(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 119422039 A
(43)申请公布日 2025.02.11

(21)申请号 202380049513.9
(22)申请日 2023.06.26
(30)优先权数据
2022-125745 2022.08.05 JP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2024.12.24
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2023/023673 2023.06.26
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2024/029231 JA 2024.02.08
(71)申请人 日本制铁株式会社
地址 日本
(72)发明人 伊势居良仁 村松真臣 末松芳章 吉田圭佑 森芳宗
(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司 72002
专利代理师 高迪
(51)Int.Cl.
G01J 5/00(2022.01)
C23C 2/06(2006.01)
G01J 5/60(2006.01)

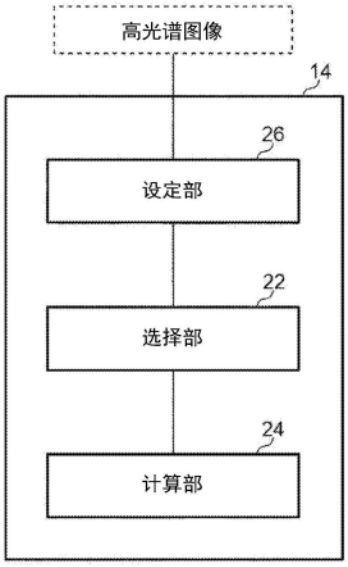
权利要求书3页 说明书20页 附图16页

(54)发明名称

温度测量装置及温度测量方法

(57)摘要

在测量钢板的温度的温度测量装置中,作为分光照相机的摄像部以包含钢板的板宽方向的至少一部分的范围为视场,在视场内的钢板的表面的各位置处,取得多个波长下的钢板的辐射亮度;运算处理部(14)从由摄像部取得了钢板的辐射亮度的波长中选择两个波长,使用所选择的两个波长下的由摄像部所取得的钢板的辐射亮度,利用双色辐射测温来计算钢板的表面的各位置的温度。



CN 119422039 A

1.一种温度测量装置,对钢板的温度进行测量,

上述温度测量装置具有:

作为分光照相机的摄像部,以包含上述钢板的板宽方向的至少一部分在内的范围为视场,在上述视场内的上述钢板的表面的各位置取得多个波长下的上述钢板的辐射亮度;以及

运算处理部,从由上述摄像部取得了上述钢板的辐射亮度的波长中选择两个波长,使用所选择的两个波长下的由上述摄像部取得的上述钢板的辐射亮度,通过双色辐射测温来计算上述钢板的表面的各位置的温度。

2.如权利要求1所述的温度测量装置,

上述运算处理部保持着至少两个以上的波长集合,该波长集合由通过上述摄像部取得上述钢板的辐射亮度的波长中的两个波长构成,

在要测量温度的上述钢板的表面的位置处于上述钢板的辐射亮度大的区域中的情况下,上述运算处理部选择在所保持的多个上述波长集合中的组合了短波长侧的两个波长的集合中所包含的两个波长;在要测量温度的上述钢板的表面的位置处于上述钢板的辐射亮度小的区域中的情况下,上述运算处理部选择在所保持的多个上述波长集合中的组合了长波长侧的两个波长的集合中所包含的两个波长,

上述运算处理部使用所选择的上述两个波长下的由上述摄像部取得的上述钢板的辐射亮度,通过双色辐射测温来计算上述钢板的表面的各位置的温度。

3.如权利要求2所述的温度测量装置,

上述温度测量装置是测量作为上述钢板的合金化热浸镀锌钢板的温度的装置,

在要测量温度的上述钢板的表面的位置处于上述钢板的表面的合金化进展顺利且上述钢板的辐射亮度大的区域中的情况下,上述运算处理部选择所保持的多个上述波长集合中的组合了短波长侧的两个波长的集合中所包含的两个波长,

在要测量温度的上述钢板的表面的位置处于上述钢板的表面的合金化没有进展且上述钢板的辐射亮度小的区域中的情况下,上述运算处理部选择所保持的多个上述波长集合中的组合了长波长侧的两个波长的集合中所包含的两个波长。

4.如权利要求2或3所述的温度测量装置,

在以被上述运算处理部保持的多个上述波长集合中的包含了最长波长的波长集合所取得的上述钢板的辐射亮度低于预先设定的下限阈值的情况下,上述运算处理部增加上述摄像部的曝光量,

在以被上述运算处理部保持的多个上述波长集合中的包含了最短波长的波长集合所取得的上述钢板的辐射亮度高于预先设定的上限阈值的情况下,上述运算处理部减少上述摄像部的曝光量。

5.如权利要求1～4中任一项所述的温度测量装置,

上述运算处理部将上述摄像部的上述视场沿着上述钢板的宽度方向划分为多个分区,按每个上述分区求出由上述摄像部成功取得上述钢板的辐射亮度的波长的范围,

上述运算处理部按每个上述分区,从成功取得上述钢板的辐射亮度的波长的范围之中选择两个波长,

上述运算处理部使用所选择的上述两个波长下的由上述摄像部取得的上述钢板的辐

射亮度,通过双色辐射测温来计算上述钢板的表面的各位置的温度。

6.如权利要求1～5中任一项所述的温度测量装置,

上述运算处理部选择与上述钢板的辐射亮度为极大的波长相比短的波长作为两个波长。

7.如权利要求1～6中任一项所述的温度测量装置,

上述运算处理部根据由上述摄像部取得的图像来检测上述钢板的板宽方向两侧的边缘位置,基于检测出的上述边缘位置,决定对温度进行测量的范围。

8.一种温度测量方法,对钢板的温度进行测量,

该温度测量方法具有:

亮度取得步骤,使用作为分光照相机的摄像部,在视场内的上述钢板的表面的各位置取得多个波长下的上述钢板的辐射亮度,上述摄像部以包含上述钢板的板宽方向的至少一部分在内的范围为上述视场;以及

温度计算步骤,使用运算处理部,从由上述摄像部取得了上述钢板的辐射亮度的波长中选择两个波长,使用所选择的两个波长下的由上述摄像部取得的上述钢板的辐射亮度,通过双色辐射测温来计算上述钢板的表面的各位置的温度。

9.如权利要求8所述的温度测量方法,

上述运算处理部保持着至少两个以上的波长集合,该波长集合由通过上述摄像部取得上述钢板的辐射亮度的波长中的两个波长构成,

在上述温度计算步骤中,在要测量温度的上述钢板的表面的位置处于上述钢板的辐射亮度大的区域中的情况下,选择在所保持的多个上述波长集合中的组合了短波长侧的两个波长的集合中所包含的两个波长;在要测量温度的上述钢板的表面的位置处于上述钢板的辐射亮度小的区域中的情况下,选择在所保持的多个上述波长集合中的组合了长波长侧的两个波长的集合中所包含的两个波长,

在上述温度计算步骤中,使用所选择的上述两个波长下的由上述摄像部取得的上述钢板的辐射亮度,通过双色辐射测温来计算上述钢板的表面的各位置的温度。

10.如权利要求9所述的温度测量方法,

上述温度测量方法是测量作为上述钢板的合金化热浸镀锌钢板的温度的方法,

在上述温度计算步骤中,在要测量温度的上述钢板的表面的位置处于上述钢板的表面的合金化进展顺利且上述钢板的辐射亮度大的区域中的情况下,选择所保持的多个上述波长集合中的组合了短波长侧的两个波长的集合中所包含的两个波长,

在上述温度计算步骤中,在要测量温度的上述钢板的表面的位置处于上述钢板的表面的合金化没有进展且上述钢板的辐射亮度小的区域中的情况下,选择所保持的多个上述波长集合中的组合了长波长侧的两个波长的集合中所包含的两个波长。

11.如权利要求9或10所述的温度测量方法,

在上述温度计算步骤中,在以被上述运算处理部保持的多个上述波长集合中的包含了最长波长的波长集合所取得的上述钢板的辐射亮度低于预先设定的下限阈值的情况下,使上述摄像部的曝光量增加,

在上述温度计算步骤中,在以被上述运算处理部保持的多个上述波长集合中的包含了最短波长的波长集合所取得的上述钢板的辐射亮度高于预先设定的上限阈值的情况下,使

上述摄像部的曝光量减少。

12.如权利要求8～11中任一项所述的温度测量方法，

在上述温度计算步骤中，将上述摄像部的上述视场沿着上述钢板的宽度方向划分为多个分区，按每个上述分区求出由上述摄像部成功取得上述钢板的辐射亮度的波长的范围，

在上述温度计算步骤中，按每个上述分区，从成功取得上述钢板的辐射亮度的波长的范围之中选择两个波长，

在上述温度计算步骤中，使用所选择的上述两个波长下的由上述摄像部取得的上述钢板的辐射亮度，通过双色辐射测温来计算上述钢板的表面的各位置的温度。

13.如权利要求8～12中任一项所述的温度测量方法，

在上述温度计算步骤中，选择与上述钢板的辐射亮度为极大的波长相比短的波长作为两个波长。

14.如权利要求8～13中任一项所述的温度测量方法，

在上述温度计算步骤中，根据由上述摄像部取得的图像来检测上述钢板的板宽方向两侧的边缘位置，基于检测出的上述边缘位置，决定对温度进行测量的范围。

温度测量装置及温度测量方法

技术领域

[0001] 本公开的技术涉及温度测量装置及温度测量方法,详细而言涉及利用了从物体检测到的辐射亮度的温度测量装置及温度测量方法。

背景技术

[0002] 对于热浸镀锌钢板进行热处理而在表面生成了铁锌合金的所谓合金化热浸镀锌钢板(以下称作“GA钢板”)在耐腐蚀性、涂装性、冲压加工性方面优良,例如被用于汽车的外板等。

[0003] 在制造GA钢板时的制造工艺中,有通过在将钢板浸入到熔融锌中之后由合金化炉进行加热从而在钢板表面形成锌和铁的镀覆合金层的合金化过程,该合金化过程中的镀覆合金层中的铁含有率一般被称作合金化程度。由于该合金化程度对于冲压成型性、耐久性等的GA钢板的特性有较大的影响,所以将合金化程度控制在适当的范围内很重要。

[0004] 由于合金化程度与合金化处理时的加热温度及加热时间有相关,所以为了制造具备均匀且品质优良的镀覆合金层的GA钢板,在合金化过程中,将宽度方向的温度分布控制得均匀以及控制在适当的温度范围内很重要。因此,在合金化过程中,要求测量宽度方向的温度分布的技术。

[0005] 作为能够对于对象物非接触且以高速测量温度的远程测温方法,有辐射测温法。辐射测温法是通过光检测器检测物体对应于其温度而放出的热辐射光,根据其强度(辐射亮度)来测量温度的方法。在辐射测温法中,为了正确地进行温度测量,需要掌握按对象物及其表面状态而不同的辐射率。但是,在GA钢板的制造工艺中,在熔融的锌与铁反应而合金化的过程中,钢板表面的粗糙度发生变化,并且钢板的辐射率从合金化前的大致0.2较大地变化为合金化后的大致0.8。因此,难以使用一般的辐射温度计来测量合金化过程的GA钢板的表面温度。

[0006] 作为使用了辐射测温法的温度测量方法,有双色辐射测温法。在从温度T[K]的测量对象物放出的辐射光的辐射亮度中,如果设在两个波长λ_A及λ_B情况下的辐射率为ε_A及ε_B,则在两个波长λ_A及λ_B情况下的辐射亮度E_A及E_B可以由(1)式及(2)式表示。这里,$L_b(\lambda,T)$是遵循普朗克定律的黑体辐射中的在温度T且波长λ情况下的辐射亮度,可以如(3)式所表示。另外,c_1及c_2是普朗克辐射常数。

[0007] [数式1]

[0008] $$E_A=\varepsilon_A L_b(\lambda_A,T) \quad (1)$$

[0009] $$E_B=\varepsilon_B L_b(\lambda_B,T) \quad (2)$$

[0010] $$L_b(\lambda,T)=\frac{2c_1}{\lambda^5}\frac{1}{\exp(c_2/\lambda T)-1}\cong\frac{2c_1}{\lambda^5}\exp\left(-\frac{c_2}{\lambda T}\right) \quad (3)$$

[0011] 在双色辐射测温法中,通过如(4)式,使用两个波长的辐射亮度的比(双色比R),从而计算温度T。尤其是,$\varepsilon_A=\varepsilon_B$的情况被称作灰体,通过将$\varepsilon_A$与$\varepsilon_B$抵消,能够排除辐射率的影响,因此能够容易地测量温度T。

[0012] [数式2]

[0013] $$R=\frac{E_A}{E_B}=\frac{\varepsilon_A}{\varepsilon_B}\left(\frac{\lambda_B}{\lambda_A}\right)^5\exp\left\{-\frac{c_2}{T}\left(\frac{1}{\lambda_A}-\frac{1}{\lambda_B}\right)\right\} \quad (4)$$

[0014] 进而,根据计算出的温度T和辐射亮度,通过(1)式还能够计算辐射率。虽然有两个波长之差越大(波长彼此越是离开)则灵敏度越高的优点,但在此情况下,一般难以满足灰体的条件。在这样的情况下,只要使用其他的某种方法求出辐射率,使用正确的辐射率的比,就能够计算出温度。

[0015] 如上所述,在GA钢板中,如果将涂布有熔融锌的钢板加热而使合金层成长,则随着合金化的进展,钢板的表面粗糙度从镜面状态变化为粗糙面状态。在此情况下,辐射率从大致0.2(合金化前)变化到大致0.8(合金化后)。这对应于熔融的锌呈金属光泽,而合金化后在生成FeZn化合物的同时成为固体而成为粗糙面。

[0016] 熔融的锌及合金化后锌的波长λ_i[μm]情况下的辐射率ε_i如(5)式所示,由波长依赖的式子表示,在经验上已知波长依赖系数$A_1=0.1$。因此,在合金化过程的钢板中,一般在两个波长λ_A及λ_B情况下的辐射率不相等,而是(6)式所示的关系,因此对于考虑了灰体的双色辐射测温法而言,不能计算温度。因此,例如如在日本特开平2-85730号公报及日本特开平5-231944号公报所示,对于以往的以合金化过程的GA钢板为对象的辐射温度计而言,使用两个波长以上来测量辐射亮度,将(1)式、(2)式、以及作为两个波长的辐射率间的关系式的(6)式联立,进行数值解析来求解,从而计算出温度及辐射率。

[0017] [数式3]

$$\varepsilon_i=A_0+\frac{A_1}{\lambda_i} \quad (5)$$

[0018]

$$\varepsilon_B=\varepsilon_A-a \qquad \left(a=\frac{A_1}{\lambda_A}-\frac{A_1}{\lambda_B}\right) \quad (6)$$

[0019] 提出了以下方法:使用上述的温度测量方法来测量辐射率有变动的对象的温度分布。例如,在日本特开平9-53992号公报中,公开了以下的方法:通过由旋转反射镜对辐射光进行扫描并分光,检测扫描方向的多波长的辐射亮度,通过进行基于多波长的辐射亮度的运算,测量温度分布。

[0020] 此外,作为高速地测量温度分布的方法,已知有使用一维摄像元件或二维摄像元件来测量从物体放出的空间的热辐射光的分布的方法。在这样的方法中,以辐射率在视场内是一定为前提,只要是这样的前提成立的范围,就能够进行实用上没有问题的温度测量。例如,在日本特开2012-132442号公报中,公开了将从测量对象放出的热辐射光分为3个波长而拍摄为3个波长的二维图像、来测量辐射率及温度的分布的方法。

发明内容

[0021] 发明要解决的课题

[0022] 但是,日本特开平9-53992号公报所记载的技术由于一边通过旋转反射镜进行扫描一边检测辐射亮度,所以是与反射镜的旋转速度对应的响应速度,存在进行宽度方向的测量花费时间的问题。

[0023] 此外,在日本特开2012-132442号公报中记载的技术由于通过1次摄像得到辐射亮度的空间分布,因此能够进行高响应的温度分布测量,但是在分布图像的摄像中所使用的二维摄像元件与在温度计测中所使用的光检测器相比,存在动态范围较低这样的缺点。例如,辐射亮度作为1024灰度等级或4096灰度等级的数字数据被取入。因此,如果检测到的辐射亮度过高则饱和,如果过弱则亮度不足而不能测量正确的温度。所以,需要通过与测量对象的温度匹配地调整摄像装置的增益或曝光时间,从而进行灵敏度调整,使得检测亮度水平进入到能够进行温度测量的范围内。但是,在如合金化过程的GA钢板那样辐射率的差多达4倍的情况下,在同一的视场范围(图像)内,辐射率大的部分和小的部分混合存在。在这样的情况下,即使进行了灵敏度调整,在双方的部分也难以同时没有过量或不足地稳定地取得辐射亮度并正确地测量温度。

[0024] 所以,本公开的技术的目的在于提供一种温度测量装置及温度测量方法,根据该温度测量装置及温度测量方法能够高响应且高精度地测量辐射率在较大的范围内变化的对象的温度分布。

[0025] 用来解决课题的手段

[0026] 本公开的技术的第一技术方案,是对钢板的温度进行测量的温度测量装置,该温度测量装置具有:作为分光照相机的摄像部,以包含上述钢板的板宽方向的至少一部分在内的范围为视场,在上述视场内的上述钢板的表面的各位置取得多个波长下的上述钢板的辐射亮度;以及运算处理部,从由上述摄像部取得了上述钢板的辐射亮度的波长中选择两个波长,使用所选择的两个波长下的由上述摄像部取得的上述钢板的辐射亮度,利用双色辐射测温来计算上述钢板的表面的各位置的温度。

[0027] 有关本公开的技术的第二技术方案,在有关第一技术方案的温度测量装置中,上述运算处理部保持着至少两个以上的波长集合,该波长集合由通过上述摄像部取得上述钢板的辐射亮度的波长中的两个波长构成;在要测量温度的上述钢板的表面的位置处于上述钢板的辐射亮度大的区域中的情况下,选择在所保持的多个上述波长集合中的、组合了短波长侧的两个波长的集合中所包含的两个波长,在要测量温度的上述钢板的表面的位置处于上述钢板的辐射亮度小的区域中的情况下,选择在所保持的多个上述波长集合中的、组合了长波长侧的两个波长的集合中所包含的两个波长;使用所选择的上述两个波长下的由上述摄像部取得的上述钢板的辐射亮度,利用双色辐射测温来计算上述钢板的表面的各位置的温度。

[0028] 有关本公开的技术的第三技术方案,在有关第二技术方案的温度测量装置中,上述钢板是合金化热浸镀锌钢板;上述钢板的辐射亮度大的区域相当于上述钢板的表面的合金化进展顺利的区域;上述钢板的辐射亮度小的区域相当于上述钢板的表面的合金化没有进展的区域。

[0029] 有关本公开的技术的第四技术方案,在有关第二技术方案或第三技术方案的温度测量装置中,在以被上述运算处理部保持的多个上述波长集合中的包含了最长波长的波长集合所取得的上述钢板的辐射亮度低于预先设定的下限阈值的情况下,上述运算处理部增加上述摄像部的曝光量;在以被上述运算处理部保持的多个上述波长集合中的包含了最短波长的波长集合所取得的上述钢板的辐射亮度高于预先设定的上限阈值的情况下,上述运算处理部减少上述摄像部的曝光量。

[0030] 有关本公开的技术的第五技术方案,在有关第一技术方案至第四技术方案的任一个技术方案的温度测量装置中,上述运算处理部将上述摄像部的上述视场沿着上述钢板的宽度方向划分为多个分区,按每个上述分区求出由上述摄像部成功取得上述钢板的辐射亮度的波长的范围;按每个上述分区,从成功取得上述钢板的辐射亮度的波长的范围之中选择两个波长;使用所选择的上述两个波长下的由上述摄像部取得的上述钢板的辐射亮度,利用双色辐射测温来计算上述钢板的表面的各位置的温度。

[0031] 有关本公开的技术的第六技术方案,在有关第一技术方案至第四技术方案的任一个技术方案的温度测量装置中,上述运算处理部选择与上述钢板的辐射亮度为极大的波长相比短的波长作为两个波长。

[0032] 有关本公开的技术的第七技术方案,在有关第一技术方案至第六技术方案的任一个技术方案的温度测量装置中,上述运算处理部根据由上述摄像部取得的图像,检测上述钢板的板宽方向两侧的边缘位置,基于检测出的上述边缘位置,决定对温度进行测量的范围。

[0033] 本公开的技术的第八技术方案是测量钢板的温度的温度测量方法,该方法具有:亮度取得步骤,使用作为分光照相机的摄像部,在视场内的上述钢板的表面的各位置取得多个波长下的上述钢板的辐射亮度,上述分光照相机以包含上述钢板的板宽方向的至少一部分的范围为视场;以及温度计算步骤,使用运算处理部,从由上述摄像部取得了上述钢板的辐射亮度的波长中选择两个波长,使用所选择的两个波长下的由上述摄像部取得的上述钢板的辐射亮度,利用双色辐射测温来计算上述钢板的表面的各位置的温度。

[0034] 有关本公开的技术的第九技术方案,在有关第八技术方案的温度测量方法中,上述运算处理部保持着至少两个以上的波长集合,该波长集合由通过上述摄像部取得上述钢板的辐射亮度的波长中的两个波长构成;在上述温度计算步骤中,在要测量温度的上述钢板的表面的位置处于上述钢板的辐射亮度大的区域中的情况下,选择在所保持的多个上述波长集合中的组合了短波长侧的两个波长的集合中所包含的两个波长,在要测量温度的上述钢板的表面的位置处于上述钢板的辐射亮度小的区域中的情况下,选择在所保持的多个上述波长集合中的组合了长波长侧的两个波长的集合中所包含的两个波长;使用所选择的上述两个波长下的由上述摄像部取得的上述钢板的辐射亮度,利用双色辐射测温来计算上述钢板的表面的各位置的温度。

[0035] 有关本公开的技术的第十技术方案,在有关第九技术方案的温度测量方法中,上述温度测量方法是测量作为上述钢板的合金化热浸镀锌钢板的温度的方法;在上述温度计算步骤中,在要测量温度的上述钢板的表面的位置处于上述钢板的表面的合金化进展顺利且上述钢板的辐射亮度大的区域中的情况下,选择所保持的多个上述波长集合中的组合了短波长侧的两个波长的集合中所包含的两个波长;在要测量温度的上述钢板的表面的位置处于上述钢板的表面的合金化没有进展且上述钢板的辐射亮度小的区域中的情况下,选择所保持的多个上述波长集合中的组合了长波长侧的两个波长的集合中所包含的两个波长。

[0036] 有关本公开的技术的第十一技术方案,在有关第九技术方案或第十技术方案的温度测量方法中,在以被上述运算处理部保持的多个上述波长集合中的包含了最长波长的波长集合所取得的上述钢板的辐射亮度低于预先设定的下限阈值的情况下,增加上述摄像部的曝光量;在以被上述运算处理部保持的多个上述波长集合中的包含了最短波长的波长集

合所取得的上述钢板的辐射亮度高于预先设定的上限阈值的情况下,减少上述摄像部的曝光量。

[0037] 有关本公开的技术的第十二技术方案,在有关第八技术方案至第十一技术方案的任一个技术方案的温度测量方法中,在上述温度计算步骤中,将上述摄像部的上述视场沿着上述钢板的宽度方向划分为多个分区,按每个上述分区求出由上述摄像部成功取得上述钢板的辐射亮度的波长的范围;按每个上述分区,从成功取得上述钢板的辐射亮度的波长的范围之中选择两个波长;使用所选择的上述两个波长下的由上述摄像部取得的上述钢板的辐射亮度,利用双色辐射测温来计算上述钢板的表面的各位置的温度。

[0038] 有关本公开的技术的第十三技术方案,在有关第八技术方案至第十二技术方案的任一个技术方案的温度测量方法中,在上述温度计算步骤中,选择与上述钢板的辐射亮度为极大的波长相比短的波长作为两个波长。

[0039] 有关本公开的技术的第十四技术方案,在有关第八技术方案至第十三技术方案的任一个技术方案的温度测量方法中,在上述温度计算步骤中,根据由上述摄像部取得的图像来检测上述钢板的板宽方向两侧的边缘位置,基于检测出的上述边缘位置,决定对温度进行测量的范围。

[0040] 发明效果

[0041] 根据本公开的技术,能够提供一种温度测量装置及温度测量方法,根据该温度测量装置及温度测量方法能够高响应且高精度地测量辐射率在较大的范围内变化的对象的温度分布。

附图说明

[0042] 图1是表示设置有有关第1及第2实施方式的温度测量装置的连续热浸镀锌处理设备的结构的图。

[0043] 图2是有关第1实施方式的温度测量装置的运算处理部的功能框图。

[0044] 图3是表示运算处理部的硬件结构的框图。

[0045] 图4是表示第1实施方式的温度测量处理的流程的流程图。

[0046] 图5是有关第2实施方式的温度测量装置的运算处理部的功能框图。

[0047] 图6是表示第2实施方式的温度测量处理的流程的流程图。

[0048] 图7是表示波长与黑体炉测量亮度的关系的曲线图。

[0049] 图8是表示黑体炉温度与辐射亮度的关系的曲线图。

[0050] 图9是表示温度的倒数与辐射亮度的关系的曲线图。

[0051] 图10是表示实施例的试验装置结构的图。

[0052] 图11是表示亮度值及辐射亮度的时间变化的曲线图。

[0053] 图12是表示温度的计算结果的一例的曲线图。

[0054] 图13是表示亮度值及辐射亮度的时间变化的曲线图。

[0055] 图14是表示温度的计算结果的一例的曲线图。

[0056] 图15是表示每个宽度方向位置的温度及辐射率的测量例的图。

[0057] 图16是表示分光照相机中包含的检测器的特性的示意图。

具体实施方式

[0058] 以下,参照附图说明本公开的技术的实施方式的一例。

[0059] <第1实施方式>

[0060] (温度测量装置的结构的说明)

[0061] 在图1中表示设置有有关第1实施方式的温度测量装置10的连续热浸镀锌处理设备的结构。镀覆处理后的钢板1在被连续退火(图示省略)后,被导入到装有熔融的锌的热浸镀锌浴缸2中。被导入到热浸镀锌浴缸2中的钢板1通过浴缸中辊3而被向朝上的方向转换,被从热浸镀锌浴缸2中抽出。对于附着有熔融锌的钢板1而言,从吹扫喷嘴(Wiping nozzle)4朝向其两面喷吹吹扫气体(Wiping gas),熔融锌的附着量被调整。然后,将镀覆附着量被调整后的钢板1通板到合金化炉5内。合金化炉5通过感应加热将钢板1加热到合金化温度即500℃～550℃附近。在到达上部辊(图示省略)之前,被加热后的钢板1完成合金化。

[0062] 有关第1实施方式的温度测量装置10是测量GA钢板的温度的装置。具体而言,是能够测量相对于GA钢板的输送方向正交的方向上的温度(温度分布)的装置。温度测量装置10包括摄像部12和运算处理部14。

[0063] 摄像部12由高光谱相机(Hyperspectral camera)构成,所述高光谱相机以包括相对于图1所示的GA钢板的输送方向正交的方向(以下也称作“板宽方向”)的至少一部分的线状的范围为视场,在视场内的GA钢板的表面的各位置处取得多个波长的每个的GA钢板的辐射亮度。另外,本公开的技术的“分光照相机”是能够将光分光而取得每个波长的信息的照相机。通过以往的照相机即RBG照相机,能够按所摄像的每个位置而瞬时地取得与红、蓝、绿的3个波长的光有关的信息。但是,如果使用分光照相机,则按所摄像的每个位置能够瞬时地取得例如与100个以上的波长的光有关的信息。分光照相机有时也被称作波段高光谱相机或多普段照相机等,以下将分光照相机称作高光谱相机。

[0064] 可作为摄像部12来使用的高光谱相机,是能够将对于光按每波长进行分光而得到的分光信息与空间信息一起进行摄像的照相机。由此,为了得到比通过目视或RGB照相机得到的信息更多的信息,在工学、生物学、医学等的领域正在开展研究。进而,近年来,设备变得便宜,也在推进向工厂生产线的导入,也被用于异物检测、品质管理、成分检查等的领域。

[0065] 一般的高光谱相机是线扫描型。其具有线状的视场,通过对对象进行摄像,从而按构成线的每个像素来取得细微的光谱信息。高光谱相机为了实现该功能,构成为包括透镜、狭缝部、分光器及二维摄像元件。首先,通过透镜使对象的像成像在狭缝部,使成像在狭缝部的光作为一维信息(线)到达分光器,在分光器中通过衍射光栅或棱镜将光分光为多个波长,用二维摄像元件捕捉被分光后的光。

[0066] 结果,高光谱相机的二维摄像元件取得线状视场中的各位置的每个波长的光的检测强度,作为空间CH(波道)×波长CH的二维的高光谱图像。作为空间CH数,一般使用320、640等,作为波长CH数而使用100、200等。分光光谱的波段由分光器的规格、二维摄像元件的尺寸、检测波段及CH数决定。各位置的光的检测强度在高光谱图像中例如作为4096灰度等级(12bit)的亮度值被取得。这样的结构的本实施方式的高光谱相机也可以说是具备一维衍射光栅的结构。

[0067] 如果使用具有这样的特征的高光谱相机,则能够通过一次摄像高速地取得跨GA钢板的板宽方向的大范围的分光辐射光谱,所以能实现能够进行高速的温度测量的温度测量

装置10。

[0068] 此外,通过使用1台或适当的多台高光谱相机,也能够进行跨GA钢板的板宽方向的全宽的温度测量,而且,通过依次测量在轧制(长度)方向上被通板的GA钢板,能够进行跨GA钢板的全长的温度测量,因此还能够进行跨GA钢板的全长、全宽的温度测量。

[0069] 进而,通过在温度测量中使用双色辐射测温法,能够从由高光谱相机得到的分光光谱的波长中自由地选择在双色辐射测温中使用的两波长(即,由两个波长构成的波长集合),也能够追随于测温对象物的辐射率的变化。

[0070] 摄像部12按GA钢板的板宽方向的每1条线的视场,摄像1个高光谱图像。更具体地讲,摄像部12按GA钢板的板宽方向的每1条线的视场内的各测量点,摄像高光谱图像作为包含多个波长的辐射亮度的图像。

[0071] 另外,处于合金化过程中的GA钢板的温度一般是可看作遵循维恩辐射定律的温度,必然,在由摄像部12取得辐射亮度的波长中,选择比GA钢板的温度下的由维恩位移定律表示的辐射亮度为极大的波长短的波长。

[0072] 运算处理部14是基于由摄像部12摄像得到的高光谱图像来计算GA钢板的温度的功能部,由后述的硬件结构来实现。运算处理部14在功能上如图2所示,包括设定部26、选择部22和计算部24。

[0073] 设定部26设定摄像部12的曝光时间。具体而言,设定部26首先通过设置于摄像部12的高光谱相机对于GA钢板的表面在暂定条件下进行试拍摄。设定部26对于通过试拍摄所得到的高光谱图像,在以由后述的选择部22保持的多个波长集合所包含的波长中包含了最长波长的波长的集合而取得的GA钢板的辐射亮度低于预先设定的下限阈值的情况下,将摄像部12的曝光时间设定为比当前所设定的曝光时间长的时间。由此,摄像部12的曝光量增加。此外,设定部26在以由运算处理部14保持的多个波长集合所包含的波长中包含了最短波长的波长的集合而取得的GA钢板的辐射亮度高于预先设定的上限阈值的情况下,将摄像部12的曝光时间设定为比当前设定的曝光时间短的时间。由此,摄像部12的曝光量减少。

[0074] 接着,反复进行在新设定的暂定条件下再次摄像、再次确认辐射亮度与阈值的关系这样的动作,直到摄像部12的摄像条件成为适合于测温的条件。

[0075] 通过这样,能够确定适当的条件作为摄像部12的摄像条件。在以下的说明中使用的高光谱图像可以使用在这样确定的摄像条件下摄像的图像。

[0076] 另外,设定部26除了可以将摄像部12的曝光时间设定为比当前设定的曝光时间长的时间以外,或者取而代之,还可以通过将摄像部12的光圈值设定为比当前设定的光圈值大的值,由此来增加摄像部12的曝光量。此外,设定部26除了可以将摄像部12的曝光时间设定为比当前设定的曝光时间短的时间以外,或者取而代之,通过将摄像部12的光圈值设定为比当前设定的光圈值小的值,由此来减少摄像部12的曝光量。

[0077] 此外,在摄像部12的摄像条件中有裕量的情况、或由后述的计算部24能够精确地计算温度的情况下,也可以不设置设定部26或不进行由设定部26进行的处理。

[0078] 这里,高光谱相机中包含的作为二维摄像元件的检测器能够瞬时地取得从GA钢板入射的二维的亮度信息(亮度值),但如图16所示,如果亮度值超过检测器的适当检测范围,则测量值成为饱和的范围,所以决定能够检测的亮度值的上限。因此,需要进行调整以检测到不超过该上限的亮度值。此外,如果亮度值低于检测器的适当检测范围,则在测量值中发

生偏差,所以为了精确地计算温度,需要检测某种程度以上的亮度值,也要决定应检测的亮度值的下限。因此,需要进行调整以检测到超过该下限的亮度值。

[0079] 如图16,虽然存在实际的辐射亮度与测量出的辐射亮度大致一致的适当范围,但在高光谱相机中其范围比较窄。所以,需要预先决定要使用的高光谱相机的适当范围。由于其适当范围(具体而言,亮度下限值I'_{min}及亮度上限值I'_{max})较大地取决于高光谱相机的机型等,所以不能决定在本实施方式的温度测量装置中固定了的一个适当范围。根据使用的高光谱相机的机型等来决定适当范围。此外,每当变更高光谱相机的机型等就决定适当范围。而且,在GA钢板的温度的计算中使用的辐射亮度(将在后面叙述,是两个不同波长的辐射亮度)按所摄像的每个位置(即,板宽方向的温度测量点),从由高光谱相机得到的多个波长的辐射亮度中,选择该适当范围内的1组辐射亮度。

[0080] 但是,在相同的高光谱图像内,根据位置而辐射率有较大的差异的情况下,产生不能同时满足被检测的亮度值的上限和下限、不能跨GA钢板的板宽方向的较大的范围来计算正确的温度的情况。例如,发生虽然能够适当地检测低辐射率部分的亮度值、但高辐射率部分亮度值饱和而不能检测这样的问题,或虽然能够适当地检测高辐射率部分的亮度值、但低辐射率部分检测强度不足而不能精确地检测亮度值这样的问题。

[0081] 此外,辐射亮度(亮度值)通过温度和波长的函数来表示。辐射亮度为最大的波长通过维恩位移定律来决定,温度T[K]时的波长[m]可以用0.0028978/T来计算。即,对于比其短的波长而言,辐射亮度对应于波长的增加而单调地增加。所以,在本实施方式中,能够通过高光谱相机取得辐射亮度相对于波长单调增加的波长范围的高光谱图像,当从该高光谱图像提取辐射亮度时,如以下,根据GA钢板表面位置来切换在取得辐射亮度时使用的两个波长(即,由两个波长构成的波长集合)。

[0082] 首先,在GA钢板上的应测量温度的测量点包含在辐射亮度较大的区域中的情况下,使用短波长情况下的辐射亮度,从而与长波长侧相比能够降低辐射亮度,因此能够防止检测器饱和的影响。此外,在测量点包含在辐射亮度较小的区域中的情况下,使用长波长情况下的辐射亮度,从而与短波长侧相比能够增大辐射光强度,因此能够防止辐射光强度不足的影响。

[0083] 所以,选择部22至少保持两个以上由两个波长构成的波长集合作为由摄像部12取得GA钢板的辐射亮度的多个波长。并且,在要测量温度的GA钢板的表面的位置处于GA钢板的辐射亮度较大的区域的情况下,选择部22在所保持的多个波长集合中,选择在组合了短波长侧的两个波长的集合中所包含的两个波长。另一方面,在要测量温度的GA钢板的表面的位置处于GA钢板的辐射亮度较小的区域中的情况下,选择部22在所保持的多个波长集合中,选择在组合了长波长侧的两个波长的集合中所包含的两个波长。

[0084] 选择部22通过与预先设定的适当的亮度范围进行比较,从而判断要测量温度的GA钢板的表面的位置是处于GA钢板的辐射亮度较大的区域中还是处于较小的区域中。适当的亮度范围由上述的设定部26预先设定。即,设定部26预先设定适当的亮度范围的亮度下限值I'_{min}及亮度上限值I'_{max}。亮度下限值I'_{min}及亮度上限值I'_{max}由于取决于所使用的高光谱相机的性能,所以根据所使用的高光谱相机的机型等来设定。选择部22与预先设定的适当的亮度范围比较,判断要测量温度的GA钢板的表面的位置是处于GA钢板的辐射亮度较大的区域中还是处于较小的区域中。并且,在判断为要测量温度的GA钢板的表面的位置处于GA

钢板的辐射亮度较大的区域中的情况下,选择部22在所保持的多个波长集合中,选择在组合了短波长侧的两个波长的集合中所包含的两个波长,以使得由摄像部12取得的GA钢板的辐射亮度在预先设定的适当的亮度范围。此外,在判断为要测量温度的GA钢板的表面的位置处于GA钢板的辐射亮度较小的区域中的情况下,选择部22在所保持的多个波长集合中,选择在组合了长波长侧的两个波长的集合中所包含的两个波长,以使得由摄像部12取得的GA钢板的辐射亮度在预先设定的适当的亮度范围。选择部22选择比GA钢板的温度下的维恩位移定律所示的辐射亮度为极大的波长短的波长作为两个波长。

[0085] 另外,GA钢板的辐射亮度较大的区域相当于GA钢板的表面的合金化进展顺利的区域,例如可以是辐射率是0.1～0.3左右的区域。此外,GA钢板的辐射亮度较小的区域相当于GA钢板的表面的合金化没有进展的区域,例如可以是辐射率是0.7～0.9左右的区域。

[0086] 在合金化过程的GA钢板的情况下,在合金化过程中,表面粗糙度发生变化,并且在合金化前为大致0.2的辐射率在合金化后向大致0.8变化。因此,即使温度均匀,合金化没有进展的部分辐射亮度较小,合金化进展顺利的部分辐射亮度变大,其辐射亮度的差也成为4倍之多。因此,在合金化过程的GA钢板中,合金化没有进展的区域使用长波长侧的波长的集合,合金化进展顺利的区域使用短波长侧的波长的集合,从而不再有在合金化没有进展的区域中由于亮度较小而得不到在温度测量中所需要的亮度、或在合金化进展顺利的区域中由于亮度过强而亮度饱和这样的情况,能够使亮度包含在摄像部的动态范围(适当范围)内,所以能够精确且稳定地测量板宽方向的温度分布。

[0087] 这样,基于位置的辐射率的差异大的测量对象的情况下的检测波长的基准可以如以下这样进行计算。

[0088] 如果设温度T[K]情况下的检测波长的最短波长为λ_{min},设最长波长为λ_{max},则辐射率变动比率(变化后的辐射率/变化前的辐射率,在GA钢板的情况下为4)等于辐射亮度的比率$L_b(\lambda_{max},T)/L_b(\lambda_{min},T)$。另外,$L_b(\lambda,T)$是黑体辐射中的温度T且波长λ情况下的辐射亮度。即,如果设辐射率变动比率为r_e,则通过满足(7)式及(8)式,即使根据视场内的位置(即,高光谱图像内的位置)而辐射率较大地不同,也能够稳定地测量温度。即,可知可以使用高光谱相机来选择满足该波长范围的波长。

[0089] [数式4]

$$\frac{L_b(\lambda_{max},T)}{L_b(\lambda_{min},T)} > r_e \qquad (7)$$

[0090]

$$L_b(\lambda,T) = \frac{2c_1}{\lambda^5}\frac{1}{exp(c_2/\lambda T)-1} \qquad (8)$$

[0091] 例如,选择部22保持着包括波长较短侧的两个波长在内的短波长侧的集合、和包括波长较长侧的两个波长在内的长波长侧的集合。在此情况下,如果从波长较短侧起,依次设为第1波长、第2波长、第3波长、第4波长,则短波长侧的集合由第1波长及第2波长构成,长波长侧的集合由第3波长及第4波长构成。在此情况下,第2波长和第3波长既可以相同也可以不同。

[0092] 此外,只要遵循本公开的技术的主旨,即通过合金化没有进展的区域使用长波长侧、合金化进展顺利的区域使用短波长侧,从而防止在合金化没有进展的区域中因亮度较

小而得不到温度测量所需要的亮度、或在合金化进展顺利的区域中亮度过强而亮度饱和等情况,就可以使用第1波长及第3波长构成短波长侧的集合,使用第2波长及第4波长构成长波长侧的集合等,适当改变波长的组合。

[0093] 如上所述,在GA钢板的合金化的过程中,即使是相同的温度,对应于波长的增加而辐射亮度也单调增加。在摄像部12中,在第4波长时容易发生辐射亮度的饱和,在第1波长时容易发生辐射亮度的不足。因此,即使第2波长与第3波长相同或改变波长的组合也有能够测量的情况,所以能够这样使用相同的波长或改变波长的组合。

[0094] 计算部24使用由选择部22选择出的两个波长情况下的、由摄像部12取得的GA钢板的辐射亮度,通过双色辐射测温来计算GA钢板的表面的各位置的温度。

[0095] 这里,在加热炉的出侧等,在测量对象的GA钢板的温度较大地变动了的情况下,在上述的方法中(关于GA钢板的辐射亮度是处于较大的区域中还是处于较小的区域中,与预先设定的适当的亮度范围进行比较,得到使得辐射亮度在预先设定的适当的亮度范围的所选择的两个波长的辐射亮度的方法),有在同时摄像的范围(例如,钢板的长度方向的特定的长度位置处的钢板的全板宽度)中不能得到适当范围内的两个不同波长的辐射亮度(以下,也称作“1组波长集合”)的情况。例如有以下的情况:在板宽度的一部分的宽度位置处,在钢板的温度非常低的情况或钢板的温度非常高的情况下(或者,在合金化没有进展的情况或合金化进展顺利的情况下),该位置的辐射亮度在适当范围外,结果不能计算该宽度位置的钢板的温度。假设即使能够测量适当范围内的1组波长集合,也有两个波长不得不非常接近、计算出的钢板的温度为不正确的情况。在这样的情况下,需要追随于钢板的板宽方向的温度分布,来调整用来检测辐射亮度的摄像元件的灵敏度或高光谱相机的曝光时间等。可以考虑调整从摄像元件读出亮度值时的模拟增益、或对曝光量(曝光时间及光圈的至少一方)进行控制,作为该灵敏度调整。

[0096] 例如,在通过检测近红外的波长1500情况下的辐射亮度来测量400℃至600℃的温度的情况下,温度每上升50℃,辐射亮度就成为2倍。因此,为了确保200℃的测量范围,需要即使辐射亮度变化16倍,被测量的辐射亮度也在适当范围内。在此情况下,如果假设用来正确地计算温度的最低亮度需要500左右,则需要至少到辐射亮度8000为止摄像元件不饱和。但是,一般二维摄像元件的动态范围(辐射亮度的适当范围)较窄,例如在12bit的情况下,以大致4000为亮度上限值而饱和。因此,在实际的测量中,希望控制摄像元件的灵敏度(例如,变更曝光时间)来确保能够精确地计算温度的检测强度。

[0097] 此时,不论在作为测量对象的板宽方向的哪个位置,都至少有某1组波长集合必须能够检测出该位置处的辐射亮度,所以在总览全波长集合的情况下,需要满足能够由全部集合中包含的波长的某个来检测从GA钢板的最小亮度到最大亮度这一条件(以下,也简单称作“条件”)。具体而言,只要使用在测量温度中以最短波长检测到的辐射亮度与以最长波长检测到的辐射亮度的比率比辐射率的最大变化比率(在GA钢板的情况下为0.8/0.2=4)大的分光照相机,而且进行控制使得长波长侧的波长集合(其中包含的短波长侧的波长)情况下的辐射亮度为最低亮度以上,进行控制使得短波长侧的波长集合(其中包含的长波长侧的波长)情况下的辐射亮度不超过亮度上限值即可。通过这样做,可以在长波长侧的波长集合情况下的辐射亮度不饱和的情况下使用长波长侧的波长集合,在长波长侧的波长集合情况下的辐射亮度饱和了的情况下使用短波长侧的波长集合,来进行温度计算。另外,这里

所述的条件只要在总览全波长集合的时点满足即可,可以是在该时点的前后的时间不满足。

[0098] 此外,所谓双色辐射测温,一般多数情况是指在两波长情况下的辐射率的比(辐射率比)固定或可看作固定的情况下根据在两波长情况下求出的辐射亮度来计算温度的方法,但在本公开的技术中,不仅是这样的情况,关于辐射率比不为恒定(根据反应的进展等)而可变的情况,也称作双色辐射测温。在有关本实施方式的温度测量中,希望根据使用的波长(使用的波长集合),预先调查辐射率比取怎样的值。

[0099] 图3是表示运算处理部14的硬件结构的框图。如图3所示,运算处理部14具有CPU(Central Processing Unit、中央处理器)32、RAM(Random Access Memory、随机存取存储器)34、存储装置36、输入装置38、输出装置40、存储介质读取装置42、通信I/F(Interface)44及总线46。总线46是将CPU32、RAM34、存储装置36、输入装置38、输出装置40、存储介质读取装置42及通信I/F44以相互能够通信的方式连接的信号线。

[0100] 在存储装置36中,保存有用来执行后述的温度测量处理的程序。CPU32是中央运算处理单元,执行各种程序或控制各构成。即,CPU32从存储装置36读取程序,以RAM34为作业区域而执行程序。CPU32按照存储装置36中所存储的程序,进行上述各构成的控制及各种运算处理。

[0101] RAM34作为作业区域而暂时存储程序及数据。存储装置36由ROM(Read Only Memory、只读存储器)、HDD(Hard Disk Drive、机械硬盘)或SSD(Solid State Drive、固态硬盘)等构成,保存包括操作系统的各种程序及各种数据。

[0102] 输入装置38例如是键盘、鼠标等的用来进行各种输入的装置。输出装置40例如是显示器、打印机等的用来输出各种信息的装置。作为输出装置40,也可以采用触摸面板显示器,由此也作为输入装置38发挥功能。

[0103] 存储介质读取装置42进行在CD(Compact Disc、光盘)-ROM、DVD(Digital Versatile Disc、数字通用光盘)-ROM、蓝光盘、USB(Universal Serial Bus、通用串行总线)存储器等的各种存储介质中所存储的数据的读入,针对存储介质的数据的写入等。通信I/F44是用来通过有线或无线的方式与其他设备进行通信的接口,例如使用以太网(注册商标)、FDDI或Wi-Fi(注册商标)等的标准。

[0104] 由CPU32、RAM34及存储装置36构成计算机。计算机既可以构成为对温度测量装置10的一部分的动作进行控制的子计算机,也可以构成为对温度测量装置10的整体的动作进行控制的主计算机。在计算机的一部分或全部中,例如也可以使用LSI(Large Scale Integration、大规模集成电路)等的集成电路或IC(Integrated Circuit、集成电路)芯片集合。在计算机的集成化中,并不限于LSI,也可以使用专用电路或处理器。此外,这里所述的处理器是广义的处理器,既可以是通用的处理器,也可以包括GPU(Graphics Processing Unit、图形处理器)、ASIC(Application Specific Integrated Circuit、应用集成电路)或FPGA(Field Programmable Gate Array、现场可编程门阵列)等的专用的处理器。此外,处理器的动作也可以不是仅由1个处理器来完成,而是由在物理上存在于相离的位置的多个处理器协作而完成。

[0105] (温度测量方法的说明)

[0106] 图4是表示由运算处理部14的CPU32执行的温度测量处理的流程的流程图。CPU32

从存储装置36读取用来执行温度测量处理的程序,在RAM34中展开而执行,由此,CPU32作为运算处理部14的各功能部发挥功能,执行图4所示的温度测量处理。由此,在温度测量装置10中温度测量方法被执行。

[0107] 在步骤S10中,选择部22取得由摄像部12摄像的高光谱图像。接着,在步骤S12中,选择部22判断要测量温度的GA钢板上的位置(测量点)是处于辐射亮度较大的区域中还是处于辐射亮度较小的区域中,前进到步骤S14。在进行该判断时,能够根据高光谱图像,使用该测量点处的预先设定的任意的波长λ_i情况下的辐射亮度的大小作为判断的基准。例如,可以在测量点的波长λ_i情况下的辐射亮度为预先设定的阈值以上的情况下,判定为该测量点处于辐射亮度较大的区域中,在预先设定的(其他)阈值以下的情况下,判定为该测量点处于辐射亮度较小的区域中。作为阈值,例如只要预先求出在辐射率为0.1～0.3的情况下(即,是合金化没有进展的区域的情况下)被判定为辐射亮度较大的区域的测量点、在辐射率为0.7～0.9的情况下(即,是合金化进展顺利的区域的情况下)被判定为辐射亮度较小的区域的测量点那样的阈值即可。作为其以外的阈值,例如也可以根据高光谱相机的机型等,使用预先决定的辐射亮度的适当范围(具体而言,亮度下限值I'_{min}及亮度上限值I'_{max})。

[0108] 在步骤S14中,(i)在步骤S12中,在判定为测量点处于辐射亮度较大的区域中的情况下,从选择部22所保持的多个波长集合中,选择短波长侧的集合(即,短波长的两个波长)作为在温度计算中使用的两个波长。另一方面,(ii)在步骤S12中,在判定为测量点处于辐射亮度较小的区域中的情况下,从选择部22所保持的多个波长集合中,选择长波长侧的集合(即,长波长侧的两个波长)作为在温度计算中使用的两个波长。

[0109] 接着,在步骤S16中,计算部24使用在步骤S14中选择出的两个波长情况下的辐射亮度,利用双色辐射测温法计算GA钢板的表面的该测量点的温度。另外,在步骤S14中选择出的两个波长情况下的辐射亮度(两个)可以从由摄像部12摄像的高光谱图像的亮度值中取得。

[0110] 接着,在步骤S18中,计算部24判定是否结束对于作为当前处理对象的高光谱图像的处理。例如,由于对于步骤S12～步骤S16按各测量点进行处理,所以在步骤S18中,在关于步骤S10中所取得的高光谱图像,检测到测量点达到高光谱相机的端部等的情况下,判定为该高光谱图像中的全部测量点的处理结束了,前进到步骤S20。另一方面,在判定为全部测量点的处理没有结束而不能结束关于作为当前处理对象的高光谱图像的处理的情况下,回到步骤S12,改变测量点而进行步骤S14以下的处理。

[0111] 接着,在步骤S20中,判定应测量的高光谱图像是否全部被处理了。在没有被处理的情况下,回到步骤S10,改变摄像位置等,再次取得高光谱图像,进行步骤S12以下的处理。另一方面,在步骤S20中,在判定为应测量的高光谱图像全部被处理了的情况下,温度测量处理结束。步骤S10是有关本公开的技术的“亮度取得步骤”的一例,步骤S12～步骤S16是有关本公开的技术的“温度计算步骤”的一例。

[0112] (温度测量装置的效果)

[0113] 如以上所说明,有关第1实施方式的温度测量装置一边根据GA钢板的辐射亮度来改变两个波长的组合,一边通过使用了该两个波长的双色辐射测温法来计算GA钢板的表面的各位置的温度。具体而言,关于辐射亮度较大的区域的测量点,在多个波长中选择短波长侧的两个波长,关于辐射亮度较小的区域的测量点,在多个波长中选择长波长侧的两个波

长,计算温度。由此,能够高响应且高精度地测量辐射率在较大的范围内变化的对象的温度分布。

[0114] <第2实施方式>

[0115] (温度测量装置的结构的说明)

[0116] 接着,对第2实施方式进行说明。另外,在有关第2实施方式的温度测量装置中,对于与有关第1实施方式的温度测量装置10同样的结构赋予相同的标号而省略详细的说明。

[0117] 如图1所示,有关第2实施方式的温度测量装置210包括摄像部12和运算处理部214。

[0118] 运算处理部214是基于由摄像部12摄像的高光谱图像来计算GA钢板的温度的功能部,由与第1实施方式同样的硬件结构(图3)来实现。运算处理部214在功能上如图5所示,包括选择部222和计算部224。

[0119] 选择部222将摄像部12的视场(即,高光谱图像的范围)沿着GA钢板的板宽方向而划分为多个分区,按每个分区求出摄像部12成功取得GA钢板的辐射亮度的波长的范围。并且,选择部222按每个分区从成功取得辐射亮度(即,不发生亮度值的饱和或亮度值不足的)的波长的范围中选择两个波长。

[0120] 另外,分区可以以任意的长度来决定,但优选的是在一个分区的范围内,以使范围内的GA钢板的合金化程度不怎么变大、即辐射亮度不怎么大地变化的方式来决定。例如,不需要特别限定板宽方向上的温度测量点的分布(宽度方向分辨率),但例如也可以设为5mm以下。此外,不需要特别限定GA钢板的输送方向上的测量长度,例如也可以设为大致5mm。

[0121] 此外,多个分区中的GA钢板的板宽方向上的范围(即,对温度进行测量的范围)优选的是板宽方向的全范围。板宽方向上的全范围可以通过首先取得高光谱图像,根据高光谱图像检测GA钢板的板宽方向两侧的边缘位置,并基于检测到的边缘位置来掌握在高光谱图像上GA钢板存在的范围,由此进行检测。作为边缘位置的检测方法,可以使用对于辐射亮度的板宽方向分布进行微分来探索其极大值和极小值等方法。另外,本实施方式中的板宽方向上的两边缘位置的确定方法也能够应用于其他的实施方式。

[0122] 如上所述,高光谱相机中包含的二维摄像元件即检测器能够瞬时地取得从GA钢板入射的二维的亮度信息(亮度值),但如果亮度值超过检测器的适当检测范围,则测量值成为饱和的范围,所以决定能够检测的亮度值的上限。因此,需要进行调整以检测不超过其上限的亮度值。此外,为了精确地计算温度,需要检测某种程度以上的亮度值,也要决定应检测的亮度值的下限。因此,需要进行调整以检测超过其下限的亮度值。如果改变观察方式,则在调整不充分、某个测量点的亮度值超过检测器的上限或下限而成为测量错误那样的情况下,也可以说测量了这样的亮度值的该波长不能用于该测量点的测温。反过来讲,也可以说只要是能得到某个测量数据的波长,则没有超过检测器的上限或下限就能够用于测温。

[0123] 因此,在本实施方式中,有效利用能够在高光谱相机的较宽的波段中取得分光光谱的特征,将高光谱相机的视场沿着其宽度方向而划分为可看作合金化程度几乎没有的差异的较小的多个分区,按其每个分区,从成功取得亮度的(即,不超过检测器的上限也不低于下限)波长中选择两个波长。由此,能够进行稳定的精度较好的温度测量。

[0124] 计算部224按每个分区,使用由选择部222选择的两个波长情况下的由摄像部12取得的GA钢板的辐射亮度,利用双色辐射测温来计算GA钢板的表面的各位置的温度。

[0125] (温度测量方法的说明)

[0126] 图6是表示由运算处理部214的CPU32执行的温度测量处理的流程的流程图。CPU32从存储装置36读取用来执行温度测量处理的程序,并展开到RAM34中而执行,由此CPU32作为运算处理部214的各功能部发挥功能,执行图6所示的温度测量处理。由此,在温度测量装置210中温度测量方法被执行。

[0127] 在步骤S10中,选择部222取得由摄像部12摄像的高光谱图像。接着,在步骤S210中,选择部222按摄像部12的视场中的多个分区的每个,确定成功取得辐射亮度的波长的范围。更具体地讲,选择部222对于包含要测量温度的位置(测量点)在内的分区,确定成功取得辐射亮度的范围。

[0128] 接着,在步骤S212中,选择部222按每个分区,从所确定的波长的范围中选择两个波长λ_A及λ_B。接着,在步骤S214中,计算部224按每个分区,使用所选择的两个波长λ_A及λ_B情况下的辐射亮度E_A及E_B,利用双色辐射测温法来计算GA钢板的表面的温度。

[0129] 接着,在步骤S216中,计算部224判定是否结束对于作为当前处理对象的高光谱图像的处理。在结束处理的情况下前进到步骤S218,在不结束处理的情况下,回到步骤S210,改变测量点而进行步骤S210以下的处理。

[0130] 接着,在步骤S218中,判定是否应测量的高光谱图像全部被处理了。在没有被处理的情况下,回到步骤S10,改变摄像位置等,再次取得高光谱图像,进行步骤S12以下的处理。另一方面,在步骤S218中,在判定为应测量的高光谱图像全部被处理了的情况下,结束温度测量处理。步骤S210～步骤S214是有关本公开的技术的“温度计算步骤”的一例。

[0131] (温度测量装置的效果)

[0132] 如以上所说明,有关第2实施方式的温度测量装置将摄像部的视场沿着GA钢板的板宽方向划分为多个分区,按每个分区求出摄像部成功取得GA钢板的辐射亮度的波长的范围。并且,按每个分区,从成功取得辐射亮度的波长的范围中选择两个波长,计算温度。由此,能够高响应且高精度地测量辐射率在较大的范围内变化的对象的温度分布。

[0133] (关于更优选的形态)

[0134] 如以上所详述,在使用高光谱相机测量GA钢板的宽度方向的温度分布的情况下,发生虽然能够适当地检测低辐射率部分的亮度值、但高辐射率部分亮度值饱和而不能检测的问题,及虽然能够适当地检测高辐射率部分的亮度值、但低辐射率部分检测强度不足而不能精确地检测亮度值的问题。为了解决该课题,在更优选的形态中,对于GA钢板的板宽方向,决定测量温度分布的范围,将摄像部12的视场沿着GA钢板的板宽方向划分为多个分区,根据使用的高光谱相机的性能来设定适当的亮度范围,调整曝光量以使由摄像部12取得的GA钢板的辐射亮度包含在适当的亮度范围,按每个分区求出摄像部12成功取得GA钢板的辐射亮度的波长的范围,按每个分区,从成功取得辐射亮度的(即,不发生亮度值的饱和或亮度值不足)波长的范围中选择两个波长,按每个分区,使用所选择的两个波长情况下的由摄像部12取得的GA钢板的辐射亮度,利用双色辐射测温来计算GA钢板的表面的各位置的温度。

[0135] <实施例>

[0136] 说明以合金化过程中的GA钢板为对象的实施例。

[0137] (对传感器要求的规格及所使用的高光谱相机)

[0138] 在表1中表示温度测量装置的要求规格。作为对象的合金化过程的GA钢板的温度是400℃～600℃,由于合金化而辐射率从大致0.2(合金化前)变化为大致0.8(合金化后)。这是因为,熔融的锌呈现金属光泽,而与此相对,在合金化后,随着FeZn化合物的生成同时成为固体而成为粗糙面。板宽方向上的温度测量点的分布(宽度方向分辨率)设为5mm以下,板宽方向的温度测量周期(响应速度)设为20Hz,将测量精度目标设定为与实测值的差为±10℃,以使得能够掌握在被通板并合金化的钢板的各部位与镀层品质的关联。

[0139] [表1]

[0140]

项目	要求规格
测量对象	板宽：600～1650mm 温度：400℃～600℃，辐射率：0.2～0.8
测量性能	响应速度：20Hz，宽度方向分辨率：5mm 以下 测量精度：±10℃

[0141] 在表2中表示作为摄像部12所使用的高光谱相机的规格。作为二维摄像元件,为了确保在对象温度400℃、辐射率0.2情况下也能够充分地检测到辐射光的灵敏度,选择使用了对于从900nm到1650nm具有灵敏度的光检测元件InGaAs的高光谱相机。空间方向的CH数是640CH,使用空间方向的像角65°的透镜,如果距离测量点的距离为1670mm,则板宽方向的视场为2000mm,板宽方向的分辨率为大致3mm。另一方面,波长CH是224CH,对于从900nm到1700nm的范围,能够以3.5nm间距来取得分光光谱。最大的帧速率是50fps,通过设定曝光时间,能够控制灵敏度。

[0142] [表2]

[0143]

项目	规格
输出图像	• 图像尺寸：640（空间）×200（波段 900nm～1700nm） • 图像灰度等级：4096 灰度等级（12bit），帧速率：最大 50fps
透镜	像角：65°，分辨率：约 3mm/像素（视场 2000mm 时）

[0144] 从高光谱相机输出的高光谱图像被作为横640像素(空间方向CH)×纵224像素(波长CH)、4096灰度等级(12bit)的图像输出,被取入到运算处理部14中。在运算处理部14中,计算多个波长的辐射亮度E_i,用于温度的测量。

[0145] 在以下的实施例中,表示了从由高光谱相机取得的4个波长中选择两个波长来进行温度测量的例子,但在扩大温度测量范围的方面,波长数并不限定于4。只要是在高光谱相机的波长范围内有效的波长数,例如也可以是从如6个波长等那样更多的波长中进行选择。

[0146] (波长的选择)

[0147] 在图7中,关于GA钢板的测量温度范围中包含的大致400℃、500℃及600℃,分别表示由高光谱相机测量了黑体炉高温部的黑体辐射时的分光光谱(按每个波长的黑体炉测量亮度)。在图7中表示了背景噪声(background)(完全没有光进入的状态下的检测亮度值,由二维摄像元件的暗电流产生)修正后的值。在任一温度下,都以使辐射光强度(黑体炉测量亮度)成为大致相同的方式来设定黑体炉的曝光时间。约100℃的温度上升相当于曝光时间1/4倍。辐射光强度越是长波长侧则越大,根据使用检测元件(InGaAs)的灵敏度特性而在

1600nm附近为最大。检测波长设为λ_1=1300nm,λ_2=1400nm,λ_3=1500nm,λ_4=1600nm这4个。在双色辐射测温法中,若波长的间隔较窄,则灵敏度下降。为了确保足够的灵敏度以满足此次的要求精度,设置100nm的波长间隔。合金化温度是500℃附近,L_b(1600nm,500℃)/L_b(1300nm,500℃)=5.18。该值比合金化前后的辐射率的变化倍率4(=0.8/0.2)大,即使在视场内存在合金化不匀,通过使用某个波长也能够进行温度测量。另外,在从高光谱图像中提取亮度值(辐射光强度)时,为了使亮度值稳定化,也可以在波长方向上使用多个CH(例如5CH)的平均值。

[0148] (黑体炉中的温度校正)

[0149] 在图8中,表示按每设定的曝光时间对黑体炉(T[℃]=300~600)进行摄像、从高光谱图像中提取各波长的辐射亮度并将与温度的关系做成曲线图后得到的结果。所设定的曝光时间t_d[μs]是t_d[μs]=1000、1600、2560、4096、6553、10485、16777、26489,检测波长是λ_1=1300nm,λ_2=1400nm,λ_3=1500nm,λ_4=1600nm。在图8中表示了已减去了背景噪声后的值。由于存在背景噪声根据曝光时间而不同的情况,所以按每曝光时间关闭快门而成为光不进入到二维摄像元件中的状态,进行了测量。如果曝光时间不同,则高光谱相机的灵敏度不同,所以不再取得与温度的相关。所以,使用(9)式将从高光谱图像提取的亮度值I_i以相当于基准曝光时间t_{dst}=4096μs进行换算,作为辐射亮度E_i。I_{BG}是背景噪声。在图9中以横轴为1/T表示了调整后的辐射亮度E_i(相当于曝光时间4096μs)的结果。

[0150] [数式5]

[0151] $$E_i=(t_{dst}/t_d)(I_i-I_{BG}) \quad (9)$$

[0152] 接着,调查黑体炉温度T与各波长的辐射亮度E_i的关系,通过曲线回归,在表3中表示了求出(10)式的温度校正系数α_i及β_i得到的结果。通过使用该温度校正系数,不需要按每个曝光时间使用校正曲线,就能够以1个校正曲线对各波长进行辐射亮度与温度的换算处理。

[0153] [数式6]

[0154] $$E_i=\alpha_i\exp(-\beta_i/T) \quad (10)$$

[0155] [表3]

[0156]

符号	测量波长	α	β
λ_1	1300nm	1.063E+9	1.094E+4
λ_2	1400nm	5.725E+8	1.012E+4
λ_3	1500nm	5.247E+8	9.507E+3
λ_4	1600nm	3.289E+8	8.886E+3

[0157] (温度测量精度的验证)

[0158] 为了验证实施例的温度测量的测量精度,将镀覆原板通电加热而使其与Fe基材合金化,通过使用高光谱相机来测量此时的热辐射光光谱,从而对合金化过程的温度测量性能进行了评价。镀覆原板是对0.4mm厚度的软钢钢板涂布熔融锌并使其凝固后得到的钢板。在图10中表示试验装置结构。通过通电加热,将镀覆原板加热到合金化温度(500℃前后),保持为一定温度而使其合金化,用高光谱相机测量合金化时的辐射强度。此时,使用黑体涂料涂装测量点正背面,由辐射温度计测量而作为实测温度,与由高光谱相机得到的测温值进行比较。

[0159] (温度的计算方法)

[0160] 说明本实施例的GA钢板的板宽方向上的某个位置的温度的计算方法。

[0161] 首先,从高光谱图像取得温度测量部位的辐射亮度E_i。具体而言,从所得到的二维的高光谱图像中,提取温度测量位置处的波长λ_i(i=1、2、3、4)的亮度值I_i。并且,通过(9)式,将亮度值I_i以相当于基准曝光时间t_{dst}=4096μs进行换算,取得辐射亮度E_i。

[0162] 接着,计算波长的辐射率相等的情况下的表观温度T_e及表观辐射率ε_e。具体而言,在计算出的辐射亮度E_i中,选择两个波长λ_A及λ_B的辐射亮度E_A及E_B,计算假设两波长情况下的辐射率相等时的温度及辐射率。更具体地讲,表观温度T_e与强度比$R(=E_A/E_B)$的关系为(11)式所示,因此可以通过(12)式来计算表观温度T_e。进而,使用计算出的表观温度T_e,利用(13)式来计算表观辐射率ε_e。

[0163] [数式7]

$$R=\frac{E_A}{E_B}=\frac{\alpha_A\exp(-\beta_A/T_e)}{\alpha_B\exp(-\beta_B/T_e)}=\frac{\alpha_A}{\alpha_B}\exp\left\{\frac{\beta_B-\beta_A}{T_e}\right\} \quad (11)$$

[0164]
$$T_e=\frac{(\beta_B-\beta_A)}{\ln(E_A/E_B)-\ln(\alpha_A/\alpha_B)} \quad (12)$$

$$\varepsilon_e=\frac{E_A}{\alpha_A\exp(-\beta_A/T_e)} \quad (13)$$

[0165] 接着,利用(14)式的近似式,计算实际的辐射率ε_A。具体而言,在设$a=A_1(1/\lambda_A-1/\lambda_B)$,$b=\lambda_B/(\lambda_B-\lambda_A)$时,使用$\varepsilon_e$,利用(14)式计算$\varepsilon_A$。这里,$A_1$使用预先通过实验所求出的值。在GA钢板的情况下是$A_1=0.10$。

[0166] [数式8]

[0167]
$$\varepsilon_A=\frac{ab+\varepsilon_e+\sqrt{(ab+\varepsilon_e{}^2)^2-2a^2b(b-1)}}{2} \quad (14)$$

[0168] 并且,最后,使用计算出的辐射率ε_A计算实际的温度T。具体而言,使用温度校正系数α_i及β_i、所计算出的辐射率ε_A和辐射亮度E_A,利用将(15)式变换后得到的(16)式来计算温度T。

[0169] [数式9]

[0170] $E_A=\varepsilon_A\alpha_A\exp(-\beta_A/T)$ (15)

[0171]
$$T=\frac{-\beta_A}{\ln(E_A/\varepsilon_A)-\ln(\alpha_A)} \quad (16)$$

[0172] (基于近似式得到的计算的效果)

[0173] 在图11中表示将温度固定为530℃、在合金化过程中进行曝光时间调整以使作为最大强度的波长λ_4不饱和、由此测量波长λ_1~λ_4情况下的亮度值所得到的结果。图11中(a)是从高光谱图像提取出的亮度值,图11中(b)是背景噪声修正及以相当于基准曝光时间(4096μs)进行了换算后的辐射亮度。ET表示曝光时间(单位:μs)。I1~14表示各波长的亮度值。E1~E4表示各波长的辐射亮度。如图11中(a)那样,在合金化的过程中辐射率上升而亮度值上升,所以将曝光时间从4096μs向2560μs变更,以使得在图11中(a)的横轴的时间为41秒附近辐射亮度不脱离适当范围。随之,波长λ_1~λ_4情况下的亮度值对应于曝光时间的变更

比例而减小。如果观察图11中(b),则以相当于基准曝光时间(4096μs)进行换算,由此能够得到连续地变化的亮度值。因此,能够进行基于(10)式的温度计算的处理。

[0174] 在图12中表示温度及辐射率的计算结果。可知辐射率从合金化前的大致0.2变化为合金化后的大致0.8。为了进行参考,在图12中作为嵌入式温度计,记载了由以往的温度测量装置(不是对钢板的全宽进行测量的装置,而是钢板宽度位置仅为1处的基于双色辐射测温法的温度测量装置)得到的相同的宽度位置(但是,是与高光谱相机所摄像的钢板表面相反侧的背面侧)处的测温结果。在图12中(a)所示的不考虑辐射率的波长依赖的$A_1=0.00$的情况下,在合金化后计算出的温度与由嵌入式温度计得到的实测值一致,但在合金化前,输出了计算出的温度相对于由嵌入式温度计得到的测温结果高大致20℃。另一方面,在图12中(b)所示的使用了GA钢板的波长依赖系数$A_1=0.10$的情况下,在合金化前计算出的温度与由嵌入式温度计得到的测温结果一致,在合金化中计算出的温度相对于由嵌入式温度计得到的测温结果有偏差,但其偏差被抑制为5℃左右。即,作为波长依赖系数$A_1=0.10$,可知通过考虑波长依赖,能够提高测温精度。

[0175] 这样,可知通过使用波长依赖系数来计算温度,能够高精度地从合金化前到合金化后测量镀层表面的温度。此外,由于是近似计算,所以不需要收敛运算等的反复的数值运算,能够高速地计算温度。

[0176] (波长切换的效果)

[0177] 如上所述,希望与合金化程度相匹配地调整曝光时间,但由于使用一个摄像元件取得跨大范围的GA钢板的板宽方向上的至少一部分的信息,所以不能与板宽方向的合金化不匀相匹配地按每个宽度方向位置来部分地调整曝光时间。所以,研究了以相同的曝光时间来计算在未合金化部和合金化部的双方中稳定的测量值的方法。

[0178] 在图13中表示将温度固定为480℃、以在合金化前的温度下能够确保充分的辐射亮度的灵敏度设定(曝光时间10000μs左右)进行了测量得到的结果。图13中(a)是从高光谱图像提取的亮度值,图13中(b)是进行背景噪声修正及以相当于基准曝光时间(4096μs)进行了换算后的辐射亮度。ET表示曝光时间(单位:μs)。I1～I4表示各波长的亮度值。E1～E4表示各波长的辐射亮度。由于通过合金化而辐射率从大致0.2变化为大致0.8,所以可知长波长侧的1600nm情况下的亮度值超过亮度上限值的4096而饱和。另一方面,短波长侧的亮度值由于通过合金化而亮度值上升了,所以能够得到用于温度计算的充分的亮度值。

[0179] 在图14中表示温度的计算结果的一例。图14中(a)是使用长波长侧(1500nm和1600nm)、图14中(b)是使用短波长侧(1300nm和1400nm)的辐射亮度来计算温度得到的结果。为了进行参考,在图14中作为嵌入式温度计而记载了由以往的温度测量装置(不是测量钢板的全宽的装置,而是钢板宽度位置仅为1处的基于双色辐射测温法的温度测量装置)得到的相同的宽度位置(但是,是与高光谱相机所摄像的钢板表面相反侧的背面侧)处的测温结果。如果着眼于计算温度的偏差(噪声的峰值到峰值的宽度),则如图14中(a)所示,对于长波长侧的温度计算结果而言,在合金化前能够精确地计算(偏差10℃左右)。但是,由于在合金化后摄像元件饱和了,所以不能计算温度。另一方面,如图14中(b)所示,对于短波长侧的温度测量结果而言,虽然在合金化后能够稳定地计算(偏差10℃左右),但在合金化前由于辐射亮度较低,所以在温度的计算结果中产生较大的偏差(偏差20℃左右)。这样可知,即使是相同的曝光时间,只要控制曝光时间使得在板宽方向全域中在短波长侧(1400nm)变高

的合金化部位的辐射亮度不饱和,通过对于辐射率较高的合金化后的部分使用短波长侧的波长集合来计算温度,对于辐射率较低的合金化前的部分使用长波长侧的波长集合来计算温度,也能够在GA钢板的板宽方向上进行稳定且高精度的温度测量。

[0180] (曝光时间的调整方法)

[0181] 如上所述,即使在测量对象范围内的板宽方向上的任何位置处、都需要满足至少1组波长集合能够检测从最低亮度到亮度上限值的辐射亮度这样的条件。在板宽方向全域中,为了以某个波长的组合(λ_1和λ_2,λ_2和λ_3,λ_3和λ_4)确保有效的测量,进行了高光谱相机的曝光时间控制。

[0182] 首先,取得高光谱图像,根据高光谱图像来检测GA钢板的左右的边缘位置,在高光谱图像上掌握GA钢板存在的范围。作为边缘位置的检测方法,可以使用将辐射亮度的板宽方向分布进行微分而探索其极大值和极小值等方法。

[0183] 接着,关于波长λ_3,探索测量对象范围内的最小辐射亮度I_{3min},计算不低于亮度下限值I'_{min}的临界最大曝光时间$D_{max}=I'_{min}/I_{3min}\cdot Dp$。Dp是所取得的高光谱图像的摄像时的曝光时间。接着,关于波长λ_2,探索测量对象范围内的最大辐射亮度I_{2max},计算不超过亮度上限值I'_{max}的临界最小曝光时间$D_{min}=I'_{max}/I_{2max}\cdot Dp$。接着,选择处于$D_{min}$到$D_{max}$之间的曝光时间,变更高光谱相机的曝光时间。在$D_{min}$到$D_{max}$之间没有能够对高光谱相机设定的曝光时间的情况下,选择距能够设定的曝光时间最近的曝光时间。

[0184] (测量结果例)

[0185] 对于所取得的高光谱图像,观察板宽方向上的各位置处的亮度值$I_1\sim I_4$,选择得到了有效的亮度的一个波长的组合(λ_1和λ_2,λ_2和λ_3,λ_3和λ_4),利用双色辐射测温法来测量温度。

[0186] 为了利用双色辐射测温法来精确地计算温度及辐射率,需要所使用的两个波长情况下的检测亮度相对于测量分辨率较大并且不饱和。即,预先设定亮度下限值I'_{min}及亮度上限值I'_{max}以成为适当的亮度范围。在使用12bit的高光谱相机的情况下,亮度下限值I'_{min}是背景噪声修正后是500左右,亮度上限值I'_{max}是3500左右。由于高光谱相机能够在多个波长中检测辐射亮度,所以在以两个波长进行温度计算时,通过该两个波长情况下的检测亮度,选择出波长的组合。

[0187] 通过高光谱相机的应用以及使用了近似式的计算处理的高速化,能够在1秒间输出20次宽度方向温度测量结果。在图15中表示在宽度方向上有合金化不匀的情况的测量例。跨GA钢板的板宽方向而测量温度及辐射率,能够明确地确认GA钢板边缘附近由于温度低而合金化延迟的状态。这样,该温度分布计除了掌握宽度方向上的温度分布以外还能够掌握合金化状态,所以对于GA钢板的合金化过程中的制造条件的改善是有效的。

[0188] 另外,在以上的说明中,主要举出了将GA钢板作为温度测量对象的情况为例进行说明,但本公开的技术并不限于GA钢板,能够对所有的钢板适用。特别是,在钢板的分光辐射率根据状况而较大地变化的情况下,能够适当地应用本公开的技术。

[0189] 以上,对本公开的技术的一例进行了说明,但本公开的技术并不限定于上述,当然也可以除了上述以外在不脱离其主旨的范围内能够进行各种变形来实施。

[0190] 在本说明书中通过参照而引用了日本专利申请第2022-125745号所公开的全部内容。

[0191] 标号说明

[0192] 10、210温度测量装置;12摄像部;14、214运算处理部;22、222选择部;24、222计算部;26设定部;32CPU;34存储器;36存储装置;38输入装置;40输出装置;42存储介质读取装置;44通信I/F;46总线。

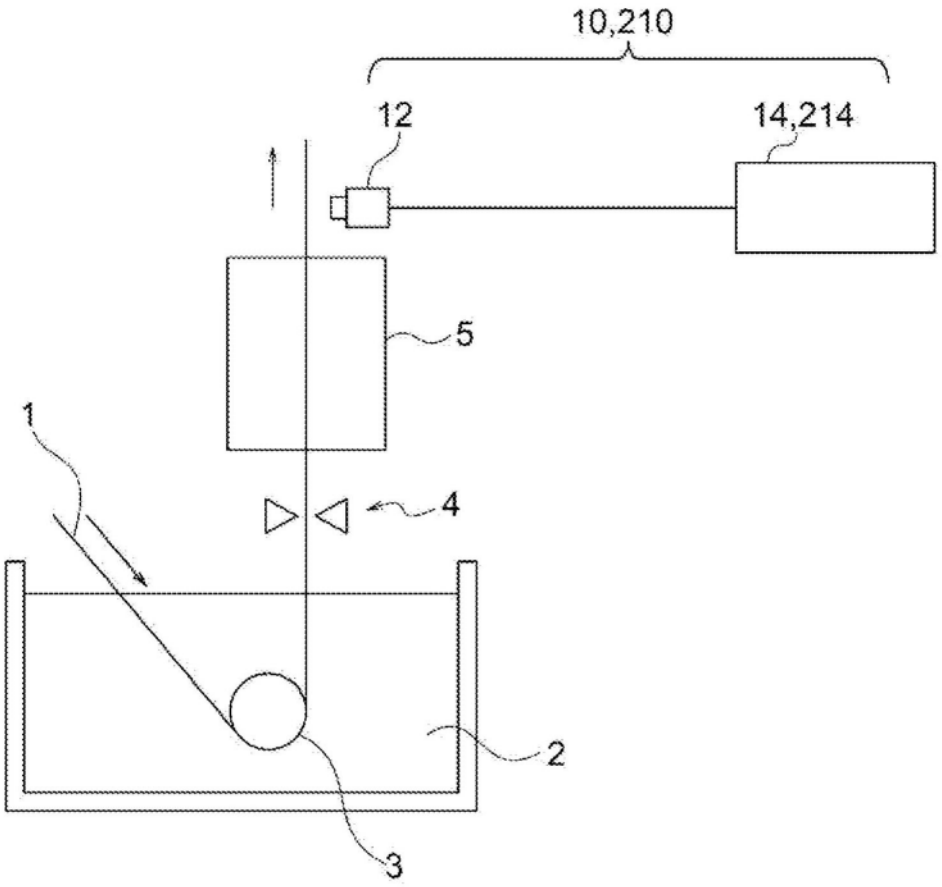


图1

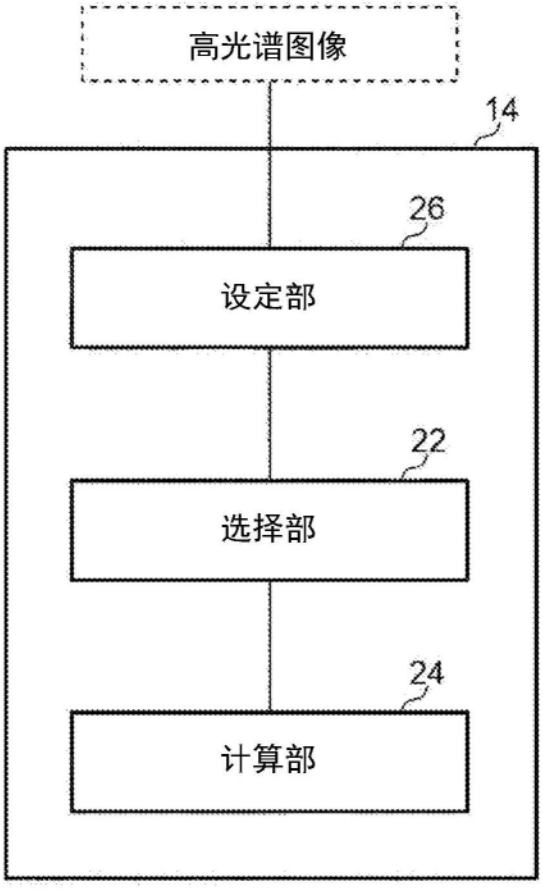


图2

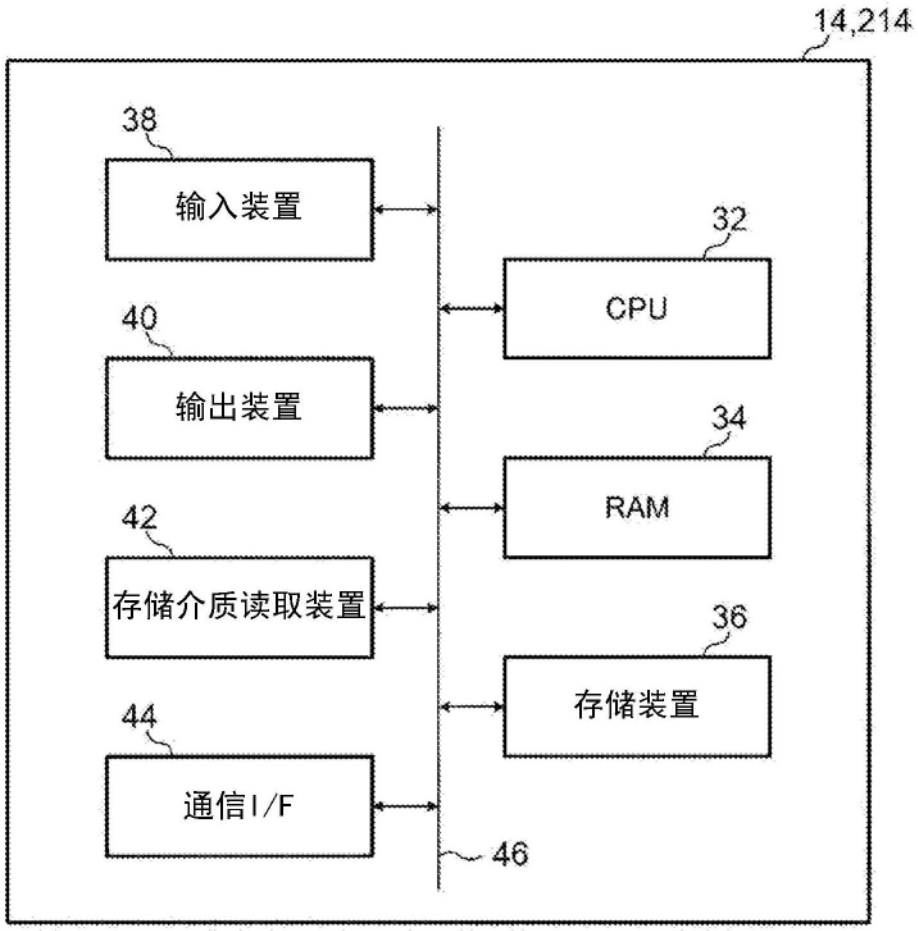

14,214
38
输入装置
32
CPU
40
输出装置
34
RAM
42
存储介质读取装置
36
存储装置
44
通信I/F
46

图3

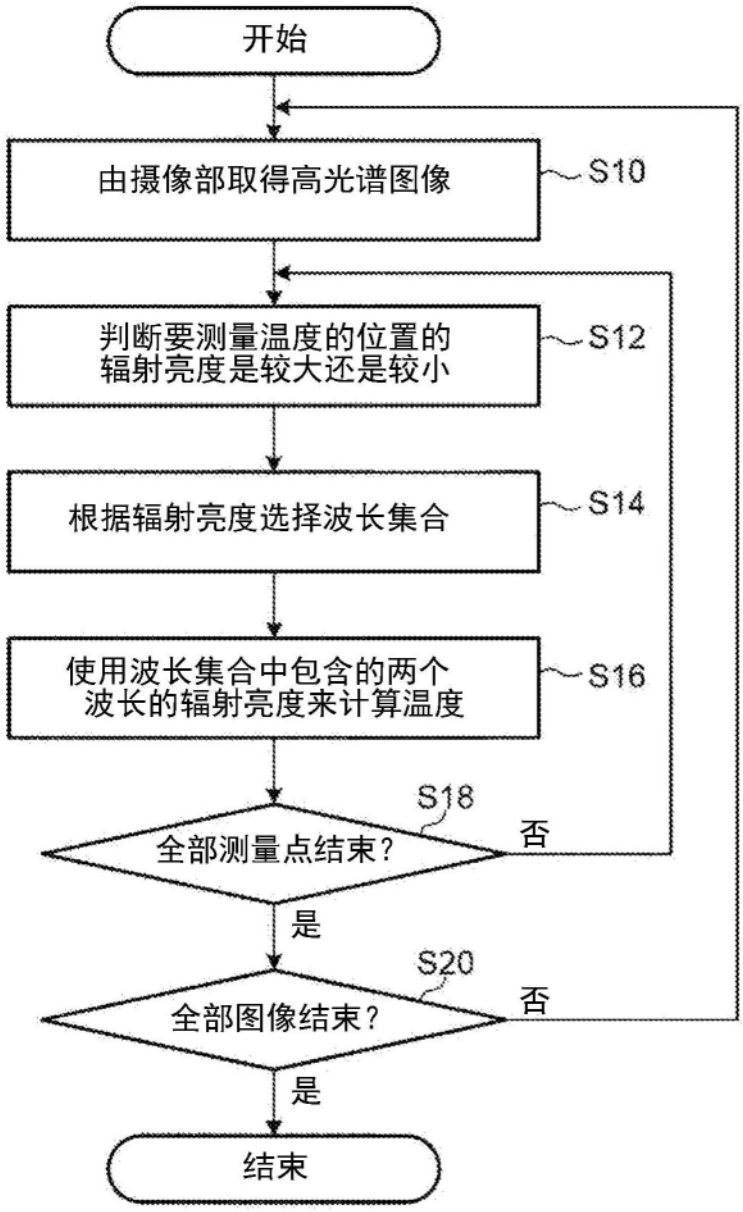

开始
由摄像部取得高光谱图像
S10
判断要测量温度的位置的
辐射亮度是较大还是较小
S12
根据辐射亮度选择波长集合
S14
使用波长集合中包含的两个
波长的辐射亮度来计算温度
S16
S18
全部测量点结束？
否
是
S20
全部图像结束？
否
是
结束

图4

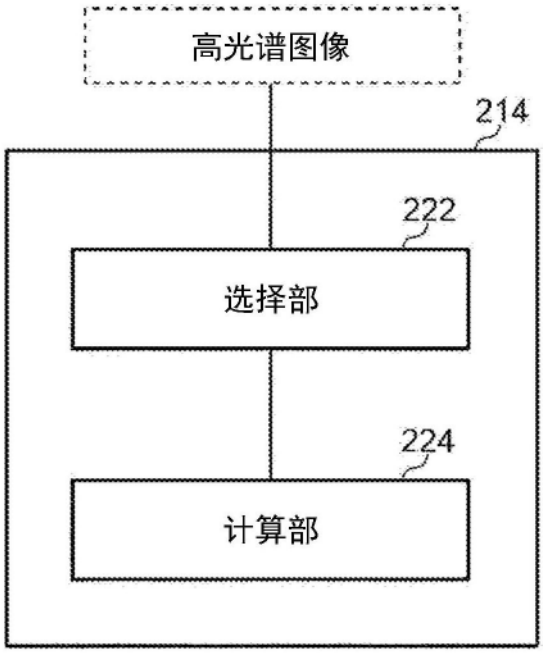


图5

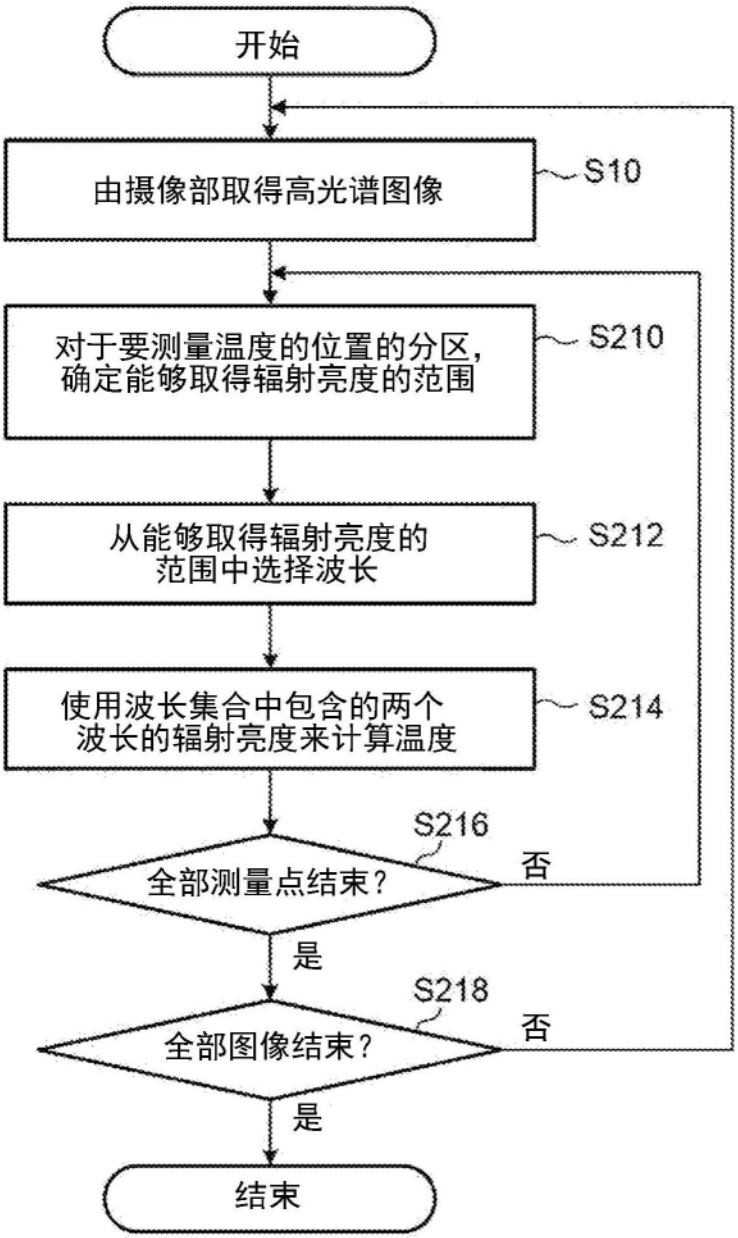

开始
由摄像部取得高光谱图像
S10
对于要测量温度的位置的分区，
确定能够取得辐射亮度的范围
S210
从能够取得辐射亮度的
范围中选择波长
S212
使用波长集合中包含的两个
波长的辐射亮度来计算温度
S214
S216
全部测量点结束？
否
是
S218
全部图像结束？
否
是
结束

图6

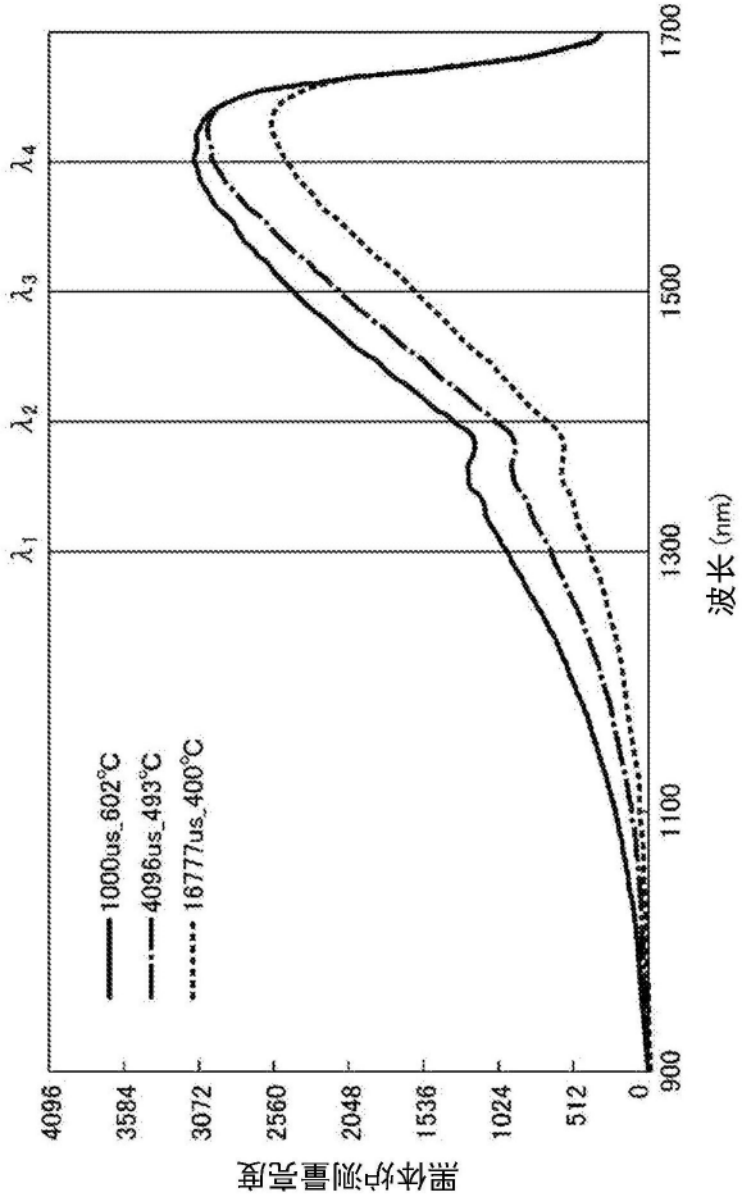

黑体炉测量亮度
4096
3584
3072
2560
2048
1536
1024
512
0
900
1100
1300
1500
1700
波长(nm)
λ1
λ2
λ3
λ4
1000us_602°C
4096us_493°C
16777us_400°C

图7

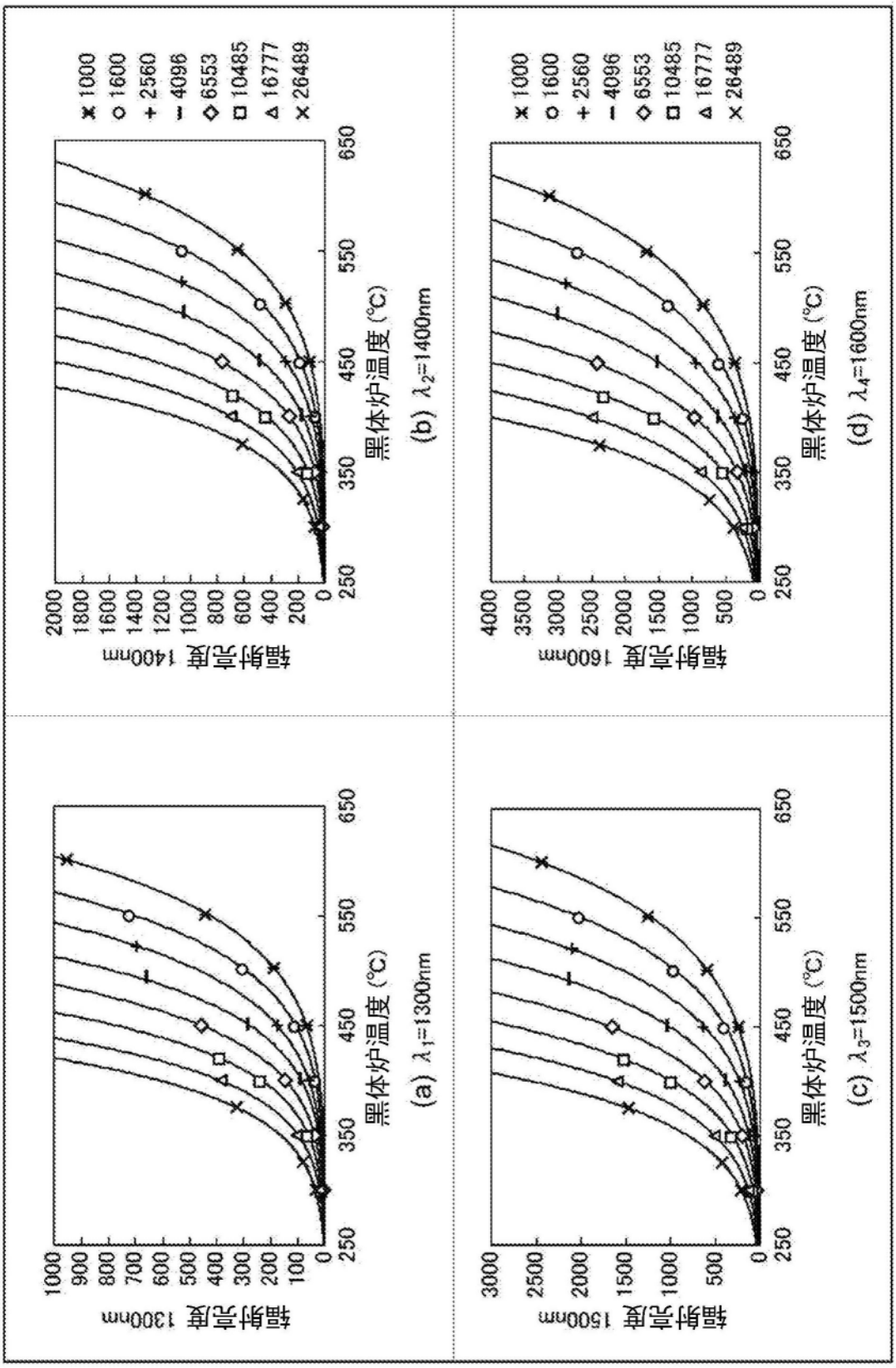

辐射亮度 1300nm
黑体炉温度 (°C)
(a) λ1=1300nm
辐射亮度 1400nm
黑体炉温度 (°C)
(b) λ2=1400nm
辐射亮度 1500nm
黑体炉温度 (°C)
(c) λ3=1500nm
辐射亮度 1600nm
黑体炉温度 (°C)
(d) λ4=1600nm
1000
1600
2560
4096
6553
10485
16777
26489

图8

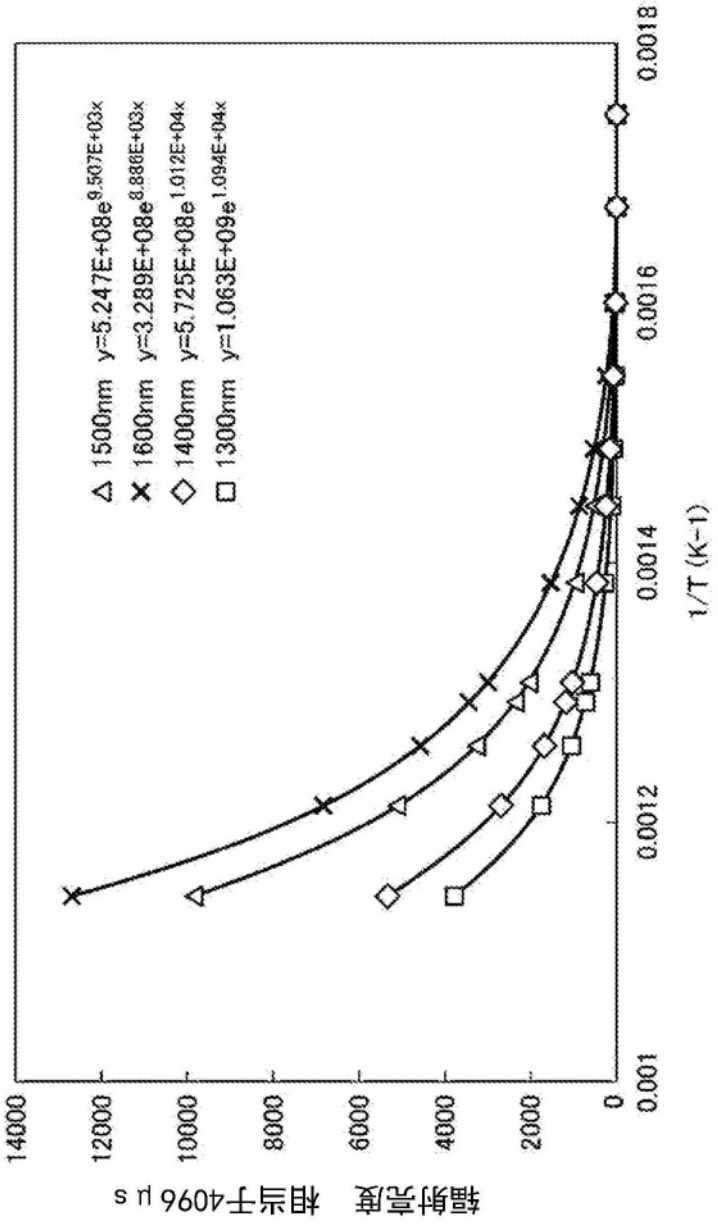

辐射亮度 相当于4096 μs
14000
12000
10000
8000
6000
4000
2000
0
0.001
0.0012
0.0014
0.0016
0.0018
1/T (K-1)
1500nm y=5.247E+08e^-9.507E+03x
1600nm y=3.289E+08e^-8.886E+03x
1400nm y=5.725E+08e^-1.012E+04x
1300nm y=1.063E+09e^-1.094E+04x

图9

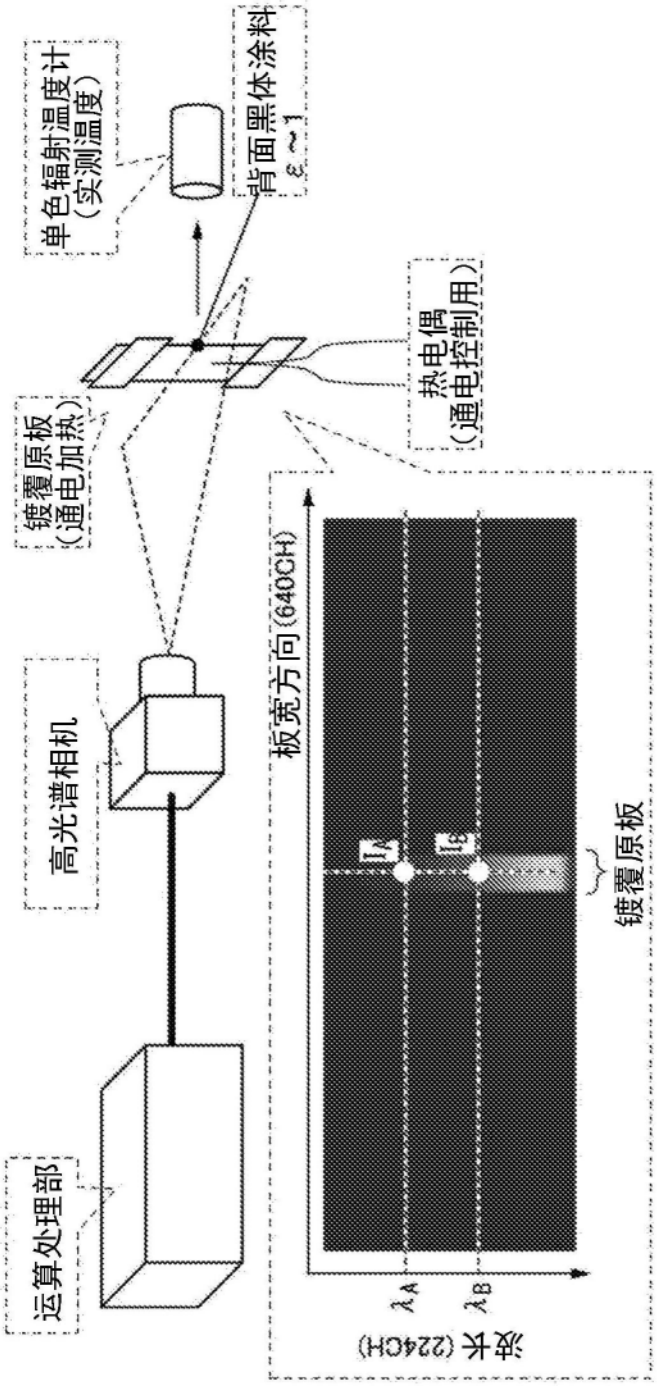

单色辐射温度计
(实测温度)
背面黑体涂料
ε～1
热电偶
(通电控制用)
镀覆原板
(通电加热)
高光谱相机
运算处理部
板宽方向(640CH)
镀覆原板
波长(224CH)
λA
λB

图10

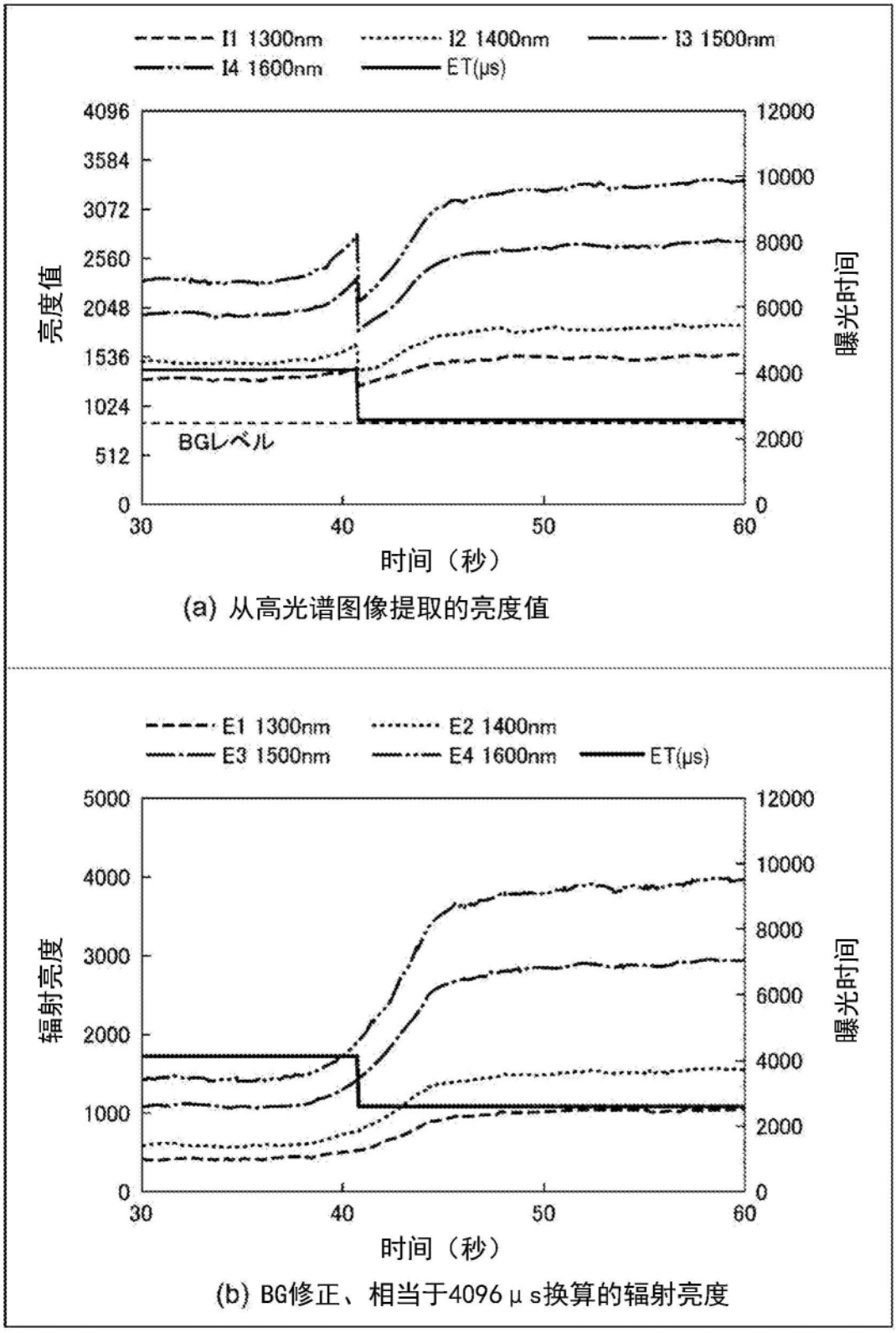

I1 1300nm
I2 1400nm
I3 1500nm
I4 1600nm
ET(μs)
4096
3584
3072
2560
2048
1536
1024
512
0
12000
10000
8000
6000
4000
2000
0
亮度值
曝光时间
BGレベル
30
40
50
60
时间（秒）
(a) 从高光谱图像提取的亮度值
E1 1300nm
E2 1400nm
E3 1500nm
E4 1600nm
ET(μs)
5000
4000
3000
2000
1000
0
12000
10000
8000
6000
4000
2000
0
辐射亮度
曝光时间
30
40
50
60
时间（秒）
(b) BG修正、相当于4096μs换算的辐射亮度

图11

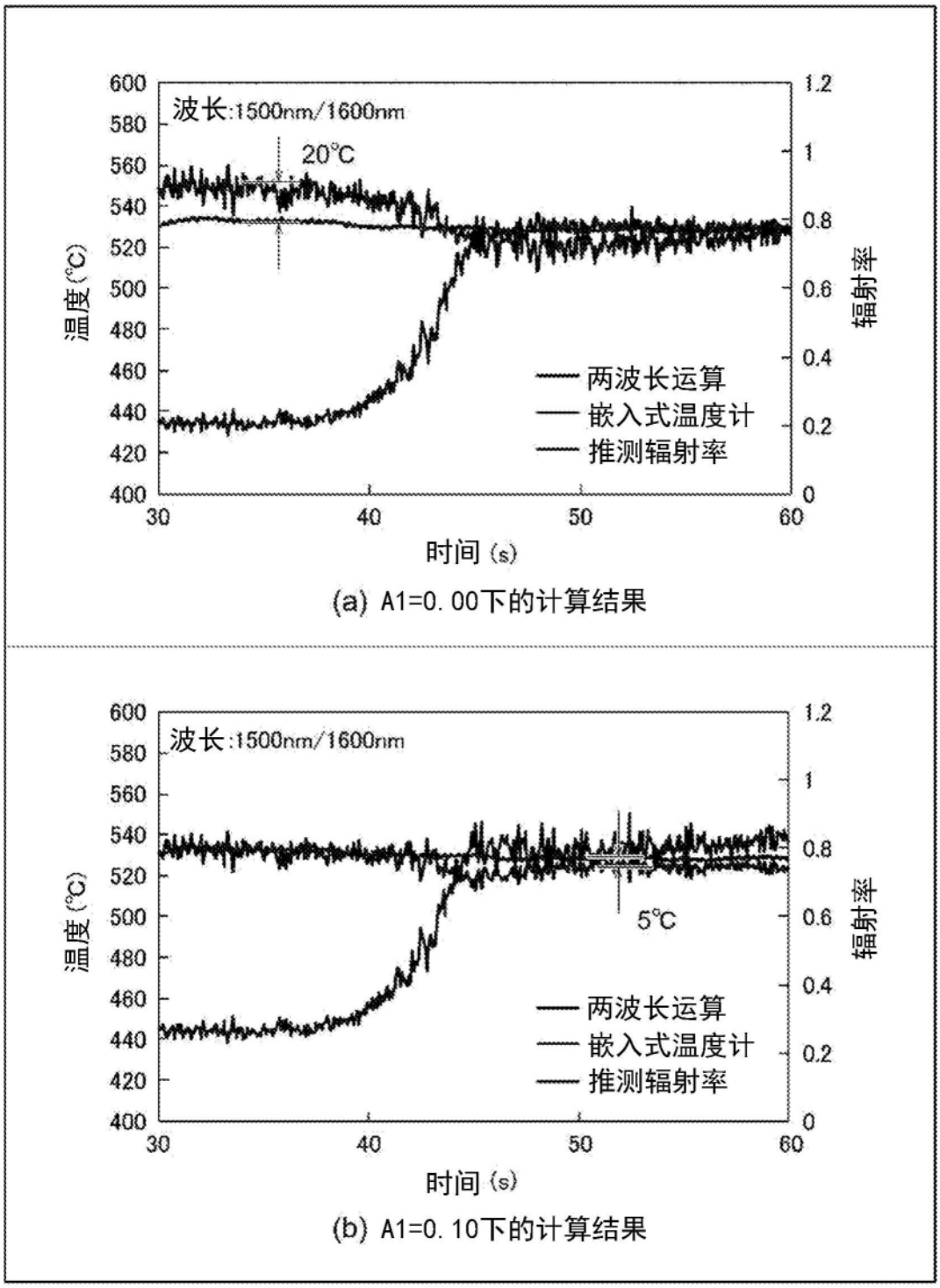

波长:1500nm/1600nm
20℃
温度(℃)
辐射率
时间 (s)
两波长运算
嵌入式温度计
推测辐射率
(a) A1=0.00下的计算结果
波长:1500nm/1600nm
5℃
温度(℃)
辐射率
时间 (s)
两波长运算
嵌入式温度计
推测辐射率
(b) A1=0.10下的计算结果

图12

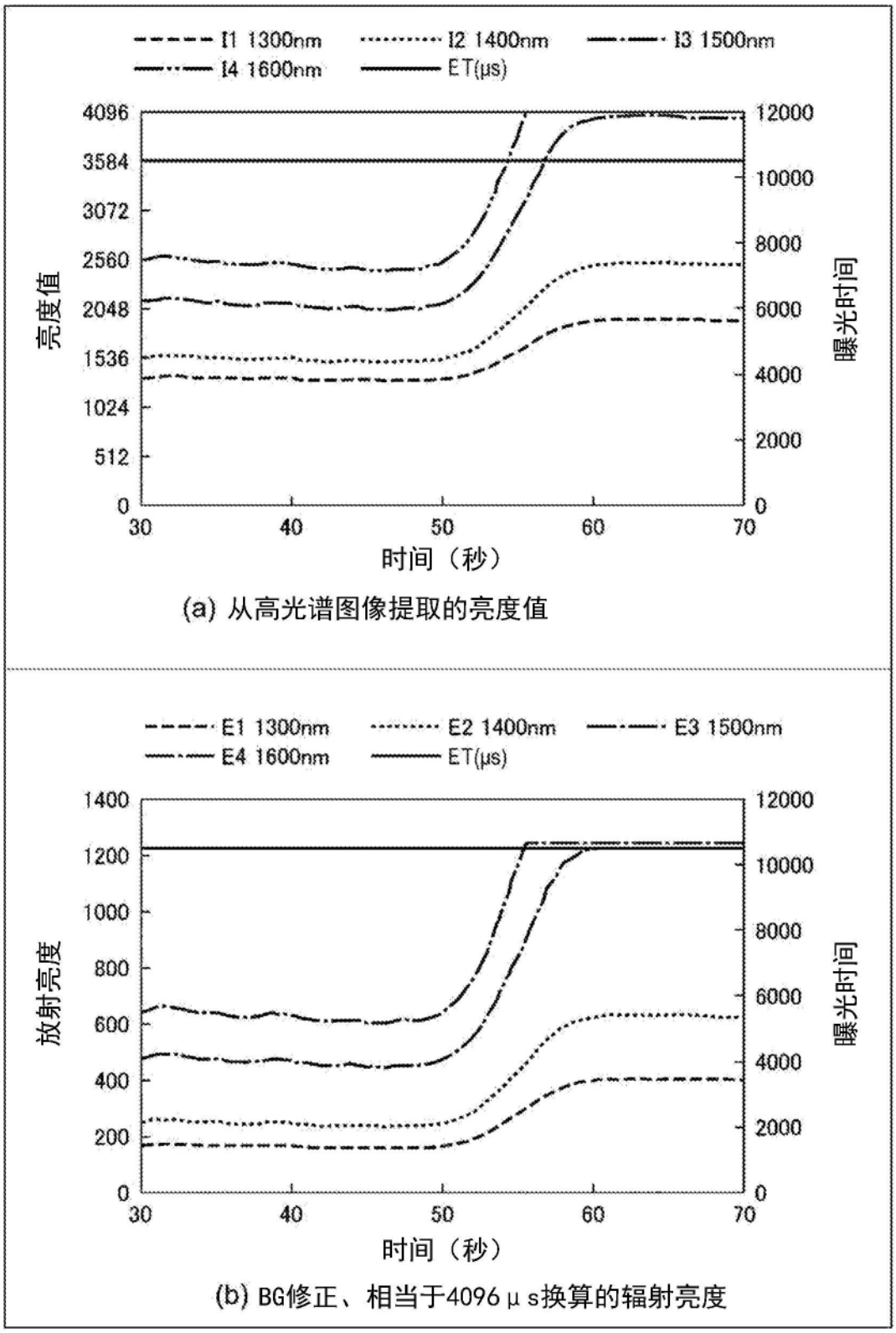

I1 1300nm
I2 1400nm
I3 1500nm
I4 1600nm
ET(μs)
亮度值
曝光时间
时间（秒）
(a) 从高光谱图像提取的亮度值
E1 1300nm
E2 1400nm
E3 1500nm
E4 1600nm
ET(μs)
放射亮度
曝光时间
时间（秒）
(b) BG修正、相当于4096μs换算的辐射亮度

图13

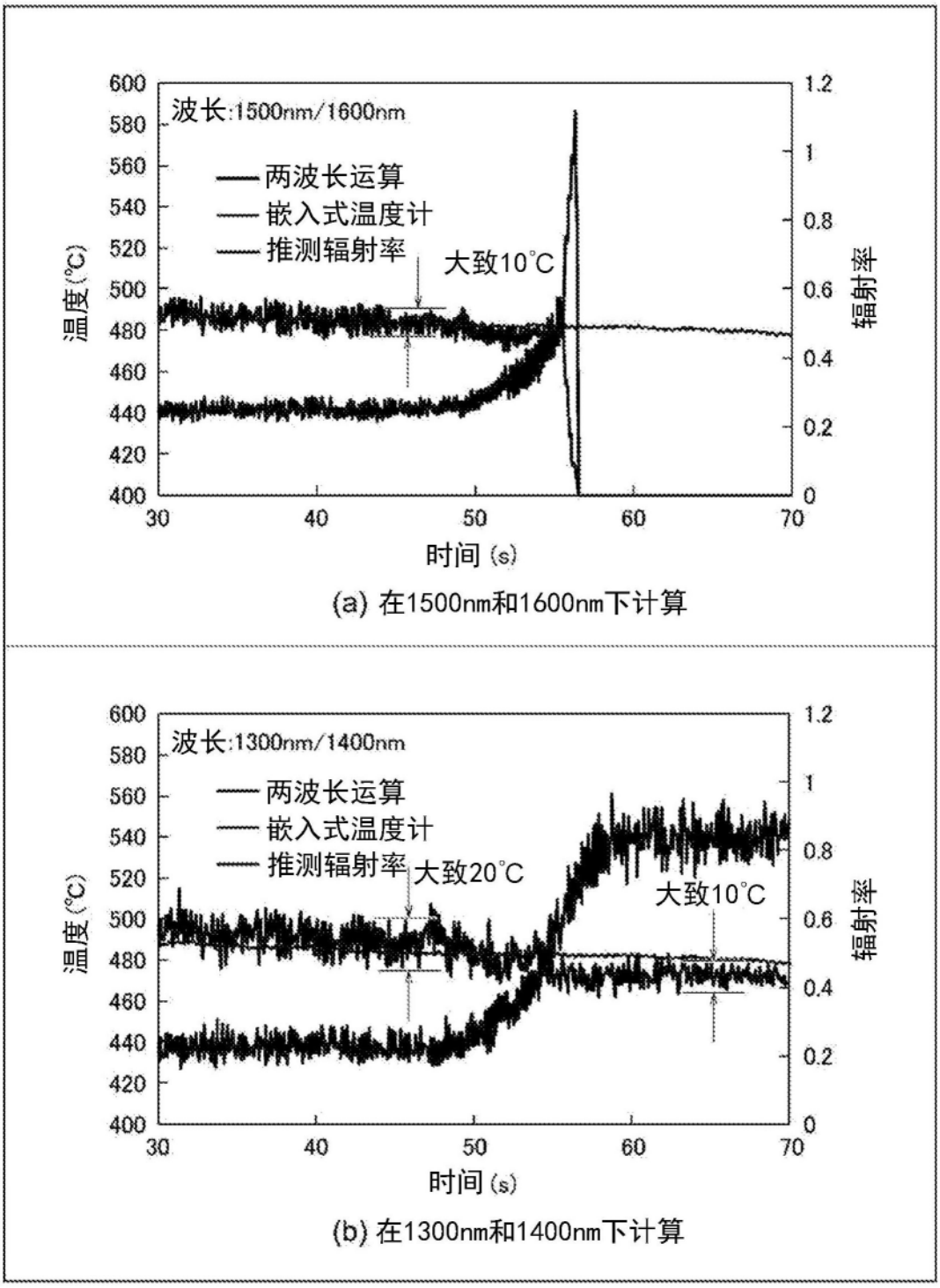

波长:1500nm/1600nm
两波长运算
嵌入式温度计
推测辐射率
大致10℃
温度(℃)
辐射率
时间(s)
(a) 在1500nm和1600nm下计算
波长:1300nm/1400nm
两波长运算
嵌入式温度计
推测辐射率
大致20℃
大致10℃
温度(℃)
辐射率
时间(s)
(b) 在1300nm和1400nm下计算

图14

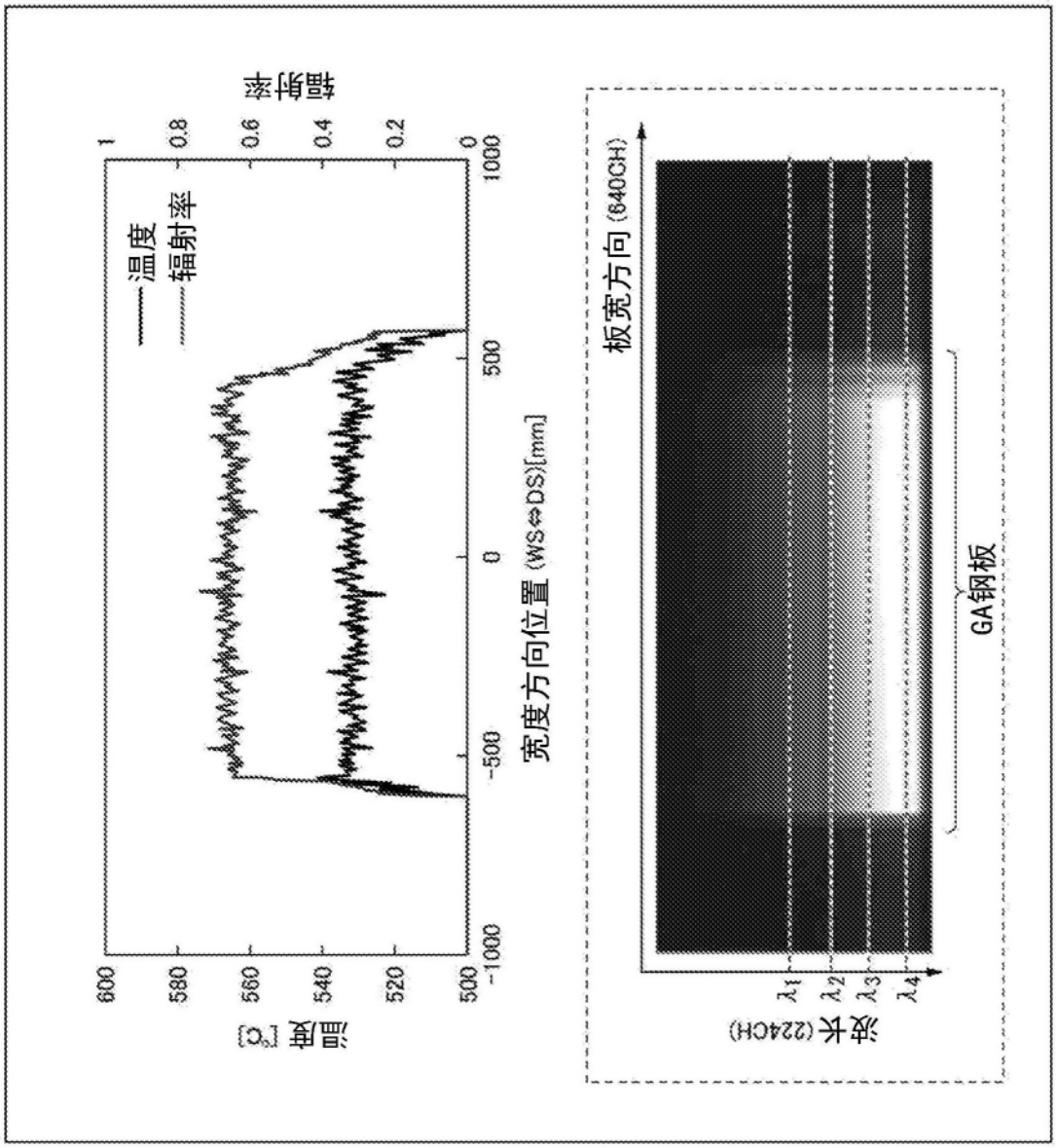

温度
辐射率
辐射率
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
温度 [℃]
600
580
560
540
520
500
-1000
-500
0
500
1000
宽度方向位置 (WS⇔DS)[mm]
板宽方向 (640CH)
波长 (224CH)
λ1
λ2
λ3
λ4
GA钢板

图15

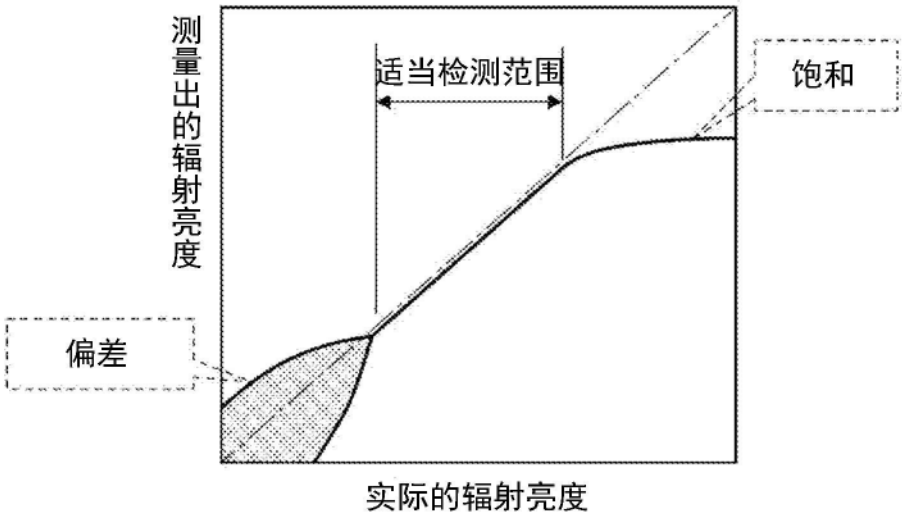


图16