



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111538019 B

(45) 授权公告日 2023.07.14

(21) 申请号 202010245771.2

CN 105571597 A, 2016.05.11

(22) 申请日 2020.03.31

CN 109612472 A, 2019.04.12

(65) 同一申请的已公布的文献号

DE 102015102128 A1, 2016.08.18

申请公布号 CN 111538019 A

US 2010302528 A1, 2010.12.02

(43) 申请公布日 2020.08.14

房建成等. 深空探测器自主天文导航技术综述.《飞控与探测》.2018, (第01期),

(73) 专利权人 上海卫星工程研究所

张伟. 深空探测器总体技术.《上海航天》

地址 201109 上海市闵行区元江路3666号

.2012, (第06期),

(72) 发明人 王伟 方宝东 陆希 彭玉明

刘立人. 卫星激光通信 I链路和终端技术.

袁渊 徐亮 张晓

《中国激光》.2007, (第01期),

(74) 专利代理机构 中国航天科技专利中心

杨云龙等. 大气激光通信系统发散角的设计

11009

与仿真.《半导体光电》.2018, (第02期),

专利代理师 胡健男

宁晓琳等. 深空探测器自主天文导航技术综

(51) Int. Cl.

述(下).《中国航天》.2010, (第07期),

G01S 17/00 (2020.01)

刘华伟等. 基于在轨组装维护的模块化深空

G01S 17/08 (2006.01)

探测器技术进展与应用研究.《深空探测学报》

G01S 17/02 (2020.01)

.2019, (第06期),

G01S 17/89 (2020.01)

(续)

审查员 梁利环

(56) 对比文件

CN 107883966 A, 2018.04.06

权利要求书2页 说明书4页 附图1页

CN 109059936 A, 2018.12.21

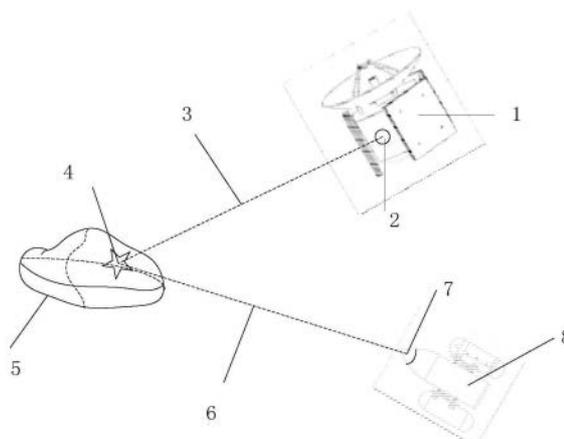
(54) 发明名称

精度,同时为目标星环绕器提供自主导航服务,是一套集激光指示与自主导航于一体的系统。

一种用于深空撞击探测的辅助激光指示信标与自主导航测量系统

(57) 摘要

本发明一种用于深空撞击探测的辅助激光指示信标与自主导航测量系统,包括辅助激光指示信标、撞击探测器、激光敏感器,所述辅助激光指示信标为激光发射器,向目标星表面发射激光。所述撞击探测器携带有激光敏感器,用于接收目标星表面反射的激光信号,所述自主导航测量系统包括多种量测方式:辅助激光指示信标兼具测距功能,可为目标星环绕器提供距离测量导航信息。本发明能够用于小行星撞击、彗星撞击、火卫撞击、土卫撞击等航天任务中,在原有导航观测量的基础上,通过辅助激光指示信标系统进一步增加观测量的数量,提高撞击探测器的导航



CN 111538019 B

[接上页]

(56) 对比文件

 Kaikai Liu. Enabling Autonomous
Unmanned Aerial Systems via Edge

Computing.《2019 IEEE International
Conference on Service-Oriented System
Engineering (SOSE)》.2019,

1. 一种用于深空撞击探测的辅助激光指示信标与自主导航测量系统,其特征包括:辅助激光指示信标(2)、撞击探测器(8)、激光敏感器(7);

辅助激光指示信标(2)向目标星(5)表面发射激光;辅助激光指示信标(2)的激光发射功率根据目标星环绕器(1)与目标星(5)之间的距离,目标星(5)表面的反射率,目标星(5)和撞击探测器(8)之间的距离以及激光敏感器(7)的最小能接受的信号能量决定;激光敏感器(7)设定最小能接受-50dBW的信号,目标星(5)的反射率设定为0.1,激光光束扩散衰减 G_{ct}

$|(\text{dBW}) = -10\lg\pi(\theta L)^2$,式中 $\theta = \frac{1.22\lambda}{D_{out}}$ 为激光发散角, λ 为激光光源波长, D_{out} 为发射激光直径; $\lambda=589\text{nm}$, $D_{out}=0.8\text{cm}$, L 为激光发射点到接受点的距离,激光敏感器(7)接受激光增益为 $G_{rt}|(\text{dBW}) = 10\lg\pi(D_{in}/2)^2$,式中 D_{in} 为激光敏感器(7)的直径,为10cm,辅助激光指示信标的发射功率约为12.5W;

撞击探测器(8)携带有激光敏感器(7),用于接收目标星表面反射的激光信号;

系统具有以下量测方式:

方式一,撞击探测器(8)通过敏感目标星表面反射激光的频率相对变换,为撞击探测器(8)提供导航信息;

方式二,辅助激光指示信标(2)发射多束激光,在目标星表面形成设定形状图案,为撞击探测器(8)提供图像匹配导航信息;

方式三,辅助激光指示信标(2)具有测距功能,可为目标星环绕器提供距离测量导航信息。

2. 根据权利要求1所述的一种用于深空撞击探测的辅助激光指示信标与自主导航测量系统,其特征是:方式一与方式三同时进行,不进行方式二。

3. 根据权利要求1所述的一种用于深空撞击探测的辅助激光指示信标与自主导航测量系统,其特征是:方式二与方式三同时进行,不进行方式一。

4. 根据权利要求1所述的一种用于深空撞击探测的辅助激光指示信标与自主导航测量系统,其特征是:方式一、方式二和方式三同时进行。

5. 根据权利要求1所述的一种用于深空撞击探测的辅助激光指示信标与自主导航测量系统,其特征是:撞击探测器携带的激光敏感器通过敏感小行星反射激光信息获取导航量测量。

6. 根据权利要求1所述的一种用于深空撞击探测的辅助激光指示信标与自主导航测量系统,其特征是:辅助激光指示信标可安装在目标星环绕器上。

7. 根据权利要求1所述的一种用于深空撞击探测的辅助激光指示信标与自主导航测量系统,其特征是:辅助激光指示信标为激光发射器。

8. 根据权利要求1所述的一种用于深空撞击探测的辅助激光指示信标与自主导航测量系统,其特征是:采用分体式构型,减少撞击探测器携带的载荷数量,简化撞击探测器设计难度。

9. 根据权利要求1所述的一种用于深空撞击探测的辅助激光指示信标与自主导航测量系统,其特征是:激光发射器可安装在目标星环绕器上,向目标星特定位置发射激光,为撞击探测器提供辅助导航信标。

10. 根据权利要求1所述的一种用于深空撞击探测的辅助激光指示信标与自主导航测

量系统,其特征在于:在火卫撞击任务场景中,辅助激光指示信标可安装在火星表面。

一种用于深空撞击探测的辅助激光指示信标与自主导航测量系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于深空撞击探测的辅助激光指示信标与自主导航测量系统,属于深空撞击探测技术领域。

背景技术

[0002] 随着空间技术的发展与进步,深空探测的手段由最初的飞越探测发展到目前的环绕、着陆、巡视、采样等多方式组合探测,实现了由环绕遥感探测到着陆就位探测、由表面巡视到表壤取样的跨越,正在向全空间立体综合探测、次表层及内部深度探测的方向发展,表面深钻和撞击探测手段应用而生。相对依赖复杂钻探装置的深钻探测器,撞击探测器通常具有结构简单可靠、可集成性良好、功能配置灵活的特点,消耗较少资源即可侵彻目标天体表面,是实现天体内部探测的高效手段。

[0003] 深空撞击探测任务对导航能力提出了较高的需求,传统的小行星探测携带大量的导航敏感器,如天文测角、测速敏感器,相对距离敏感器,地面无线电敏感器等,不适用于小型撞击探测器使用。

发明内容

[0004] 本发明解决的技术问题为:克服上述现有技术的不足,提供一种用于深空撞击探测的辅助激光指示信标与自主导航测量系统,能够用于小行星撞击、彗星撞击、火卫撞击、土卫撞击等航天任务中,通过激光辅助信标系统进一步增加观测量的数量,提供撞击探测器的导航精度,同时为小行星环绕器提供自主导航服务,是一套集激光指示与自主导航于一体的系统。

[0005] 本发明解决的技术方案为:一种用于深空撞击探测的辅助激光指示信标与自主导航测量系统,其特征在于包括:辅助激光指示信标(2)、撞击探测器(8)、激光敏感器(7);

[0006] 辅助激光指示信标(2)向目标星(5)表面发射激光;

[0007] 撞击探测器(8)携带有激光敏感器(7),用于接收目标星表面反射的激光信号;

[0008] 系统具有以下量测方式:

[0009] 方式一,撞击探测器(8)通过敏感目标星表面反射激光的频率相对变换,为撞击探测器(8)提供导航信息;

[0010] 方式二,辅助激光指示信标(2)发射多束激光,在目标星表面形成设定形状图案,为撞击探测器(8)提供图像匹配导航信息;

[0011] 方式三,辅助激光指示信标(2)具有测距功能,可为目标星环绕器提供距离测量导航信息。

[0012] 优选的,方式一与方式三同时进行,不进行方式二。

[0013] 优选的,方式二与方式三同时进行,不进行方式一。

[0014] 优选的,方式一、方式二和方式三同时进行。

- [0015] 优选的,撞击探测器携带的激光敏感器通过敏感小行星反射激光信息获取导航量测量。
- [0016] 优选的,辅助激光指示信标可安装在小行星环绕器上。
- [0017] 优选的,辅助激光指示信标为激光发射器。
- [0018] 优选的,采用分体式构型,减少撞击器携带的载荷数量,简化撞击探测器设计难度。
- [0019] 优选的,激光发射器可安装在目标星环绕器上,向小行星特定位置发射激光,为撞击探测器提供辅助导航信标。
- [0020] 优选的,在火卫撞击任务场景中,辅助激光指示信标可安装在火星表面。
- [0021] 本发明与现有技术相比的优点在于:
- [0022] (1) 本发明使用了分体式结构设计,将激光发射器和激光敏感器分别置于目标星环绕器和撞击探测器上,减少了撞击探测器上携带的载荷数量,简化撞击探测器模型,降低撞击探测成本。
- [0023] (2) 本发明建立了辅助激光指示信标系统,通过激光发射器在目标星表面特定区域发射激光,为撞击探测器提供新的导航量测量,可提高撞击器撞击探测任务的导航精度。
- [0024] (3) 本发明中激光辅助指示信标兼具测距功能,为目标星环绕器提供自主导航服务,是一套集激光指示与自主导航于一体的系统。

附图说明

- [0025] 图1本发明的用于深空撞击探测的辅助激光指示信标与自主导航测量系统组成示意图。

具体实施方式

- [0026] 下面结合附图和具体实施例对本发明做进一步详细描述。
- [0027] 本发明一种用于深空撞击探测的辅助激光指示信标与自主导航测量系统,可应用于深空撞击探测领域,包括辅助激光指示信标、撞击探测器、激光敏感器。所述辅助激光指示信标为激光发射器,向目标星表面发射激光。所述撞击探测器携带有激光敏感器,用于接收目标星表面反射的激光信号,所述自主导航测量系统包括以下量测方式:方式一,撞击探测器通过敏感目标星表面反射激光的频率相对变换,为撞击探测器提供导航信息;方式二,辅助激光指示信标发射多束激光,在目标星表面形成设定形状图案,为撞击探测器提供图像匹配导航信息;方式三,辅助激光指示信标兼具测距功能,可为目标星环绕器提供距离测量导航信息。本发明能够用于小行星撞击、彗星撞击、火卫撞击、土卫撞击等航天任务中,在原有导航观测量的基础上,通过辅助激光指示信标系统进一步增加观测量的数量,提高撞击探测器的导航精度,同时为目标星环绕器提供自主导航服务,是一套集激光指示与自主导航于一体的系统。
- [0028] 本发明提出了一种用于深空撞击探测的辅助激光指示信标与自主导航测量系统,通过分离式构型设计方法,由辅助激光指示信标向目标星特定区域发射激光,撞击探测器通过激光敏感器测量激光的偏移量和图像信息反演出速度和位置信息为导航滤波提供辅助观测量,从而减少撞击器携带载荷数量,降低计算量,提高撞击精度。同时辅助激光指示

信标兼具测距功能,可为目标星环绕器提供距离测量导航信息,为目标星环绕器提供导航服务,是一套集激光指示与自主导航于一体的系统。

[0029] 如图1所示,本发明提供一种用于深空撞击探测的辅助激光指示信标与自主导航测量系统,可用于深空撞击探测领域,包括辅助激光指示信标(2)、撞击探测器(8)、激光敏感器(7)。本发明可为撞击探测器(8)提供两种导航信息,同时可为目标星环绕器(1)提供一种导航信息,是一套集激光指示与自主导航于一体的系统。

[0030] 由辅助激光指示信标(2)向目标星(5)选定区域发射激光(3),撞击探测器(8)通过激光敏感器(7)接受目标星(5)反射的激光(6),激光敏感器(7)测量反射激光(6)的偏移量或图像信息反演出速度和位置信息,为撞击探测器(8)提供辅助观测量。通过分离式构型设计方法,将辅助激光指示信标(2)置于目标星环绕器(1)上,减少撞击探测器(8)携带的载荷数量。辅助激光指示信标(2)兼具测距功能,可以测量出目标星环绕器(1)和目标星(5)之间的相对距离信息。

[0031] 本发明的系统用于小行星撞击探测时,优选方案为:目标星(5)为撞击探测器需要探测的空间星体,目标星,优选为:小行星、彗星、火星卫星、土星卫星;在本发明的系统用于小行星撞击探测时,目标星(5)为小行星(5),目标星环绕器(1)为小行星环绕器(1)。小行星环绕器(1)上携带有撞击探测器(8),小行星环绕器(1)在设定时机释放撞击探测器(8),实施撞击探测任务。在撞击探测器(8)撞击小行星(5)的过程中,小行星环绕器(1)上的辅助激光指示信标(2)向小行星(5)表面选定位置发射激光(3)形成激光点源或设定图案(4),撞击探测器(8)携带的激光敏感器(7)获取辅助导航敏感信息,同时,辅助指示信标兼具有测距功能,可能提供小行星(5)和小行星环绕器(1)之间的相对距离信息,为小行星环绕器(1)提供导航信息。

[0032] 优选方案为:辅助激光指示信标(2)的激光发射功率根据小行星环绕器(1)与小行星(5)之间的距离,小行星(5)表面的反射率,小行星(5)和撞击探测器(8)之间的距离以及激光敏感器(7)的最小能接受的信号能量决定。深空光学系统最小能接受-70dBW的信号,进一步的优选方案为:

[0033] 本发明的激光敏感器(7)设定最小能接受-50dBW的信号,小行星的反射率优选设定为0.1,优选的激光光束扩散衰减 $G_{ct} | (dBW) = -101g\pi(\theta L)^2$,式中优选 $\theta = \frac{1.22\lambda}{D_{out}}$ 为激光发

散角, λ 为激光光源波长, D_{out} 为发射激光直径;以进一步提高撞击器撞击探测任务的导航精度;

[0034] 进一步优选考虑 $\lambda = 589nm$, $D_{out} = 0.8cm$, L 为激光发射点到接受点的距离,激光敏感器(7)接受激光增益为 $G_{rt} | (dBW) = 101g\pi(D_{in}/2)^2$,式中 D_{in} 为激光敏感器(7)的直径,优选为10cm,考虑小行星环绕器(1)在距离小行星(5)表面50km处释放撞击探测器,考虑6dBW的余量,辅助激光指示信标的发射功率约为12.5W,再进一步提高撞击器撞击探测任务的导航精度;

[0035] 进一步的优选方案为:关于量测方式一,由 $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v_r}{c}$,撞击探测器(8)相对于小行星(5)的相对速度 v_r 可有反射激光的相对频率变换获得,可为撞击探测器提供相对速度导航信息,进一步提高撞击器撞击探测任务的导航精度;

[0036] 进一步的优选方案为:关于量测方式二,激光敏感器(7)可通过小行星(5)表面的设定图案(4)进行图像匹配导航,进一步提高撞击器撞击探测任务的导航精度;

[0037] 进一步的优选方案为:关于量测方式三,根据反射回辅助激光指示信标的激光与发射激光的时间差 Δt ,可以得到小行星环绕器(1)与小行星(5)的相对距离 $r=0.5c\Delta t$,从而为小行星环绕器(1)提供距离导航信息,进一步提高撞击器撞击探测任务的导航精度;

[0038] 本发明的系统用于火卫撞击探测时,在火卫撞击探测实施例中,目标星环绕器(1)即为火卫环绕器(1),辅助激光指示信标(2)可以置于火卫环绕器(1)上,也可以置于火星表面;其他要求与系统用于小行星撞击探测时类似。

[0039] 本发明中图1是一种用于深空撞击探测的辅助激光指示信标与自主导航测量系统,如图1所示,用于小行星撞击探测时,辅助激光指示信标2即为激光发射器,可置于小行星环绕器1上,激光发射器发射多束激光3,在小行星5表面特定区域形成特定图像4,一种可行的图案为五角星4,撞击探测器8携带有激光敏感器7,可以通过敏感小行星表面反射的激光6来获得导航信息。辅助激光信标2除了具有发射激光3的功能外,同时具备测距功能,可通过激光测量小行星环绕器1与小天体5之间的相对距离,可为小行星环绕器提供导航功能。撞击探测器8可以通过敏感发射激光6的频率变换信息或者特定图案4来获取辅助导航信息,提高撞击探测器的导航精度。本发明是一套集激光指示与自主导航于一体的系统。

[0040] 本发明中激光辅助指示信标兼具测距功能,为目标星环绕器提供自主导航服务,是一套集激光指示与自主导航于一体的系统,且本发明使用了分体式结构设计,将激光发射器和激光敏感器分别置于目标星环绕器和撞击探测器上,减少了撞击探测器上携带的载荷数量,简化撞击探测器模型,降低撞击探测成本。本发明建立了辅助激光指示信标系统,通过激光发射器在目标星表面特定区域发射激光,为撞击探测器提供新的导航量测量,可提高撞击器撞击探测任务的导航精度。

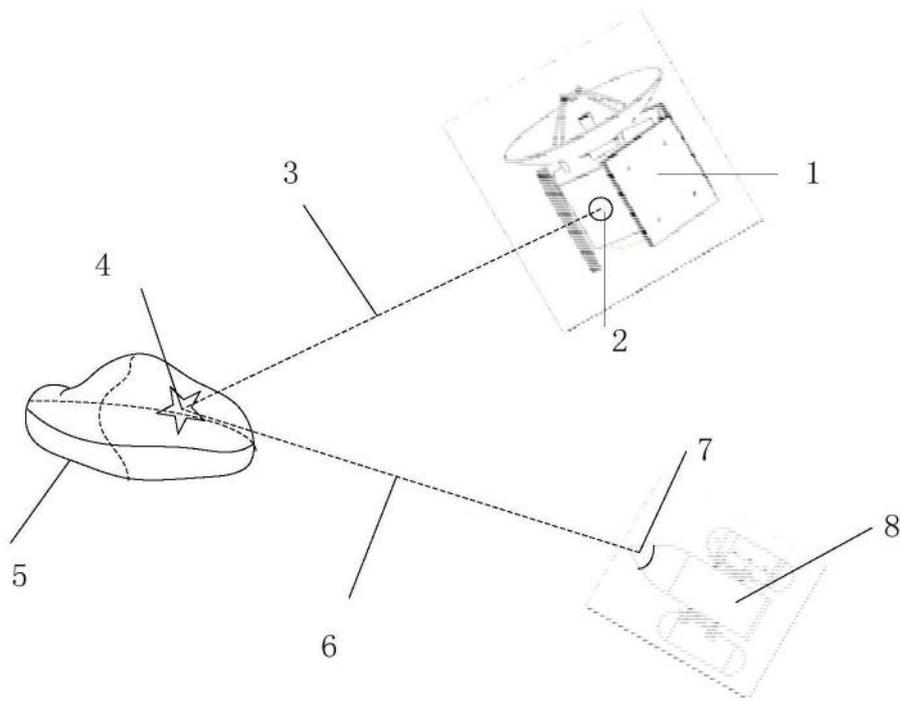


图1