



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110737119 A

(43)申请公布日 2020.01.31

(21)申请号 201910875750.6

(22)申请日 2019.09.17

(71)申请人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72)发明人 范利武 李梓瑞 张润辉 胡楠  
涂敬 朱子钦

(74)专利代理机构 杭州求是专利事务有限公司 33200

代理人 郑海峰

(51)Int.Cl.

G02F 1/13(2006.01)

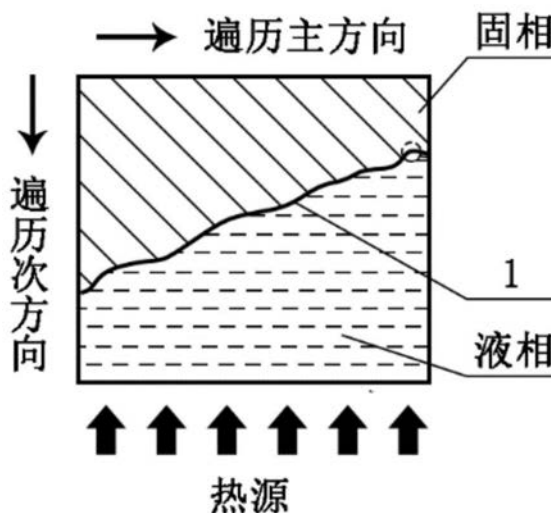
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

## (54)发明名称

一种基于热色液晶的二维相界面数字化处理显示方法

## (57)摘要

本发明公开了一种基于热色液晶的二维相界面数字化处理显示方法。所述方法应用于高导热复合相变材料储热领域,包含像素点读取、坐标变换、相界面粗读、滤波和相界面显示五个步骤。本发明利用热色液晶材料具有可逆热致变色、高温分辨率、高空间分辨率、响应快的特性实现相变材料固液相界面的可视化测量;利用热色液晶像素色彩与温度的单值对应性,实现相界面数字化读取;利用二元泰勒插值实现对在圆形传热边界条件下产生的闭合相界面曲线的识别。本方法在使用热色液晶基础上,实现相变过程相界面的数字化读取显示,一定程度上消除了人工识别的主观性,提供了一种科学的相界面界定处理显示方法,也有助于提取熔化速率等其他传热参数。



1. 一种基于热色液晶的二维相界面数字化处理显示方法,其特征在于包括以下步骤:

S1,读取相变材料熔化过程中拍摄到的热色液晶显色图片,将二维相界面的像素节点RGB信息转化为与温度具有单值对应关系的Hue值,得到直角坐标系下标定温度的像素节点Hue值;

S2,识别热色液晶显色图片中的相界面曲线,若曲线闭合,则判断为闭合相界面曲线,将直角坐标系变换为极坐标系,得到极坐标系下标定温度的像素节点Hue值,然后进入步骤S3;若曲线不闭合,则判断为非闭合相界面,直接进入步骤S3;

S3,利用闭合相界面的极坐标系下标定温度的像素节点Hue值对闭合相界面进行遍历搜索,或者利用非闭合相界面的直角坐标系下标定温度的像素节点Hue值对非闭合相界面进行遍历搜索,记录相界面像素节点的位置信息,完成相界面粗读;

S4,对步骤S3得到的相界面像素节点位置连成曲线并进行滤波处理,消除噪音影响;

S5,对滤波处理后的相界面进行数字化显示。

2. 根据权利要求1所述的一种基于热色液晶的二维相界面数字化处理显示方法,其特征在于所述的将二维相界面的像素节点RGB信息转化为与温度具有单值对应关系的Hue值的换算公式为:

$$Hue = \arctan \left( \frac{\sqrt{3}(G - B)}{2R - G - B} \right)$$

其中,R、G、B为该像素节点色彩RGB信息。

3. 根据权利要求1所述的一种基于热色液晶的二维相界面数字化处理显示方法,其特征在于所述步骤S2具体为:

识别热色液晶显色图片中的相界面曲线,若曲线闭合,则判断为闭合相界面曲线,利用二元泰勒插值方法将直角坐标系下的Hue值变换为极坐标系下的Hue值,具体为:在闭合相界面曲线(4)的区域范围内任取一点作为极坐标系极点(5),任取一个方向作为极坐标系极轴(6);建立极坐标后,对极坐标的极径和极角作离散化处理,得到极坐标像素节点(7);利用二元泰勒插值公式建立极坐标像素节点(7)Hue值与直角坐标系像素节点(8)Hue值间的关系,并计算极坐标系下标定温度的像素节点Hue值,计算公式如下:

$$Hue_{pol}(i, j) = Hue_{Rec}(m, n) + \frac{Hue_{Rec}(m + 1, n) - Hue_{Rec}(m, n)}{x} \cdot \Delta x + \frac{Hue_{Rec}(m, n + 1) - Hue_{Rec}(m, n)}{y} \cdot \Delta y$$

其中 $Hue_{pol}(i, j)$ 、 $Hue_{Rec}(i, j)$ 分别为极坐标和直角坐标中第(i, j)个像素节点的Hue值,直角坐标系中(m, n)、(m+1, n)、(m, n+1)、(m+1, n+1)四个像素节点恰好包围极坐标像素节点(i, j),x、y分别为直角坐标像素节点间的横向距离和纵向距离, $\Delta x$ 、 $\Delta y$ 表示极坐标节点(i, j)到直角坐标节点(m, n)的横向距离和纵向距离;

识别热色液晶显色图片中的相界面曲线,若曲线不闭合,则判断为非闭合相界面曲线,跳过坐标转换步骤,直接进入步骤S3。

4. 根据权利要求1所述的一种基于热色液晶的二维相界面数字化处理显示方法,其特征在于所述步骤S3具体为:

若步骤S2判断为非闭合相界面曲线,则以与受热边平行的方向作为遍历主方向,以与受热边方向垂直的方向作为遍历次方向;每次在遍历次方向上找到第一个与熔点Hue值相差小于阈值的像素节点,判定该点为相界面像素节点(2),储存该节点的位置信息,进入下一个主方向遍历,直至遍历完所有主方向,完成相界面粗读;

若步骤S2判断为闭合相界面曲线,则以极角作为遍历主方向,以极径作为遍历次方向;每次在极径方向上找到第一个与熔点Hue值相差小于阈值的像素节点,判定该点为相界面像素节点(2),储存该节点的位置信息,进入下一个极角进行遍历,直至遍历完所有极角,完成相界面粗读。

5. 根据权利要求4所述的一种基于热色液晶的二维相界面数字化处理显示方法,其特征在于所述熔点Hue值是通过拍摄已知熔点温度下热色液晶显示的颜色,并将颜色的RGB信息转化为Hue值所得。

6. 根据权利要求1所述的一种基于热色液晶的二维相界面数字化处理显示方法,其特征在于步骤S4采用局部回归平滑滤波方法对步骤S3相界面粗读过程得到的相界面像素节点位置曲线进行滤波处理。

## 一种基于热色液晶的二维相界面数字化处理显示方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于高导热相变材料储热领域,具体涉及一种基于热色液晶的二维相界面数字化处理显示方法。

### 背景技术

[0002] 热能不仅在自然界中以太阳能、地热等形式广泛存在,同时在钢铁冶金、水泥建材和石油化工等高能耗产业以低品位形式大量产生。因此,如果能将热能有效存储并加以利用,是实现能源开源和提高利用率的有效手段。

[0003] 固-液相变材料具有成本低、储热放热过程温度恒定、热膨胀率小、理化性质稳定等优点,被广泛应用在储热领域。虽然常见相变材料的能量密度高,但其较低的导热系数严重影响了储热系统的动态性能。近年来在相变材料中添加具有高导热系数的纳米颗粒制备出复合相变材料成为一种提高相变材料导热性能的有效手段。

[0004] 然而在对储热腔体内复合相变材料实际传热性能的研究中发现,添加了纳米颗粒使得熔化/凝固过程中的复合相变材料固-液两相界面不可见,所以无法采用传统直接观察的可视化方法以确定相界面位置并定量分析储热腔的传热性能。

### 发明内容

[0005] 本发明针对以上技术难点,提出了一种基于热色液晶的二维相界面数字化处理显示方法。所述方法应用于高导热相变材料储热领域,包含像素节点读取、坐标变换、相界面粗读、滤波和相界面显示五个步骤。本发明利用热色液晶材料具有可逆热致变色、高温分辨率、高空间分辨率、响应快的特性实现相变材料固液相界面的可视化测量;利用热色液晶像素色彩与温度的单值对应性,实现相界面数字化读取;利用二元泰勒插值实现对在圆形传热边界条件下产生的闭合相界面曲线的识别。本方法在使用热色液晶基础上,实现相变过程相界面的数字化读取显示,一定程度上消除了人工识别的主观性,提供了一种科学的相界面界定处理显示方法,也有助于提取熔化速率等其他传热参数。

[0006] 为了实现上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0007] 一种基于热色液晶的二维相界面数字化处理显示方法,包括以下步骤:

[0008] S1,读取相变材料熔化过程中拍摄到的热色液晶显色图片,将二维相界面的像素节点RGB信息转化为与温度具有单值对应关系的Hue值,得到直角坐标系下标定温度的像素节点Hue值;

[0009] S2,识别热色液晶显色图片中的相界面曲线,若曲线闭合,则判断为闭合相界面曲线,将直角坐标系变换为极坐标系,得到极坐标系下标定温度的像素节点Hue值,然后进入步骤S3;若曲线不闭合,则判断为非闭合相界面,直接进入步骤S3;

[0010] S3,利用闭合相界面的极坐标系下标定温度的像素节点Hue值对闭合相界面进行遍历搜索,或者利用非闭合相界面的直角坐标系下标定温度的像素节点Hue值对非闭合相界面进行遍历搜索,记录相界面像素节点的位置信息,完成相界面粗读;

[0011] S4,对步骤S3得到的相界面像素节点位置连成曲线并进行滤波处理,消除噪音影响;

[0012] S5,对滤波处理后的相界面进行数字化显示。

[0013] 进一步的,所述的将二维相界面的像素节点RGB信息转化为与温度具有单值对应关系的Hue值的换算公式为:

$$[0014] \quad Hue = \arctan\left(\frac{\sqrt{3}(G - B)}{2R - G - B}\right)$$

[0015] 其中,R、G、B为该像素节点色彩RGB信息。

[0016] 进一步的,所述步骤S2具体为:

[0017] 识别热色液晶显色图片中的相界面曲线,若曲线闭合,则判断为闭合相界面曲线,利用二元泰勒插值方法将直角坐标系下的Hue值变换为极坐标系下的Hue值,具体为:在闭合相界面曲线(4)的区域范围内任取一点作为极坐标系极点(5),任取一个方向作为极坐标系极轴(6);建立极坐标后,对极坐标的极径和极角作离散化处理,得到极坐标像素节点(7);利用二元泰勒插值公式建立极坐标像素节点(7)Hue值与直角坐标系像素节点(8)Hue值间的关系,并计算极坐标系下标定温度的像素节点Hue值,计算公式如下:

$$[0018] \quad Hue_{pol}(i, j) = Hue_{Rec}(m, n) + \frac{Hue_{Rec}(m + 1, n) - Hue_{Rec}(m, n)}{x} \cdot \Delta x + \frac{Hue_{Rec}(m, n + 1) - Hue_{Rec}(m, n)}{y} \cdot \Delta y$$

[0019] 其中 $Hue_{pol}(i, j)$ 、 $Hue_{Rec}(i, j)$ 分别为极坐标和直角坐标中第(i, j)个像素节点的Hue值,直角坐标系中(m, n)、(m+1, n)、(m, n+1)、(m+1, n+1)四个像素节点恰好包围极坐标像素节点(i, j),x、y分别为直角坐标像素节点间的横向距离和纵向距离, $\Delta x$ 、 $\Delta y$ 表示极坐标节点(i, j)到直角坐标节点(m, n)的横向距离和纵向距离;

[0020] 识别热色液晶显色图片中的相界面曲线,若曲线不闭合,则判断为非闭合相界面曲线,跳过坐标转换步骤,直接进入步骤S3。

[0021] 进一步的,所述步骤S3具体为:

[0022] 若步骤S2判断为非闭合相界面曲线,则以与受热边平行的方向作为遍历主方向,以与受热边方向垂直的方向作为遍历次方向;每次在遍历次方向上找到第一个与熔点Hue值相差小于阈值的像素节点,判定该点为相界面像素节点(2),储存该节点的位置信息,进入下一个主方向遍历,直至遍历完所有主方向,完成相界面粗读;

[0023] 若步骤S2判断为闭合相界面曲线,则以极角作为遍历主方向,以极径作为遍历次方向;每次在极径方向上找到第一个与熔点Hue值相差小于阈值的像素节点,判定该点为相界面像素节点(2),储存该节点的位置信息,进入下一个极角进行遍历,直至遍历完所有极角,完成相界面粗读。

[0024] 进一步的,所述熔点Hue值是通过拍摄已知熔点温度下热色液晶显示的颜色,并将颜色的RGB信息转化为Hue值得到的。

[0025] 进一步的,步骤S4采用局部回归平滑滤波方法对步骤S3相界面粗读过程得到的相界面像素节点位置曲线进行滤波处理。

[0026] 本发明与现有技术相比,具有如下益效果:

[0027] (1) 采用的热色液晶材料具有可逆热致变色、高温分辨率、高空间分辨率、响应快的特性实现蓄热腔壁面温度和相变材料固液相界面的可视化测量。

[0028] (2) 利用热色液晶像素色彩与温度的单值对应性,将相变界面数字化读取显示,一定程度上消除了人眼识别的主观性,提供了一种科学的相界面界定处理显示方法,也有助于提取熔化速率等其他传热参数。

[0029] (3) 可用于识别非闭合与闭合的相界面,适用于矩形截面、圆形截面等多种不同相变过程的相界面识别。

### 附图说明

[0030] 图1为非闭合相界面曲线简图;

[0031] 图2为非闭合相界面像素节点放大图;

[0032] 图3为闭合相界面曲线简图;

[0033] 图4为闭合相界面像素节点放大图;

[0034] 图5为坐标变换示意图;

[0035] 图6为本实施方式中拍摄的热色液晶所显示出的相界面;

[0036] 图7为通过本发明所述方法处理后显示的相界面。

[0037] 附图中,各注释列表如下:

[0038] 1:非闭合相界面曲线      2:相界面像素节点

[0039] 3:非相界面像素节点      4:闭合相界面曲线

[0040] 5:极点      6:极轴

[0041] 7:极坐标像素节点      8:直角坐标像素节点

### 具体实施方式

[0042] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明实施方式作进一步详细说明。

[0043] 如图1~4所示,一种基于热色液晶的二维相界面数字化处理显示方法,包含像素节点读取、坐标变换、相界面粗读、滤波和相界面显示五个步骤,可实现对非闭合相界面曲线1和闭合相界面曲线4的数字化识别;所述的非闭合相界面1指相界面曲线不封闭,主要出现于矩形截面相变材料的受热熔化过程,数字化识别过程中可跳过坐标变换步骤;所述的闭合相界面4指相界面曲线封闭,主要出现于圆形截面相变材料的受热熔化过程。

[0044] 步骤一、像素节点读取。

[0045] 读取相变材料熔化过程中拍摄到的热色液晶显色图片,将二维相界面的像素节点RGB信息转化为与温度具有单值对应关系的Hue值,得到直角坐标系下标定温度的像素节点Hue值;

[0046] 步骤二、坐标变换。

[0047] 识别热色液晶显色图片中的相界面曲线,若曲线闭合,则判断为闭合相界面曲线,将直角坐标系变换为极坐标系,得到极坐标系下标定温度的像素节点Hue值,然后进入步骤S3;若曲线不闭合,则判断为非闭合相界面,直接进入步骤S3;

[0048] 步骤三、相界面粗读。

[0049] 利用闭合相界面的极坐标系下标定温度的像素节点Hue值对闭合相界面进行遍历搜索,或者利用非闭合相界面的直角坐标系下标定温度的像素节点Hue值对非闭合相界面进行遍历搜索,每次在遍历次方向上找到第一个与熔点Hue值相差小于阈值的像素节点,判定该点为相界面像素节点2,记录相界面像素节点的位置信息,直至遍历完所有主方向或者所有极角,完成相界面粗读;

[0050] 步骤四、滤波。

[0051] 对步骤S3得到的相界面像素节点位置连成曲线并进行滤波处理,消除噪音影响;

[0052] 步骤五、相界面显示。

[0053] 对滤波处理后的相界面进行数字化显示。

[0054] 作为本发明的优选实施方式,如图1~2所示,对于非闭合相界面1的数字化识别方法如下:首先读取熔化过程中拍摄到的热色液晶显色图片,利用如下关系式,将像素节点RGB信息转化为与温度具有单值对应关系的Hue值,

$$[0055] \quad Hue = \arctan\left(\frac{\sqrt{3}(G - B)}{2R - G - B}\right)$$

[0056] 其次,以受热边为遍历主方向,与其垂直的边为遍历次方向对全图的Hue值进行遍历搜索,每次在遍历次方向上找到第一个与熔点温度接近的Hue值后,判定该点为相界面像素节点2,储存该点位置信息,转至对下一主方向进行遍历,直至遍历完所有的主方向,完成相界面粗读。之后对所有搜索完成的相界面像素节点位置曲线进行滤波处理,消除噪声的影响,最后显示相界面即可。

[0057] 作为本发明的优选实施方式,如图3~4所示,对于闭合相界面4的数字化识别方法如下:首先读取熔化过程中拍摄到的热色液晶显色图片,利用如下关系式,将像素节点RGB信息转化为与温度具有单值对应关系的Hue值,

$$[0058] \quad Hue = \arctan\left(\frac{\sqrt{3}(G - B)}{2R - G - B}\right)$$

[0059] 完成转化后需要转换至极坐标中进行处理。在需要识别的闭合相界面曲线4中任取一点作为极坐标系极点5,任取一个方向作为极坐标系极轴6。

[0060] 如图5所示,建立极坐标后,对极坐标的极径和极角作离散化处理,得到极坐标下的像素节点7。利用二元泰勒插值公式建立极坐标像素节点7Hue值与直角坐标系像素节点8间的关系,并计算极坐标各节点的Hue值,

$$[0061] \quad Hue_{pol}(i, j) = Hue_{Rec}(m, n) + \frac{Hue_{Rec}(m + 1, n) - Hue_{Rec}(m, n)}{x} \cdot \Delta x + \frac{Hue_{Rec}(m, n + 1) - Hue_{Rec}(m, n)}{y} \cdot \Delta y$$

[0062] 其中 $Hue_{pol}(i, j)$ 、 $Hue_{Rec}(i, j)$ 分别为极坐标和直角坐标中第 $(i, j)$ 个节点的Hue值,直角坐标系中 $(m, n)$ 、 $(m+1, n)$ 、 $(m, n+1)$ 、 $(m+1, n+1)$ 四个节点恰好包围极坐标节点 $(i, j)$ , $x$ 、 $y$ 分别为直角坐标节点间的横向距离和纵向距离, $\Delta x$ 、 $\Delta y$ 表示极坐标节点 $(i, j)$ 到直角坐标节点 $(m, n)$ 的横向距离和纵向距离。

[0063] 如图3~4所示,以极角作为遍历主方向,以极径作为遍历次方向;每次在极径方向

上找到第一个与熔点的Hue值相近的值后,判定该点为相界面像素节点2,储存该节点的位置信息,进入下一个极角进行遍历,直至遍历完所有极角,完成相界面粗读。对相界面节点位置曲线进行滤波处理,最后显示相界面既可。

[0064] 如图6~7所示,以非闭合相界面为例,图6为拍摄所得热色液晶所显示出的相界面,图7为通过此方法进一步处理后显示的相界面。

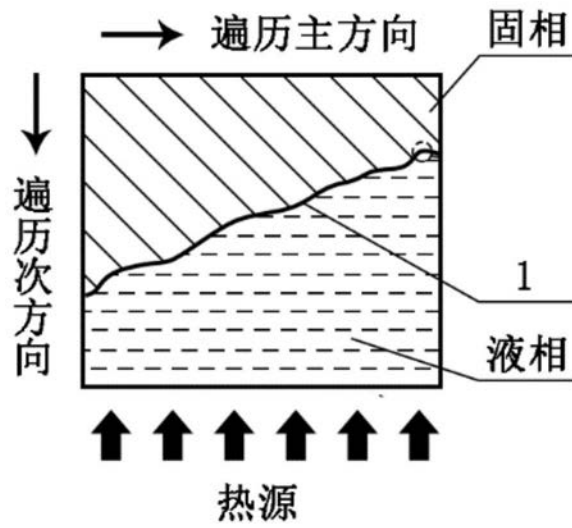


图1

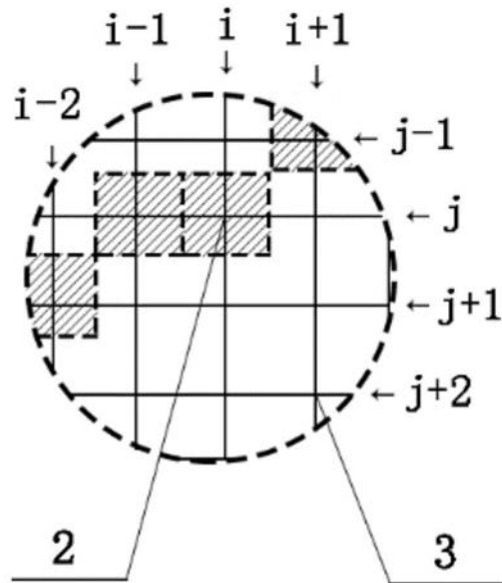


图2

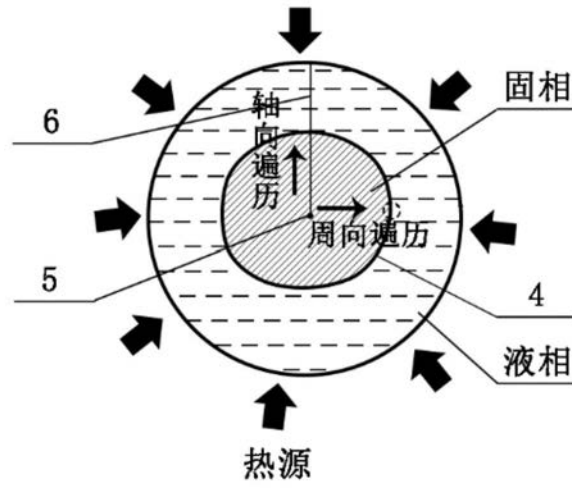


图3

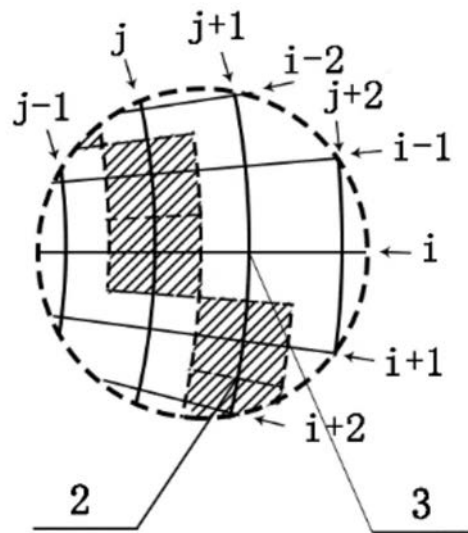


图4

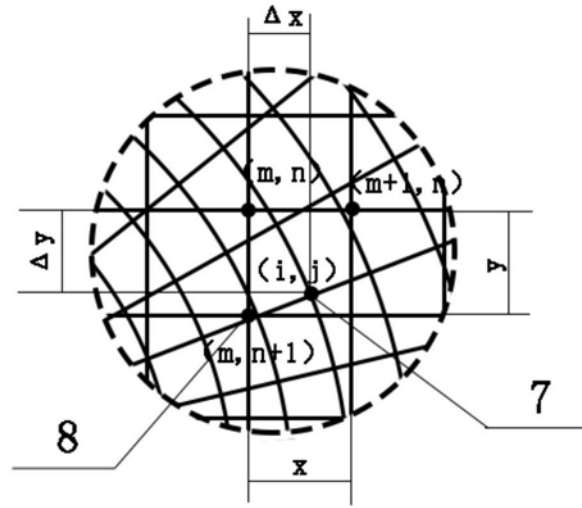


图5



图6

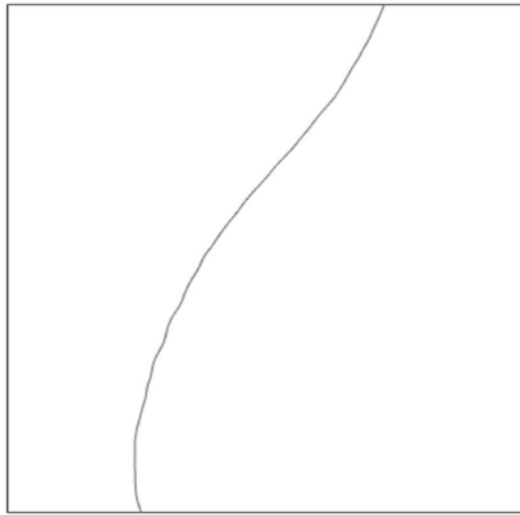


图7

专利名称(译)	一种基于热色液晶的二维相界面数字化处理显示方法		
公开(公告)号	<a href="#">CN110737119A</a>	公开(公告)日	2020-01-31
申请号	CN201910875750.6	申请日	2019-09-17
[标]申请(专利权)人(译)	浙江大学		
申请(专利权)人(译)	浙江大学		
当前申请(专利权)人(译)	浙江大学		
[标]发明人	范利武 李梓瑞 张润辉 胡楠 涂敬 朱子钦		
发明人	范利武 李梓瑞 张润辉 胡楠 涂敬 朱子钦		
IPC分类号	G02F1/13		
CPC分类号	G02F1/13 G02F1/132		
代理人(译)	郑海峰		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

本发明公开了一种基于热色液晶的二维相界面数字化处理显示方法。所述方法应用于高导热复合相变材料储热领域，包含像素点读取、坐标变换、相界面粗读、滤波和相界面显示五个步骤。本发明利用热色液晶材料具有可逆热致变色、高温分辨率、高空间分辨率、响应快的特性实现相变材料固液相界面的可视化测量；利用热色液晶像素色彩与温度的单值对应性，实现相界面数字化读取；利用二元泰勒插值实现对在圆形传热边界条件下产生的闭合相界面曲线的识别。本方法在使用热色液晶基础上，实现相变过程相界面的数字化读取显示，一定程度上消除了人工识别的主观性，提供了一种科学的相界面界定处理显示方法，也有助于提取熔化速率等其他传热参数。

