. 12. 23,

地址 210038 江苏省南京市经济开发区兴和路 18 号

JP 2006277434 A, 2006. 10. 12,

陈鸿, 程军. 激光快速成型系统中自适应分层算法及实现. 《应用基础与工程科学学报》. 2003, 第 11 卷 (第 3 期),

(72) 发明人 李芷萱 占小红 武艳美 王虹霖

赵吉宾, 刘伟军. 快速成型技术中分层算法的研究与进展. 《计算机集成制造系统》. 2009, 第 15 卷 (第 2 期),

(74) 专利代理机构 南京苏高专利商标事务所 (普通合伙) 32204

蔡冬根, 周天瑞. 基于 STL 模型的快速成形分层技术研究. 《精密成形工程》. 2012, 第 4 卷 (第 6 期),

代理人 柏尚春

审查员 王颖

(51) Int. Cl.

B23K 26/00(2014. 01)

B23K 26/70(2014. 01)

G06F 17/50(2006. 01)

G06T 17/00(2006. 01)

(56) 对比文件

EP 2199067 A1, 2010. 06. 23,

KR 20110131692 A, 2011. 12. 07,

EP 1236526 A1, 2002. 09. 04,

CN 103366069 A, 2013. 10. 23,

CN 101510227 A, 2009. 08. 19,

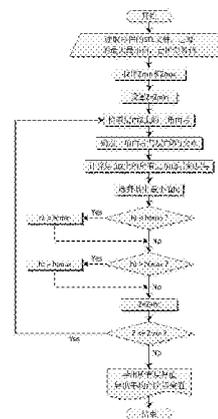
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种基于选择性激光烧结的分层切片方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于选择性激光烧结的分层切片方法,包括读取待加工零件的 STL 文件;确定分层方向、分层厚度的最大最小值、台阶误差的最大值以及表面粗糙度的最大值;将 STL 模型里的三角面片在分层方向上进行第一层切片;根据层平面轮廓多边形的各条边以及与其相关的各三角面片,计算出下一层满足精度要求的最小分层厚度;根据每层层厚对该层切片的交点集合组进行排序处理得到该切平面的轮廓线。本发明根据成型件的表面特征,可以自动调节切片的厚度,具有运算量少、计算时间短、计算效率高的优点,并且能够显著提高制件表面质量和几何精确度。



1. 一种基于选择性激光烧结的分层切片方法,其特征在于,包括以下步骤:

- (1) 读取待加工零件的 STL 文件;
- (2) 确定分层方向、分层厚度的最大最小值、台阶误差的最大值以及表面粗糙度的最大值;
- (3) 将 STL 模型里的三角面片在分层方向上进行第一层切片;
- (4) 根据层平面轮廓多边形的各条边以及与其相关的各三角面片,计算出下一层满足精度要求的最小分层厚度;其中,计算下一层满足精度要求的最小分层厚度的具体步骤为:

设 STL 模型的三角面片在分层方向上的最大和最小坐标值分别为  $Z_{\max}$  和  $Z_{\min}$ , 允许的台阶误差最大值为  $\delta_{\max}$ , 表面粗糙度极值为  $R_b$ , 每层的最大烧结厚度和最小烧结厚度分别为  $h_{\max}$  和  $h_{\min}$ ,

假设在层高为  $Z$  的层面, 一个三角面片  $F$  与切平面  $S$  相交, 其交线的两个端点坐标为  $P_1(x_1, y_1, z_1)$  和  $P_2(x_2, y_2, z_1)$ , 其交线的中点  $P_0(x_0, y_0, z_0)$  的坐标可以通过下列算式求得:

$$x_0 = (x_1 + x_2) / 2;$$

$$y_0 = (y_1 + y_2) / 2;$$

$$z_0 = z_1 = z_2 = z;$$

以除  $P_1P_2$  之外任意一点  $P_0$  作一投影面  $M$ , 该平面与  $P_1P_2$  垂直, 经过  $P_0$  点, 由此可得该平面的点法式方程:

$$(x_2 - x_1)(x - x_0) + (y_2 - y_1)(y - y_0) = 0;$$

由可允许的最大台阶误差  $\delta_{\max}$  可得该三角面片  $F$  允许的最大分层厚度:

$$h_{t\max1} = \delta_{\max} / \cos \theta;$$

其中  $\theta$  为三角面片  $F$  与切片面  $S$  的夹角;

由可允许的表面粗糙度的最大值  $R_b$  可得三角面片  $F$  允许的最大分层厚度:

$$h_{t\max2} = (R_b + 2.04067 - 0.22\alpha + 0.001368\alpha^2) / 0.06722;$$

其中  $\alpha$  为三角面片  $F$  与切平面法  $S$  向量的夹角;

计算  $M$  平面与三角面片  $F$  的上交点  $P_3(x_3, y_3, z_3)$ , 交点距切平面  $S$  的距离为:

$$h_{t\max3} = z_3 - z;$$

$$\text{取 } h_t = \min \{h_{t\max1}, h_{t\max2}, h_{t\max3}\},$$

若  $h_t > h_{\min}$ , 则利用三维实体的点、面、边拓扑关系找到与三角面片  $F$  相邻的三角面片, 并继续计算相邻三角面片的分层厚度, 并与  $h_{\min}$  和  $h_{\max}$  相比较, 若所有  $h_t$  都在  $h_{\min}$  和  $h_{\max}$  之间, 则取  $h_{t\min}$  为下一层切片的厚度;

若  $h_t \leq h_{\min}$ , 则停止计算, 取  $h_{\min}$  为下一层切片的厚度;

若遍历该层所有相交三角面片, 得到的  $h_t$  均大于等于  $h_{\max}$ , 则取  $h_{\max}$  为下一层切片的厚度;

(5) 根据每层层厚对该层切片的交点集合组进行排序处理得到该切平面的轮廓线。

2. 根据权利要求 1 所述的基于选择性激光烧结的分层切片方法, 其特征在于, 所述步骤 (5) 中根据每层层厚对该层切片的交点集合组进行排序处理得到该切平面的轮廓线的具体步骤为: 由步骤 (4) 得到下一层层厚, 找到一个与下一层切平面相交的三角面片  $F_0\{A, B, C\}$ , 求得相交的两个交点, 根据拓扑关系找到与三角面片  $F_0$  相邻的三角面片  $F_1$ , 并

求得下一个交点,依次遍历该层所有相交三角面片直至到达第一个三角面片  $F_0$  结束,得到该层切片的轮廓线。

## 一种基于选择性激光烧结的分层切片方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及快速成型研究领域,特别是涉及一种基于选择性激光烧结的分层切片方法。

### 背景技术

[0002] 快速成型技术又称快速原型制造技术,是一种将零部件的几何形状、结构等信息建立数字化描述模型,然后将这些信息输出到计算机控制的机电集成制造系统,通过逐点、逐线、逐面进行材料的三维堆砌成型,从而达到快速、准确地制造实际零部件的现代化方法。由于快速成型是按照一层层截面轮廓来进行加工的,因此,在加工前必须用分层切片软件将三维模型沿着成型的高度方向,每隔一定的厚度进行分层切片处理,以便提取截面的轮廓。

[0003] 根据快速成型原理,以激光成形加工为例,激光扫描线按层片图形对粉末材料进行扫描烧结,形成以该图形为截面的柱形层片,而该柱形层片与两相邻切平面之间的实际三维实体的层片形状是有差别的。当分层厚度过大时,一些位于两个切平面之间的三维实体上的点、线、面的特征将失去,成型精度降低。同时对轮廓表面为倾斜面的部分进行分层时,随着分层厚度的增加,台阶误差随之加大,将严重影响工件的表面质量。如果分层厚度取的太小,虽然可以提高成型精度,但加工效率将受影响。因此分层厚度的选取应在考虑如何较好地保留三维实体上细微特征、满足表面质量要求的前提下,要尽可能采用较大层厚。对于一个成型系统,在对特定的成型材料进行烧结时,层厚的选取有一个最大烧结厚度(由材料的性质和激光功率、扫描速度等决定)和最小烧结厚度(由材料的粒度决定)的限制。

[0004] 目前现有的各种快速成型机都带有分层切片软件,其切片厚度通常都为定值。也就是说,不论工件在不同高度的形状复杂程度的差别,都按照相同的层厚进行切片处理。这种方法比较简单易实现,但是,当选定的层厚比较大时,容易造成成型件较大的误差,当选定的层厚较小时,成型件的精度高了,但是成型的时间就长了,成型效率变低。

### 发明内容

[0005] 发明目的:本发明旨在提供一种运算量少、计算时间短、计算效率高的自适应性的有效分层切片方法,该方法根据成型件的表面特征,可以自动调节切片的厚度,能够显著提高制件表面质量和几何精确度。

[0006] 技术方案:一种基于选择性激光烧结的分层切片方法,其特征在于,包括以下步骤:

[0007] (1) 读取待加工零件的 STL 文件;

[0008] (2) 确定分层方向、分层厚度的最大最小值、台阶误差的最大值以及表面粗糙度的最大值;

[0009] (3) 将 STL 模型里的三角面片在分层方向上进行第一层切片;

[0010] (4) 根据层平面轮廓多边形的各条边以及与其相关的各三角面片,计算出下一层满足精度要求的最小分层厚度;

[0011] (5) 根据每层层厚对该层切片的交点集合组进行排序处理得到该切平面的轮廓线。

[0012] 所述步骤(4)中,计算下一层满足精度要求的最小分层厚度的具体步骤为:

[0013] 设 STL 模型的三角面片在分层方向上的最大和最小坐标值分别为  $Z_{\max}$  和  $Z_{\min}$ , 允许的台阶误差最大值为  $\delta_{\max}$ , 表面粗糙度极值为  $R_b$ , 每层的最大烧结厚度和最小烧结厚度分别为  $h_{\max}$  和  $h_{\min}$ ,

[0014] 假设在层高为  $Z$  的层面, 一个三角面片  $F$  与切平面  $S$  相交, 其交线的两个端点坐标为  $P_1(x_1, y_1, z_1)$  和  $P_2(x_2, y_2, z_1)$ , 其交线的中点  $P_0(x_0, y_0, z_0)$  的坐标可以通过下列算式求得:

$$[0015] \quad x_0 = (x_1 + x_2) / 2;$$

$$[0016] \quad y_0 = (y_1 + y_2) / 2;$$

$$[0017] \quad z_0 = z_1 = z_2 = z;$$

[0018] 以除  $P_1P_2$  之外任意一点  $P_0$  作一投影面  $M$ , 该平面与  $P_1P_2$  垂直, 经过  $P_0$  点, 由此可得该平面的点法式方程:

$$[0019] \quad (x_2 - x_1)(x - x_0) + (y_2 - y_1)(y - y_0) = 0;$$

[0020] 由可允许的最大台阶误差  $\delta_{\max}$  可得该三角面片  $F$  允许的最大分层厚度:

$$[0021] \quad h_{\text{tmax1}} = \delta_{\max} / \cos \theta;$$

[0022] 其中  $\theta$  为三角面片  $F$  与切片面  $S$  的夹角;

[0023] 由可允许的表面粗糙度的最大值  $R_b$  可得三角面片  $F$  允许的最大分层厚度:

$$[0024] \quad h_{\text{tmax2}} = (R_b + 2.04067 - 0.22\alpha + 0.001368\alpha^2) / 0.06722;$$

[0025] 其中  $\alpha$  为三角面片  $F$  与切平面法  $S$  向量的夹角;

[0026] 计算  $M$  平面与三角面片  $F$  的上交点  $P_3(x_3, y_3, z_3)$ , 交点距切平面  $S$  的距离为:

$$[0027] \quad h_{\text{tmax3}} = z_3 - z;$$

$$[0028] \quad \text{取 } h_t = \min \{h_{\text{tmax1}}, h_{\text{tmax2}}, h_{\text{tmax3}}\},$$

[0029] 若  $h_t > h_{\min}$ , 则利用三维实体的点、面、边拓扑关系找到与三角面片  $F$  相邻的三角面片, 并继续计算相邻三角面片的分层厚度, 并与  $h_{\min}$  和  $h_{\max}$  相比较, 若所有  $h_t$  都在  $h_{\min}$  和  $h_{\max}$  之间, 则取  $h_{\text{tmin}}$  为下一层切片的厚度;

[0030] 若  $h_t \leq h_{\min}$ , 则停止计算, 取  $h_{\min}$  为下一层切片的厚度;

[0031] 若遍历该层所有相交三角面片, 得到的  $h_t$  均大于等于  $h_{\max}$ , 则取  $h_{\max}$  为下一层切片的厚度。

[0032] 所述步骤(5)中根据每层层厚对该层切片的交点集合组进行排序处理得到该切平面的轮廓线的具体步骤为: 由步骤(4)得到下一层层厚, 找到一个与下一层切平面相交的三角面片  $F_0\{A, B, C\}$ , 求得相交的两个交点, 根据拓扑关系找到与三角面片  $F_0$  相邻的三角面片  $F_1$ , 并求得下一个交点, 依次遍历该层所有相交三角面片直至到达第一个三角面片  $F_0$  结束, 得到该层切片的轮廓线。

[0033] 有益效果: 本发明在确定下一层的分层厚度时, 不需要多次的试切过程, 只需要利用当前层片多边形截面轮廓上各边的顶点坐标, 以及与各边相关的三角面片对应关系和三维实体的点、面、边的拓扑信息, 就可以直接计算出下一层满足分层精度要求(台阶误差和

表面粗糙度)的分层厚度,简化了计算,提高了计算效率。通过自适应调整切片的厚度来控制成型的速度和精度,从而可以有效的提高生产效率和生产质量,尤其是针对结构比较复杂的成型件,在保证成型速度的前提下,工件的精度得到了很大的提高。

### 附图说明

- [0034] 图 1 是本发明的流程示意图；  
 [0035] 图 2 是本发明的零件三角面片模型结构图；  
 [0036] 图 3 是本发明的通过自适应分层切片之后的层厚示意图；  
 [0037] 图 4 是本发明的层厚的二维示意图。

### 具体实施方式

[0038] 如图 1、2、3、4 所示,一种基于选择性激光烧结的分层切片方法,包括以下步骤:

- [0039] (1) 读取由 CAD 待加工零件图生成的 STL 文件；  
 [0040] (2) 确定分层方向、分层厚度的最大最小值、台阶误差的最大值以及表面粗糙度的最大值；  
 [0041] (3) 将 STL 模型里的三角面片在分层方向上进行第一层切片；  
 [0042] (4) 根据层平面轮廓多边形的各条边以及与其相关的各三角面片,计算出下一层满足精度要求的最小分层厚度,具体步骤为:

[0043] 设 STL 模型的三角面片在分层方向上的最大和最小坐标值分别为  $Z_{\max}$  和  $Z_{\min}$ , 允许的台阶误差最大值为  $\delta_{\max}$ , 表面粗糙度极值为  $R_b$ , 每层的最大烧结厚度和最小烧结厚度分别为  $h_{\max}$  和  $h_{\min}$ ,

[0044] 假设在层高为  $Z$  的层面,一个三角面片  $F$  与切平面  $S$  相交,其交线的两个端点坐标为  $P_1(x_1, y_1, z_1)$  和  $P_2(x_2, y_2, z_2)$ , 其交线的中点  $P_0(x_0, y_0, z_0)$  的坐标可以通过下列算式求得:

$$[0045] \quad x_0 = (x_1 + x_2) / 2;$$

$$[0046] \quad y_0 = (y_1 + y_2) / 2;$$

$$[0047] \quad z_0 = z_1 = z_2 = z;$$

[0048] 以除  $P_1P_2$  之外任意一点  $P_0$  作一投影面  $M$ , 该平面与  $P_1P_2$  垂直, 经过  $P_0$  点, 由此可得该平面的点法式方程:

$$[0049] \quad (x_2 - x_1)(x - x_0) + (y_2 - y_1)(y - y_0) = 0;$$

[0050] 由可允许的最大台阶误差  $\delta_{\max}$  可得该三角面片  $F$  允许的最大分层厚度:

$$[0051] \quad h_{\text{tmax1}} = \delta_{\max} / \cos \theta;$$

[0052] 其中  $\theta$  为三角面片  $F$  与切片面  $S$  的夹角;

[0053] 由可允许的表面粗糙度的最大值  $R_b$  可得三角面片  $F$  允许的最大分层厚度:

$$[0054] \quad h_{\text{tmax2}} = (R_b + 2.04067 - 0.22\alpha + 0.001368\alpha^2) / 0.06722;$$

[0055] 其中  $\alpha$  为三角面片  $F$  与切平面法  $S$  向量的夹角;

[0056] 计算  $M$  平面与三角面片  $F$  的上交点  $P_3(x_3, y_3, z_3)$ , 交点距切平面  $S$  的距离为:

$$[0057] \quad h_{\text{tmax3}} = z_3 - z;$$

[0058] 取  $h_t = \min\{h_{\text{tmax1}}, h_{\text{tmax2}}, h_{\text{tmax3}}\}$ ,

[0059] 若  $h_t > h_{\min}$ , 则利用三维实体的点、面、边拓扑关系找到与三角面片  $F$  相邻的三角

面片,并继续计算相邻三角面片的分层厚度,并与  $h_{\min}$  和  $h_{\max}$  相比较,若所有  $h_t$  都在  $h_{\min}$  和  $h_{\max}$  之间,则取  $h_{\min}$  为下一层切片的厚度;

[0060] 若  $h_t \leq h_{\min}$ ,则停止计算,取  $h_{\min}$  为下一层切片的厚度;

[0061] 若遍历该层所有相交三角面片,得到的  $h_t$  均大于等于  $h_{\max}$ ,则取  $h_{\max}$  为下一层切片的厚度。

[0062] (5) 根据每层层厚对该层切片的交点集合组进行排序处理得到该切平面的轮廓线,具体步骤为:由步骤(4)得到下一层层厚,找到一个与下一层切平面相交的三角面片  $F_0 \{A, B, C\}$ ,求得相交的两个交点,根据拓扑关系找到与三角面片  $F_0$  相邻的三角面片  $F_1$ ,并求得下一个交点,依次遍历该层所有相交三角面片直至到达第一个三角面片  $F_0$  结束,得到该层切片的轮廓线。

[0063] 本发明根据成型件的表面特征,可以自动调节切片的厚度,具有运算量少、计算时间短、计算效率高的优点,并且能够显著提高制件表面质量和几何精确度。在确定下一层的分层厚度时,不需要多次的试切过程,只需要利用当前层片多边形截面轮廓上各边的顶点坐标,以及与各边相关的三角面片对应关系和三维实体的点、面、边的拓扑信息,就可以直接计算出下一层满足分层精度要求(台阶误差和表面粗糙度)的分层厚度,简化了计算,提高了计算效率。通过自适应调整切片的厚度来控制成型的速度和精度,从而可以有效的提高生产效率和生产质量,尤其是针对结构比较复杂的成型件,在保证成型速度的前提下,工件的精度得到了很大的提高。

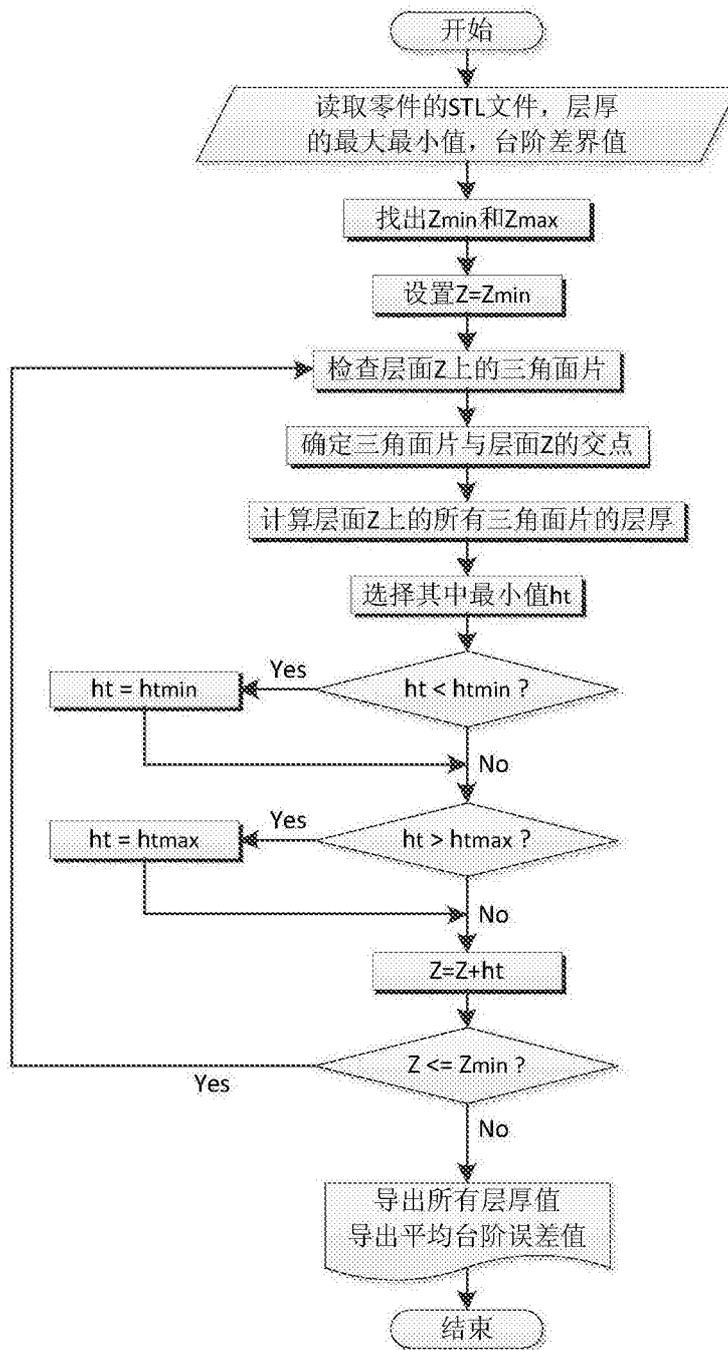


图 1

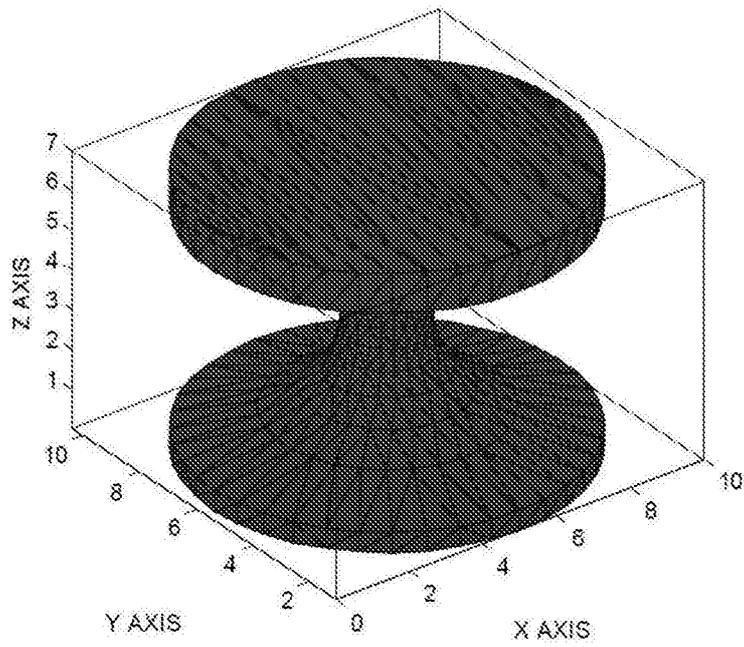


图 2

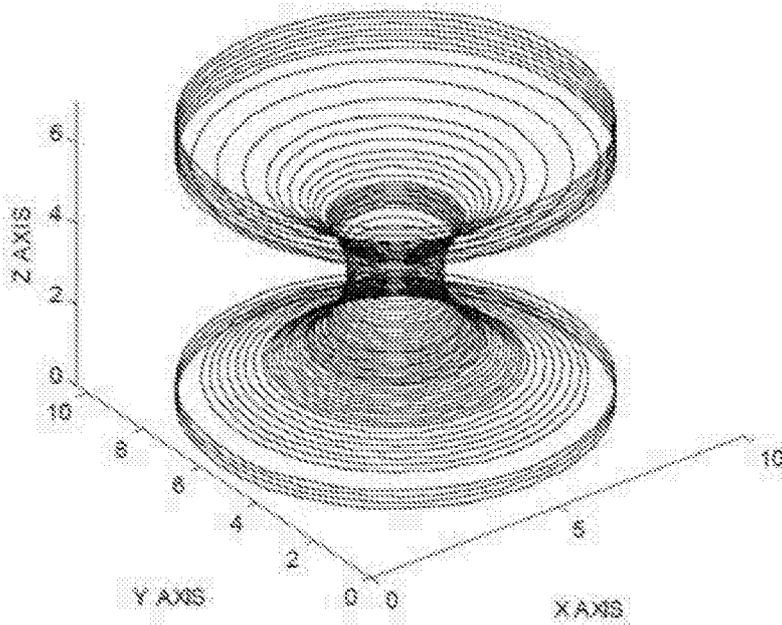


图 3

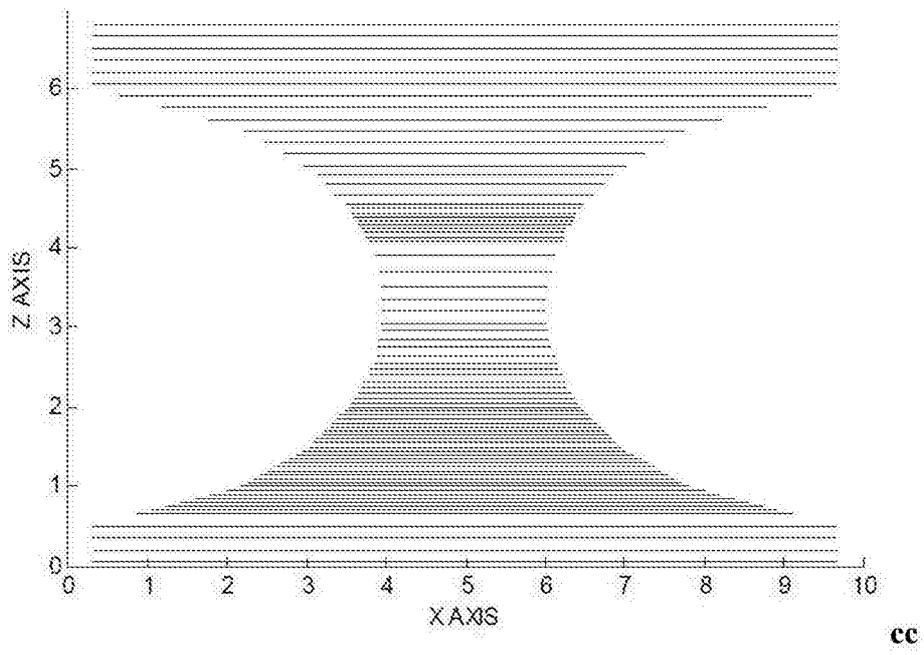


图 4