

H01J 37/20 (2006.01)
H01J 37/26 (2006.01)
H01J 37/304 (2006.01)
G02B 21/26 (2006.01)
G12B 5/00 (2006.01)
G01N 23/00 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: 2019-293
(22) Přihlášeno: 10.05.2019
(30) Právo přednosti: 16.05.2018 DE 10 2018 207 603.0
(40) Zveřejněno: 27.12.2019 (Věstník č. 52/2019)
(47) Uděleno: 06.06.2024
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: 17.07.2024 (Věstník č. 29/2024)

(56) Relevantní dokumenty:
US 2009/0039285 A1; US 2002/0024012 A1; US 3555254; US 2016/0035534 A1.

(73) Majitel patentu:
Carl Zeiss Microscopy GmbH, Jena, DE
(72) Původce:
Josef Biberger, Wildenberg, DE
(74) Zástupce:
Kania, Sedlák, Smola, s.r.o., Mendlovo náměstí
907/1a, 603 00 Brno, Staré Brno

(54) Název vynálezu:
Postup a zařízení pro polohování
mikroskopických vzorků pomocí
dvourozměrné polohovací tabulky
(57) Anotace:
Postup podle tohoto vynálezu se týká způsobu
polohování vzorku v mikroskopickém systému, přičemž
bod zájmu vzorku (ROI) na vzorku je pozorován a/nebo
zpracováván pomocí mikroskopického systému a přičemž
mikroskopický systém vykazuje: optickou osu; pohyblivý
pracovní stůl pro zachycení vzorku; úložné zařízení pro
ukládání datových vět, které popisují polohy vzorky;
ovládací zařízení, které pomocí uložených datových vět
může ovládat pohyb pracovního stolu.

Postup a zařízení pro polohování mikroskopických vzorků pomocí dvourozměrné polohovací tabulky

5 Oblast techniky

Vynález se týká postupu polohování mikroskopických vzorků v komoře na vzorky zařízení mikroskopu jako například světelných mikroskopů nebo elektronových mikroskopů.

- 10 Často je plošná expanze zkoumaného vzorku tak velká, že bod zájmu (ROI) vzorku nelze zcela umístit do zorného pole (field of view) zařízení mikroskopu použitého ke zkoumání. Aby tedy bylo možné zobrazit nebo pracovat s celým vzorkem, je nutné se vzorkem pohybovat. Kromě toho dochází k tomu, že se na jednom a totéž vzorku nachází několik bodů zájmu (ROI). I v tomto případě je nutné se vzorkem pohybovat, aby se body zájmu (ROI) vzorku postupně dostaly
- 15 do zorného pole zařízení mikroskopu za účelem zobrazení vzorků nebo práce s nimi. Dále je při preparaci mikroskopických vzorků často nutné držet bod zájmu vzorku v různých, přesně definovaných polohách relativně k optickým osám zařízení mikroskopu. Proto hraje navigace, to znamená přesné polohování a opětovné nalezení bodů zájmu vzorku, při mikroskopických a strukturálních úlohách důležitou roli.

- 20 U zařízení mikroskopu, které pracují se svazkem nabitých částic, jako například elektronové mikroskopy nebo iontové mikroskopy, se vzorek obvykle montuje na pohyblivý pracovní stůl. Tím může být například stůl s pěti osami, jehož pomocí lze vzorkem pohybovat prostorem ve směrech x a y tak, že je udržován v zorném poli zařízení mikroskopu. Kromě toho je vzorek,
- 25 zejména bod zájmu (ROI), udržován v určité vzdálenosti (výška z) od čočky objektivu tak, aby optická osa generátoru svazku částic probíhala přibližně kolmo k povrchu vzorku a aby bylo možné zaostřit bod zájmu (ROI).

- Stoly s pěti osami se často používají v rastrovacích elektronových mikroskopech (SEM),
- 30 iontových mikroskopech nebo dvousvazkových přístrojích. Dvousvazkový přístroj je kombinovaný přístroj, který zahrnuje jak sloupec s elektronovým svazkem, tak také sloupec s iontovým svazkem (focussed ion beam, FIB). Dvousvazkové přístroje se často používají k pozorování mikroskopických vzorků pomocí sloupce s elektronovým svazkem a pro práci se vzorky pomocí sloupce s iontovým svazkem. Například je možné v dvousvazkovém přístroji
- 35 vytvořit příčný řez (cross-section) nebo preparovat lamelu pro TEM. U takových preparací vzorků je obvykle nutné vzorek přidržovat v mnoha různých polohách, to znamená v různých umístěních a orientacích v prostoru, a to jednak tak, aby je bylo možné zobrazit pomocí sloupce s elektronovým svazkem, a jednak tak, aby bylo možné s nimi pracovat pomocí zaostřeného iontového svazku (FIB).

- 40 K polohování vzorků se obvykle používají seznamy poloh, dvourozměrné obrázky nebo CAD data, což je však pro uživatele spojeno s velkým objemem práce a související dokumentace.

- Proto je žádoucí ulehčit evidenci a použití polohovacích dat a alespoň částečně je automatizovat.
- 45 Kromě toho by bylo výhodné zpracovávat data tak, aby to bylo pohodlné pro uživatele a aby byl objem práce a související dokumentace pro uživatele co možná nejmenší a aby se zamezilo zadávání chybných nebo nevhodných polohovacích dat.

- To je postupem podle tohoto vynálezu zajištěno. Níže popsany postup polohování může být
- 50 kromě toho koncipován jako inteligentní postup, tzn. jako samoučící postup, který monitoruje zadávání dat a nabízí možnost zlepšovat přesnost polohování pracovního stolu na vzorky.

Dosavadní stav techniky

Pro polohování vzorků při preparaci vzorků se jak známo používají jednoduché, uživatelem editovatelné seznamy poloh, v nichž jsou uvedeny různé polohy, které může vzorek zaujmout. Obvykle se vzorek do požadovaných poloh přesune nejdříve ručně tak, aby tyto polohy byly následně uloženy do seznamu poloh. Uložené polohy lze vyvolat později tak, aby se vzorek opět přesunul do příslušné polohy. Nevýhodou je, že tento postup je mimořádně pracný, protože uživatel musí manuálně najet a individuálně zdokumentovat všechny polohy. Kromě toho může být správa a úpravy dlouhých seznamů, které lze považovat za jednorozměrné tabulky, značně matoucí.

Je rovněž známo, že se k navigaci používají grafické pomůcky jako například dvourozměrné přehledové obrázky nebo data CAD layoutů. Většinou se jedná o nalezení bodu zájmu vzorku ve dvou (x, y) nebo třech rozměrech (x, y, z). Ale i při těchto postupech může být pro uživatele obtížné se zorientovat a zdokumentovat potřebná data, zejména pokud má zohlednit změny trojrozměrných souřadnic nebo změny prostorové orientace jako například naklopení nebo otočení vzorku.

Podstata vynálezu

Úkolem předkládaného vynálezu je navrhnout postupy, prostřednictvím kterých bude možné polohovat zkoumaný vzorek v generátoru svazku částic tak, aby to bylo uživatelsky jednoduché, a částečně nebo zcela automatizovat najíždění předdefinovaných poloh vzorku.

Tyto úkoly jsou podle tohoto vynálezu řešeny postupem se znaky nároku 1. Výhodná provedení jsou dána závislými nároky. Předkládaný vynález se kromě toho týká generátoru svazku částic podle nároku 15 až 18, který je zařízen tak, aby prováděl postup podle tohoto vynálezu. Způsob lze realizovat pomocí počítačového programu, který do generátoru svazku částic vysílá podnět k provedení polohovacího postupu.

Základem vynálezu je poznatek, že při preparacích vzorků se vzorek přemísťuje do různých poloh vzorku, mezi nimiž existuje souvislost. Příslušná souvislost mezi dvěma polohami může vyplynout na základě prostorových podmínek (geometrie vzorků a/nebo přístrojů) nebo ji může libovolně přiřadit uživatel. Najíždění do poloh vzorku často probíhá postupně v definovaném pořadí, přičemž některé polohy lze najet vícekrát. V každém případě lze použít znalosti o vzájemných závislostech jednotlivých poloh vzorku k vylepšení postupu polohování vzorku.

Poloha vzorku (krátce označovaná také jako „poloha“) zahrnuje jak umístění, tak také orientaci vzorku v prostoru. Pojem „umístění“ v tomto případě znamená lokalizaci vzorku v trojrozměrném prostoru, kterou lze popsat uvedením souřadnic x, y a z. Pod pojmem „orientace v prostoru“ se rozumí směřování vzorku. Orientace v prostoru je většinou udávána ve vztahu k jedné z optických os zařízení mikroskopu. Geometrické uspořádání vzorku a/nebo požadované kroky zpracování způsobují, že vzorek je při určitých směřováních nutné držet relativně vůči optické ose nebo optickým osám zařízení mikroskopu. Obvykle se prostorová orientace vzorku mění rotací vzorku kolem os překlápění a/nebo os otáčení. Často je přitom nutné osu překlápění vzorku nasměřovat, aby byl vzorek naklopen tak, jak to vyžaduje individuální geometrie použitá při zpracování.

Pod pojmem „polohování“ rozumíme pohyb vzorku do některé z poloh vzorku. Přitom v některých případech hraje roli i trajektorie, po které se vzorek přemísťuje z první polohy do druhé polohy. Pod pojmem „trajektorie“ rozumíme přesnou dráhu pohybu, to znamená pořadí, rychlost a rozsah translatomích pohybů (kroky pohybu) a rotačních pohybů (naklopení, otočení).

Pohyb vzorku do různých poloh je obvykle realizován pomocí pohyblivého pracovního stolu. Pracovní stůl obvykle zahrnuje minimálně translační pohybové prvky, jejichž pomocí lze vykonávat pohyb ve směru x a y , většinou i ve směru z . Přitom jsou uvedené translační osy orientovány tak, že jsou vždy navzájem kolmé. Pracovní stůl často disponuje také rotačními pohybovými prvky, které vykazují například první osu otáčení (R), kolem níž je otočně umístěn pracovní stůl. Je také možné, aby stůl navíc vykazoval druhou osu otáčení (T), kolem níž je stůl otočný a která je umístěna kolmo k první ose otáčení. Druhá osa otáčení se označuje také jako osa překlápění (T). Pokud se používá takový stůl s pěti osami, lze tedy za účelem změny umístění vzorku zkoumaný vzorek posunovat ve třech směrech v prostoru x , y a z . Kromě toho lze změnit orientaci vzorku v prostoru tím, že se vzorek otočí a/nebo překlápí. Je také možné, aby pracovní stůl byl uspořádán jako stůl s šesti osami (tzv. super eucentrický stůl), tedy jako stůl s pěti osami, který vyazuje jednu osu navíc, která se většinou označuje jako osa M.

Ovládací zařízení řídí pohyb pracovního stolu. Toto je výhodně realizováno pomocí počítače, vzájemnou interakcí ovládacího zařízení a úložného zařízení. Požadované polohy bodu zájmu vzorku lze popsat prostřednictvím datových vět a ukládat prostřednictvím úložného zařízení. Pro najetí určité polohy vzorku je příslušná datová věta vyvolána z paměti tak, aby ovládací zařízení přesunulo pracovní stůl včetně vzorku do polohy popsané v datové větě.

Pod pojmem „datová věta“ se rozumí data, která jsou přiřazena některé z poloh vzorku a která zahrnují informace, jimiž lze dostatečně charakterizovat polohu vzorku, například souřadnice x , y a z a úhel naklopení určitého vzorku.

Podle tohoto vynálezu jsou datové věty, které popisují jednotlivé polohy vzorku, zobrazeny v dvourozměrné tabulce, tzn. v maticové struktuře. Uspořádáním do matice lze předávat dodatečné informace. Například lze předat informaci, že všechny datové záznamy v jednom sloupci platí pro tentýž vzorek. Navíc lze připojit informaci, že všechny datové záznamy v určitém řádku popisují stejnou orientaci v prostoru příslušných vzorků relativně k některé z optických os zařízení mikroskopu. Jinými slovy: Použitím dvourozměrné tabulky jsou reprezentovány vztahy mezi datovými větami. To umožňuje částečnou nebo úplnou automatizaci polohování vzorků.

Pokud předpokládáme libovolně zvolenou a jako nezávisle definovanou polohu vzorku, mohou být závislé polohy vypočítány předem nebo přiřazeny ručně. Přitom může být vztah mezi nezávislou polohou a závislou polohou popsán například pevnou hodnotou nebo matematickou funkcí. Zvláště výhodné může být, pokud jsou vztahy mezi polohami vzorku ukládány jako relativní spojení tak, aby při změně některé z poloh nutně došlo ke změně dalších propojených poloh.

Je také možné, aby polohy vzorku byly určovány logickým analogickým závěrem. Vyjdeme-li z poloh vzorku prvního bodu zájmu vzorku, lze analogicky vypočítat odpovídající polohy pro druhý bod vzorku.

Takto lze standardizovat polohování vzorků při preparacích tím, že jsou nejdříve uloženy všechny polohy vzorků pro první bod zájmu (ROI) vzorku. Z uložených dat pak lze analogicky odvodit polohy vzorku pro ostatní body zájmu (ROI) vzorku nebo směřování vzorku. To má výhodu, že uživatel musí ručně zadávat pouze minimum poloh vzorku a že většinu poloh vzorku lze vypočítat prostřednictvím ovládacího zařízení na počítačové bázi.

Kromě toho lze definovat logiku pro správu, která ve formě pravidel stanovuje, zda mají být určitá umístění a orientace v prostoru přípustná jako poloha vzorku či nikoliv.

Je také možné, aby byly předdefinované příkazy uvedeny v seznamu příkazů, z nichž je lze vybírat a přiřadit některé z datových vět a/nebo některému z polí v dvourozměrné tabulce. Pomocí příkazu lze pohybovat pracovním stolem tak, aby se některý z bodů zájmu vzorku přesunul z první polohy vzorku do druhé polohy vzorku.

Objasnění výkresů

Níže jsou příklady provedení vynálezu vysvětleny pomocí obrázků. Pro vysvětlení komponentů se proto odvoláváme i na celý předcházející a následující popis.

Obr. 1 znázorňuje situaci v generátoru svazku částic, který je uzpůsoben tak, aby realizoval příklad provedení polohovacího postupu.

Obr. 2 znázorňuje vývojový diagram prvního příkladu provedení postupu podle tohoto vynálezu.

Obr. 3a znázorňuje příklad dvourozměrné polohovací tabulky.

Obr. 3b znázorňuje příklad alternativní dvourozměrné polohovací tabulky.

Obr. 4 znázorňuje vývojový diagram druhého příkladu provedení postupu podle tohoto vynálezu.

Obr. 5 znázorňuje speciální charakteristiku dvourozměrné polohovací tabulky.

Obr. 6 znázorňuje generátor svazku částic, jehož pomocí lze realizovat polohovací postup.

Obr. 7 znázorňuje příklad dvourozměrné polohovací tabulky, která je uspořádána jako grafická uživatelská plocha.

Příklady uskutečnění vynálezu

Obrázky 1 a 2 se vztahují na první příklad provedení polohovacího postupu podle tohoto vynálezu, jak ho lze použít při preparaci lamel pro TEM.

Lamely pro TEM jsou mikroskopické vzorky, které jsou zapotřebí pro zkoumání v transmisním elektronovém mikroskopu (TEM). Lamely pro TEM jsou alespoň v jedné dílčí části natolik tenké, že mohou být prozářeny elektrony, takže transmitované elektrony mohou být detekovány a použity k vytvoření obrazu. Obvykle se lamela pro TEM připravuje z celého materiálu vzorku, neboli z bloku se vzorkem. Při takzvaném lift-outu se lamela pro TEM oddělí od bloku se vzorkem a přenese se na transferový nosič.

Obr. 1 schematicky znázorňuje situaci v komoře na vzorky dvousvazkového přístroje, v němž jsou blok 6 se vzorkem a transferový nosič 2 polohovány v souvislosti s preparací lamely pro TEM.

Blok 6 se vzorkem, který zahrnuje prostorovou oblast, která má být preparována jako lamela pro TEM, je namontovaný na držáku 5 vzorku. Na dalším držáku 3 vzorku je přidržován transferový nosič 2. Oba držáky 3, 5 vzorku jsou přidržovány na pohyblivém pracovním stole 4, který je přednostně uspořádán jako stůl s pěti osami.

Transferový nosič 2 slouží k zachycení lamely pro TEM, která byla oddělena od bloku 6 se vzorkem, a k přípravě lamely pro další použití. Transferový nosič 2 může být uspořádán například jako tzv. „lift-out grid“.

Pracovní stůl 4 včetně na něm namontovaných, výše popsaných prvků se nachází v komoře na vzorky dvousvazkového přístroje, který vykazuje sloupec 1 s elektronovým svazkem a sloupec 7 s iontovým svazkem. Dvousvazkový přístroj navíc zahrnuje úložné zařízení (není znázorněno) a ovládací zařízení (není znázorněno). Pomocí ovládacího zařízení lze pohybovat pracovním stolem 4, což umožňuje pohybovat pracovním stolem 4 i prvky, které jsou na něm namontované,

do předdefinovaných poloh. Pohybem pracovního stolu 4 je tedy možné blok 6 se vzorkem a transferový nosič 2 přidržovat v různých polohách relativně k optickým osám 8, 9 generátoru svazku částic.

- 5 Obr. 2 znázorňuje vývojový diagram prvního příkladu provedení polohovacího postupu podle tohoto vynálezu. Přitom je v kroku S1 na pracovní stůl dvousvazkového přístroje umístěn blok se vzorkem, z něhož má být získána první lamela pro TEM, a transferový nosič. Obvykle pracovní stůl zahrnuje několik upínacích zařízení pro držák vzorku. Na jedno z upínacích zařízení je namontován držák vzorku, který nese blok se vzorkem. Na druhé upínací zařízení je namontován transferový nosič (který je v principu rovněž držákem vzorku), na který má být po oddělení z bloku se vzorkem přenesena první lamela pro TEM.

- 15 V kroku S2 je blok se vzorkem zobrazen pomocí funkce rastrovacího elektronového mikroskopu dvousvazkového přístroje. K tomuto účelu je blok se vzorkem prostřednictvím ovládacího zařízení polohován tak, aby byl blok se vzorkem nasměrován v podstatě kolmo k optické ose sloupce s elektronovým svazkem. To znamená, že svazek elektronů dopadá na povrch vzorku přibližně kolmo. Přitom je výhodné, pokud je pracovní vzdálenost (výška z) zvolena tak, aby bylo dosaženo dobrých vlastností zobrazení.

- 20 Poté (krok S3) je na základě obrazu vzorku zvolen bod zájmu (ROI) vzorku, v němž má být preparována první lamela pro TEM. Eventuálně je nutné posunovat vzorek ve směru x a y, dokud nebude bod zájmu (ROI) vzorku pod čočkou objektivu sloupce s elektronovým svazkem umístěn tak, aby se bod zájmu (ROI) vzorku, jak je to žádoucí, nacházel v zorném poli sloupce s elektronovým svazkem.

- 25 V dalším kroku S4 je uložena aktuální poloha prvního bodu zájmu (ROI) vzorku. Přitom je uložena první datová věta, která popisuje jak umístění, tak i orientaci prvního bodu zájmu (ROI) vzorku v prostoru. Datová věta s potřebnými informacemi může být pomocí úložného zařízení zobrazena v dvourozměrné tabulce.

- 30 Poloha vzorku prvního bodu zájmu (ROI) vzorku uložená v kroku S4 je výhodně definována jako nezávislá poloha a jako taková je i uložena. Nezávislou polohu lze zvolit libovolně. V dalším průběhu postupu je pak možné nezávislé poloze přiřadit jiné polohy vzorku. Jinými slovy: Další polohy jsou propojeny s nezávislou polohou, takže přiřazené polohy je možné považovat za závislé na nezávislé poloze. Výhodně je datová věta opatřena jednoznačným a výstižným názvem, například „Face to SEM“, což usnadňuje následné zpracování.

- 40 V dalším kroku S5 je transferový nosič zobrazen pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu. K tomuto účelu je pracovní stůl přemístěn tak, aby byl transferový nosič umístěn pod objektivem sloupce s elektronovým svazkem.

- 45 V kroku S6 je na základě obrazu SEM zvoleno první místo zachycení vzorku, a sice to místo na transferovém nosiči, na které má být při později probíhajícím lift-outu přenesena první lamela pro TEM.

- 50 Poloha prvního místa zachycení je propojena s první polohou vzorku „Face to SEM“ a uložena (krok S7). Výhodně je poloha uložena společně s vhodným názvem, např. „Attach to grid finger“, a je zobrazitelná v dvourozměrné tabulce. Mimořádně výhodné je, pokud k tomu dochází tak, aby bylo spojení patrné z uspořádání v tabulce. Takový případ nastává například tehdy, jsou-li vzájemně propojené datové věty uloženy v různých řádcích v tomtéž sloupci (jak je znázorněno na obr. 3a), přičemž všechna pole v tomto sloupci se týkají první lamely pro TEM a záznamy v těchto polích reprezentují různé polohy vzorku první lamely pro TEM.

- 55 Pokud je to žádoucí, je nyní možné definovat a uložit i další polohy vzorku. K tomuto účelu lze požadované polohy najet ručně a uložit.

Alternativně lze další požadované polohy vzorku, pokud vycházíme z nezávislé polohy, s níž jsou propojovány, vypočítat a uložit prostřednictvím početních operací.

5 Pokud má být zpracována druhá lamela pro TEM, opakují se kroky postupu S2 až S8 pro druhou lamelu pro TEM.

10 Nakonec je v kroku S9 vyvolána poloha vzorku uložená v datové větě tak, aby se pracovní stůl pohyboval prostřednictvím vzájemné interakce úložného zařízení a ovládacího zařízení. Pohyb stolu probíhá tak, že se bod vzorku přesune a je přidržován v té poloze, která je popsána vyvolanou datovou větou. To tedy znamená, že bod vzorku zaujme předdefinované umístění a předdefinovanou orientaci v prostoru ve vztahu k mikroskopickému systému, přednostně ve vztahu k optické ose mikroskopického systému.

15 Postup podle tohoto vynálezu tedy umožňuje přesunovat bod vzorku, který se nachází v libovolné poloze, tak, aby se bod vzorku přesunul do jiné, dříve určené polohy.

20 Obr. 3a a 3b znázorňují, jak může vypadat dvourozměrná tabulka, v níž jsou zobrazeny datové věty. Na obr. 3a je znázorněno, že první pole 33, druhé pole 34, třetí pole 35, čtvrté pole 36 tabulky jsou umístěna v prvním sloupci 31 a druhém sloupci 32 a prvním řádku 38 a druhém řádku 37. Všechna pole v prvním sloupci 31 jsou přiřazena určitému vzorku, například první lamely pro TEM (lamela). V prvním řádku 38 a druhém řádku 37 prvního sloupce 31 jsou vždy uloženy datové věty pro jednotlivé polohy tohoto vzorku. To znamená, že ve sloupci 31 jsou uloženy datové věty pro všechny polohy vzorku, které má vzorek zaujmout při preparaci první lamely pro TEM.

25 Samozřejmě je také možné, aby byly rozměry tabulky převrácené, jak je znázorněno na obr. 3b. Zde jsou data určitého vzorku (např. lamely 1) umístěna v řádku 39. V prvním sloupci 40 a druhém sloupci 41 jsou uloženy polohy vzorku náležící k tomuto vzorku.

30 Obě varianty obrázků 3a a 3b mají společné to, že datové věty jsou znázorněny v maticové struktuře. Mimořádně výhodné přitom je, že vzájemný vztah datových vět je reprezentován, tzn. popisován, uspořádáním v dvourozměrné tabulce. Proto je možné na rozdíl od seznamu poloh upustit od pracného pojmenovávání. Vztah mezi datovými záznamy v prvním poli 33, druhém poli 34, třetím poli 35, čtvrtém poli 36 může být přiřazen buď ručně, nebo může být výsledkem výpočtů.

40 U dosud popsanych příkladů provedení a u příkladů provedení popsanych níže je v zásadě také možné, aby v datových větách, které popisují nezávislé polohy vzorku, byla ukládána surová data, tzn. data týkající se umístění a orientace v prostoru. Ukládání probíhá společně s informacemi o vztazích, jimiž jsou závislé polohy propojeny s nezávislými polohami. To tedy znamená, že jsou surová data ukládána s logikou pro správu. To má výhodu, že je nutné ukládat pouze minimální objemy dat. Teprve při načítání dat, tedy v okamžiku, kdy má být vzorek přesunut do určité polohy vzorku, probíhá výpočet závislé polohy vzorku určené k najetí. Přesná data závislých poloh vzorku týkající se jeho umístění a orientace v prostoru jsou tedy vypočítávána až „on the fly“.

50 V jednom z dalších příkladů provedení, který je vysvětlen na základě obr. 4, se postup podle tohoto vynálezu používá pro navigaci vzorků při preparaci příčného řezu vzorkem (cross section) v komoře na vzorky dvousvazkového přístroje. Preparace příčného řezu vzorkem může být součástí preparace lamely pro TEM.

55 Příčný řez vzorkem je leštěný povrch, který probíhá kolmo k povrchu vzorku. Pro vytvoření příčného řezu je vzorek obvykle zobrazen nejdříve pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu, přičemž se na vzorku určí to místo, ve kterém má být vytvořen příčný řez.

- K tomuto účelu je vzorek přidržován pod objektivem elektronově optického sloupce tak, aby byl povrch vzorku nasměrován přibližně kolmo k optické ose elektronově optického sloupce. Tato poloha vzorku je nazývána například „Face to SEM“. Poté je zaostřeným svazkem iontů obrušován materiál vzorku tak dlouho, dokud není odkryta plocha příčného řezu. Při tomto kroku zpracování musí být vzorek přidržován pod objektivem iontově optického sloupce, a to tak, aby byl povrch vzorku nasměrován přibližně kolmo k optické ose iontově optického sloupce (poloha vzorku: „Face to FIB“).
- Výhodně je přitom vzorek navíc také otočen, aby byla osa překlpení vzorku nasměrována rovnoběžně s podélným roztažením příčného řezu (poloha vzorku: „Rotate Face to FIB“). Geometrie použitá při zpracování (v závislosti na geometrii vzorku a geometrii použitého zařízení mikroskopu) může v zásadě vyžadovat, aby byl vzorek určitým způsobem otočen tak, aby bylo možné realizovat nezbytné kroky zpracování.
- Aby byla vyloučena kolize vzorku a zařízení mikroskopu, je často žádoucí přidržovat vzorek ve větší vzdálenosti, například ve vzdálenosti větší o 1 mm, od objektivu částicově optického zařízení. K tomu lze definovat další polohu, která splňuje tato kritéria (poloha vzorku: „Face to FIB -1 mm“).
- Jak již bylo zmíněno výše, je zaostřeným iontovým svazkem obrušován materiál vzorku za účelem vytvoření příčného řezu. V důsledku tvaru profilu zaostřeného svazku iontů však tímto způsobem vytvořený příčný řez většinou neprobíhá přesně kolmo k povrchu vzorku. Proto je vzorek – v závislosti na podmínkách – nakloněn ještě o něco více nebo o něco méně tak, aby jej bylo možné dodatečně přepracovat svazkem iontů dopadajícím pod změněným úhlem dopadu (poloha vzorku: „Rotate to FIB overtilt“). Takto lze vytvořit plochu příčného řezu, která je nasměrována kolmo k povrchu vzorku. Nakonec je vzorek přemístěn do polohy, ve které lze příčný řez zobrazit v rastrovacím elektronovém mikroskopu. Přitom je výhodné, pokud je vzorek nakloněn o úhel 60° mezi optickou osou elektronově optického sloupce a příčným řezem (poloha vzorku: „Face to SEM 60° “).
- Během preparace příčného řezu je tedy vzorek postupně přesunován do různých poloh relativně k optické ose elektronově optického sloupce a k optické ose iontově optického sloupce a je v těchto polohách přidržován. V důsledku geometrických charakteristik dvousvazkového přístroje existují mezi jednotlivými polohami této sekvence poloh příslušné logické vztahy, které lze formulovat matematicky. Například jsou oba sloupce se svazky navzájem umístěny v určitém úhlu α . Pokud proto vyjdeme z první polohy vzorku, která je definována jako nezávislá poloha, můžeme další polohu vypočítat pomocí početních operací a propojit ji s první polohou vzorku.
- Například je možné polohu „Face to SEM“, při které je vzorek přidržován kolmo k optické ose SEM sloupce v rovině zaostření bez naklonění, zvolit jako nezávislou polohu. Jak je znázorněno na obr. 4, je v kroku S41 vzorek nejdříve přemístěn do této polohy, aby jej bylo možné zobrazit SEM. Výhodné je, pokud polohování proběhne, zatímco jsou pořizovány snímky pomocí SEM tak, aby bylo možné nastavit a zkontrolovat přesnou polohu vzorku.
- Poté (krok S42) je poloha nalezená v kroku S1 uložena jako nezávislá poloha. Mimořádně uživatelsky pohodlné přitom může být, pokud je poloha znázorněna v dvourozměrné polohovací tabulce (jako obr. 5).
- V kroku S43 jsou vypočítány a uloženy závislé polohy a uloženy například v podobě řádků do dvourozměrné tabulky. Přitom lze polohu „Face to FIB“ vypočítat jako závislou polohu, aniž by bylo nutné tuto polohu najíždět navíc i ručně. Elektronově optický sloupec a iontově optický sloupec jsou vzájemně umístěny v pevném úhlu α , například v úhlu 54° . Pro přesun vzorku z polohy vzorku „Face to SEM“ do polohy „Face to FIB“ musí být vzorek otočen o úhel α kolem osy překlpení. Pokud jsou místní a prostorové souřadnice polohy „Face to SEM“ známy a uloženy, lze následně vypočítat místní a prostorové souřadnice polohy „Face to FIB“.

Předpokládáme-li libovolně zvolenou polohu, lze tedy vypočítat odvozené polohy vzorku, které jsou nutné pro příslušnou preparaci vzorku. Přitom lze v principu určit jakoukoliv polohu vzorku v sekvenci poloh jako nezávislou polohu, protože jejich spojení jsou obvykle inverzní.

5

V některých případech může být nutné nebo žádoucí vzorek před zpracováním otočit. Jako zvláště výhodné se přitom ukázalo přidat pomocí ovládacího softwaru mikroskopu do SEM obrazu vzorku zpracovávaný objekt (overlay) a na základě tohoto zobrazení vypočítat nezbytný úhel otočení.

10

V kroku S44 jsou vyvolávány uložené polohy tak, aby se vzorek přesunul do předem určených umístění a orientací v prostoru.

Obr. 5 znázorňuje příklad dvourozměrné polohovací tabulky s polohami vzorků druhé formy provedení. Jednotlivé polohy vzorku jsou do tabulky uloženy v podobě řádků. Pokud má být vytvořeno několik příčných řezů, je možné v tabulce vytvořit první sloupec 51 a druhý sloupec 52, přičemž definice a pravidla jednotlivých polí prvního sloupce mohou být analogicky převzaty do polí ostatních sloupců.

Mimořádně výhodné je, pokud lze datové věty ve dvourozměrné tabulce editovat. Tak lze zadat pravidla, která zjednodušují a zvyšují bezpečnost polohování vzorku. Například může být zadáno, aby bylo možné najíždět pouze takové polohy vzorku, které mohou být buď definovány uživatelem ručně, nebo které lze kompletně vypočítat. Je také možné, aby uživatel definováním pravidel zadal bezpečnostní vzdálenost mezi vzorkem a objektivem. To je realizováno například tím, že vzdálenost mezi vzorkem a objektivem je ve směru z zvětšena o 1 mm. Dále je možné formulovat a ukládat pravidla pro vztah mezi jednotlivými řádky nebo sloupci.

Navíc se lze vyhnout ukládání zjevně chybných poloh tím, že je například vyloučeno, aby byla poloha kolmo pod objektivem elektronově optického sloupce uložena jako „Face to FIB“. Tak lze zabránit záměnám a snížit riziko poškození při pohybování se vzorkem.

Kromě toho lze ve formě pravidel stanovit, po které trajektorii se pracovní stůl bude pohybovat za účelem přesunu bodu zájmu (ROI) vzorku do určité polohy. To tedy znamená, že je stanovena dráha pohybu. K tomu dochází tím, že je například definováno, které osy stolu se pohybují a v jakém rozsahu a v jakém pořadí k tomu dochází.

Je také možné formulovat pravidla, která definují vztah mezi některou z poloh vzorku a některým z provozních parametrů generátoru svazku částic, jako například nastaveným proudem svazku částic.

40

Konečně lze pravidla zadávat také v závislosti na kontextu tak, aby tato pravidla byla uplatňována v závislosti na zcela konkrétním kroku procesu. Je-li například najata poloha pro krok leštění s přetočením, musí být rotace vzorku zvolena správně. Je-li však stejná poloha najata pro pořízení kontrolního snímku, není nutné brát na rotaci ohled.

45

Navíc může být k dispozici možnost provedení korekce, jejíž pomocí lze vylepšit přesnost polohování. Protože je přesnost pohybů pracovního stolu omezená, je často žádoucí, aby uživatel mohl najeté polohy kontrolovat a v případě potřeby ručně korigovat. Může proto být úmyslem, aby po takové ruční korekci byla dosud uložená poloha přepsána zkorigovanou polohou vzorku. To může probíhat automaticky, např. s aktivací při spuštění procesu „milling“ nebo spuštění procesu oddělování. Je také možné provádět korekturu polohování pomocí automatické korekce driftu. I v tomto případě může být dosud uložená poloha přepsána zkorigovanou polohou vzorku.

Obr. 7 znázorňuje mimořádně výhodnou formu provedení, ve které je dvourozměrná polohovací tabulka uspořádána jako grafická uživatelská plocha 100. Přitom je možné, aby bylo ovládání

55

realizováno pomocí softwarových tlačítek Setup 101, Goto 102, Save 103, Delete 104, Edit 105, jejichž stisknutím může uživatel provádět příkazy jako „Vytvořit datovou větu (Setup)“ softwarové tlačítko Setup 101, „Uložit datovou větu (Save)“ softwarové tlačítko Save 103, „Upravit datovou větu (Edit)“ softwarové tlačítko Edit 105, „Najet polohu vzorku (Goto)“ softwarové tlačítko Goto 102 a „Smazat datovou větu (Delete)“ softwarové tlačítko Delete 104. K dispozici mohou být další softwarová tlačítka. Zvláště výhodné je, pokud se při stisknutí softwarových tlačítek „Vytvořit datovou větu (Setup)“ softwarové tlačítko Setup 101 a/nebo „Upravit datovou větu (Edit)“ softwarové tlačítko Edit 105 otevře dialogové okno, v němž uživatel může datovou větu editovat. Například lze v dialogovém okně „Setup“ nebo „Edit“ specifikovat vztahy mezi řádky dvourozměrné tabulky.

Například může vztah mezi řádkem B a řádkem C na obrázku 5 znít takto:
 $z(C) = z(B) - 1 \text{ mm}$, aby byla zajištěna vzdálenost k sloupci se svazkem částic zvětšená o 1 mm. V dialogovém okně lze navíc specifikovat další podmínky, například pro řádek A a řádek B na obrázku 5. V tomto příkladu to může být:
 $B = A + \text{kompucentrický náklon do } T = 54^\circ$, pokud úhel α mezi sloupci se svazkem činí 54° .

Různé formy provedení postupu podle tohoto vynálezu mohou být realizovány například pomocí dvousvazkového přístroje (kombinovaný FIB-SEM přístroj), obr. 6 znázorňuje dvousvazkový přístroj 61, který zahrnuje dva sloupce se svazkem částic, a sice sloupec 63 s elektronovým svazkem pro vytvoření svazku elektronů a sloupec 79 s iontovým svazkem pro vytvoření zaostřeného svazku iontů. Oba svazky částic jsou nasměrovány na bod zpracování na vzorku 74, který se obvykle nachází v koincidenčním bodu obou svazků částic. Vzorek 74 je prostřednictvím držáku vzorku (není znázorněn) přidržován na pohyblivém pracovním stole 75 a nachází se v komoře 62 na vzorky dvousvazkového přístroje, v níž za provozu obvykle panují podmínky vakua.

Pracovní stůl 75 je výhodně uspořádán jako pracovní stůl s pěti osami. To znamená, že vzorkem 74 lze pohybovat ve směrech x, y a z, tedy ve třech navzájem kolmých prostorových směrech, a otáčet jím kolem osy překlopení a osy otáčení. Rotace kolem osy překlopení, která probíhá kolmo k rovině tvořené optickou osou 66 sloupce s elektronovým svazkem a optickou osou 78 iontové optického sloupce (tzn. kolmo k projekční rovině), umožňuje, aby povrch vzorku, který má být ozářen nabitými částicemi, mohl zaujímat různé nastavitelné úhly vzhledem k optické ose 66 sloupce s elektronovým svazkem a optické ose 78 iontové optického sloupce.

Za provozu jsou ve zdroji 64 elektronů vytvářeny primární elektrony, které jsou urychleny podél optické osy 66 sloupce 63 s elektronovým svazkem, spojeny prvním systémem 65 kondenzovaných čoček a druhým systémem 67 kondenzovaných čoček a ořezány alespoň jednou aperturní clonou 68. Kromě toho sloupec 63 s elektronovým svazkem zahrnuje vychylovací systém 69, jehož prostřednictvím může být svazek primárních elektronů veden po povrchu vzorku 74. Kombinovaný FIB-SEM dvousvazkový přístroj 61 dále zahrnuje alespoň jeden detektor 70 za účelem detekování produktů interakce svazku částic a vzorku 74.

Dvousvazkový přístroj 61 zahrnuje kromě toho sloupec 79 s iontovým svazkem se zdrojem 80 iontů, vychylovací systém 77 a zaostřovací čočku 76. Ionty vytvořené ve zdroji 80 iontů jsou urychlovány a spojovány podél optické osy 78 sloupce 79 s iontovým svazkem, takže ionty dopadají na vzorek 74 zaostřeně a lze je využít k úběru materiálu ze vzorku 74 a/nebo k zobrazení vzorku 74.

Je výhodné, pokud generátor svazku částic dále vykazuje i systém 73 vstřikování plynu (GIS). Tento obvykle zahrnuje alespoň jeden zásobník na procesní plyn, který lze hadicí, jež končí v blízkosti bodu zpracování, přivádět ke vzorku 74. Procesní plyn může být koncipován jako prekurzorový plyn. Prekurzorový plyn je nejdříve aktivován svazkem iontů nebo svazkem elektronů a tímto způsobem přeměněn na reaktivní formu, která dokáže obrousovat materiál vzorku nebo ukládat materiál na vzorku 74. Například lze jako prekurzorový plyn přivádět

fluorid xenonatý (XeF_2), který se aktivací přemění na reaktivní fluorid xenonatý, který způsobí leptání materiálu vzorku. Proces zpracování vzorku 74 lze pozorovat pomocí sloupce 63 se svazkem iontů a detektoru 70 simultánně nebo postupně.

- 5 Kromě toho generátor svazku částic zahrnuje ovládací zařízení 72 a úložné zařízení 71. Pomocí úložného zařízení 71 lze ukládat a upravovat datové věty, které popisují polohy vzorku a které se používají k polohování vzorku podle tohoto vynálezu. Prostřednictvím vzájemné interakce úložného zařízení 71 a ovládacího zařízení 72 lze pohybovat s pracovním stolem tak, aby se bod zájmu (ROI) vzorku přemístil do předdefinované polohy a aby byl v této poloze přidržován.

10 Ovládací zařízení 72 může provádět sekvenci ovládacích příkazů, které jsou zahrnuty v počítačovém programu. Provedením sekvence ovládacích příkazů je zajištěno, aby generátor svazku částic provedl polohovací postup podle tohoto vynálezu.

- 15 Polohovací postup podle tohoto vynálezu není omezen na zobrazené ilustrační zařízení mikroskopu. Je rovněž možné použít postup podle tohoto vynálezu při pozorování a/nebo zpracovávání vzorků, které mají být zkoumány jinými mikroskopy, například světelnými mikroskopy nebo rentgenovými mikroskopy.

- 20 Zvláště výhodné je realizovat postup podle tohoto vynálezu pomocí zařízení mikroskopu, které obsahuje optický nebo částicově-optický systém, který definuje optickou osu, a pohyblivý pracovní stůl pro zachycení vzorku.

Pomocí pracovního stolu lze první bod vzorku přemístit do různých poloh, tzn. umístění a orientaci v prostoru, relativně k optické ose zařízení mikroskopu. Rovněž tak lze i druhým bodem vzorku pohybovat do různých poloh relativně k optické ose. Umístění a orientace prvního a
25 druhého bodu vzorku v prostoru mohou být vždy popsány různými datovými větami. Kromě toho zařízení mikroskopu zahrnuje úložné zařízení pro ukládání datových vět a ovládací zařízení, které ovládá pohyb pracovního stolu, což je realizováno pomocí uložených datových vět. Kromě toho zahrnuje zařízení mikroskopu uživatelské rozhraní se zobrazovacím zařízením, na kterém lze
30 informace zobrazit v polích dvourozměrné tabulky.

Přitom jsou pole v prvním řádku nebo sloupci dvourozměrné tabulky přiřazena prvnímu bodu vzorku. Dvourozměrná tabulka kromě toho vykazuje alespoň druhý sloupec nebo řádek, který probíhá paralelně k prvnímu sloupci nebo řádku. Pole druhého sloupce nebo řádku jsou přiřazena
35 druhému bodu vzorku. Polím jsou přiřazeny datové věty, které jsou uloženy v zařízení pro ukládání dat a které odpovídají různým umístěním a/nebo orientacím bodů vzorku v prostoru relativně k optické ose. Tak je polím v tabulce přiřazena vždy jedna poloha (tzn. umístění a orientace v prostoru) jednoho bodu vzorku.

40 Přitom odpovídají datové věty, které jsou přiřazovány polím prvního řádku nebo sloupce, umístěním a orientací v prostoru, které může zaujmout první bod vzorku relativně k optické ose. Datové věty, které jsou přiřazovány polím druhého řádku nebo sloupce, odpovídají polohám, které může zaujmout druhý bod vzorku relativně k optické ose.

45 Zvláště výhodné je, pokud je ovládací zařízení uspořádáno tak, aby zadáním v uživatelském rozhraní bylo možné najet polohy, které jsou popsány uloženými datovými větami. Například lze kliknutím na zvolené pole nebo jeho jiným výběrem v dvourozměrné tabulce pohybovat pracovním stolem. Navíc je použita datová věta, která je přiřazena zvolenému poli. Bod vzorku přiřazený poli se pohybuje, dokud nezaujme umístění a orientaci v prostoru relativně k optické
50 ose, která je popsána v související datové větě.

Kromě toho je možné, aby – uvažujeme-li polohy vzorku prvního bodu zájmu vzorku – polohy vzorku druhého bodu vzorku byly určeny a vypočítány analogickým závěrem. K tomuto účelu by mělo být uživatelské rozhraní uspořádáno tak, aby bylo možné uloženým datovým větám
55 přiřazovat příkazy. Přitom jsou datové věty přiřazeny vždy jednomu poli, které je zase přiřazeno

5 prvním nebo druhému bodu vzorku. Ovládací zařízení přitom může pro pole, které je přiřazeno druhému bodu vzorku, vypočítat a přiřadit související datovou větu, přičemž vypočítaná datová věta odpovídá příkazu, který je přiřazen tomuto poli. Příkaz je založen na znalosti vztahu mezi první a druhou polohou vzorku a poskytuje informaci, jakým způsobem je nutné pracovní stůl přemístit, aby se bod vzorku přesunul z první polohy vzorku do druhé polohy vzorku.

10 Při výpočtu datové věty je uložena datová věta přiřazená druhému bodu vzorku zohledněna v jiném poli, které je přiřazeno druhému bodu. Kromě toho je při výpočtu datové věty zohledněna uložena datová věta, která je přiřazena prvnímu bodu vzorku a která je přiřazena poli, kterému je přiřazen stejný příkaz jako poli, pro které má být vypočítána a přiřazena datová věta.

15 Kromě toho je možné, aby uživatelské rozhraní zařízení mikroskopu bylo uspořádáno tak, aby polím, která jsou přiřazena prvnímu bodu vzorku, a/nebo polím, která jsou přiřazena druhému bodu vzorku, přiřazovalo příkazy ze seznamu příkazů. K tomuto účelu je ovládací zařízení uspořádáno tak, že zvolenému poli lze vypočítat a přiřadit příslušnou datovou větu, která odpovídá příkazu, který je přiřazen zvolenému poli. Při výpočtu uvedené datové věty je zohledněna uložena datová věta, která je přiřazena jinému poli, které je přiřazeno stejnému bodu vzorku.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Postup polohování vzorku v zařízení mikroskopu, přičemž je pomocí zařízení mikroskopu pozorován a/nebo upravován bod ROI zájmu vzorku na vzorku, a zařízení mikroskopu zahrnuje:

- optický nebo částicově optický systém, který definuje optickou osu,
- pohyblivý pracovní stůl pro zachycení vzorku, pomocí kterého lze vzorek přidržovat v první poloze a druhé poloze relativně k optické ose zařízení mikroskopu,
- úložné zařízení pro ukládání datových vět, které popisují polohy,
- ovládací zařízení, které pomocí uložených datových vět ovládá pohyb pracovního stolu,

a postup zahrnuje kroky:

- a) přidržení bodu ROI zájmu vzorku v první poloze,
- b) uložení první datové věty, kterou je popsána první poloha, přičemž první poloha je definována jako nezávislá poloha,
- c) uložení druhé datové věty, kterou je popsána druhá poloha, **vyznačující se tím**, že druhá poloha je propojena s uvedenou nezávislou polohou; přičemž datové věty jsou zobrazitelné v dvourozměrné tabulce a jsou ukládány tak, že vztah mezi datovými větami je reprezentován uspořádáním v dvourozměrné tabulce a dále postup zahrnuje krok d)
- d) vyvolání uložených datových vět tak, aby byl pracovní stůl přesunut tak, že bod vzorku je přidržován v poloze, která je popsána vyvolanou datovou větou.

2. Postup podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že k propojení dochází tím, že druhá poloha je vypočítána prostřednictvím početní operace.

3. Postup podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že k propojení dochází tím, že druhá poloha je najeta ručně.

4. Postup podle jednoho z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že kroky postupu a) až d) jsou zopakovány s druhým bodem zájmu ROI vzorku, a datové věty pro druhý bod ROI zájmu vzorku jsou rovněž zobrazeny v dvourozměrné tabulce.

5. Postup podle jednoho z nároků 1 až 4, **vyznačující se tím**, že datové věty jsou editovatelné.

6. Postup podle jednoho z nároků 1 až 5, **vyznačující se tím**, že je zadáno alespoň jedno pravidlo, které definuje logiku pro správu mezi dvěma polohami vzorku tak, aby byl vzorek polohovatelný jen v takových polohách vzorku, které jsou podle pravidla povolené.

7. Postup podle jednoho z nároků 1 až 6, **vyznačující se tím**, že pracovní stůl zahrnuje minimálně dvě osy a pohyb pracovního stolu je definován pořadím, rychlostí a rozsahem pohybu os a přičemž je zadáno alespoň jedno pravidlo, které předepisuje, v jakém pořadí a rychlosti a v jakém rozsahu se osy za účelem polohování vzorku pohybují.

8. Postup podle jednoho z nároků 1 až 7, **vyznačující se tím**, že přesnost polohování bodu zájmu ROI vzorku je vylepšována tím, že pokud je korigována některá z poloh vzorku, tak je uložena korigovaná poloha.

9. Postup podle jednoho z nároků 1 až 8, **vyznačující se tím**, že dvourozměrná tabulka je uspořádána jako grafická uživatelská plocha.

10. Postup podle jednoho z nároků 1 až 9, **vyznačující se tím**, že v zařízení mikroskopu je vytvářen svazek nabitých částic.

11. Postup podle jednoho z nároků 1 až 10, **vyznačující se tím**, že zařízení mikroskopu zahrnuje sloupec s elektronovým svazkem.

12. Postup podle jednoho z nároků 1 až 11, **vyznačující se tím**, že zařízení mikroskopu zahrnuje sloupec s iontovým svazkem.

5 13. Zařízení mikroskopu, zahrnující:

– optický nebo částicově optický systém, který definuje optickou osu,

– pohyblivý pracovní stůl pro zachycení vzorku, uzpůsobený pro přidržování vzorku v první a druhé poloze relativně k optické ose zařízení mikroskopu, přičemž první poloha je popsána první datovou větou a druhá poloha druhou datovou větou;

10 – úložné zařízení pro ukládání datových vět, které jsou uložitelné do dvourozměrné tabulky,

– ovládací zařízení pro ovládání pohybu pracovního stolu pomocí uložených datových vět,

přičemž zařízení mikroskopu je nastaveno pro realizování postupu polohování vzorku, který zahrnuje kroky:

A) přidržení bodu ROI zájmu vzorku v první poloze;

15 B) uložení první datové věty, kterou je popsána první poloha, přičemž první poloha je definována jako nezávislá poloha;

C) uložení druhé datové věty, kterou je popsána druhá poloha, **vyznačující se tím**, že druhá poloha je propojena s uvedenou nezávislou polohou, přičemž datové věty jsou zobrazitelné v dvourozměrné tabulce a jsou ukládány tak, že vztah mezi datovými větami je reprezentován uspořádáním v dvourozměrné tabulce, a dále postup zahrnuje krok

20 D) vyvolání uložených datových vět tak, aby byl pracovní stůl přesunut tak, že bod vzorku je přidržován v poloze, která je popsána vyvolanou datovou větou.

14. Zařízení mikroskopu, zahrnující:

– optický nebo částicově optický systém, který definuje optickou osu,

25 – pohyblivý pracovní stůl pro zachycení vzorku, uzpůsobený pro přemísťování prvního bodu vzorku do různých umístění a orientací v prostoru relativně k optické ose zařízení mikroskopu, a pro přemísťování druhého bodu vzorku do různých umístění a orientací v prostoru relativně k optické ose zařízení mikroskopu, přičemž různá umístění a orientace prvního a druhého bodu na vzorku v prostoru jsou popsána různými datovými větami,

30 – úložné zařízení pro ukládání datových vět,

– ovládací zařízení pro ovládání pohybu pracovního stolu pomocí datových vět uložených v úložném zařízení,

– uživatelské rozhraní se zobrazovacím zařízením, uzpůsobeným pro zobrazování informací v polích dvourozměrné tabulky, přičemž tato pole v prvním řádku nebo sloupci dvourozměrné tabulky jsou přiřazena prvnímu bodu vzorku, a pole ve druhém řádku nebo sloupci paralelním k prvnímu řádku nebo sloupci jsou přiřazena druhému bodu vzorku,

35 a přičemž polím v dvourozměrné tabulce jsou přiřazeny datové věty uložené v zařízení pro ukládání dat, které odpovídají různým umístěním a/nebo orientacím vzorku v prostoru relativně k optické ose, **vyznačující se tím**, že zahrnuje:

40 datové věty, které jsou přiřazeny polím prvního řádku nebo sloupce, odpovídají různým umístěním a/nebo orientacím prvního bodu vzorku v prostoru relativně k optické ose,

a datové věty, které jsou přiřazeny polím druhého řádku nebo sloupce, odpovídají různým umístěním a/nebo orientacím druhého bodu vzorku v prostoru relativně k optické ose,

a přičemž ovládací zařízení je uzpůsobeno tak, aby při aktivaci uživatelského rozhraní na zvoleném poli dvourozměrné tabulky pohybovalo pracovním stolem relativně k optické ose, až první nebo druhý bod vzorku přiřazený zvolenému poli zaujme umístění a/nebo orientaci v prostoru relativně k optické ose, která je popsána v datové větě, která je přiřazena zvolenému poli.

15. Zařízení mikroskopu podle nároku 14, **vyznačující se tím**, že

uživatelské rozhraní je uzpůsobeno pro přiřazování příkazů k uloženým datovým větám, které jsou přiřazeny polím dvourozměrné tabulky přiřazeným k prvnímu bodu vzorku;

uživatelské rozhraní je uzpůsobeno pro přiřazování příkazů k uloženým datovým větám, které jsou přiřazeny polím dvourozměrné tabulky přiřazeným k druhému bodu vzorku,

přičemž ovládací zařízení je pro pole, které je přiřazeno druhému bodu vzorku, uzpůsobeno pro výpočet a přiřazení příslušné datové věty, která odpovídá příkazu přiřazenému tomuto poli,

přičemž ovládací zařízení je uzpůsobeno tak, že při výpočtu datové věty je uložená datová věta přiřazená druhému bodu vzorku zohledněna v jiném poli, které je přiřazeno druhému bodu vzorku, a přičemž při výpočtu datové věty je zohledněna uložená datová věta přiřazená prvnímu bodu vzorku, která je přiřazena poli, kterému je přiřazen stejný příkaz jako poli, pro který je třeba vypočítat a přiřadit tuto datovou větu.

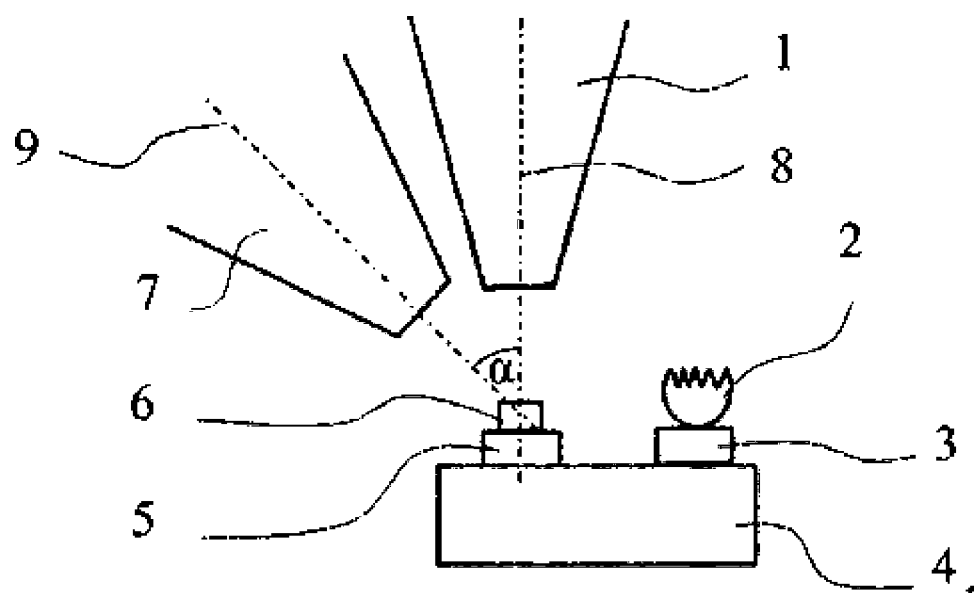
16. Zařízení mikroskopu podle nároku 14 nebo 15, **vyznačující se tím**, že uživatelské rozhraní je uzpůsobeno pro přiřazování polím dvourozměrné tabulky přiřazeným prvnímu bodu vzorku a/nebo polím dvourozměrné tabulky přiřazeným druhému bodu vzorku příkazy ze seznamu příkazů, a přičemž ovládací zařízení je uzpůsobeno pro výpočet a přiřazování příslušné datové věty pro zvolené pole, která odpovídá příkazu přiřazenému tomuto zvolenému poli, přičemž při výpočtu datové věty je zohledněna uložená datová věta, která je přiřazena jinému poli, které je přiřazeno stejnému bodu vzorku.

7 výkresů

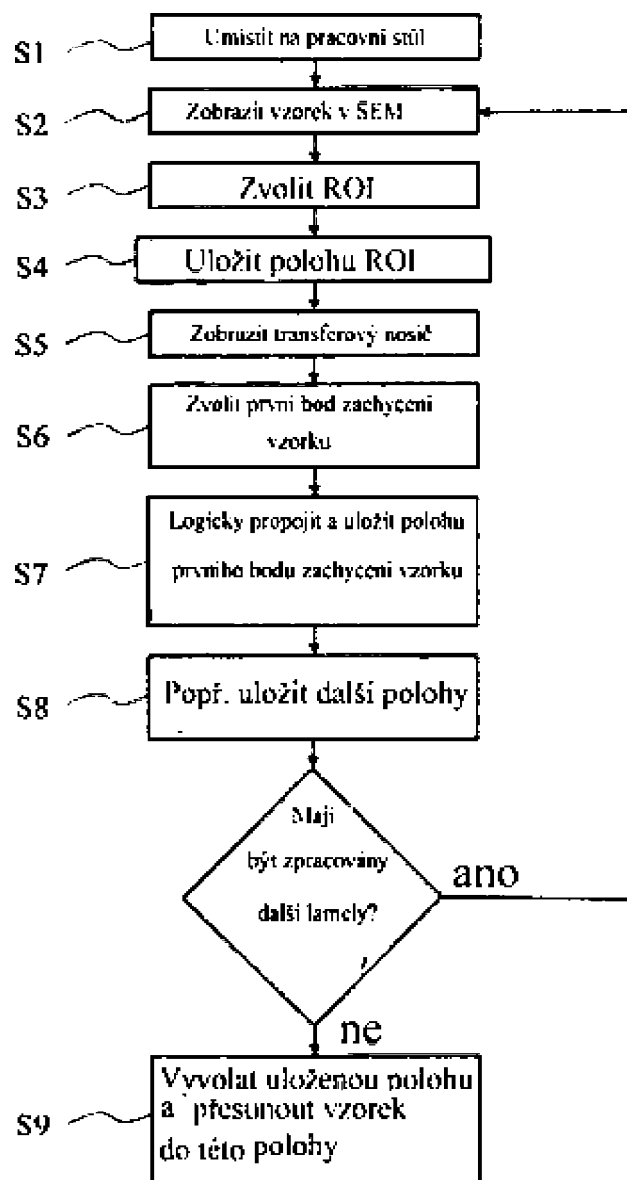
Seznam vztahových značek:

- 1 sloupec s elektronovým svazkem
- 2 transferový nosič
- 3 první držák vzorku
- 4 pracovní stůl
- 5 druhý držák vzorku
- 6 blok se vzorkem
- 7 sloupec s iontovým svazkem
- 8 optická osa sloupce s elektronovým svazkem
- 9 optická osa sloupce s iontovým svazkem
- S1 krok 1
- S2 krok 2
- S3 krok 3
- S4: krok 4
- S5: krok 5
- S6: krok 6
- S7: krok 7
- S8: krok 8

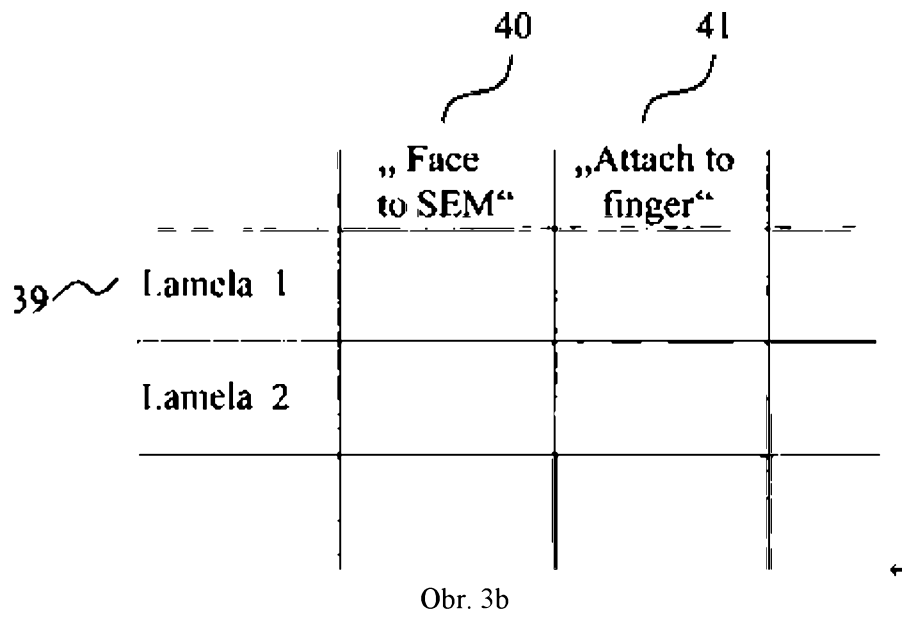
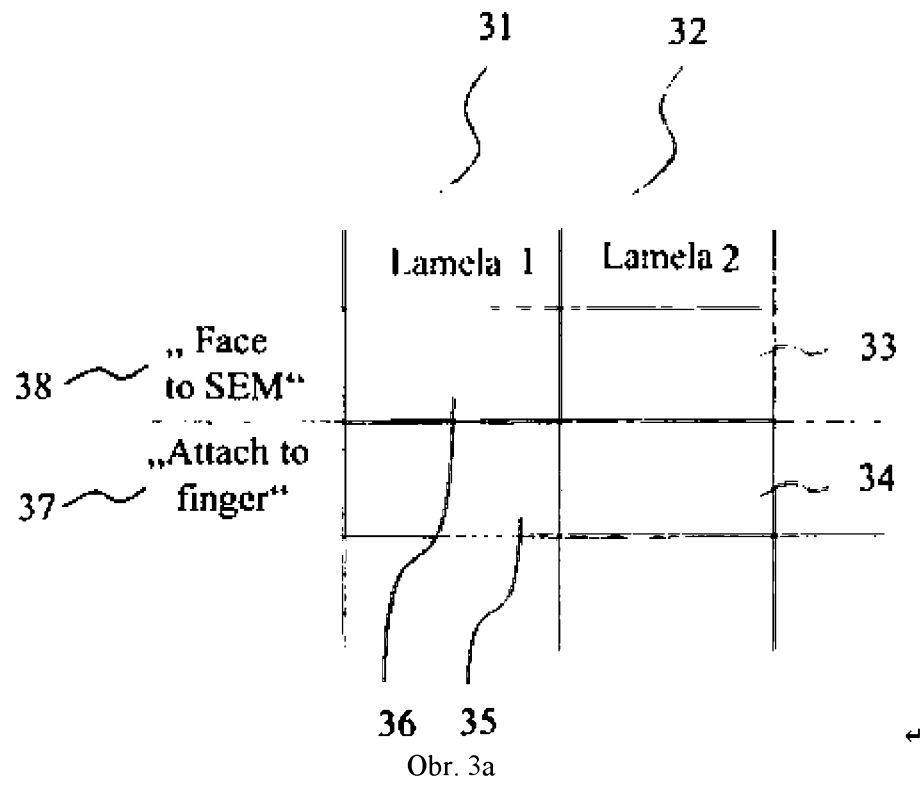
- S9: krok 9
- 31 první sloupec
- 32 druhý sloupec
- 33 první pole
- 34 druhé pole
- 35 třetí pole
- 36 čtvrté pole
- 37 druhý řádek
- 38 první řádek
- 39 řádek
- 40 první sloupec
- 41 druhý sloupec
- S41 krok 1
- S42 krok 2
- S43 krok 3
- S44 krok 4
- 51 první sloupec
- 52 druhý sloupec
- 61 dvousvazkový přístroj
- 62 komora na vzorky
- 63 sloupec s elektronovým svazkem
- 64 zdroj elektronů
- 65 první systém kondenzorových čoček
- 66 optická osa sloupce s elektronovým svazkem
- 67 druhý systém kondenzorových čoček
- 68 aperturní clona
- 69 vychylovací systém
- 70 detektor
- 71 úložné zařízení
- 72 ovládací zařízení
- 73 systém vstřikování plynu
- 74 vzorek
- 75 pracovní stůl
- 76 zaostřovací čočka
- 77 vychylovací systém
- 78 optická osa iontově optického sloupce
- 79 iontově optický sloupec
- 80 zdroj iontů
- 100 grafická uživatelská plocha
- 101 softwarové tlačítko Setup (Vytvořit datovou větu)
- 102 softwarové tlačítko Goto (Najet polohu vzorku)
- 103 softwarové tlačítko Save (Uložit datovou větu)
- 104 softwarové tlačítko Delete (Smazat datovou větu)
- 105 softwarové tlačítko Edit (Upravit datovou větu)

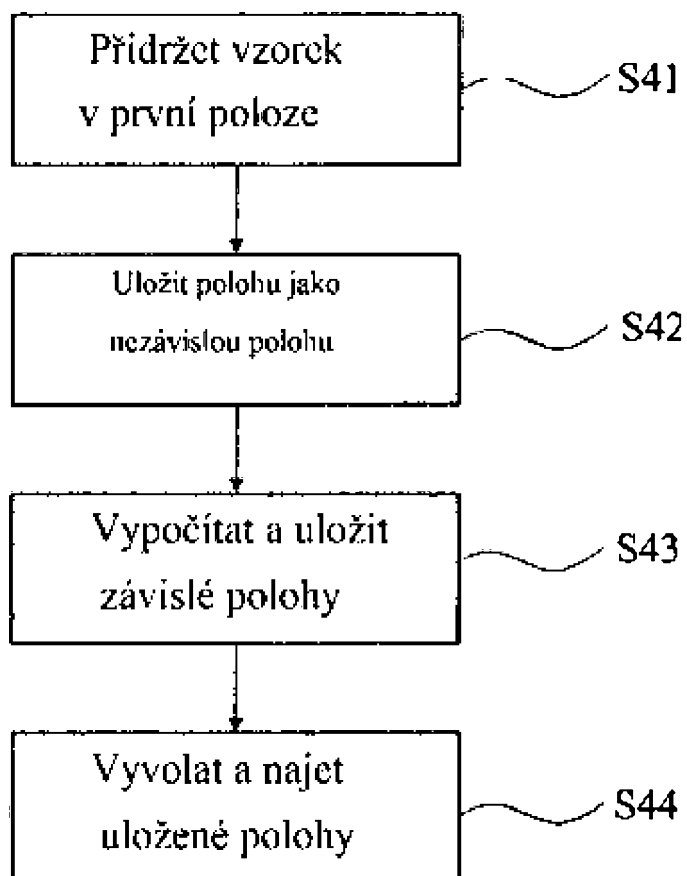


Obr. 1



Obr. 2

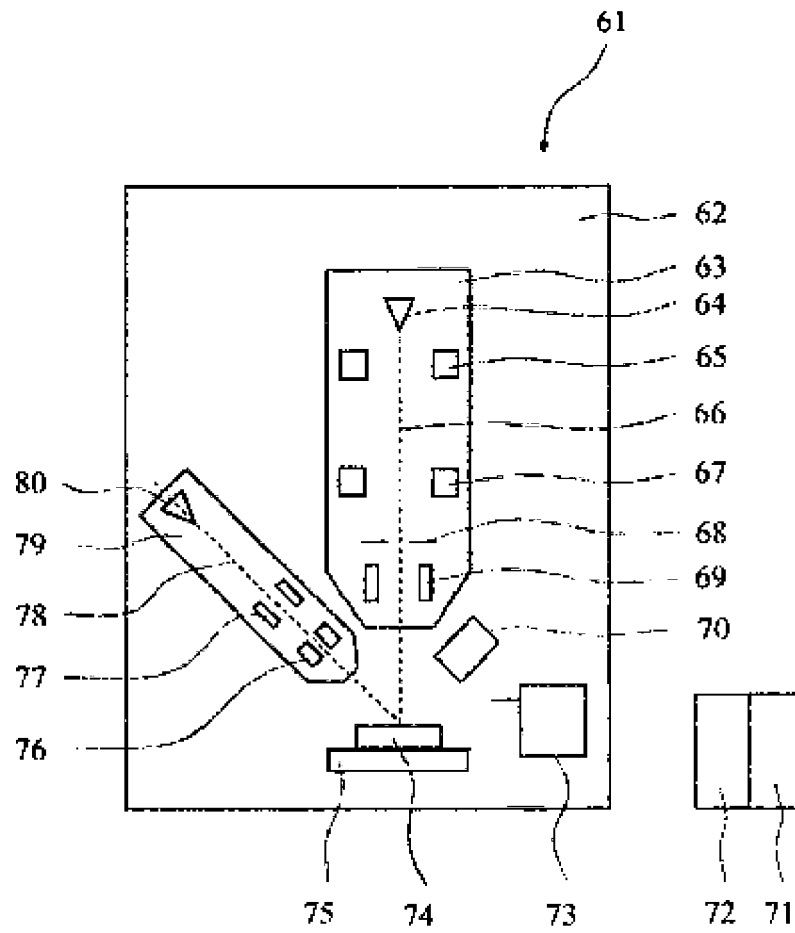




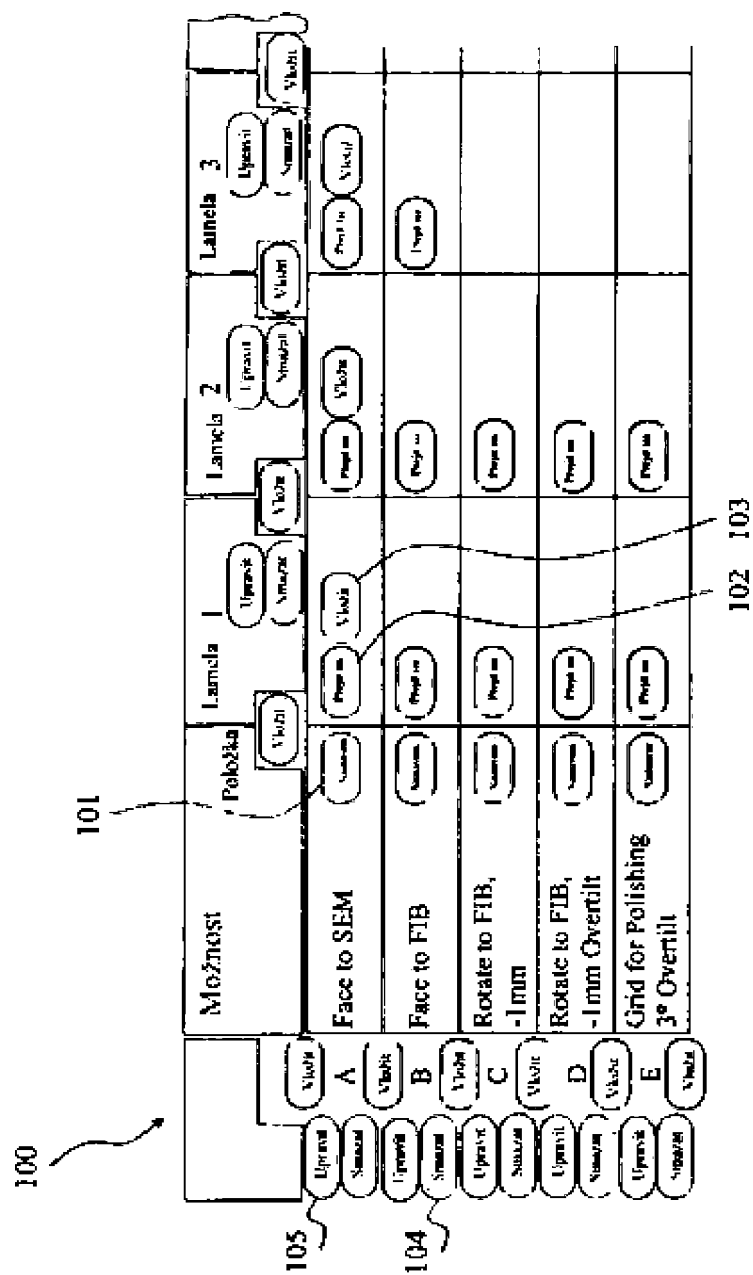
Obr. 4

		51	52
		Vzorek 1	Vzorek 2
A	Face to SEM		
B	Face to FIB		
C	Rotate Face to FIB		
D	Face to FIB – 1mm		
E	Rotate to FIB overtilt		
F	Face to SEM 60°		

Obr. 5



Obr. 6



Obr. 7