



2004-2006 m. Bendrojo programavimo dokumento 2 prioriteto „Žmogiškųjų išteklių plėtra“ 4 priemonė „Mokymosi visą gyvenimą sąlygų plėtra“

Projekto sutarties numeris: ESF/2004/2.4.0-K01-160/SUT-261

Projekto pavadinimas: **Inovatyvūs mokymosi metodai ir naujausios technologijos gamtos mokslų bakalaurų rengimui**

FIZ 324. KIETASIS KŪNAS IR ELEKTRONIKA

Laboratorinis darbas

Paviršiaus morfologijos tyrimas skenuojančiu elektroniniu mikroskopu

1. Įvadas.

Pagrindinis elektroninio mikroskopo privalumas – mažas bangos ilgis. Regimosios šviesos bangos ilgis yra nuo 4000 iki 7000 angstromų, o elektronu įgreitintų iki 10 KeV bangos ilgis yra 0.12 angstromų. Būtent didelis bangos ilgis ir riboja optinių mikroskopų skiriamąją gebą. Atsižvelgiant į difracinius reiškinius, optiniu mikroskopo maksimalus didinimas yra apie 1000 kartų. Teorinė elektroninio mikroskopo skiriamoji geba praktiškai yra neribojama, nes keliant elektronų energiją galima sumažinti bangos ilgį iki reikalingos vertės, tačiau yra techninių ribojimų ir šuo metu yra pasiekiamas 100000 – 300000 kartų didinimas, t.y. elektroninio mikroskopo didžiausia pasiekiamą skiriamąją gebą yra apie 25 angstromai.

Skenuojančiame elektroniniame mikroskope vakuume yra generuojamas pirminių elektronų pluoštelis. Tam yra naudojami įvairių tipų katodai. Toliau šis pluoštelis yra suspaudžiamas, lygiagretinamas ir centruojamas suspaudžiančių linzių, o po to fokusuojamas fokusuojančių linzių. Skenuojančiame elektroniniame mikroskope dažniausiai yra naudojami du skirtingi principai vaizdui suformuoti. Tam naudojami du skirtingi

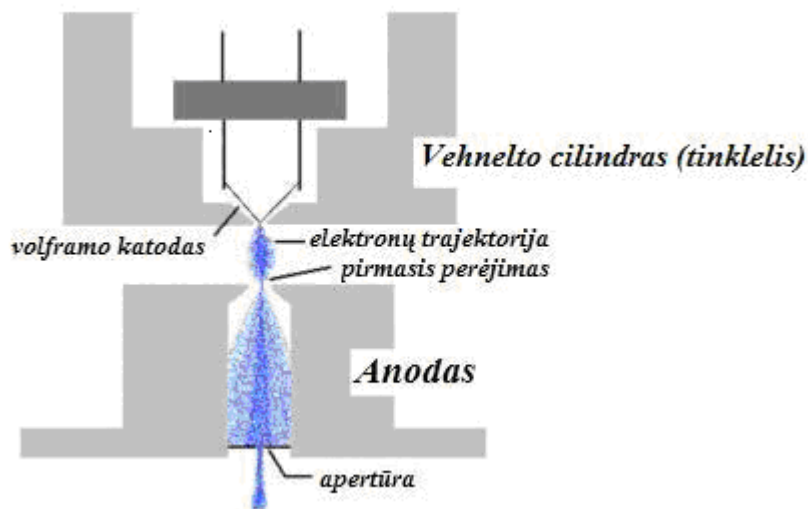
detektoriai. Pirmasis vadinamas antrinių elektronų detektorius reaguoja į elektronus kurie yra emituoti iš tiriamo bandinio kai pastarasis sąveikauja su pirminiu elektronų pluošteliu. Antriniai elektroni patenka į detektorius, kuris registruoja jų energijas ir emisijos kampus. Taip suformuojamas vaizdas. Antrasis detektorius yra vadinamas pirminių arba išsklaidytų elektronų detektoriumi. Jis registruoja pirminius elektronus, kurie atsispindi nuo tiriamo objekto ir pagal sklaidos kampus suformuoja vaizdą.

Dažnai elektroniniai mikroskopai komplektuojami su γ spindulių detektoriumi. Sąveikaujant pirminiams elektronams su medžiaga jie yra greitai stabdomi ko pasekoje yra emituojami γ gama spinduliai. Pagal emituojamos bangos ilgį galima atlikti bandinio elementinės sudėties analizę.

2. Pirminių elektronų šaltinis

Skenuojančiame elektroniniame mikroskope elektroninė patranka yra pirminis elektronų šaltinis, kuris yra atitinkamai apdorojamas elektroninių linzių ir sąveikauja su tiriamu bandiniu. Elektroninėje patrankoje pirminiai elektroni yra emituojami iš katodo greitunami elektriniame lauke ir apšiekamas pirminis jų fokusavimas. Šiame pirminiame etape suformuoto elektronų pluoštelio skersmuo, forma ir energiją yra svarbiausi faktoriai įtakojantys gaunamo vaizdo kokybei.

Pav. 2.1 pavaizduota tipinė skenuojančio elektroninio mikroskopo elektroninės patrankos schema su volframo katodu, kuris yra padarytas 100 mikronų skersmens sulenkto volframo vielos. Ši viela yra privirinta prie vakuuminių elektros įvadu įtvirtintų keramikinėje plokštelėje. Darbo metu katodas yra kaitinamas rezistyviu būdu. Optimali darbinė temperatūra termoelektroninei emisijai yra apie 2700 K.



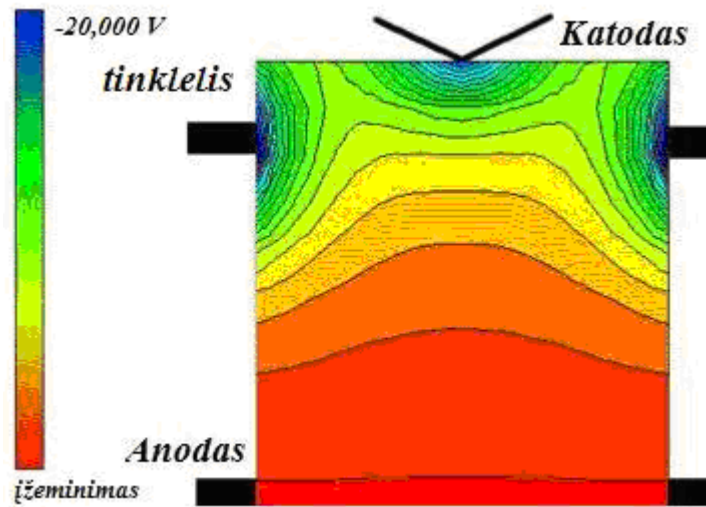
Pav. 2.1. Skenuojančio elektroninio mikroskopo elektroninės patrankos schema su volframo katodu.

Tipiniu atveju skenuojančiame elektroniniame mikroskope naudojamo greitinančios įtampos yra nuo -500 V iki -50000 V , kuri yra paduodama į tinklelį. Į katodą yra paduodamas valdomas priešįtampis. To pasėkoje jis tampa šiek tiek teigiamesnis nei tinklelis, o anodas turi žemės potencialą.

Jei elektroninėje patrankoje nebūtų tinklelio ir anodo, tai elektronai emituoti iš katodo ir pasiliktu priekatodinėje srityje taip suformuodami erdvinį krūvį, kuris dar yra vadinamas „elektronų debesėliu“ ir dėl to sumažėtų termoelektroninė emisija. Anodas turėdamas žemės potencialą yra teigiamesnis nei katodas ir tokiu būdu vyksta pirminis elektronų greitinimas. Tačiau tokioje sistemoje gaunami srovės tankiai yra labai maži ir be to jie priklauso nuo greitinančios įtampos. Tarp katodo ir anodo švedus tinklelį galima kontroliuoti erdvinį krūvį, o tuo pačiu ir suformuoti pradinį elektronų pluoštelį bei padidinti srovės tankius.

Pav. 2.2 parodytas ekvipotencialinių paviršių išsidėstymas tarp skirtingu elektroninės patrankos elementų. Elektrinio lauko vektorius yra visada statmenas šioms linijoms ir nukreiptas sparčiausio potencialo kitimo linkme. Iš katodo emituoti elektronai bus greitinami iš judės išilgai potencialo gradiento link anodo. Tokiu būdu elektronų pluoštelis bus elektrinio lauko sufokusuotas prieš pat anodą, kur suformuos pirmąjį optinį elektronų šaltinio vaizdą ir didžioji elektronų dalis praeis pro apertūrą.

Pav. 2.2. Potencialo pasiskirstymas skenuojančio elektroninio mikroskopo elektronų



patrankoje.

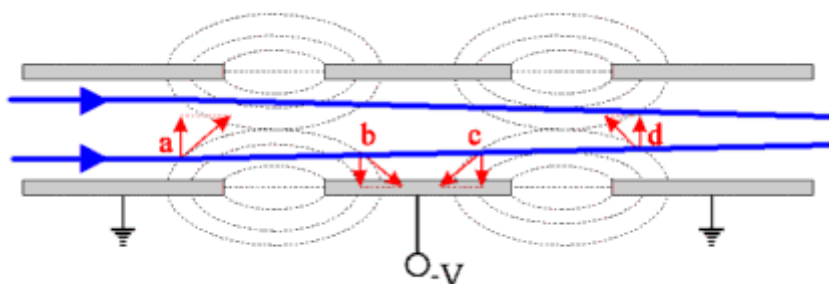
Keičiant potencialų skirtumą tarp katodo ir tinklelio galima valdyti elektronų pluoštelio parametrus: nuo defokusuoto, mažų srovės tankių iki sufokusuoto ir didžiausios srovės tankio. Yra vadinamas ribinis taškas, kai didinant potencialų skirtumas tarp katodo ir tinklelio pasiekama tokia elektrinio lauko konfigūracija, kad elektronai visiškai nebepatenka į katodą, o lieka priekatodinėje srityje. Susidaro vadinamas reversinis potencialo gradientas.

Dažniausiai naudojami katodai yra volframo, nes jie yra pigūs ir nereikalauja aukšto vakuumo, tačiau skenuojančiuose elektroniniuose mikroskopuose su labai didele skiriamąja geba yra naudojami ir kitokio tipo katodai. Pagrindinis jų privalumas yra tai, kad jie leidžia sukurti kokybiškesnį pirminį elektronų pluoštelį.

3. Elektroninė optika.

Egzistuoja nemažai skirtumų tarp elektroninės ir klasikinės optikos. Kaip žinome klasikinė optika yra pagrįsta šviesos atspindžio ir lūžio dėsniais. Elektroninėje optikoje yra naudojami elektrostatinei arba magnetiniai laukai, kurie įtakoja į elektronų judėjimo trajektorijas. Čia nėra fiksuotų lūžio plokštumų. Be to elektronai magnetiniame lauke juda sitare apie magnetinio lauko jėgų linijas.

Šiuo metu praktikoje beveik visada elektrosstatinės lizės naudojamos tik elektroninėje patrankoje, o visos sekančios lizės mikroskopo kolonėlėje yra magnetinės. Elektrosstatinių lizių naudojimą riboja tai, kad laidūs paviršiai turi būti labai arti prie elektronų judėjimo trajektorijų (pav. 4.1), o tai reikalauja labai kokybiško jų paruošimo. Yra dar viena problema – elektrosstatinės lizės labai greitai užsiteršia.



Pav. 4.1. Elektrosstatinė lizė

Magnetinėse lizėse yra naudojamas solenoidas (jis yra ne vakuume). Jo pagalba yra suformuojamas norimos konfiguracijos magnetinis laukas, kuris įtakoja į elektronų judėjimo trajektoriją

5. Eksperimentas.

Prieš pradėdant darbą su skenuojančiu elektroniniu mikroskopu būtina susipažinti su saugaus darbo taisyklėmis.

Matavimų metu gautų vaizdų interpretacija dažniausiai būna nevienareikšmė, todėl prieš matuojant reikia atsakyti sau į klausimą, kokių rezultatų tikimės ir po to bandyti patvirtinti ar paneigti iškeltą hipotezę.

Vakuumui gauti skenuojančiame elektroniniame mikroskope yra sumontuota dviejų pakopų vakuuminių siurblių sistema: pirmoje pakopoje naudojamas rotacinis siurblys, o antroje – difuzinis, kurio įjungimo laikas yra 20 – 30 minučių.

Pradedant matavimus reikia:

- suderinti volframo katodo kaitinimo srovę;
- suformuoti pirminį elektronų pluoštelį;
- sucentruoti fokusuojančios elektroninės lizės apertūrą;

Matavimai skenuojančiu elektroniniu mikroskopu atliekami atsižvelgiant į stebimą objektą. Pagal tai pasirenkamas didinimas, pirminio pluoštelio parametrai, detektorius.