

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2017 年 6 月 29 日 (29.06.2017)



(10) 国际公布号
WO 2017/107344 A1

- (51) 国际专利分类号:
G06T 5/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2016/079135
- (22) 国际申请日: 2016 年 4 月 13 日 (13.04.2016)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201510995105.X 2015 年 12 月 23 日 (23.12.2015) CN
- (71) 申请人: 华中科技大学 (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国湖北省武汉洪山区珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。
- (72) 发明人: 张天序 (ZHANG, Tianxu); 中国湖北省武汉洪山区珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。 侯旋 (HOU, Xuan); 中国湖北省武汉洪山区珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。 章川 (ZHANG, Chuan); 中国湖北省武汉洪山区珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。 刘立 (LIU, Li); 中国湖北省武汉洪山区珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。 陈泉 (CHEN, Quan); 中国湖北省武汉洪山区珞喻路 1037 号,

Hubei 430074 (CN)。 钟奥 (ZHONG, Ao); 中国湖北省武汉洪山区珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。 许明星 (XU, Mingxing); 中国湖北省武汉洪山区珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。 周雨田 (ZHOU, Yutian); 中国湖北省武汉洪山区珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。

(74) 代理人: 武汉东喻专利代理事务所 (普通合伙) (WUHAN DONGYU PATENT AGENCY); 中国湖北省武汉洪山区珞喻路 1037 号东一楼 340, Hubei 430074 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

[见续页]

(54) Title: AEROTHERMAL RADIATION EFFECT FREQUENCY DOMAIN CORRECTION METHOD

(54) 发明名称: 一种气动热辐射效应的频域校正方法

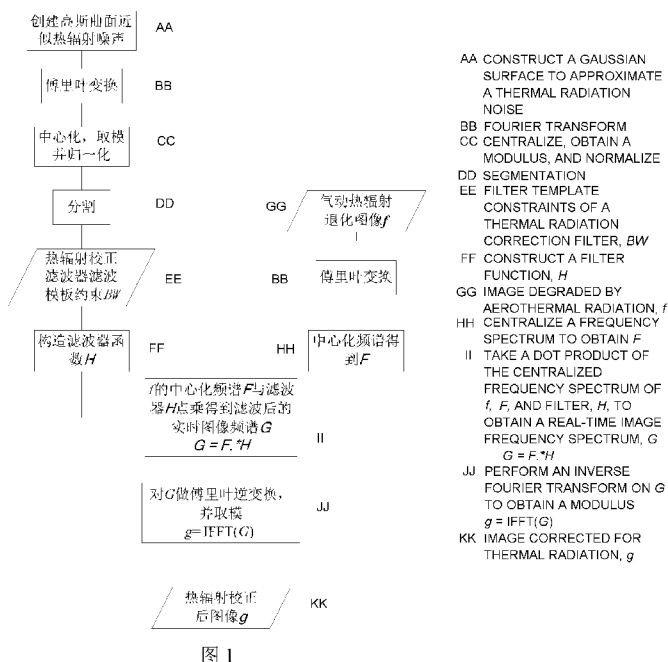


图 1

(57) Abstract: An aerothermal radiation effect frequency domain correction method, comprising: use a Gaussian surface to approximate a thermal radiation noise, perform a Fourier transform on the thermal radiation noise to obtain an amplitude spectrum, then normalize and segment the amplitude spectrum to obtain a filter thresholding template, BW , then use the filter thresholding template, BW , to construct a filter function, H ; perform a Fourier transform on an image degraded by aerodynamic thermal radiation, f , to obtain a centralized frequency spectrum, F , then take the dot product of F and H to obtain a real-time image frequency spectrum, G ; and perform an inverse Fourier transform on G to obtain a modulus, and acquire an image corrected for thermal radiation, g . Using the method effectively removes background noise generated by aerothermal radiation to restore a clear image, greatly improving image quality and image signal-to-noise ratio. The method further features reduced computational complexity and a shorter operation time, and is therefore better suited for real-time processing.

(57) 摘要: 一种气动热辐射效应的频域校正方法, 包括: 通过高斯曲面来近似热辐射噪声, 对其进行傅里叶变换得到幅度谱, 然后对幅度谱进行归一化与分割来获取滤波器二值模板 BW , 通过获取的滤波器二值模板 BW 构建滤波器函数 H ; 对

气动热辐射退化图像 f 做傅里叶变换得到中心化频谱 F , 将 F 与 H 点乘后得到滤波后的实时图像频谱 G , 最后对 G 进行傅里叶逆变换并取模, 得到热辐射校正后图像 g 。通过执行该方法, 可以有效的去除气动热辐射产生的背景噪声, 恢复出清晰图像, 使得图像品质及图像信噪比大幅提升; 并进一步降低了算法复杂度, 缩短了运行时间, 更适于实时处理。



(84) **指定国** (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ,

CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种气动热辐射效应的频域校正方法

【技术领域】

本发明属于航天技术与图像处理相结合的交叉科学技术领域，更具体地，涉及一种气动热辐射效应的频域校正方法。

【背景技术】

高超声速飞行器目前已成为世界航空航天技术的重要发展方向，在政治、军事以及经济领域都将具有极高的战略意义。飞行器的高速飞行导致成像传感器成像品质劣化、信噪比大幅降低等一系列的气动光学效应问题阻碍了高超声速飞行器的发展，有待解决。

气动热辐射效应通常是指带有光学成像探测系统的高速飞行器在大气层内飞行时，光学窗口与来流之间的相互作用形成复杂的流场。由于空气粘性的作用，与光学窗口表面相接触的气流将受到阻滞，使得气流速度降低，在窗口表面附近形成边界层。边界层内具有很大大速度梯度的各层会产生强烈的摩擦，气流的动能不可逆转地变为热能，造成窗口壁面温度的升高。高温气流将不断向低温壁面传热，引起很强的气动加热，其对成像器形成辐射干扰，使红外图像背景亮度增加，劣化红外成像质量，严重影响高超音速飞行器导航、定位以及探测能力。

目前已有相关文献或专利报道气动热辐射效应校正方法，但是该类方法无不存在计算复杂、耗时长或是仅提供一种建模方法等问题。均不适用于实时处理，因此，本领域亟需一种实时处理的新型校正方法。

【发明内容】

针对现有技术的以上缺陷或不足，本发明提供了一种气动热辐射的频域校正方法，该方法分析热辐射噪声频谱分布来构建滤波器，在频域中滤除热辐射噪声的频谱成分来恢复出清晰图像，使得图像品质以及图像信噪比大幅提升，因而尤其适用于高超声速飞行器在高速飞行条件下的气动热辐射效应之类的应用场合。

为实现上述目的，本发明提出了一种气动热辐射的频域校正方法，其特征在于，所述方法包括以下步骤：

(1) 从实时视频图像库中获取气动热辐射退化图像 f ；

(2) 根据所述气动热辐射退化图像 f ，近似化处理后得到热辐射噪声高斯曲面 b ，对其进行傅里叶变换，并将其中心化频谱处理，得到热辐射噪声频谱 B ；

(3) 通过步骤(2)得到的所述热辐射噪声频谱 B ，得到滤波模板约束，构建滤波器函数 H ；

(4) 对所述气动热辐射退化图像 f 进行傅里叶变换并将其中心化频谱处理，得到气动热辐射退化图像的中心化频谱 F ；

(5) 将所述中心化频谱 F 与所述滤波器函数 H 点乘，得到滤波后的实时图像频谱 G ；

(6) 对滤波后的实时图像频谱 G 进行中心化频谱处理，并进行傅里叶逆变换后取模，得到热辐射校正图像 g 。

作为进一步优选的，所述步骤(2)具体包括：

首先，获取步骤(1)中所述气动热辐射退化图像的大小 $m \times n$ ；接着，通过高斯函数 $gaussian(m, n) = e^{\frac{-(m^2+n^2)}{2\sigma^2}}$ ，其中， m ， n 分别表示二维高斯函数的行和列， σ 表示其标准差，构建一个与图像同样大小的热辐射噪声高斯曲面 b ，然后对该热辐射噪声高斯曲面进行傅里叶变换，并将其中心化频谱处理，得到热辐射噪声频谱 B 。

作为进一步优选的，所述步骤(3)具体包括：

(3-1) 估计步骤(2)中得到的所述热辐射噪声频谱 B 的幅度谱 $\bar{B}$ ， $\bar{B} = |B|$ ；

(3-2) 对幅度谱 $\bar{B}$ 进行归一化处理得到归一化幅度谱 N ，然后统计其直方图分布 $Hist(x)$ ，其中横坐标 x 为归一化后的幅度值；

(3-3) 根据直方图分布 $Hist(x)$ 估计分割阈值 γ ，利用所述分割阈值 γ 对归一化幅度谱 N 进行分割， γ 的取值在 0~1 之间；

(3-4) 根据分割阈值 γ 对归一化幅频谱 N 进行阈值分割，得到滤波模板约束 BW ；

(3-5) 根据得到的滤波模板约束 BW 构建相应的滤波器函数 H ，具体为：

$$H(u, v) = \begin{cases} 1 & BW(u, v) = 1 \\ \lambda & BW(u, v) = 0 \end{cases}$$

其中， $BW(u, v)$ 是 BW 上任意一点， $H(u, v)$ 是滤波器函数 H 上任意一点， (u, v) 表示该点坐标， λ 表示对热辐射噪声滤除的程度， λ 取值在 0~1 之间。

作为进一步优选的，所述阈值分割具体包括：对于归一化幅频谱 N 中每一点 $\overline{N(u, v)}$ ，如果 $\overline{N(u, v)} \geq \gamma$ ，则滤波模板约束 BW 中对应的点 $BW(u, v) = 0$ ；否则 $BW(u, v) = 1$ 。

作为进一步优选的，所述滤波模板约束为二值模板约束。

总体而言，按照本发明点的以上技术方案与现有技术相比，主要具备以下的技术优点：

1、本申请中通过结合气动热辐射效应的频域校正的运用需求，针对气动热辐射效应校正方法中导致算法实时性降低的复杂矩阵运算、反复迭代等操作，提出了一种只需对图像进行一次傅里叶正反变换即可完成整个气动热辐射效应校正的方法，在有效抑制热辐射噪声的同时，大幅度地提升了图像的信噪比，具有实时性高的特点；

2、此外，本发明中方法通过分析热辐射噪声频谱分布来构建滤波器，在频域中滤除热辐射噪声的频谱成分来恢复出清晰图像，这样能够在确保图像品质及图像信噪比大幅提升的同时，最大可能的降低了校正方法的计算复杂度，显著缩短了校正时长。

【附图说明】

图 1 为本发明气动热辐射效应的频域校正方法流程图；

图 2 为近似化处理后得到的热辐射噪声高斯曲面；

图 3 为中心化频谱处理的过程示意图；

图 4 为图 2 热辐射噪声高斯曲面对应的幅度谱；

图 5 为滤波器函数 H 的滤波模板约束 BW ；

图 6 为滤波器函数 H 的三维视图；

图 7 基准图像；

图 8 为基准图像的中心化频谱；

图 9 为获取的气动热辐射退化图像 f ；

图 10 为图 9 的中心化频谱 F ；

图 11 为滤波后的实时图像频谱 G ；

图 12 为气动热辐射效应频域校正后的热辐射校正图像 g ；

图 13 (a) 为实施例中根据实际飞行情况仿真的气动热辐射退化图像；

图 13 (b) 为实施例中本发明方法校正后的热辐射校正图像；

图 13 (c) 为基准图像；

图 13 (d) 为图 13 (a)、图 13 (b) 和图 13 (c) 中同一行像素值对比结果；

图 14 (a) 为实施例中风洞试验中红外成像系统采集的第 2000 帧气动热辐射图像；

图 14 (b) 为实施例中本发明方法校正后的热辐射校正图像；

图 14 (c) 为实施例中风洞实验第 1 帧图像；

图 14 (d) 为图 14 (a)、图 14 (b) 和图 14 (c) 中同一行像素值对比结果；

图 15(a) 为实施例中简单背景点源目标仿真的气动热辐射退化图像；

图 15(b) 为实施例中本发明方法校正后的热辐射校正图像;

图 15(c) 为点源目标基准图像;

图 15(d) 图 15(a)、图 15(b)、图 15(c)、中同一行像素值对比结果;

【具体实施方式】

为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白, 以下结合附图及实施例, 对本发明进行进一步详细说明。应当理解, 此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明, 并不用于限定本发明。

本发明方法通过对一系列气动热辐射退化图像和原始基准图像进行对比分析, 如图 7-10 所示, 得出热辐射噪声在气动热辐射退化图像中呈现低频分布, 形状类似于高斯曲面, 而且频谱分布规则有序, 呈“十字”状, 并且“十字”具有向四周逐渐衰减的趋势。

因此, 基于上述分析可知热辐射噪声可用高斯曲面来近似, 下面来进行具体说明。

如图 1 所示, 为本发明气动热辐射效应的频域校正方法流程图, 所述方法包括:

(1) 从视频图像中获取气动热辐射退化图像 f , 如图 9 所示;

(2) 根据所述气动热辐射退化图像, 近似化处理后得到热辐射噪声高斯曲面 b , 对其进行傅里叶变换, 并将其中心化频谱处理, 得到热辐射噪声频谱 B ;

所述步骤 (2) 具体包括: 首先, 获取步骤(1)中所述气动热辐射退化图像的大小 $m \times n$; 接着, 通过高斯函数 $gaussian(m, n) = e^{\frac{-(m^2+n^2)}{2\sigma^2}}$, 其中, m , n 分别表示二维高斯函数的行和列, σ 表示其标准差, 构建一个与图像同样大小的热辐射噪声高斯曲面 b , 如图 2 所示, 然后对该曲面进行傅里叶变换, 并将其中心化频谱处理, 得到热辐射噪声频谱 B , 然后计算其幅度谱 $\bar{B}$, $\bar{B} = |B|$, 其结果如图 4 所示。

具体而言，如图 3 所示，热辐射噪声高斯曲面 b 的幅度谱 $\bar{B}$ 被等分为 2×2 个子块，将图中第 1 子块和第 3 子块交换，第 2 子块和第 4 子块交换，即可实现对频谱的中心化。中心化后的图像频谱，其中心为低频，四周为高频。

(3) 通过步骤 (2) 得到的所述热辐射噪声频谱 B ，得到滤波模板约束，构建滤波器函数 H ；

所述步骤 (3) 具体包括：

(3-1) 估计步骤 (2) 中得到的所述热辐射噪声频谱 B 的幅度谱 $\bar{B}$ ， $\bar{B} = |B|$ ；

(3-2) 对幅度谱 $\bar{B}$ 进行归一化处理得到归一化幅度谱 N ，然后统计其直方图分布 $Hist(x)$ ，其中横坐标 x 为归一化后的幅度值；

(3-3) 根据直方图分布 $Hist(x)$ 估计分割阈值 γ ，利用所述分割阈值 γ 对归一化幅度谱 N 进行分割，从而得到滤波模板约束 BW ，其中，所述滤波模板约束为二值模板约束；分割阈值 γ 表示滤除的频谱成分的多少，取值在 0~1 之间； γ 越大表示所滤除的频谱成分越多，在本实施方案中取 $\gamma = 0.55$ 。

具体而言，所述阈值分割包括：对于幅频谱 N 中每一点 $\overline{N(u,v)}$ ，如果 $\overline{N(u,v)} \geq \gamma$ ，则滤波模板约束 BW 中对应的点 $BW(u,v) = 0$ ；否则 $BW(u,v) = 1$ 。阈值分割结果 BW 如图 5 所示；

(3-4) 根据得到的滤波模板约束 BW 构建相应的滤波器函数 H ，其三维视图如图 6 所示，具体为：

$$H(u,v) = \begin{cases} 1 & BW(u,v) = 1 \\ \lambda & BW(u,v) = 0 \end{cases}$$

其中， $BW(u,v)$ 是 BW 上任意一点， $H(u,v)$ 是滤波器函数 H 上任意一点， (u,v) 表示该点坐标， λ 表示对热辐射噪声滤除的程度， λ 取值在 0~1 之间。

λ 值越小表示对热辐射噪声滤除的程度越高,可以根据热辐射噪声的强度来选取合适的值,在本实施方案中 $\lambda=0.05$;

(4) 对所述气动热辐射退化图像 f 进行傅里叶变换并将其中心化频谱处理,得到气动热辐射退化图像的中心化频谱 F ,如图 10 所示;

(5) 将所述中心化频谱 F 与所述滤波器函数 H 点乘,得到滤波后的实时图像频谱 G ,如图 11 所示,即 $G=F*H$,从而实现对 f 的频域滤波;

(6) 对滤波后的实时图像频谱 G 进行中心化频谱处理,并进行傅里叶逆变换后取模,得到热辐射校正图像 g ,如图 12 所示。

按照具体实施方法中的步骤分别对三组不同的气动热辐射退化图像进行处理对本发明进行验证,其结果如图 13~图 15 所示。

表 1

	气动热辐射退化后 PSNR	频域校正后 PSNR	运行时间
图像 1	11.7837	15.9239	0.0761s
图像 2	9.0293	21.6188	0.0676s
图像 3	6.3180	26.9207	0.0776s

从表 1 中的数据对比可以得出,本发明的校正算法能大幅提升热辐射退化图像的峰值信噪比,能够有效的解决气动热辐射效应问题。其运行时间为本发明算法在 matlab 上运行时间。

本领域的技术人员容易理解,以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

权 利 要 求

1、一种气动热辐射效应的频域校正方法，其特征在于，所述方法包括以下步骤：

(1) 从实时图像库中获取气动热辐射退化图像 f ；

(2) 根据所述气动热辐射退化图像，近似化处理后得到热辐射噪声高斯曲面 b ，对其进行傅里叶变换，并将其中心化频谱处理，得到热辐射噪声频谱 B ；

(3) 通过步骤(2)得到的所述热辐射噪声频谱 B ，得到滤波模板约束，构建滤波器函数 H ；

(4) 对所述气动热辐射退化图像 f 进行傅里叶变换并将其中心化频谱处理，得到气动热辐射退化图像的中心化频谱 F ；

(5) 将所述中心化频谱 F 与所述滤波器函数 H 点乘，得到滤波后的实时图像频谱 G ；

(6) 对滤波后的实时图像频谱 G 进行中心化频谱处理，并进行傅里叶逆变换后取模，得到热辐射校正图像 g 。

2、如权利要求1所述的方法，其特征在于，所述步骤(2)具体包括：

首先，获取步骤(1)中所述气动热辐射退化图像的大小 $m \times n$ ；接着，通过高斯函数 $gaussian(m,n) = e^{\frac{-(m^2+n^2)}{2\sigma^2}}$ ，其中， m ， n 分别表示二维高斯函数的行和列， σ 表示其标准差，构建一个与图像同样大小的热辐射噪声高斯曲面 b ，然后对该热辐射噪声高斯曲面进行傅里叶变换，并将其中心化频谱处理，得到热辐射噪声频谱 B 。

3、如权利要求1所述的方法，其特征在于，所述步骤(3)具体包括：

(3-1) 估计步骤(2)中得到的所述热辐射噪声频谱 B 的幅度谱 $\bar{B}$ ， $\bar{B} = |B|$ ；

(3-2) 对幅度谱 $\bar{B}$ 进行归一化处理得到归一化幅度谱 N ，然后统计其直方图分布 $Hist(x)$ ，其中横坐标 x 为归一化后的幅度值；

(3-3) 根据直方图分布 $Hist(x)$ 估计分割阈值 γ ，利用所述分割阈值 γ 对归一化幅度谱 N 进行分割，得到滤波模板约束 BW ； γ 的取值在 0~1 之间；

(3-4) 根据得到的滤波模板约束 BW 构建相应的滤波器函数 H ，具体为：

$$H(u, v) = \begin{cases} 1 & BW(u, v) = 1 \\ \lambda & BW(u, v) = 0 \end{cases}$$

其中， $BW(u, v)$ 是 BW 上任意一点， $H(u, v)$ 是滤波器函数 H 上任意一点， (u, v) 表示该点坐标， λ 表示对热辐射噪声滤除的程度， λ 取值在 0~1 之间。

4、如权利要求 3 所述的方法，其特征在于，所述阈值分割具体包括：对于归一化幅度谱 N 中每一点 $\overline{N(u, v)}$ ，如果 $\overline{N(u, v)} \geq \gamma$ ，则滤波模板约束 BW 中对应的点 $BW(u, v) = 0$ ；否则 $BW(u, v) = 1$ 。

5、如权利要求 1-4 任一项所述的方法，其特征在于，所述滤波模板约束为二值模板约束。

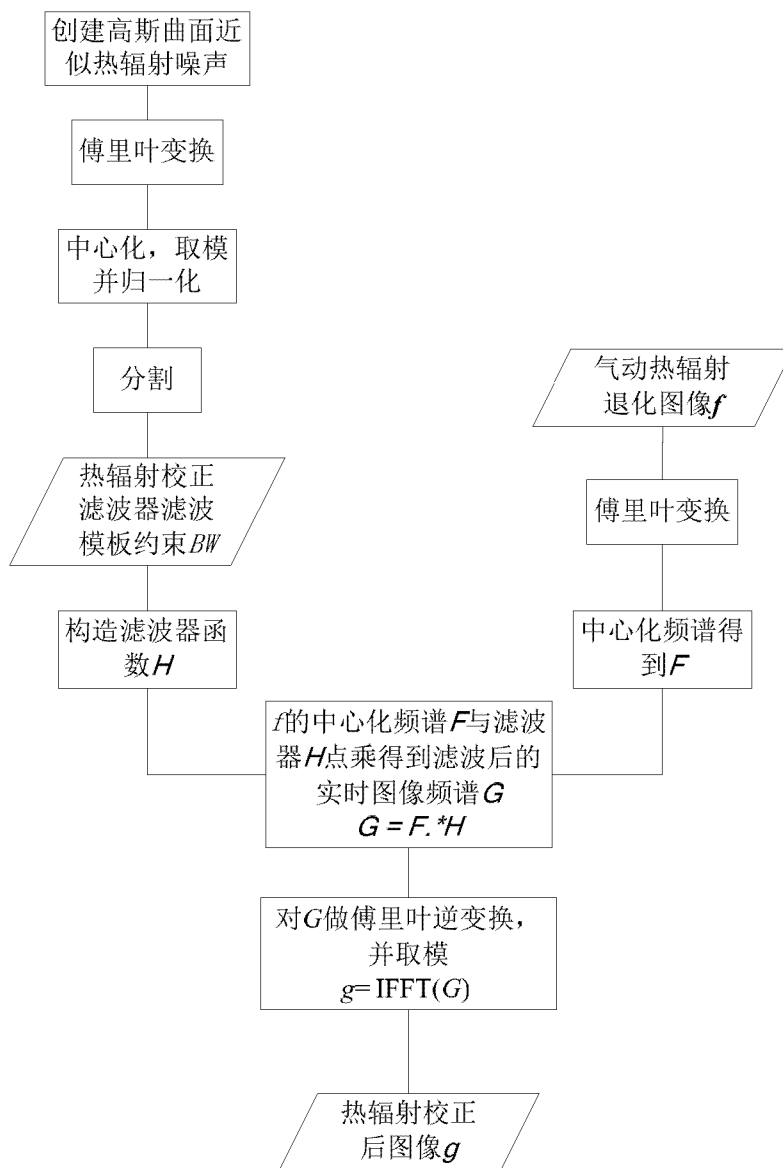


图 1

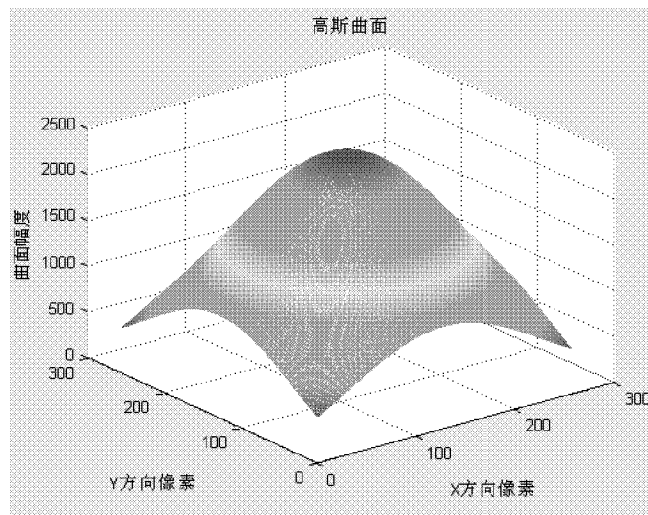


图 2

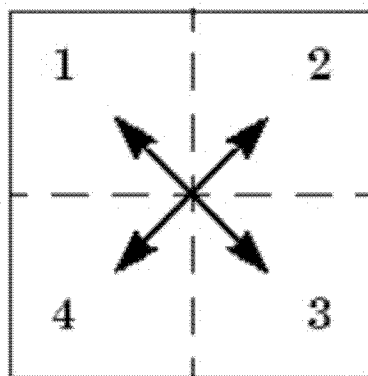


图 3

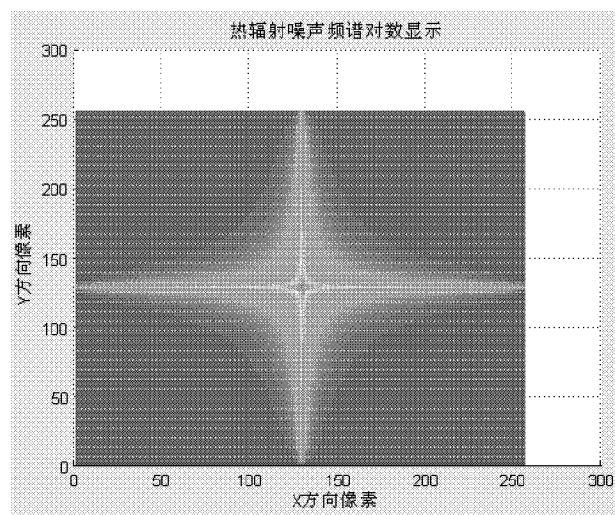


图 4

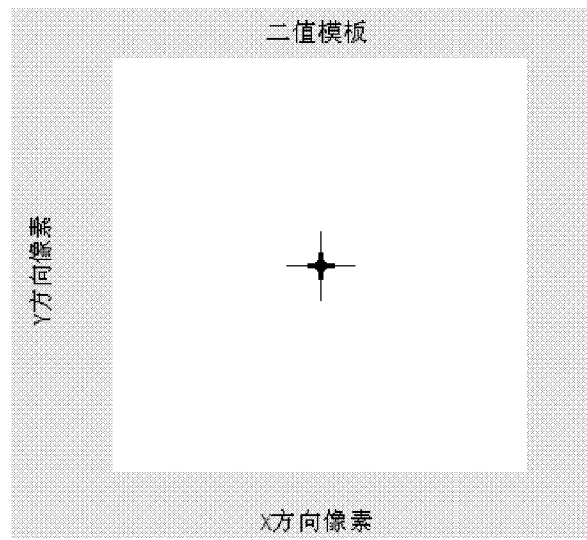


图 5

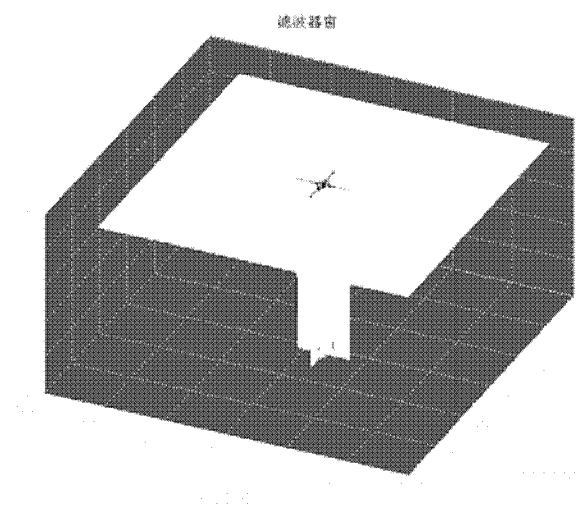


图 6

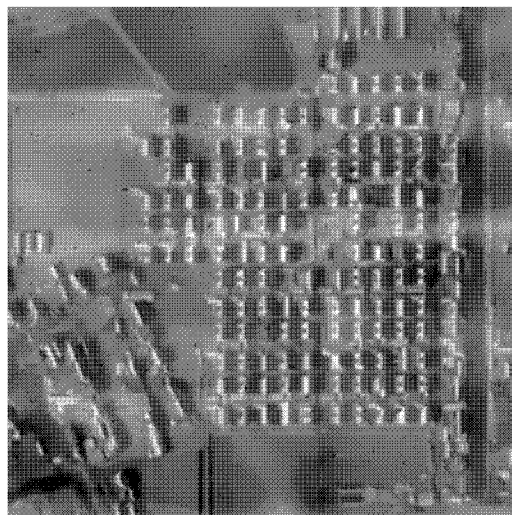


图 7

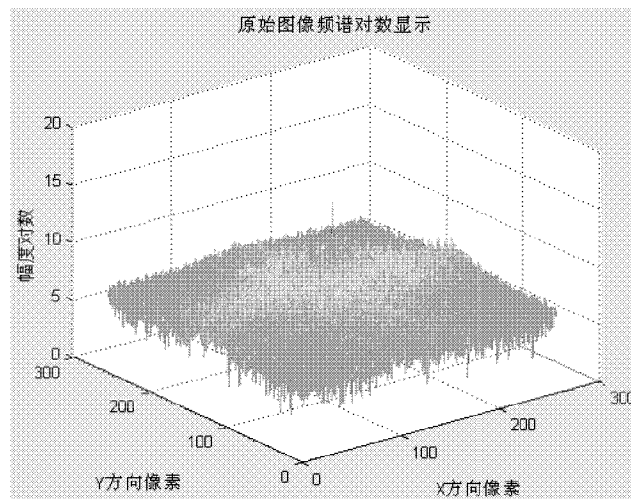


图 8

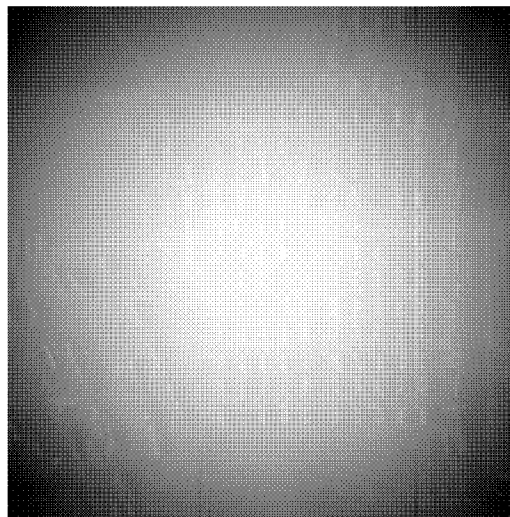


图 9

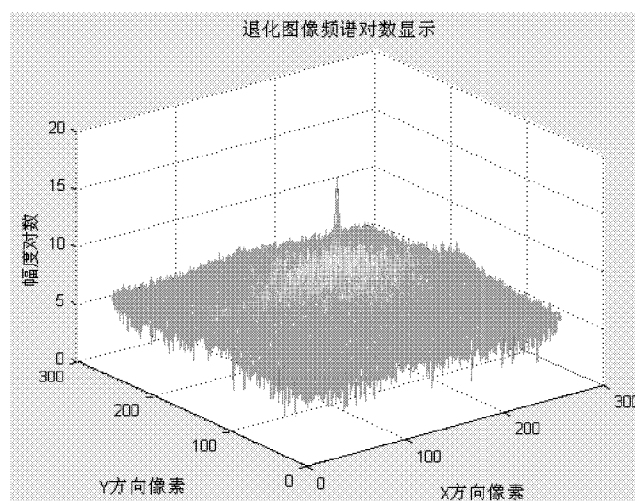


图 10

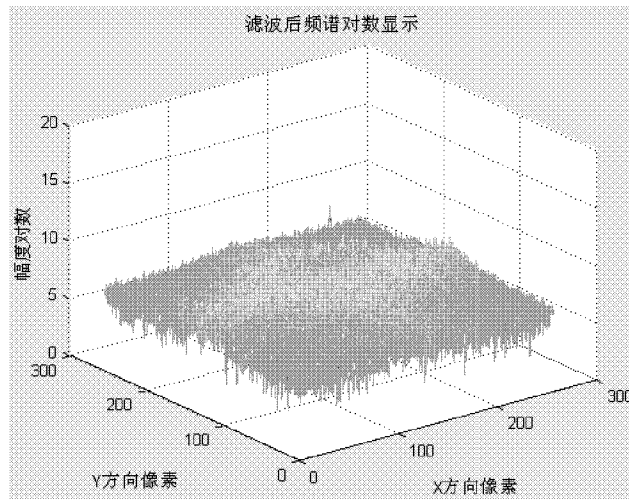


图 11

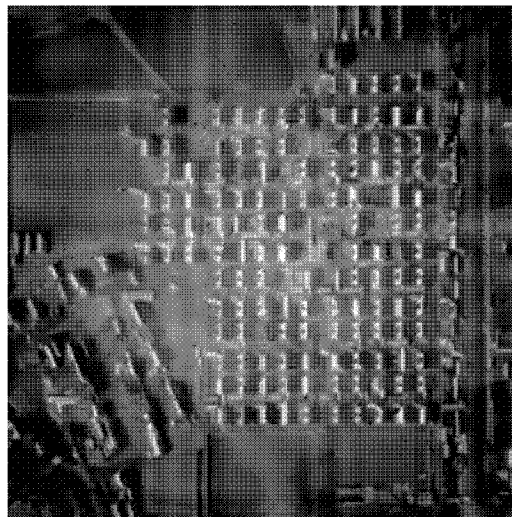
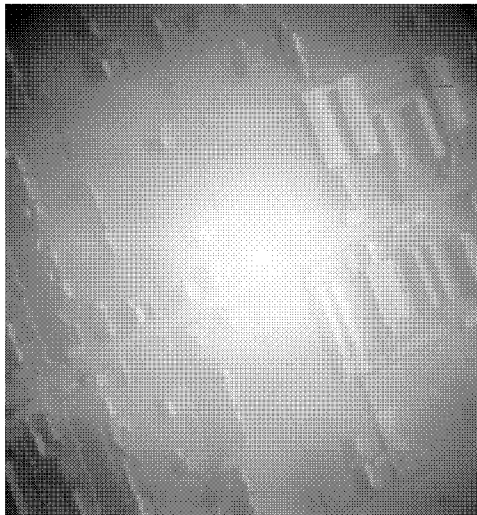
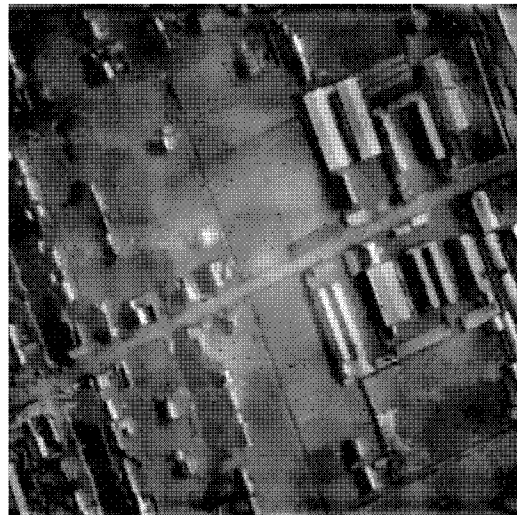


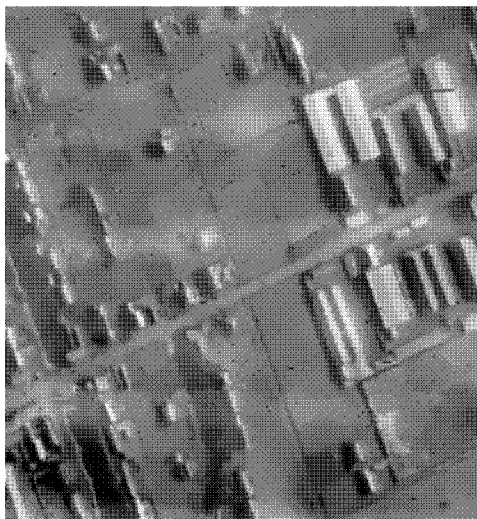
图 12



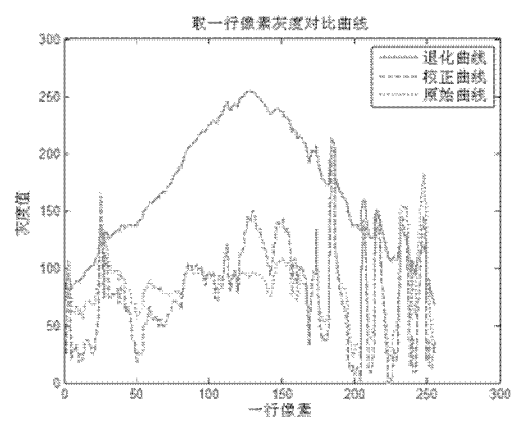
(a)



(b)

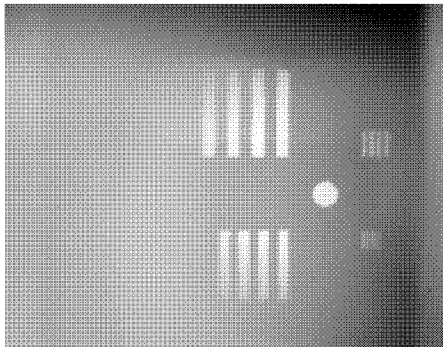


(c)

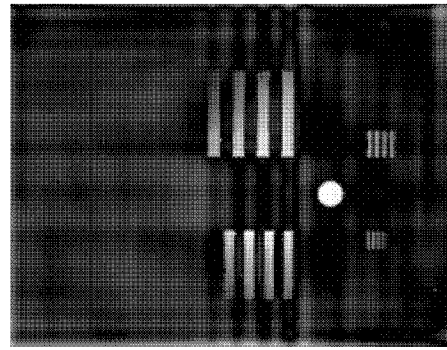


(d)

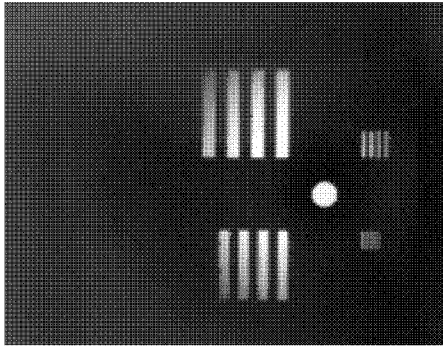
图 13



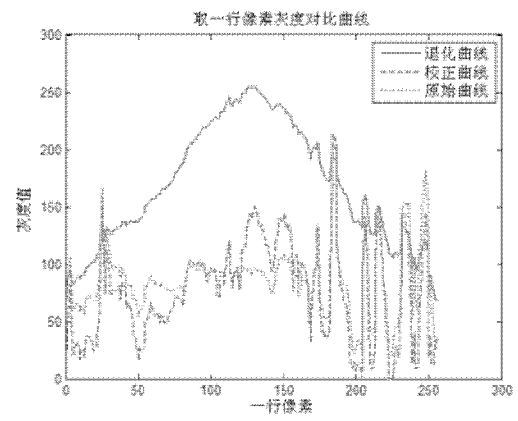
(a)



(b)

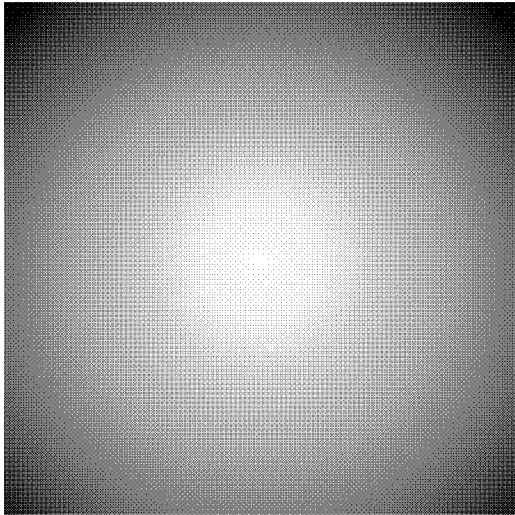


(c)

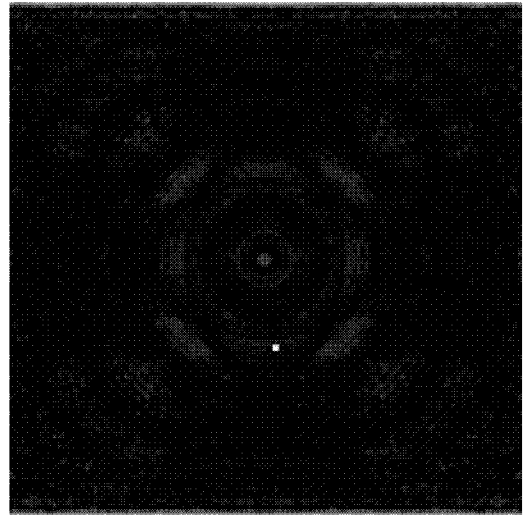


(d)

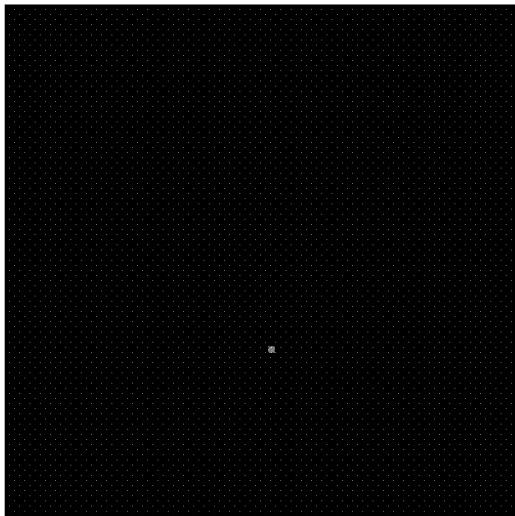
图 14



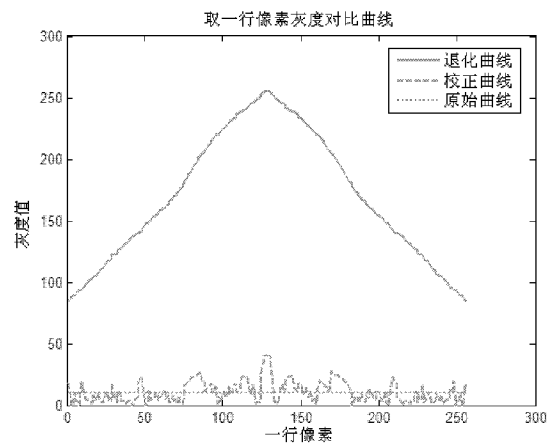
(a)



(b)



(c)



(d)

图 15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2016/079135

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T 5/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, CNKI: aerodynamic thermal radiation, thermal radiation, image, frequency domain, correction, noise, spectrum, filter, Fourier, normalization, recursion

EPODOC, WPI: aero-heating, pneumatic, heat, infrared, thermal, radiation, image, frequency domain, correction, noise, spectrum, filter, Fourier, normaliz+, recursive, recursion

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 103093425 A (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY), 08 May 2013 (08.05.2013), description, paragraphs [0042]-[0060]	1-5
A	CN 105118037 A (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY), 02 December 2015 (02.12.2015), the whole document	1-5
A	CN 201945744 U (HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY), 24 August 2011 (24.08.2011), the whole document	1-5
A	EP 0880032 A1 (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO., LTD.), 25 November 1998 (25.11.1998), the whole document	1-5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 20 September 2016 (20.09.2016)	Date of mailing of the international search report 30 September 2016 (30.09.2016)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer HUANG, Jisi Telephone No.: (86-10) 62085286

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2016/079135

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 103093425 A	08 May 2013	CN 103093425 B	20 January 2016
CN 105118037 A	02 December 2015	None	
CN 201945744 U	24 August 2011	None	
EP 0880032 A1	25 November 1998	US 6163022 A	19 December 2000
		DE 69825525 T2	01 September 2005
		EP 0880032 B1	11 August 2004
		JP H1141521 A	12 February 1999

A. 主题的分类 G06T 5/00 (2006.01) i 按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类																	
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) G06T 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) CNPAT, CNKI: 气动热辐射, 热辐射, 图像, 频域, 校正, 噪声, 频谱, 滤波, 傅里叶, 归一化, 递归 EPODOC, WPI: aero-heating, pneumatic, heat, infrared, thermal, radiation, image, frequency domain, correction, noise, spectrum, filter, Fourier, normaliz+, recursive, recursion																	
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>CN 103093425 A (华中科技大学) 2013年 5月 8日 (2013 - 05 - 08) 说明书第[0042]-[0060]段</td> <td>1-5</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 105118037 A (华中科技大学) 2015年 12月 2日 (2015 - 12 - 02) 全文</td> <td>1-5</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 201945744 U (哈尔滨工业大学) 2011年 8月 24日 (2011 - 08 - 24) 全文</td> <td>1-5</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>EP 0880032 A1 (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 1998年 11月 25日 (1998 - 11 - 25) 全文</td> <td>1-5</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	A	CN 103093425 A (华中科技大学) 2013年 5月 8日 (2013 - 05 - 08) 说明书第[0042]-[0060]段	1-5	A	CN 105118037 A (华中科技大学) 2015年 12月 2日 (2015 - 12 - 02) 全文	1-5	A	CN 201945744 U (哈尔滨工业大学) 2011年 8月 24日 (2011 - 08 - 24) 全文	1-5	A	EP 0880032 A1 (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 1998年 11月 25日 (1998 - 11 - 25) 全文	1-5
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求															
A	CN 103093425 A (华中科技大学) 2013年 5月 8日 (2013 - 05 - 08) 说明书第[0042]-[0060]段	1-5															
A	CN 105118037 A (华中科技大学) 2015年 12月 2日 (2015 - 12 - 02) 全文	1-5															
A	CN 201945744 U (哈尔滨工业大学) 2011年 8月 24日 (2011 - 08 - 24) 全文	1-5															
A	EP 0880032 A1 (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 1998年 11月 25日 (1998 - 11 - 25) 全文	1-5															
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																	
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																	
国际检索实际完成的日期 2016年 9月 20日		国际检索报告邮寄日期 2016年 9月 30日															
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10) 62019451		受权官员 黄继嗣 电话号码 (86-10) 62085286															

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2016/079135

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	103093425	A	2013年 5月 8日	CN	103093425	B	2016年 1月 20日
CN	105118037	A	2015年 12月 2日	无			
CN	201945744	U	2011年 8月 24日	无			
EP	0880032	A1	1998年 11月 25日	US	6163022	A	2000年 12月 19日
				DE	69825525	T2	2005年 9月 1日
				EP	0880032	B1	2004年 8月 11日
				JP	H1141521	A	1999年 2月 12日