



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106929778 A

(43)申请公布日 2017.07.07

(21)申请号 201710122082.0

(22)申请日 2017.03.03

(71)申请人 中国人民解放军火箭军工程大学
地址 710025 陕西省西安市灞桥区骊山路
18号

(72)发明人 张玉祥 杨建海 裴永泉 陈家照
王敏转 张鑫 何祯鑫 高杨

(74)专利代理机构 西北工业大学专利中心
61204

代理人 顾潮琪

(51)Int.Cl.

G22F 1/00(2006.01)

G21D 7/04(2006.01)

G21D 7/06(2006.01)

G22F 1/04(2006.01)

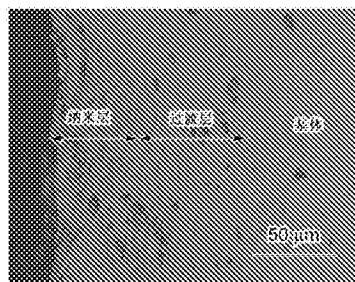
权利要求书1页 说明书3页 附图4页

(54)发明名称

基于超音速微粒轰击和豪克能的金属材料表面纳米化方法

(57)摘要

本发明提供了一种基于超音速微粒轰击和豪克能的金属材料表面纳米化方法,对金属材料样品表面进行研磨、抛光;然后进行超音速微粒轰击表面纳米化处理,在待焊基材表面形成一层厚度不低于 $50\mu\text{m}$ 的纳米层,表面纳米晶粒的平均尺寸不大于 50nm ,表面粗糙度大于 $3\mu\text{m}$,表面显微硬度大于 250HV ;采用豪克能技术对金属材料样品表面进行处理,最终使材料表面粗糙度减小为 $0.01\sim 0.2\mu\text{m}$,表面显微硬度大于 300HV 。本发明能够大幅改善表面纳米化后的金属材料表面粗糙度。



1. 一种基于超音速微粒轰击和豪克能的金属材料表面纳米化方法,其特征在于包括下述步骤:对金属材料样品表面进行研磨、抛光;然后进行超音速微粒轰击表面纳米化处理,在待焊基材表面形成一层厚度不低于 $50\mu\text{m}$ 的纳米层,表面纳米晶粒的平均尺寸不大于 50nm ,表面粗糙度大于 $3\mu\text{m}$,表面显微硬度大于 250HV ;采用豪克能技术对金属材料样品表面进行处理,最终使材料表面粗糙度减小为 $0.01\sim 0.2\mu\text{m}$,表面显微硬度大于 300HV 。

2. 根据权利要求1所述的基于超音速微粒轰击和豪克能的金属材料表面纳米化方法,其特征在於:所述的超音速微粒轰击表面纳米化处理的弹丸材质为不锈钢S110、 SiO_2 、BN或WC,弹丸直径为 $0.05\sim 0.5\text{mm}$,喷射角为 $60^\circ\sim 90^\circ$,工作气压为 $0.1\sim 0.53\text{MPa}$,气流速率为 $340\sim 1200\text{m/s}$,喷射距离为 $10\sim 300\text{mm}$,喷射时间为 $0.1\sim 300\text{min}$ 。

3. 根据权利要求1所述的基于超音速微粒轰击和豪克能的金属材料表面纳米化方法,其特征在於:所述豪克能技术的加工工具头的振动频率是 $10\sim 40\text{KHz}$,振幅是 $5\sim 30\mu\text{m}$,沿横轴移动速度是 $5\sim 30\text{mm/min}$,沿纵轴移动速度是 $10\sim 200\text{mm/min}$ 。

基于超音速微粒轰击和豪克能的金属材料表面纳米化方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种金属材料表面纳米化的制备方法,用于金属材料表面强化和改性。

背景技术

[0002] 金属材料在服役过程中可能在高湿度环境下与带腐蚀性的氧化剂、还原剂长期接触,由于腐蚀一般是从材料的表面开始,通过表面处理提高材料的耐腐蚀性能比研发全新材料更有成本和时间优势。表面纳米化技术作为表面强化的一种手段,能够在材料表层形成纳米层,其优势主要在于不改变材料的外形尺寸、工艺简单易行、成本低廉及无目前所使用的阳极化工艺的环境污染问题。目前表面纳米化研究最常用的方法为表面机械研磨法,其处理过程是在一个“U”形的真空容器中放置大量球形弹丸,容器的上部将样品固定,下部与振动发生装置连接,如图1(a)所示。工作时,弹丸从各个方向随机地以较大的能量与样品碰撞,使材料的表面通过强烈塑性变形而实现纳米化,材料表面形成纳米结构层,随着距表面距离越远材料的应变和应变率沿梯度减小,如图1(b)所示;但该方法需要在真空环境中,容器的大小也限制了此方法只适用于实验室研究,不适合对大尺寸的金属零件进行表面处理,此外,产品表面粗糙度很大,进一步限制了其在工业上的进一步应用。

发明内容

[0003] 为了克服现有技术的不足,本发明提供一种基于超音速微粒轰击技术和豪克能技术相结合的金属材料表面纳米化方法,能够大幅改善表面纳米化后的金属材料表面粗糙度。

[0004] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案包括以下步骤:

[0005] 对金属材料样品表面进行研磨、抛光;然后进行超音速微粒轰击表面纳米化处理,在待焊基材表面形成一层厚度不低于 $50\mu\text{m}$ 的纳米层,表面纳米晶粒的平均尺寸不大于 50nm ,表面粗糙度大于 $3\mu\text{m}$,表面显微硬度大于 250HV ;采用豪克能技术对金属材料样品表面进行处理,最终使材料表面粗糙度减小为 $0.01\sim 0.2\mu\text{m}$,表面显微硬度大于 300HV 。

[0006] 所述的超音速微粒轰击表面纳米化处理的弹丸材质为不锈钢S110、 SiO_2 、BN或WC,弹丸直径为 $0.05\sim 0.5\text{mm}$,喷射角为 $60^\circ\sim 90^\circ$,工作气压为 $0.1\sim 0.53\text{MPa}$,气流速率为 $340\sim 1200\text{m/s}$,喷射距离为 $10\sim 300\text{mm}$,喷射时间为 $0.1\sim 300\text{min}$ 。

[0007] 所述豪克能技术的加工工具头的振动频率是 $10\sim 40\text{kHz}$,振幅是 $5\sim 30\mu\text{m}$,沿横轴移动速度是 $5\sim 30\text{mm/min}$,沿纵轴移动速度是 $10\sim 200\text{mm/min}$ 。

[0008] 本发明的有益效果是:能够改善金属材料表面纳米化后表面粗糙度很大的问题,适合对大尺寸的金属零件进行表面强化处理,进一步推动了表面纳米化的工业化应用。具体优点如下:

[0009] 1、金属材料表面纳米层厚,表面光滑、无裂纹,表面粗糙度非常小,材料的机械性能(如:表面显微硬度、力学性能、耐疲劳性能、耐磨性能、耐腐蚀性能)得到明显提高,金属

材料表面残余应力增加且分布均匀；

[0010] 2、工艺简单易行、成本低廉,无目前所使用的阳极化工艺的环境污染问题,工序简单、耗能少,丸粒的重复使用率高,豪克能刀具更换简单；

[0011] 3、适用范围广,本发明可以适用于各种金属材料,广泛应用于机床、仪表、船舶、飞机、航空航天材料、矿山设备、化工等领域。

附图说明

[0012] 图1是表面机械研磨法示意图,其中,(a)是表面机械研磨法装置示意图,(b)是材料的梯度纳米结构层组织分布示意图；

[0013] 图2是超音速微粒轰击法示意图；

[0014] 图3是豪克能技术示意图；

[0015] 图4是2A14铝合金横截面显微组织的OM像；

[0016] 图5是经超音速微粒轰击处理后2A14铝合金横截面形貌的OM像；

[0017] 图6是经豪克能技术处理后2A14铝合金横截面形貌的OM像；

[0018] 图7是表面纳米化处理前后2A14铝合金显微硬度沿梯度的变化示意图；

[0019] 图8是2A14铝合金经超音速微粒轰击技术处理后表层截面的TEM像,其中,(a)是明场像及相应选取电子衍射花样,(b)是暗场像；

[0020] 图9是2A14铝合金经豪克能技术处理后表层截面的TEM像,其中,(a)是明场像及相应选取电子衍射花样,(b)是暗场像；

[0021] 图10是2A14铝合金经超音速微粒轰击技术处理后表层截面的TEM像,其中,(a)是明场像及相应选取电子衍射花样,(b)是暗场像；

[0022] 图11是2A14铝合金经豪克能技术处理后表层截面的TEM像,其中,(a)是明场像及相应选取电子衍射花样,(b)是暗场像；

具体实施方式

[0023] 下面结合附图和实施例对本发明进一步说明,本发明包括但不限于下述实施例。

[0024] 本发明属于金属材料表面纳米化领域,具体说是基于超音速微粒轰击技术和豪克能技术的金属材料表面纳米化方法。本发明利用高压气体发生装置产生的高压气体携带硬质球形颗粒以340~1200m/s的速度连续轰击金属材料表面,使其表面形成一定厚度的纳米层,为了使金属材料表面粗糙度大幅降低以满足工业生产要求,而后采用豪克能技术进行处理,将由电能转换的、高频、高能量密度、振幅很小的超声波能和冲击能的复合能,作用在金属零件表面进行无研磨剂的研磨、强化和微小形变处理,在保留材料表面纳米层的同时使材料表面达到镜面水平。本发明适用范围广,装置简单易操作、成本低、生产效率高、无污染,可以对形状复杂或大平面工件进行表面纳米化处理,表面粗糙度满足工业生产要求。

[0025] 本发明以金属材料为对象,首先将金属材料样品表面进行常规研磨、抛光处理。采用1433/8558Progressive (DT1480) 数控喷丸机对金属材料进行超音速微粒轰击表面纳米化处理,主要参数为:弹丸材质为不锈钢S110、SiO₂、BN、WC,弹丸直径0.05-0.5mm,喷射角60°-90°,工作气压0.1-0.53MPa,气流速率340-1200m/s,喷射距离10-300mm,喷射时间0.1-

300min。处理完后,材料表面形成一层不低于50 μm 厚的纳米层,表面纳米晶粒的平均尺寸不大于50nm,表面粗糙度大于3 μm ,表面显微硬度大于250HV。

[0026] 采用超音速微粒轰击技术对金属材料表面纳米化处理完后,采用豪克能设备HKUSM30S对材料表面继续进行处理,加工工具头的振动频率是10-40KHz,振幅是5-30 μm ,沿横轴移动速度是5-30mm/min,沿纵轴移动速度是10-200mm/min。最终使材料表面粗糙度减小为0.01-0.2 μm ,表面显微硬度大于300HV。

[0027] 实施例1:

[0028] 本发明以2A14铝合金为处理对象,2A14为Al-Mg-Si-Cu系合金,加工500mm \times 500mm \times 5mm的铝合金板,将样品表面进行常规研磨、抛光处理。采用1433/8558Progressive (DT1480)数控喷丸机对铝合金进行超音速微粒轰击表面处理,主要参数为:弹丸材质为不锈钢S110,弹丸直径0.3mm,喷射角90°,工作气压0.53MPa,气流速率1200m/s,喷射距离130mm,喷射时间10min。处理完后,材料表面形成一层约50 μm 厚的纳米层,表面晶粒由基体的30 μm (如图4)减小到纳米层晶粒的30nm,表面纳米层晶粒的TEM明场像及相应选取电子衍射花样、暗场像如图8,表面粗糙度为5.292 μm (如图5),表面显微硬度为332HV(如图7)。

[0029] 采用超音速微粒轰击技术对2A14铝合金表面纳米化处理完后,采用豪克能设备HKUSM30S对材料表面继续进行处理,加工工具头的振动频率是30KHz,振幅是10 μm ,沿横轴移动速度是20mm/min,沿纵轴移动速度是100mm/min。最终使材料表面粗糙度减小为0.153 μm (如图6),表面显微硬度为338HV(如图7),表面纳米层晶粒的TEM明场像及相应选取电子衍射花样、暗场像如图9。

[0030] 实施例2:

[0031] 与案例1不同之处:

[0032] 采用1433/8558Progressive (DT1480)数控喷丸机对铝合金进行超音速微粒轰击表面处理,主要参数为:弹丸材质为WC,弹丸直径0.5mm,工作气压0.4MPa,喷射时间20min。处理完后,材料表面形成一层约50 μm 厚的纳米层,表面纳米层晶粒平均尺寸为50nm,其TEM明场像及相应选取电子衍射花样、暗场像如图10,表面粗糙度为6.879 μm 。

[0033] 采用超音速微粒轰击技术对2A14铝合金表面纳米化处理完后,采用豪克能设备HKUSM30S对材料表面继续进行处理,加工工具头的振动频率是20KHz,振幅是15 μm ,沿横轴移动速度是15mm/min,沿纵轴移动速度是80mm/min。最终使材料表面粗糙度减小为0.267 μm ,表面纳米层晶粒的TEM明场像及相应选取电子衍射花样、暗场像如图11。

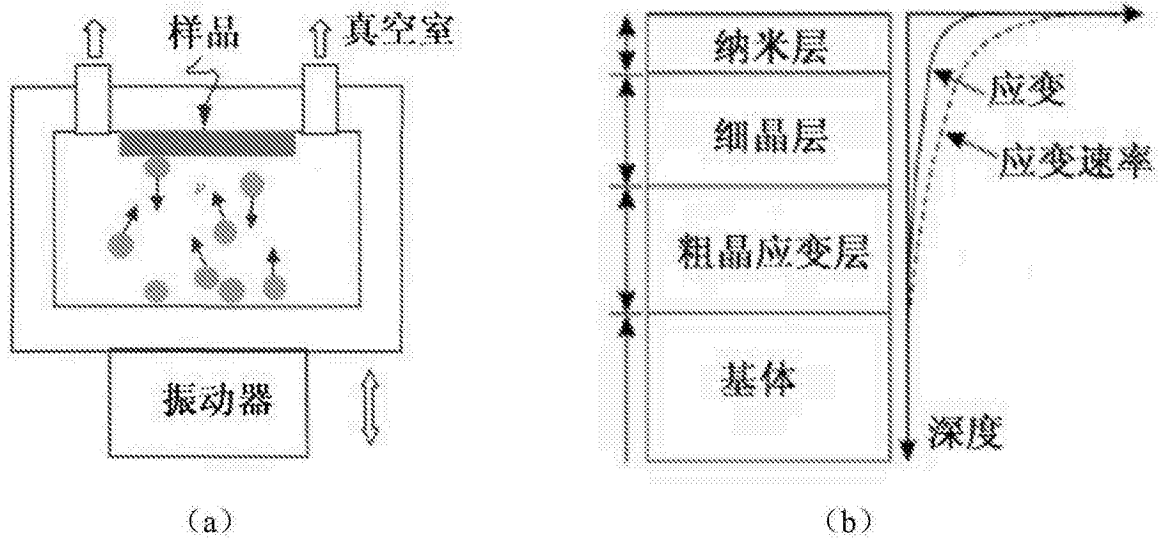


图1

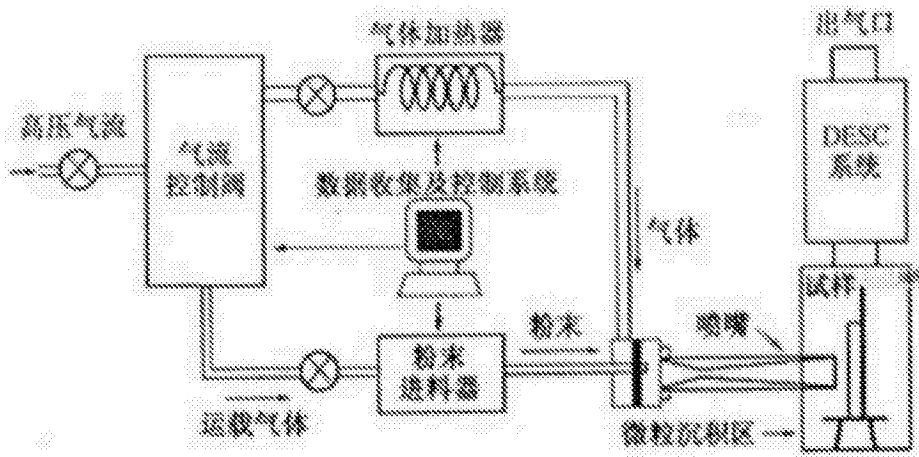


图2

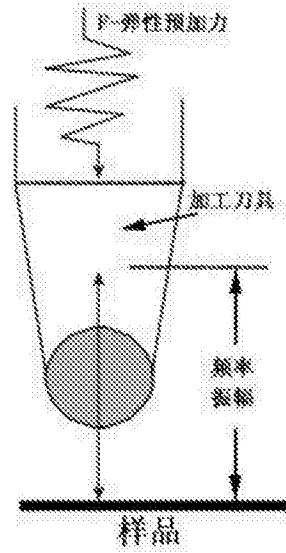


图3

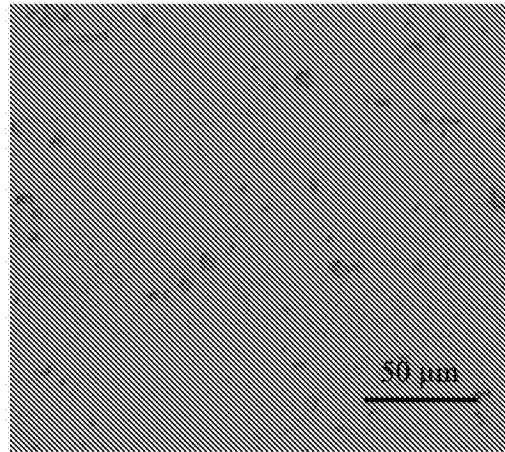


图4

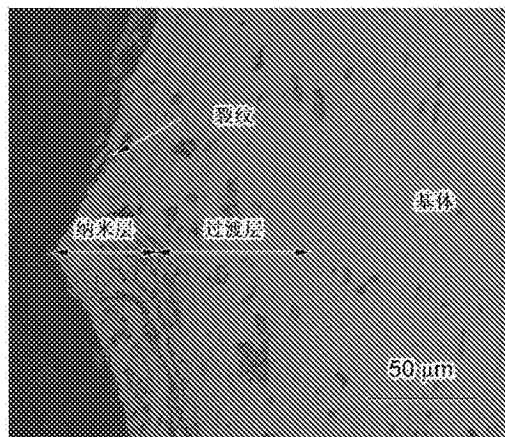


图5

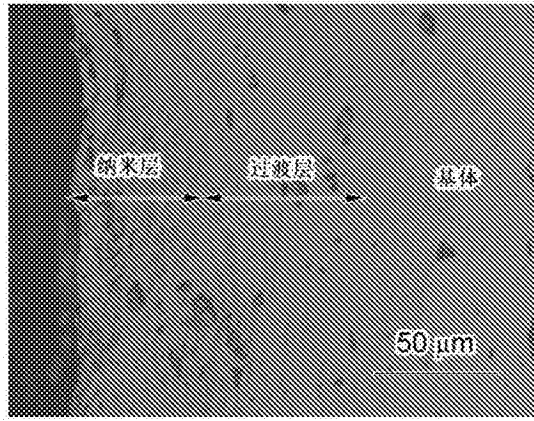


图6

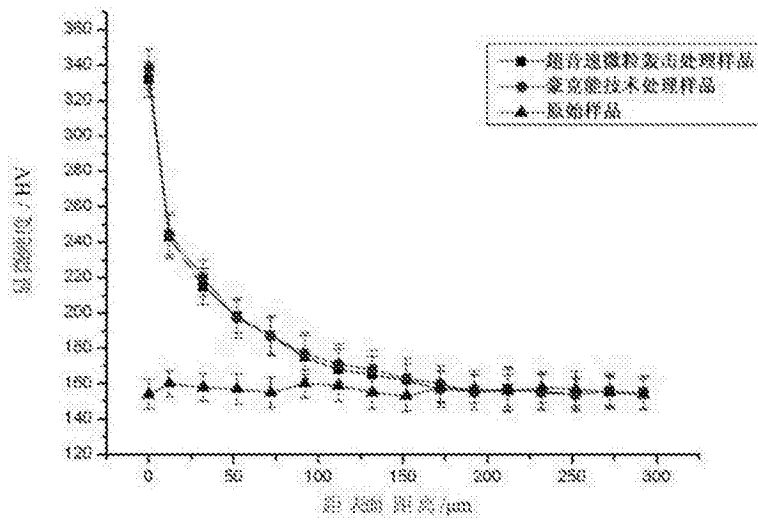


图7

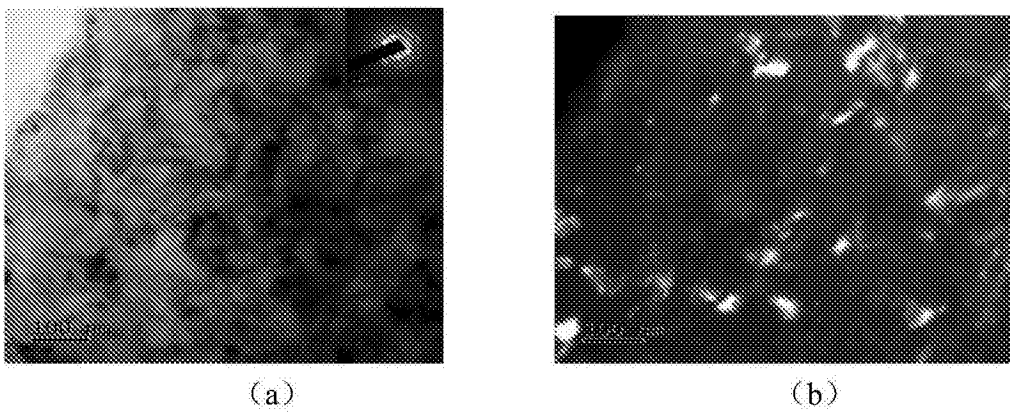
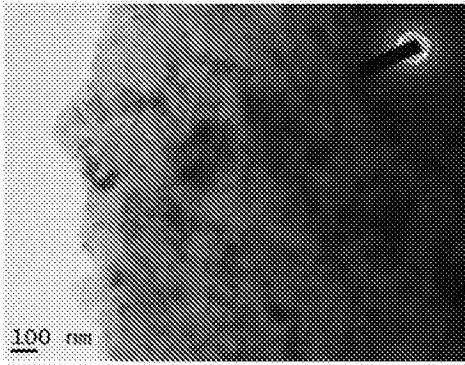
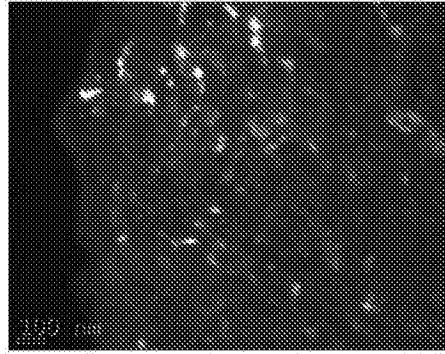


图8

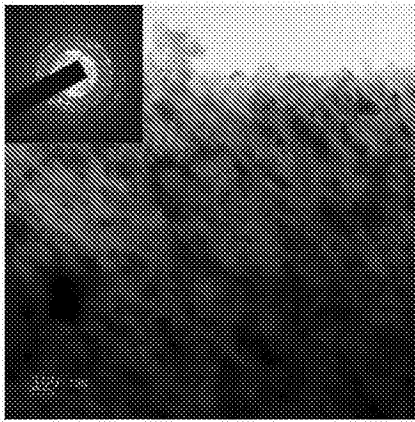


(a)

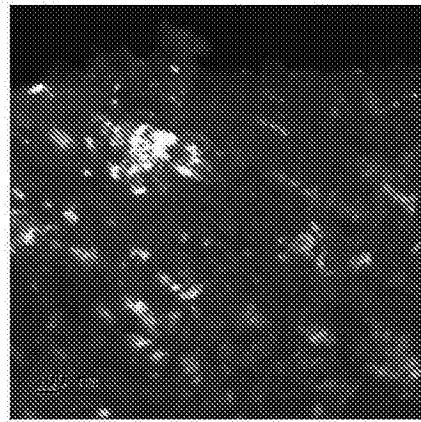


(b)

图9

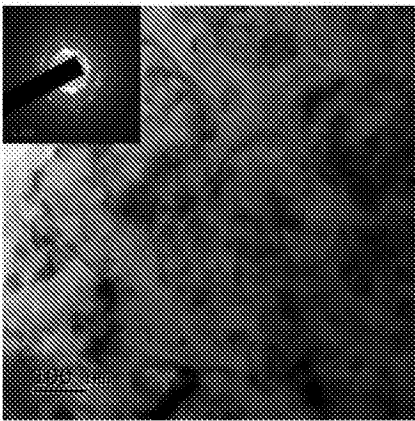


(a)

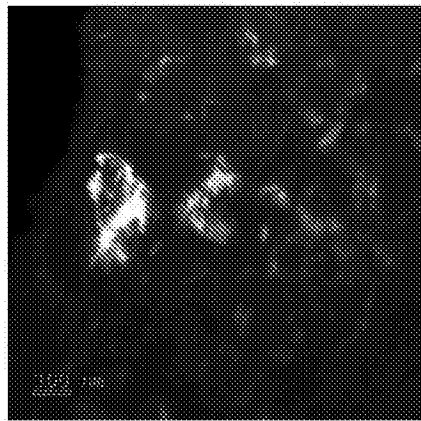


(b)

图10



(a)



(b)

图11