

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

27 749

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

G01N 23/04 (2006.01)

G01N 23/22 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2014-30370**

(22) Přihlášeno: **03.12.2014**

(47) Zapsáno: **26.01.2015**

(73) Majitel:
WIDEPIX s.r.o., Praha 3, CZ

(72) Původce:
Jan Sohar, Hýskov, CZ

(74) Zástupce:
**PatentCentrum Sedlák a Partners s.r.o., Husova 5,
370 01 České Budějovice**

(54) Název užitého vzoru:
**Zařízení k provádění rentgenové
nanoradiografie a nanotomografie**

CZ 27749 U1

Zařízení k provádění rentgenové nanoradiografie a nanotomografie

Oblast techniky

Technické řešení se týká zařízení pro provádění nanoradiografie a nanotomografie zahrnujícího skenovací elektronový mikroskop.

5 Dosavadní stav techniky

Skenovací elektronové mikroskopy se používají k mapování povrchu snímaného vzorku s přesností v řádech nanometrů. Skenovací elektronové mikroskopy zpravidla zahrnují zdroj elektronů, který vytváří elektronový svazek. Elektronový svazek je pomocí elektronové optiky zaostřen do jediného bodu na povrchu snímaného vzorku. Při dopadu elektronového svazku do určeného bodu vzorku dojde k odrazu některých elektronů a/nebo k uvolnění sekundárních elektronů a/nebo k emisi charakteristického rentgenového záření. Tyto částice jsou zaznamenány alespoň jedním detektorem, přičemž ve výsledcích jsou uvedeny hodnoty daného bodu povrchu vzorku odrážet, nebo emitovat sekundární částice. Snímaný povrch vzorku je bod po bodu naskenován celý, načež je z výsledků vytvořen jeho obraz.

Při rentgenové transmisní radiografii je sledován útlum intenzity rentgenového záření procházejícího vzorkem. Jako zdroj rentgenového záření je použita rentgenová trubice. Do trasy rentgenového záření je vložen vzorek, který je prosvícen. Následně rentgenové záření dopadá na detektor, který zaznamená jeho intenzity. Výsledkem je obraz, který zachycuje vnitřní strukturu vzorku z hlediska schopnosti tlumit rentgenové záření.

Je-li zaznamenán větší soubor obrazů vzorku pořízených pod různými ozařovacími úhly, lze pomocí metod výpočetní tomografie vymodelovat trojrozměrný popis vnitřní struktury snímaného vzorku.

Úkolem technického řešení je vytvoření zařízení, které umožňuje v rámci jedné pracovní operace provést nanoradiografii, nanotomografii, mikroskopii a eventuálně i topografii povrchu vzorku.

25 Podstata technického řešení

Vytčený úkol je vyřešen vytvořením zařízení pro provádění nanoradiografie a nanotomografie s využitím skenovacího elektronového mikroskopu podle tohoto technického řešení.

Zařízení pro rentgenovou nanoradiografii a nanotomografii zahrnující skenovací elektronový mikroskop sestává ze zdroje elektronového svazku, z elektronové optiky pro fokusaci elektronového svazku do bodu na povrchu snímaného vzorku, dále z alespoň jednoho detektoru pro detekci odražených a sekundárních částic. Zařízení rovněž zahrnuje řídicí jednotku.

Podstata technického řešení spočívá v tom, že bod na povrchu snímaného vzorku, do kterého je fokusován elektronový svazek, je současně ohniskem emise brzdného a fluorescenčního rentgenového záření. Dále je za vzorkem ve směru šíření elektronového svazku umístěn zobrazovací detektor pro detekci utlumení brzdného a fluorescenčního rentgenového záření ve vzorku, který je propojen s řídicí jednotkou.

Zobrazovací detektor je schopen zaznamenat pokles intenzity brzdného rentgenového záření pronikajícího vzorkem ve vnitřních strukturách měřeného vzorku. Výsledky detekce jsou odesílány do řídicí jednotky, která je ze souboru jednotlivých obrazů zpracuje do trojrozměrných modelů. Brzdné záření je doprovodným jevem, takže nevyžaduje vlastní zdroj, ani nezávislou optiku.

V jiném výhodném provedení zařízení pro rentgenovou nanoradiografii a nanotomografii podle tohoto technického řešení zahrnuje řídicí jednotka alespoň jeden modul ze skupiny modul pro uložení dat, výpočetní modul, zobrazovací modul, záznamový modul, distribuční modul. Výpočetní jednotka je tvořena počítačem. Modul pro uložení dat je realizován datovým úložištěm, výpočetní modul je realizován procesorem, záznamový modul je realizován připojenou tiskárnou.

Zobrazovací modul je displej počítače a distribuční modul je síťová karta umožňující komunikaci se vzdálenými systémy. Moduly je možné realizovat jako virtuální zařízení v operačním programu počítače.

- 5 V dalším jiném výhodném provedení zařízení pro rentgenovou nanoradiografii a nanotomografii podle tohoto technického řešení je mezi vzorkem a zobrazovacím detektorem uspořádán alespoň jeden vzor o známých rozměrech a řídicí jednotka je upravena pro vyhodnocení zvětšení obrazu tohoto vzoru, ke kterému dojde při ozáření fluorescenčním a brzdným zářením z bodu dopadu nacházejícího se nad vzorem. Obraz tlumení intenzity brzdného rentgenového záření vzoru a jeho známé rozměry umožňují výpočet polohy ohniska, to jest místa dopadu elektronového svazku na
10 vzorek. Poloha ohniska je důležitá pro další modelování vzorku, např. topografie povrchu vzorku.

Mezi hlavní výhody technického řešení patří vysoká rozlišovací schopnost a časová úspora na pracovní operace. Během jednoho skenování jsou zajištěna data pro nanotomografii, nanoradiografii, topografii a samotné skenování povrchu elektronovým mikroskopem není nijak ovlivněno.

Objasnění výkresů

- 15 Technické řešení bude blíže osvětleno pomocí následujících vyobrazení, na kterých znázorňují:
- obr. 1 schematické vyobrazení změny obrazu intenzity brzdného rentgenového záření k vadě uvnitř vzorku podle ohniska brzdného záření,
- obr. 2 schematické vyobrazení zařízení pro topografii povrchu vzorku,
- obr. 3 schematické vyobrazení zařízení pro nanoradiografii a nanotomografii.

Příklady uskutečnění technického řešení

- Rozumí se, že jednotlivá uskutečnění technického řešení jsou představována pro ilustraci, nikoli jako omezení technického řešení na výčet zde uvedených příkladů provedení. Odborníci znalí stavu techniky najdou nebo budou schopni zjistit za použití rutinního experimentování mnoho ekvivalentů ke specifickým uskutečněním technického řešení, která jsou zde speciálně popsána.
25 I tyto ekvivalenty budou zahrnuty v rozsahu následujících nároků na ochranu.

- Technické řešení je prezentováno na obr. 1, kde je schematicky vyobrazen způsob fungování zařízení. Zařízení používá skenovací elektronový mikroskop 1, uvnitř kterého se generuje svazek elektronů 2. Elektronový svazek 2 je usměrněn do bodu na povrchu snímaného vzorku 3. Z bodu dopadu je generováno sekundární záření 4 a odražené částice 4, které se šíří všemi směry. Toto
30 sekundární záření 4 je detekováno alespoň jedním přidruženým detektorem 5 odražených a sekundárních částic 4, z jehož dat se zjistí charakteristika vzorku 3 v místě dopadu.

- Místo dopadu rovněž tvoří takzvané ohnisko brzdného a fluorescenčního záření 6, ze kterého se brzdné a fluorescenční záření 6 šíří do prostoru. Toto záření 6 má vysokou pronikavost, takže pronikne snímaným vzorkem 3. Za vzorek 3 se do směru postupu brzdného záření 6 uspořádá
35 alespoň jeden zobrazovací detektor 7, který je schopen zaznamenat intenzitu brzdného záření 6. Jakmile má vzorek 3 nehomogenní strukturu ve smyslu absorpce rentgenového záření 6, ovlivňuje tato vnitřní struktura výstupní intenzitu záření 6 a na detektoru 7 je zaznamenán obraz vnitřní struktury snímaného vzorku 3.

- Pokud se ohnisko posune, viz obr. 1, změní se i výstupní obraz. Ze souboru obrazů získaných při
40 všech polohách ohniska je dopočten metodou výpočetní tomografie model 3D struktury vzorku 3.

- Aby bylo možné modelovat i trojrozměrný model povrchu snímaného vzorku 3, je za snímaný vzorek 3 ve směru postupu brzdného záření 6 od ohniska uspořádán vzor 8 o známých rozměrech. Na zobrazovací detektor 7 je tedy prostupujícím rentgenovým zářením promítnut obraz struktury vzorku 3 i vzoru 8. V takto zachyceném kombinovaném obraze je identifikován obraz
45 vzoru 8 a určeno jeho zvětšení například pomocí metody obrazové korelace. Ze známých rozměrů vzoru 8 a obrazu jeho útluhu intenzit brzdného záření 6 procházejícího vzorem 8 je dopo-

čítána vzdálenost ohniska od vzoru 8 a tedy i výška povrchu vzorku 3 ve snímaném bodě. Uspořádáním všech snímaných bodu vedle sebe je vymodelován 3D model povrchu vzorku 3.

Zařízení 9 zahrnuje standardní skenovací elektronový mikroskop 1 mající zdroj 10 elektronového svazku 2, elektronovou optiku 11 pro směřování a fokusaci elektronového svazku 2 a alespoň jeden přidružený detektor 5 odražených a sekundárních částic 4 od snímaného vzorku 3. Dále je za snímaným vzorkem 3 ve směru postupu brzdného záření 6 uspořádána kovová mřížka tvořící vzor 8 o známých rozměrech a vyobrazovací detektor 7. Vyobrazovací detektor 7 může být např. tvořen polem pixelových detektorů Timepix.

Skenovací elektronový mikroskop 1 a zobrazovací detektor 7 jsou propojeny s řídicí jednotkou 12 realizovanou počítačem. Řídicí jednotka 12 zahrnuje modul 13 pro uložení dat. Modul 13 je tvořen datovým úložištěm zapojeným do počítače řídicí jednotky 12. Součástí řídicí jednotky 12 je také výpočetní modul 14, který je tvořen výpočetním softwarovým prostředkem spuštěným v operačním systému řídicí jednotky 12. Výpočetní modul 14 využívá procesorů počítače. Zobrazovací modul 15 je tvořen displejem počítače a záznamový modul 16 je tvořen tiskárnou propojenou s počítačem. Distribuční modul 17 je tvořen síťovým adaptérem pro připojení k datovým sítím pro sdílení dat.

Průmyslová využitelnost

Technické řešení nalezne uplatnění v biologických a medicínských aplikacích, v aplikacích testujících kvalitu výrobků, v odvětvích zabývajících se novými druhy materiálů, v polovodičovém průmyslu k testování kvality čipů, v archeologii a dalších odvětvích kde je potřeba znát 3D vnitřní strukturu vzorku, aniž by došlo k jeho poškození.

N Á R O K Y N A O C H R A N U

1. Zařízení (9) pro rentgenovou nanoradiografii a nanotomografii s pomocí skenovacího elektronového mikroskopu (1), zahrnující skenovací elektronový mikroskop (1) sestávající ze zdroje (10) elektronového svazku (2), z elektronové optiky (11) pro fokusaci elektronového svazku (2) do bodu na snímaném povrchu vzorku (3), z alespoň jednoho detektoru (5) pro detekci odražených a sekundárních částic (4), a dále zahrnující řídicí jednotku (12), **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že bod na snímaném povrchu vzorku (3) je ohniskem emise brzdného a fluorescenčního rentgenového záření (6), za vzorkem (3) ve směru šíření elektronového svazku je uspořádán alespoň jeden zobrazovací detektor (7) pro detekci utlumení brzdného a fluorescenčního rentgenového záření ve vzorku (3), který je propojen s řídicí jednotkou (12).

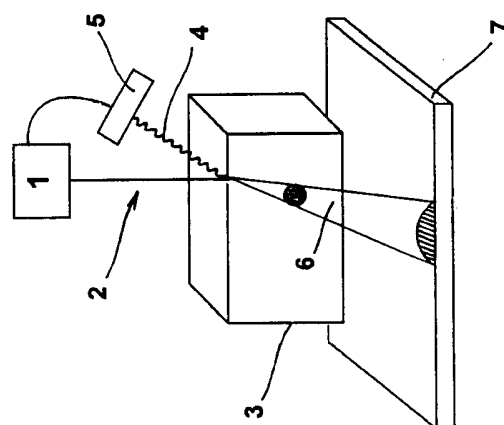
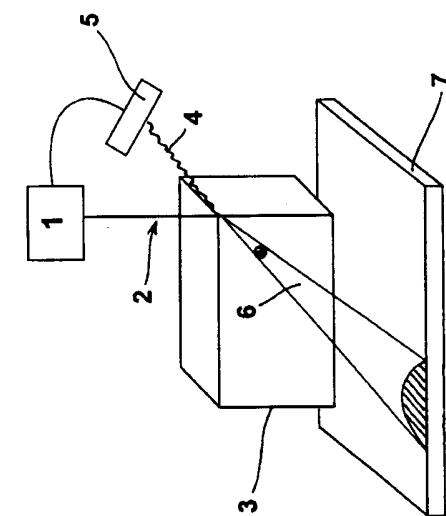
2. Zařízení podle nároku 1, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že řídicí jednotka (12) zahrnuje alespoň jeden modul ze skupiny modul (13) pro uložení dat, výpočetní modul (14), zobrazovací modul (15), záznamový modul (16), distribuční modul (17).

3. Zařízení podle nároku 1 nebo 2, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že mezi vzorkem (3) a zobrazovacím detektorem (7) je uspořádán alespoň jeden vzor (8) o známých rozměrech a řídicí jednotka (12) je upravena pro vyhodnocení zvětšení obrazu tohoto vzoru pořízeného prostřednictvím utlumení intenzity brzdného a fluorescenčního rentgenového záření (6).

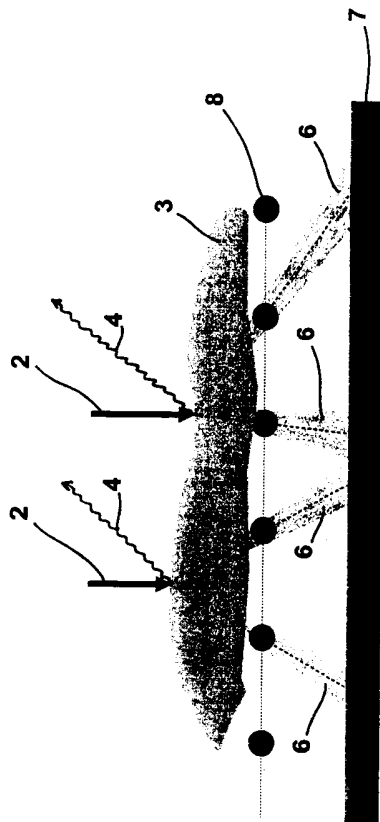
3 výkresy

Přehled vztahových značek:

	1	skenovací elektronový mikroskop
	2	elektronový svazek
	3	vzorek
5	4	odražené a sekundární částice
	5	detektor odražených a sekundárních částic
	6	brzdné a fluorescenční rentgenového záření
	7	zobrazovací detektor
	8	vzor o známých rozměrech
10	9	zařízení pro rentgenovou nanoradiografii a nanotomografii s pomocí skenovacího elektronového mikroskopu
	10	zdroj elektronového svazku
	11	elektronová optika
	12	řídící jednotka
15	13	modul uložení dat
	14	výpočetní modul
	15	zobrazovací modul
	16	záznamový modul
	17	distribuční modul.
20		



OBR. 1



OBR. 2

