



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114166674 A

(43) 申请公布日 2022. 03. 11

(21) 申请号 202111466623.4

(22) 申请日 2021.12.03

(71) 申请人 中国地质大学(北京)

地址 100000 北京市海淀区学院路29号

申请人 中国地质大学(北京)郑州研究院

(72) 发明人 余丁顺 高武龙 方纪昊 田畅

高迪 岳文 康嘉杰 王浩东

孟德忠 王尉

(74) 专利代理机构 北京优赛深闻知识产权代理

有限公司 16040

代理人 窦艳鹏

(51) Int. Cl.

G01N 3/56 (2006.01)

G01N 3/06 (2006.01)

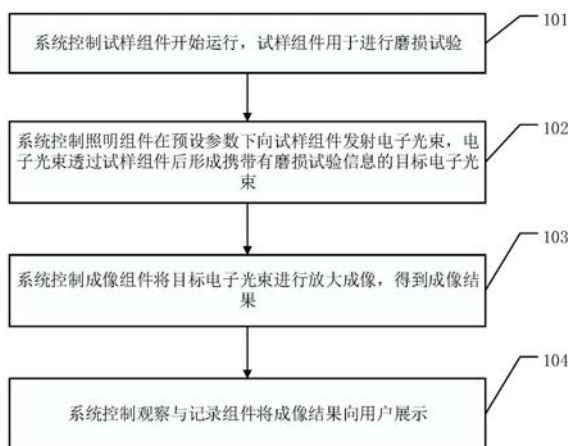
权利要求书1页 说明书7页 附图3页

(54) 发明名称

一种金属表界面磨损的试验装置及方法

(57) 摘要

本申请公开了一种金属表界面磨损的试验装置及方法,用于实现原子尺度的磨损试验的观察。本申请包括:控制试样组件开始运行,所述试样组件用于进行磨损试验;控制照明组件在预设参数下向所述试样组件发射电子光束,所述电子光束透过所述试样组件后形成携带有所述磨损试验信息的目标电子光束;控制成像组件将所述目标电子光束进行放大成像,得到成像结果;控制观察与记录组件将所述成像结果向用户展示。



1. 一种金属表面磨损的试验方法,其特征在于,包括:  
控制试样组件开始运行,所述试样组件用于进行磨损试验;  
控制照明组件在预设参数下向所述试样组件发射电子光束,所述电子光束透过所述试样组件后形成携带有所述磨损试验信息的目标电子光束;  
控制成像组件将所述目标电子光束进行放大成像,得到成像结果;  
控制观察与记录组件将所述成像结果向用户展示。
2. 根据权利要求1所述的试验方法,其特征在于,所述预设参数包括:在200KV时亮度为 $5 \times 10^8 \text{A} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$ 、光源尺寸为10-100nm、能量发散度为0.6-0.8eV、发射电流为20-100 $\mu$ A、短时间稳定性为7%、长时间稳定性为6%/h以及电流效率为10%。
3. 根据权利要求1或2所述的试验方法,其特征在于,所述控制照明组件向所述试样组件发射电子光束之前,所述试验方法还包括:  
将所述照明组件以及所述观察与记录组件所在的腔体进行真空处理。
4. 根据权利要求1或2中所述的试验方法,其特征在于,所述控制观察与记录组件将所述成像结果向用户展示包括:  
将所述成像结果进行记录。
5. 根据权利要求1或2中所述的试验方法,其特征在于,所述控制试样组件开始运行之前,所述试验方法还包括:  
将所述试样组件的静电除去。
6. 根据权利要求1或2中所述的试验方法,其特征在于,所述控制试样组件开始运行之前,所述试验方法还包括:  
对所述试样组件中的样品杆进行清洗。
7. 根据权利要求1或2所述的试验方法,其特征在于,所述试样组件中的样品杆为Nanofactory STM-TEM原位力电杆。
8. 一种金属表面磨损的试验装置,其特征在于,包括:  
试样组件,用于进行原子尺度磨损试验;  
照明组件,用于在预设参数下向试样组件发射电子光束,电子光束透过试样组件后形成携带有磨损试验信息的目标电子光束;  
成像组件,用于将所述目标电子光束进行放大成像,得到成像结果;  
观察与记录组件,用于将所述成像结果向用户展示。
9. 根据权利要求8所述的试验装置,其特征在于,所述试验装置还包括:  
真空组件,用于将所述照明组件以及所述观察与记录组件所在的腔体进行真空处理。
10. 根据权利要求8或9所述的试验装置,其特征在于,所述观察与记录组件还用于将所述成像结果进行记录。

## 一种金属表界面磨损的试验装置及方法

### 技术领域

[0001] 本申请涉及金属材料磨损研究技术领域,尤其涉及一种金属表界面磨损的试验装置及方法。

### 背景技术

[0002] 磨损能够使零部件几何尺寸(体积)变小,是引起机械设备失效的一种重要方式,按照表面破坏机理特征,磨损可以分为磨粒磨损、粘着磨损、表面疲劳磨损、腐蚀磨损和微动磨损等。磨损会导致能源和材料的严重损失,所以,进行材料磨损的研究,开发新型高性能耐磨材料,以降低由于磨损造成的损失,具有重要意义。

[0003] 现有研究磨损的试验设备有快速磨损试验机、真空磨损试验机、粘滑磨损试验机、粘着润滑与磨损试验机等,磨损试验机在相应试验条件下检测试验物体的磨损率或磨损体积,研究在特定试验条件下物体的磨损机理和磨损形式,能够达到对微米量级研究尺度的磨损研究。

[0004] 但是,精密的高新技术器件设备之间的磨损则是比微米尺度更细小,现有研究磨损的试验装置实现的是对微米级别的研究,而磨损试验中产生比微米尺度更细小的尺度则无法进行观察与研究。

### 发明内容

[0005] 为了解决上述技术问题,本申请提供了一种金属表界面磨损的试验装置及方法,使得用户能够观察到原子尺度的磨损试验。

[0006] 本申请第一方面提供了一种金属表界面磨损的试验方法,包括:

[0007] 控制试样组件开始运行,所述试样组件用于进行磨损试验;

[0008] 控制照明组件在预设参数下向所述试样组件发射电子光束,所述电子光束透过所述试样组件后形成携带有所述磨损试验信息的目标电子光束;

[0009] 控制成像组件将所述目标电子光束进行放大成像,得到成像结果;

[0010] 控制观察与记录组件将所述成像结果向用户展示。

[0011] 可选的,所述预设参数包括:在200KV时亮度为 $5 \times 10^8 \text{A} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$ 、光源尺寸为10-100nm、能量发散度为0.6-0.8eV、发射电流为20-100 $\mu\text{A}$ 、短时间稳定度为7%、长时间稳定度为6%/h以及电流效率为10%。

[0012] 可选的,所述控制照明组件向所述试样组件发射电子光束之前,所述试验方法还包括:

[0013] 将所述照明组件以及所述观察与记录组件所在的腔体进行真空处理。

[0014] 可选的,所述控制观察与记录组件将所述成像结果向用户展示包括:

[0015] 将所述成像结果进行记录。

[0016] 可选的,所述控制试样组件开始运行之前,所述试验方法还包括:

[0017] 将所述试样组件的静电除去。

- [0018] 可选的,所述控制试样组件开始运行之前,所述试验方法还包括:
- [0019] 对所述试样组件中的样品杆进行清洗。
- [0020] 可选的,所述试样组件中的样品杆为Nanofactory STM-TEM原位力电杆。
- [0021] 本申请第二方面提供了一种金属表面磨损的试验装置,包括:
- [0022] 试样组件,用于进行原子尺度磨损试验;
- [0023] 照明组件,用于在预设参数下向试样组件发射电子光束,所述电子光束透过试样组件后形成携带有磨损试验信息的目标电子光束;
- [0024] 成像组件,用于将所述目标电子光束进行放大成像,得到成像结果;
- [0025] 观察与记录组件,用于将所述成像结果向用户展示。
- [0026] 可选的,所述试验装置还包括:
- [0027] 真空组件,用于将所述照明组件以及所述观察与记录组件所在的腔体进行真空处理。
- [0028] 可选的,所述观察与记录组件还用于将所述成像结果进行记录。
- [0029] 可选的,所述试验装置还包括:
- [0030] 除去组件,用于将所述试样组件的静电除去。
- [0031] 可选的,所述试验装置还包括:
- [0032] 清洗组件,用于对所述试样组件中的样品杆进行清洗。
- [0033] 从以上技术方案可以看出,本申请具有以下效果:
- [0034] 通过控制试样组件运行,该试样组件用于进行磨损试验,然后控制照明组件在预设参数下向试样组件发射电子光束,该电子光束透过试样组件后会携带磨损试验的信息,称为目标电子光束,接着控制成像组件将该目标电子光束进行放大成像,得到成像结果,最后控制观察与记录组件将该成像结果展示给用户,这样,用户便可以在观察与记录组件上观察该成像结果,实现了磨损试验在原子尺度上的观察。

### 附图说明

- [0035] 为了更清楚地说明本申请中的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本申请的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。
- [0036] 图1为本申请一种金属表面磨损的试验方法一个示意图;
- [0037] 图2为本申请一种金属表面磨损的试验方法另一个示意图
- [0038] 图3为本申请一种金属表面磨损的试验装置一个示意图;
- [0039] 图4为本申请一种金属表面磨损的试验装置另一个示意图。

### 具体实施方式

- [0040] 本申请提供了一种金属表面磨损的试验方法及试验装置,用于实现原子尺度的磨损试验的观察。
- [0041] 需要说明的是,本申请提供了一种金属表面磨损的试验方法,可以应用于终端也可以应用于系统,还可以应用于服务器上。为方便阐述,本申请中以系统为执行主体进行举例说明。

[0042] 请参阅图1,图1是本申请提供的一种金属表面磨损的试验方法一个实施例的示意图,该试验方法包括:

[0043] 101、系统控制试样组件开始运行,试样组件用于进行磨损试验。

[0044] 一般的,通过两个试验样品相互接触,然后进行相互的滑动,形成摩擦,在摩擦的过程中往两个试验样品施加力的作用,使得试验样品在摩擦的过程中仍相互靠近,这个相互滑动摩擦的过程称为磨损试验。

[0045] 试样组件用于进行磨损试验,其中包括样品杆和用来放置样品杆的试样台,实际上,进行磨损试验的是样品杆,样品杆上设置有用于安装试验样品的尖端,在样品杆运行的过程中,样品杆上两个尖端均装配有试验样品,然后控制两个尖端相互靠近,直至两个尖端上的试验样品接触,此时控制两个尖端相互滑动,以使得试验样品进行相互的滑动,从而实现磨损试验。

[0046] 本实施例中,系统控制试样组件中的样品杆运行,使得样品杆上的试验样品进行相互摩擦,形成磨损试验。在样品杆上进行相互摩擦的试验样品为金属材料,例如,铁材料、镍材料以及钴材料等,实际的,还可以是其他材料,例如塑料材料、钻石制品等。

[0047] 可选的,试样组件上的样品杆为Nanofactory STM-TEM原位力电杆,该原位力电杆上,设置有传感器尖端以及针尖,装配试验样品时,试验样品需要切割成合适大小的尺寸,如太大,则该原位力电杆放不下,如太小,则试验过程过短;在切割好试验样品之后,将试验样品之一装配在传感器尖端上,另一试验样品装配在针尖上,该原位力电杆运行时,控制传感器尖端上的试验样品向针尖上的试验样品靠近,直至接触,然后控制两个试验样品进行相互滑动的摩擦,开始磨损试验。在样品杆调试过程中,分为粗调以及细调,粗调时将试验样品相互靠近,但不接触,此时进行细调,细调时,调整两个试验样品接触,进行相互滑动的摩擦。

[0048] 102、系统控制照明组件在预设参数下向试样组件发射电子光束,电子光束透过试样组件后形成携带有磨损试验信息的目标电子光束。

[0049] 照明组件用于发射电子光束,电子光束在透过试样组件上的样品杆进行磨损试验的位置,则会形成携带有该磨损试验的试验信息,实际的,电子光束照射在样品杆上时,电子光束中的电子与样品杆上的试验样品发生碰撞,然后产生立体角散,此时散射出来的电子光束中携带有试验样品的内部结构信息,即是试验样品相互摩擦位置的内部结构信息,而称散射出来的光线为目标电子光束。

[0050] 照明组件中包括电子枪以及聚光镜部件,聚光镜部件在电子枪与样品杆之间,将电子光束进行汇聚,形成一道明亮、均匀而又尖细的光斑,照射在样品杆上的试验样品的位置,穿透该试验样品之后,携带有该试验样品的内部结构信息。另外,照明组件中是通过电子枪来发射电子光束,而从电子枪中发射出来的电子光束穿透力较弱,无法完全穿透样品杆上的试验样品,所以,在电子枪中设置有高压发生器以及加速管,电子光束通过该高压发生器以及加速管后形成具有较强穿透力的电子光束,能够完全穿透该样品杆上的试验样品,形成散射的目标电子光束。

[0051] 可选的,该预设参数包括:在200KV时的亮度为 $5 \times 10^8 \text{A} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$ 、光源尺寸为10-100nm、能量发散度为0.6-0.8eV、发射电流为20-100 $\mu\text{A}$ 、短时间稳定度为7%、长时间稳定度为6%/h以及电流效率为10%。在这些参数下,照明组件中的电子枪发射的电子光束具

有较多的电子数量以及具有较强的穿透能力。

[0052] 103、系统控制成像组件将目标电子光束进行放大成像,得到成像结果。

[0053] 成像组件具有多级放大功能,其中,成像组件中包括了物镜、中间镜、投影镜以及若干个透镜光阑,物镜为放大率很高的短距透镜,中间镜为可变倍数的弱透镜,在实际使用时,携带有样品杆上试验样品的内部结构信息的目标电子光束到达成像组件,然后成像组件中的物镜则将该目标电子光束及其内部结构信息进行第一次放大,然后再经过中间镜,此时中间镜对该目标电子光束及其内部结构信息进行第二次放大,此时得到的像还需要经过投影镜,形成成像结果,最后投影镜将该成像结果进行投影;透镜光阑用于遮挡目标电子光束中不进行研究的部分,例如,得到的目标电子光束直径为3nm,而实际需要成像的为2nm,此时,透镜光阑则将该多余的1nm进行遮挡。

[0054] 104、系统控制观察与记录组件将成像结果向用户展示。

[0055] 观察与记录组件位于成像组件中投影镜的后方,也就是说,投影镜会将成像结构投影在观察与记录组件上,观察与记录组件中设置有荧光屏,该荧光屏用于承载该成像结果,然后用户便可以在该荧光屏上观察到该成像结果,实际的,荧光屏的材质是铝板加荧光粉,而铝板的数量为2块,具体的,将荧光粉均匀涂抹在2块铝板上,形成荧光屏,荧光屏的分辨率为50 $\mu$ m。

[0056] 本实施例中,系统控制观察与记录组件将投影镜上投影的成像结果进行承载,然后向用户展示该成像结果,实际的,成像结果被投影在观察与记录组件中的荧光屏上,根据荧光屏上设置好的分辨率,得到清晰的成像结果,此时,用户便可以在荧光屏上观察到清晰的成像结果。

[0057] 可选的,在磨损试验结束后,需要关闭试验装置,此时,荧光屏上便没有了成像结果,而当用户再次需要观察之前得到的成像结果时,便不能在荧光屏上观察到,而在样品杆上的试验样品进行磨损试验是一个过程,需要经过一段时间,在这段时间内,在荧光屏上形成的成像结果均需要进行记录,所以,观察与记录组件中还设置有记录设备,记录设备能够将荧光屏上的成像结果进行记录,记录下来的成像结果能够使得用户在试验装置关闭时也能重复观察本次的试验样品的磨损试验。本申请中,观察与记录组件中设置的记录设备为CCD照相机。

[0058] 本实施例中,系统通过控制试样组件运行,形成试验样品的相互摩擦的磨损试验,然后控制照明组件向该试样组件上样品杆的试验位置发射电子光束,该电子光束是在预设参数下发送的,透过样品杆上的试验样品后,形成携带有试验样品内部结构信息的目标电子光束,再控制成像组件将该目标电子光束进行放大成像,通过成像组件中的投影镜将形成的成像结果进行投影,最后,系统控制观察与记录组件将该成像结果向用户展示,此时,用户便可以观察到原子尺度的磨损试验,为用户研究试验样品的原子尺度的磨损提供了帮助。

[0059] 请参阅图2,图2是本申请提供的一种金属表面磨损的试验方法另一个实施例的示意图,该试验方法包括:

[0060] 201、系统对试样组件中的样品杆进行清洗。

[0061] 试验样品在进行磨损试验时,由于是极微小的磨损,若试验样品上存在其他杂质,则会影响磨损试验的结果,导致成像结果不准确,降低试验的准确性。所以,在样品杆上装

配好试验样品之后,需要对样品杆进行清洗,减少样品杆上的杂质。

[0062] 本实施例中,系统清洗样品杆时使用的是等离子清洗机,如Plasma清洗机,实际的,系统将装配好试验样品的样品杆放入Plasma清洗机中,然后控制Plasma清洗机运行,运行结束时,则完成样品杆的清洗。

[0063] 本实施例中,系统在样品杆装配好试验样品之后,在运行样品杆之前,将样品杆进行清洗,除去样品杆上存在的杂质,减少杂质对试验结果的影响,提高试验的准确性。

[0064] 202、系统将试样组件的静电除去。

[0065] 清洗样品杆时是将样品杆上的杂质进行清除,而实际的,一些试验样品会存在静电,然后试验样品之间靠近会产生静电作用,而静电作用会对试验样品的相互滑动,相互接触以及相互磨损产生影响,进而影响成像结果,最终用户观察的成像结果存在误差,降低了试验的准确性。所以,系统为该试样组件进行静电去除。

[0066] 本实施例中,系统在控制清洗设备将该样品杆进行清洗之后,会为该样品杆进行除静电处理,消除该样品杆上的静电,这样,减少静电对磨损试验的影响,提高了试验的准确度。

[0067] 203、系统控制试样组件开始运行,试样组件用于进行磨损试验。

[0068] 本实施例中的步骤203与前述图1实施例中的步骤101类似,此处不再赘述。

[0069] 204、系统将照明组件以及观察与记录组件所在的腔体进行真空处理。

[0070] 照明组件、成像组件以及观察与记录组件共同工作,能够实现微小事物的观察,例如分子或者比分子更小的事物,但是,在空气中含有气体分子,这些气体分子会在试验过程中,也会通过成像组件形成成像结果,导致成像结果中既含有试验样品的内部结构信息,也含有气体分子的结构信息,影响了用户的观察,降低了试验的准确性。所以,系统在控制照明组件向试样组件发射电子光束之前,系统还需要对照明组件以及观察与记录组件所在的腔体进行真空处理。

[0071] 系统在进行真空处理时,是通过真空组件进行的,真空组件包括腔体以及离子泵,实际的,照明组件位于真空组件的一个腔体内,观察与记录组件则位于另真空组件的另一个腔体内,真空组件的离子泵分别设置在两个腔体上,连通腔体与外界空间,在使用时,系统控制真空组件上的离子泵开始运行,离子泵运行时,能够将腔体内的空气抽到外界空间,到离子泵运行一段时间且将腔体形成真空环境时,离子泵停止运行,此时,照明组所在的腔体是真空的,观察与记录组件所在的腔体也是真空的。

[0072] 本实施例中,系统控制真空组件将照明组件以及观察与记录组件所在的腔体进行真空处理,防止空气中存在的气体分子影响磨损试验的试验结果,提高试验的准确性。

[0073] 205、系统控制照明组件在预设参数下向试样组件发射电子光束,电子光束透过试样组件后形成携带有磨损试验信息的目标电子光束。

[0074] 206、系统控制成像组件将目标电子光束进行放大成像,得到成像结果。

[0075] 207、系统控制观察与记录组件将成像结果向用户展示。

[0076] 本实施例中的步骤205至207与前述图1实施例中的步骤102至104类似,此处不再赘述。

[0077] 请参阅图3,图3是本申请提供的一种金属表界面磨损的试验装置一个实施例的一个示意图,该试验装置包括:

- [0078] 试样组件301,用于进行磨损试验;
- [0079] 照明组件302,用于在预设参数下向试样组件发射电子光束,电子光束透过试样组件后形成携带有磨损试验信息的目标电子光束;
- [0080] 成像组件303,用于将目标电子光束进行放大成像,得到成像结果;
- [0081] 观察与记录组件304,用于将成像结果向用户展示。
- [0082] 本实施例中,系统控制试样组件301进行磨损试验,然后控制照明组件302向试样组件301发射电子光束,该电子光束透过试样组件后形成携带有试验样品内部结构信息的目标电子光束,接着系统控制成像组件303将该目标电子光束进行放大成像,得到成像结果,最后,系统控制观察与记录组件304将该成像结果向用户展示,此时用户便可以在观察与记录组件304上观察到该试验样品的原子尺度的磨损试验。
- [0083] 请参阅图4,图4是本申请提供的一种金属表面磨损的试验装置另一个实施例的一个示意图,该试验装置包括:
- [0084] 真空组件401,用于将照明组件以及观察与记录组件所在的腔体进行真空处理
- [0085] 除去组件402,用于将试样组件的静电除去;
- [0086] 清洗组件403,用于对试样组件中的样品杆进行清洗;
- [0087] 试样组件404,用于进行原子尺度磨损试验;
- [0088] 照明组件405,用于在预设参数下向试样组件发射电子光束,电子光束透过试样组件后形成携带有磨损试验信息的目标电子光束;
- [0089] 成像组件406,用于将目标电子光束进行放大成像,得到成像结果;
- [0090] 观察与记录组件407,用于将成像结果向用户展示;
- [0091] 观察与记录组件407还用于将成像结果进行记录。
- [0092] 所属领域的技术人员可以清楚地了解到,为描述的方便和简洁,上述描述的系统,装置和单元的具体工作过程,可以参考前述方法实施例中的对应过程,在此不再赘述。
- [0093] 在本申请所提供的几个实施例中,应该理解到,所揭露的系统,装置和方法,可以通过其它的方式实现。例如,以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的,例如,所述单元的划分,仅仅为一种逻辑功能划分,实际实现时可以有另外的划分方式,例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统,或一些特征可以忽略,或不执行。另一点,所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些接口,装置或单元的间接耦合或通信连接,可以是电性,机械或其它的形式。
- [0094] 所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的,作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元,即可以位于一个地方,或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施例方案的目的。
- [0095] 另外,在本申请各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中,也可以是各个单元单独物理存在,也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现,也可以采用软件功能单元的形式实现。
- [0096] 所述集成的单元如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用时,可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解,本申请的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的全部或部分可以以软件产品的形式



体现出来,该计算机软件产品存储在一个存储介质中,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机,服务器,或者网络设备)执行本申请各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括:U盘、移动硬盘、只读存储器(ROM,read-only memory)、随机存取存储器(RAM,random access memory)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

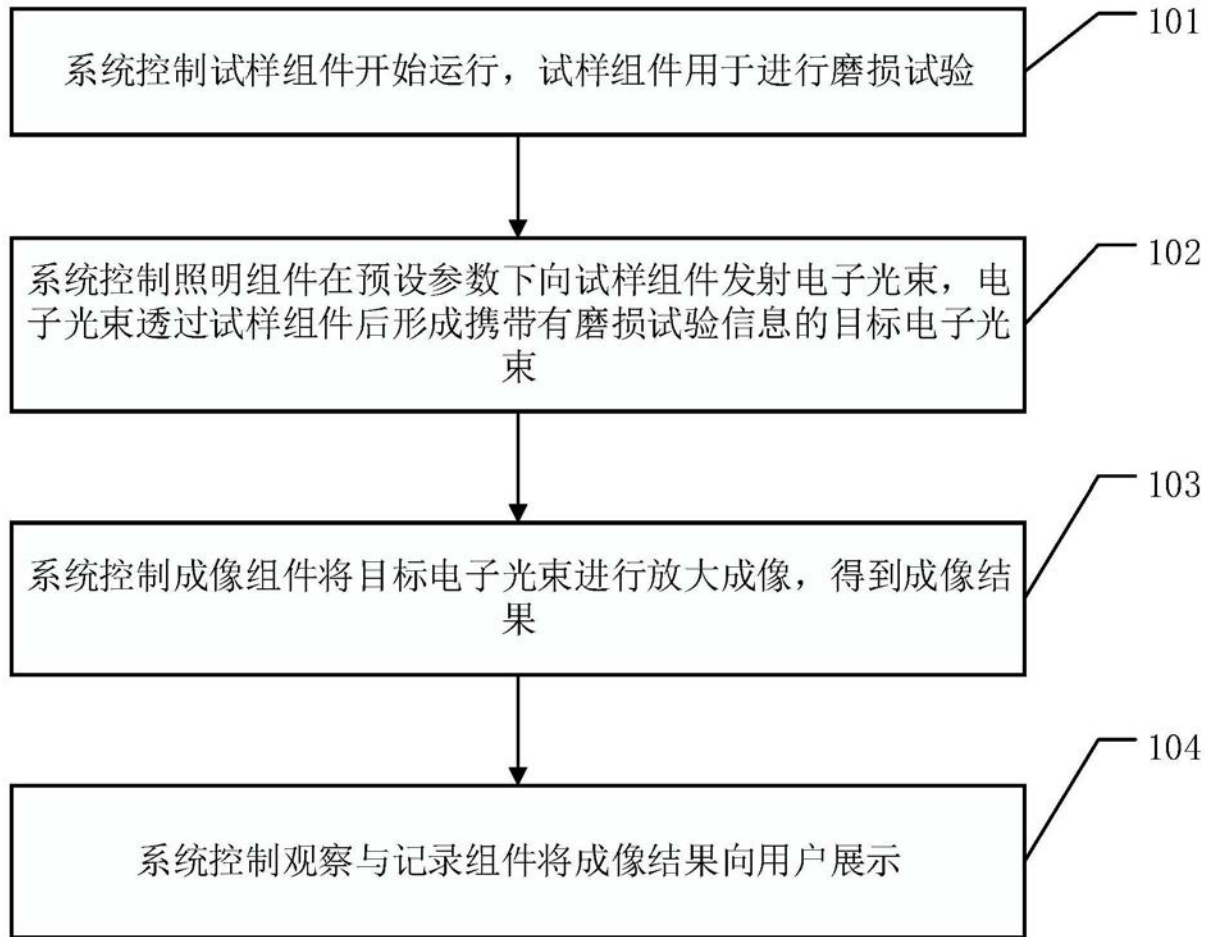


图1

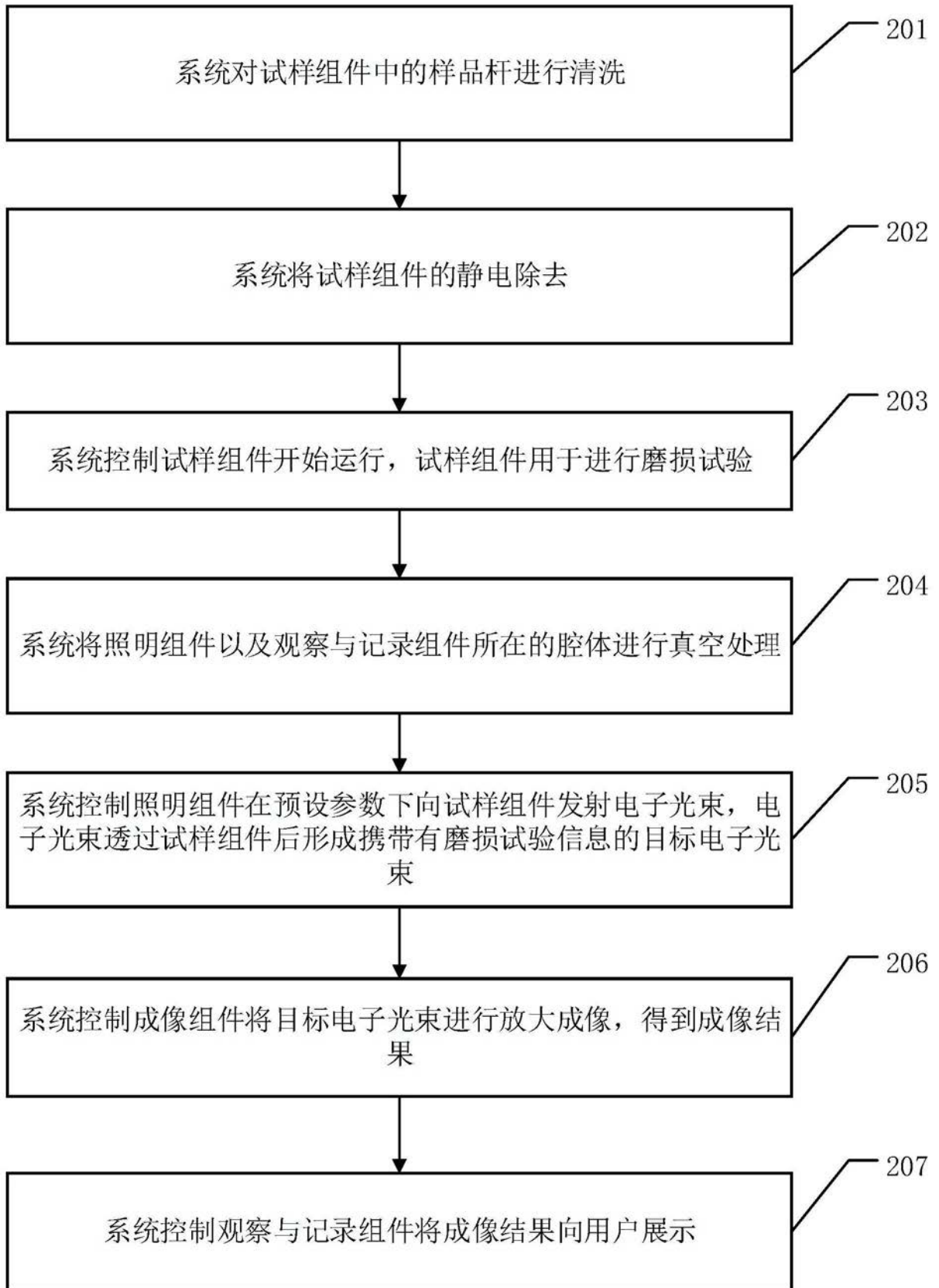


图2

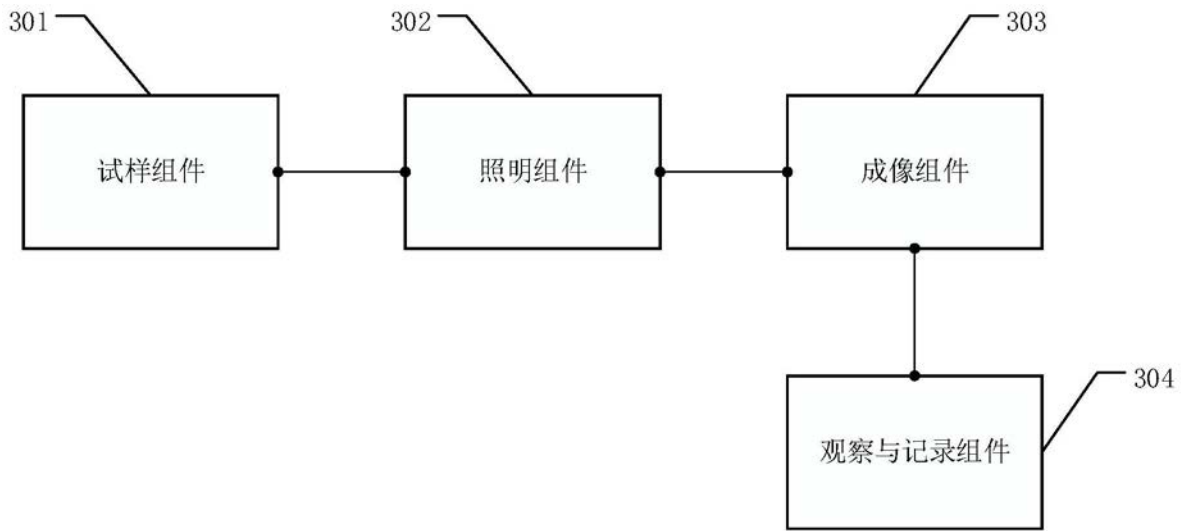


图3

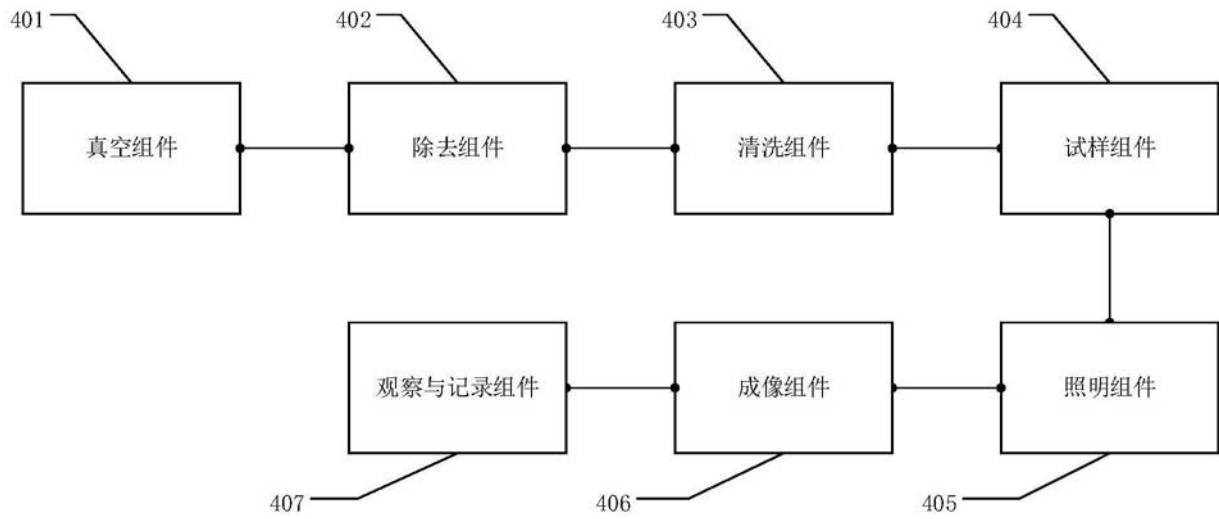


图4