

Západočeská univerzita v Plzni, Nové technologie – Výzkumné centrum

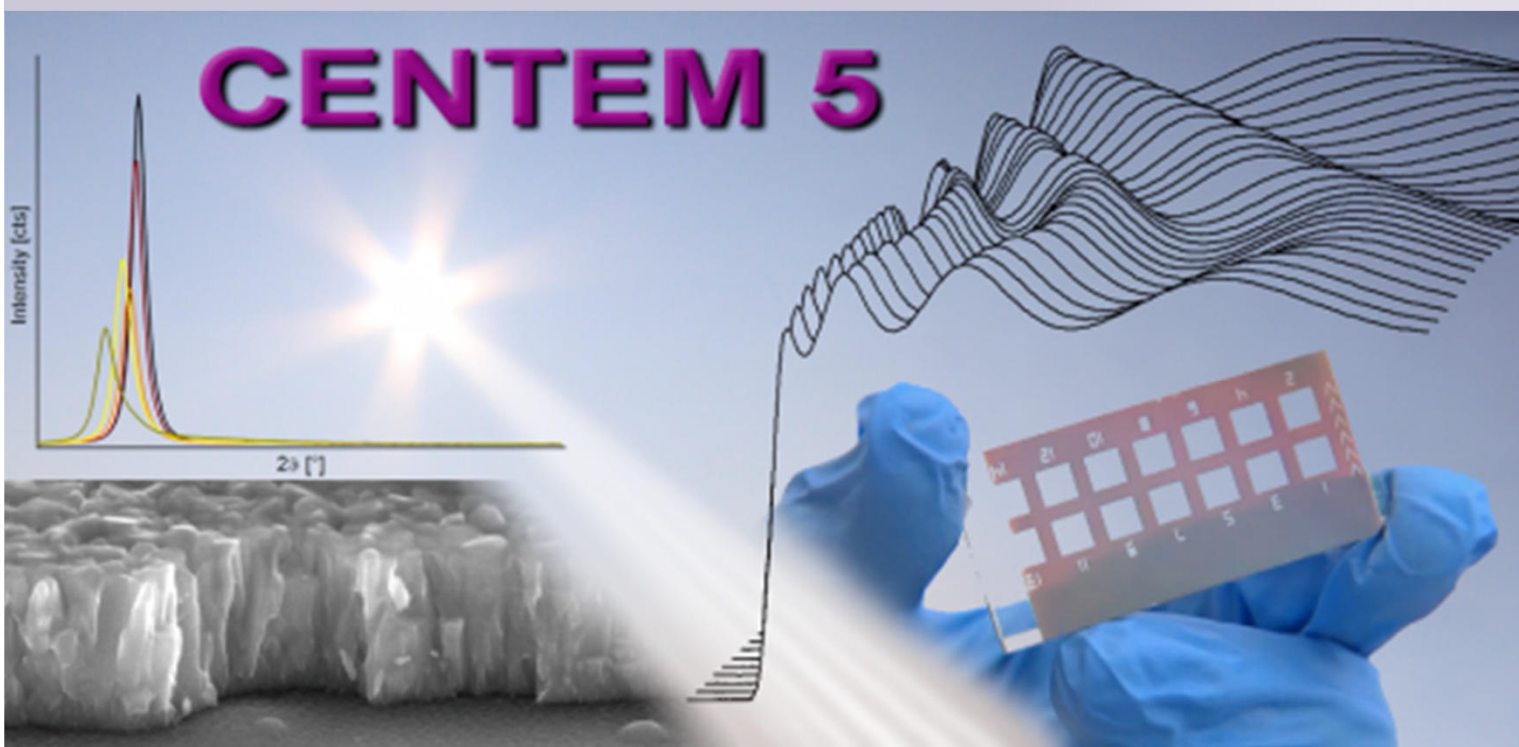
Nové technologie - výzkumné centrum ▶ Váš partner pro výzkum, vývoj a inovace v průmyslových aplikacích

HLAVNÍ ZAMĚŘENÍ:

- ▶ materiály pro fotovoltaiku, fotoniku a mikrosystémovou techniku s využitím
 - ▶ depozičních zařízení PVD, CVD, PE-CVD
 - ▶ elektronová mikroskopie
 - ▶ rentgenová difrakce
 - ▶ optická spektroskopie (atomová a vibrační spektroskopie)
 - ▶ doplňkové zařízení (litograf, profilometr, solární simulátor, čtyřbodová sonda)
- ▶ strukturní analýzy a metalografie
 - ▶ metalografická příprava vzorků
 - ▶ rentgenová difrakce
 - ▶ rentgenový spektrometr
 - ▶ optický mikroskop
 - ▶ nanoindentor
 - ▶ tribometr

APLIKACE:

- ▶ depozice tenkých vrstev
 - ▶ metodou PVD
 - ▶ PE-CVD na bázi křemíku
- ▶ materiálové analýzy
 - ▶ obrazová analýza
 - ▶ měření tvrdosti a tribologických vlastností
 - ▶ určování množství a typů fází, strukturní parametry
 - ▶ stanovení chemického složení
 - ▶ měření a určování optických vlastností tenkých vrstev
 - ▶ měření tloušťky vrstev a drsnosti povrchu
 - ▶ určení typu vodivosti a rezistivity



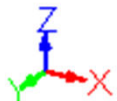
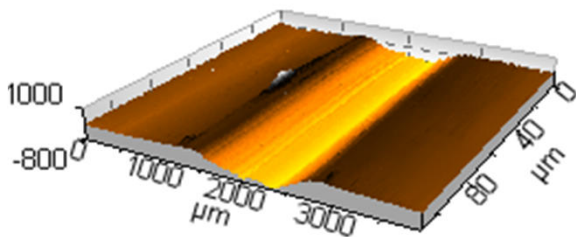


KLA-Tencor P-6 Profilometr

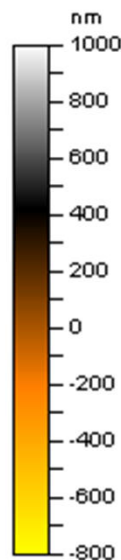
- Systém pro analýzu povrchů
- vertikální rozsah až 1 mm
 - délka měření 150 mm
 - zatížení 05-50 mg
 - antivibrační stůl
 - Apex software pro analýzu naměřených dat

3D zobrazení různých povrchů

Apex umožňuje pokročilé 3D zobrazení měřené oblasti.

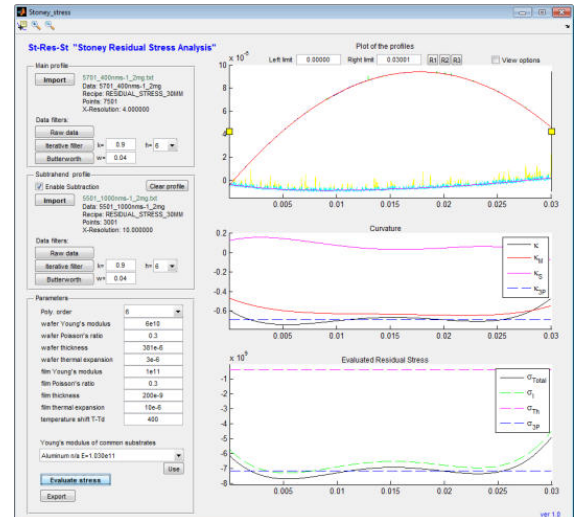


X = 3905 μm
Y = 110 μm
Z = 1798 nm



Zbytkové pnutí ve vrstvách

Měření pnutí ve vrstvě může pomoci optimalizovat depoziční proces, předejít praskání a problémům s adhezí.

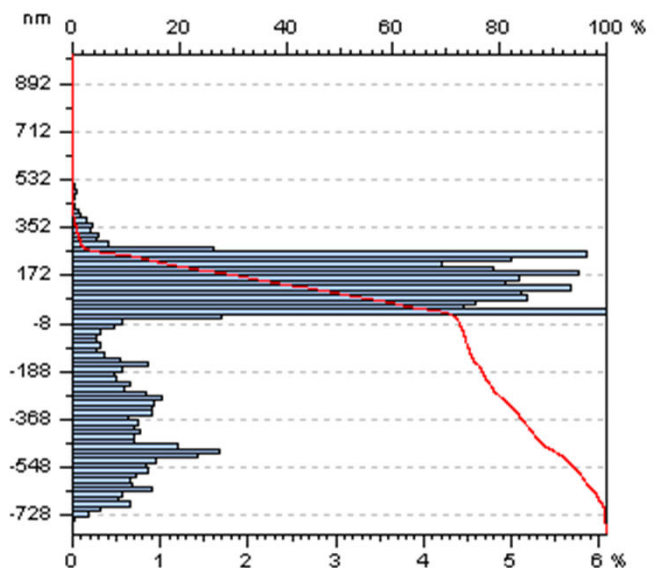
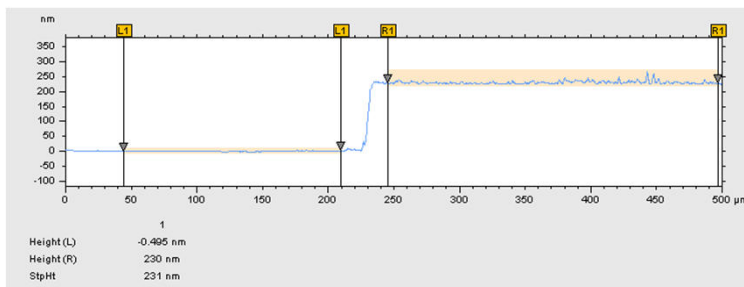


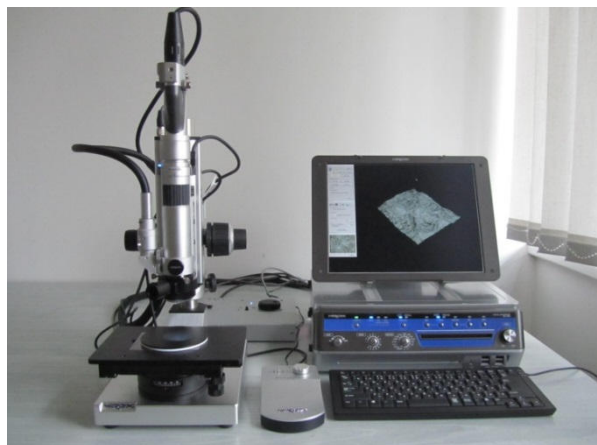
Charakterizace drsnosti a vlnitosti povrchů

Apex software snadno počítá více než 40 parametrů, včetně povrchové drsnosti povrchu, vlnitosti, hustotu píků a dalších parametrů. Výpočty mohou být pro 2D nebo 3D data.

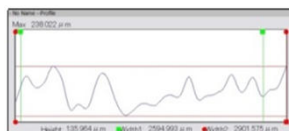
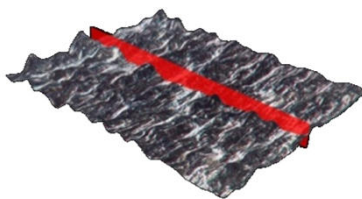
Tenké vrstvy

Měření tloušťky a povrchové drsnosti tenkých vrstev.





Digitální 3D optický mikroskop HIROX KH 7700

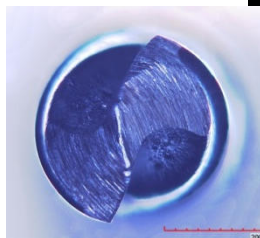


- Rozsah zvětšení 5 - 3 500 x
- Velká hloubka ostrosti
- Měření rozměrů a tvarových odchylek
- Hodnocení 3D profilů
- Možnost analýzy velkých dílů

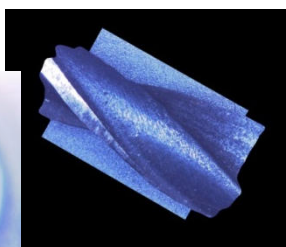
Profil povrchu povlaku WC-17%Co po zkoušce opotřebení



Závit ve čtyřech různých úhlech pohledu



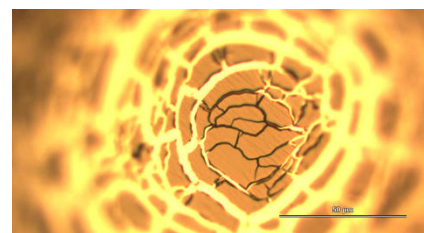
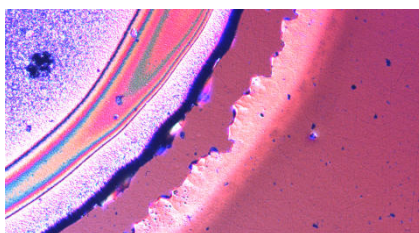
3D zobrazení vrtáku



Tkanina s vetkaným uhlíkovým vláknem



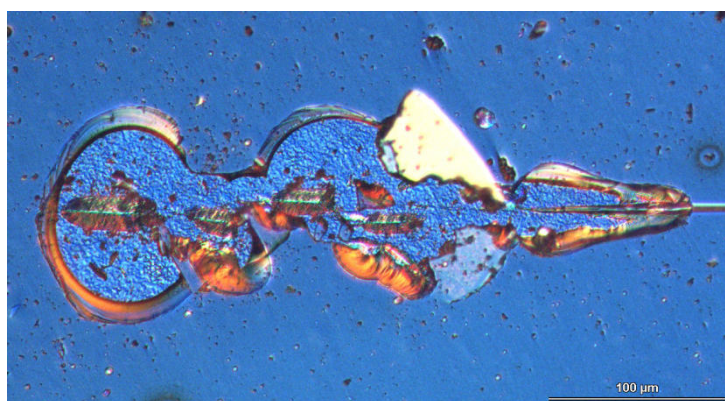
Metalografický mikroskop Epiphot 200



Indentační test DLC vrstvy

Metalografický mikroskop:

- Pozorování ve světlém poli
- Pozorování v tmavém poli
- Pozorování v polarizovaném světle
- Nomarski DIC
- Zvětšení 50x – 1000x

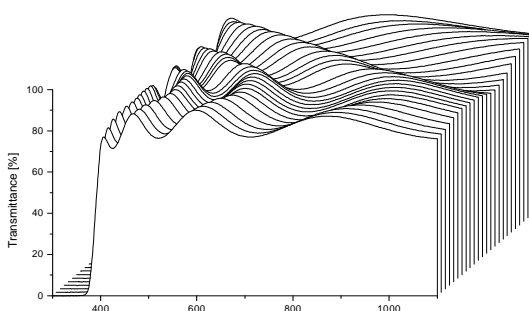


Scratch test DLC vrstvy



UV/Vis spektrofotometr Specord 210 BU

- Spektrální rozsah 190 – 1100 nm
- Měření transmittance, absorbance a reflektance v závislosti na vlnové délce
- Možnost určení optických parametrů:
 - Tloušťka vrstvy
 - Spektrální index lomu a extinkční koeficient
 - Dielektrické funkce
 - U transparentních polovodičů optická šířka zakázaného pásu



Spektra propustnosti měřená na vrstvách s různou tloušťkou

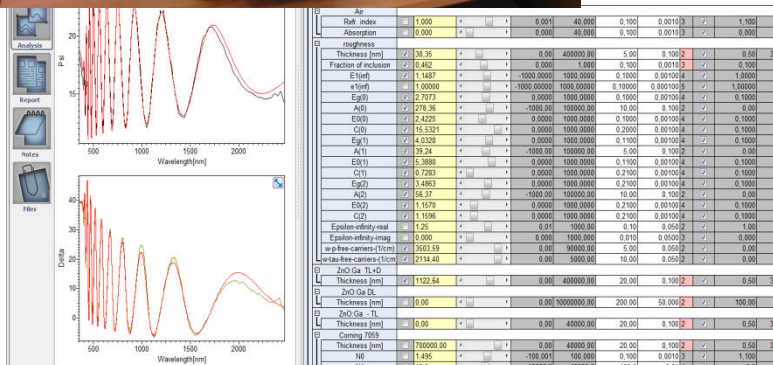
Příslušenství

- Přípravek pro měření transmittance pevných vzorků
- Přípravek pro absolutní reflektanci (určení absolutní reflektance odrazivých vrstev)
- Nastavitelný přípravek pro měření reflektance pod úhlem (rozsah 10 – 60°)
- Integroční sféra (měření difúzní transmittance a difúzní reflektance)



Spektroskopický elipsometr SENTECH SE850

- Spektrální rozsah 240 – 2500 nm
- Měření elipsometrických parametrů ψ , Δ , transmittance a reflektance v závislosti na vlnové délce
- Možnost určení parametrů u jednotlivých vrstev:
 - Tloušťka vrstvy a drsnosti povrchu
 - Optické parametry
 - Spektrální index lomu a extinkční koeficient
 - Dielektrické funkce
 - Elektrické vlastnosti
 - rezistivita, koncentrace a pohyblivost nosičů náboje



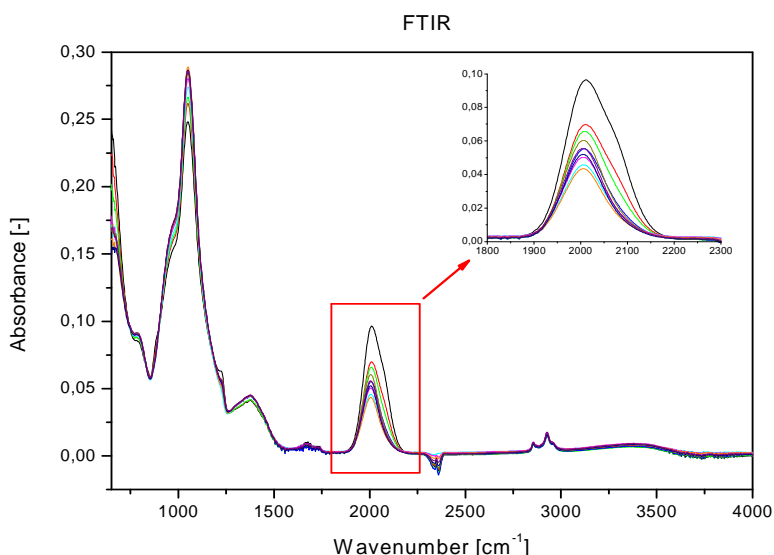


FTIR Spektrometr NICOLET 380

- max / min rozsah 7800 – 350 cm^{-1}
- Měření transmittance, absorbance a reflektance v závislosti na vlnové délce infračerveného záření

Příslušenství:

- Přípravek Spekulární reflektance (pro analýzu povrchu)
- Přípravek Smart SAGA (pro analýzu tenkých vrstev na odrazivých substrátech, úhel dopadu 80°, citlivost měření: vrstvy tloušťky ~ 0,1 nm)
- Nástavec iTR Ge s efektem zesíleného odrazu v rozsahu 4000 – 400 cm^{-1}



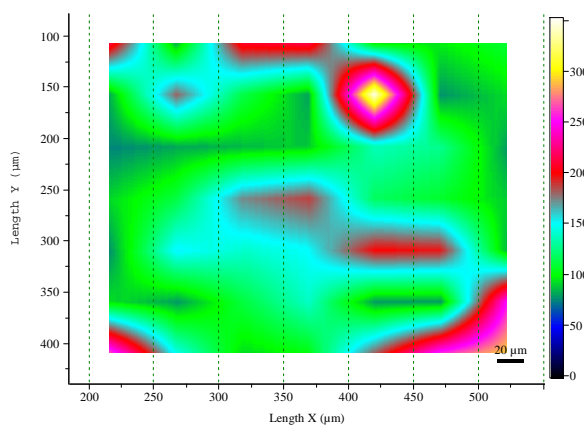
DXR Ramanova spektroskopie



- Spektrální rozsah 3000 – 50 cm^{-1}
- K dispozici 4 excitační lasery (532nm, 633nm, 780nm vysokovýkonný, 780nm vysokoasový), motorizovaný stolek s pohybem ve 3. osách
- Mikroskop je vybaven trinokulárem pro vizuální náhled a zároveň videoobraz
- Hlava může nést až 5 objektivů – 4x, 10x, 20x, 50x, 100x s dlouhou pracovní vzdáleností

Možné využití Ramanovy spektroskopie:

- Možnost identifikace chemických sloučenin
- Homogenita struktury
- Polymerní a biopolymerní aplikace
- Farmaceutické aplikace
- Mineralogie, pravost a kvalita vzácných nerostů
- Kontrola surovin
- Umění a archeologie

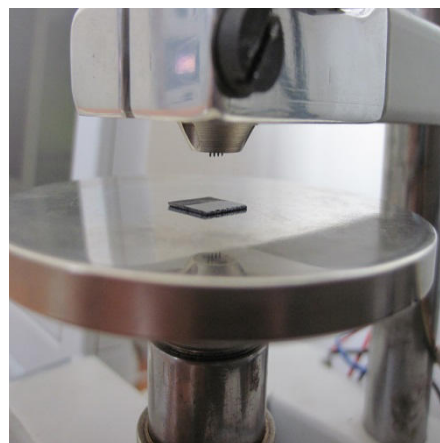




4-bodová sonda

Využití

- Měření nízké a vysoké rezistivity tenkých vrstev i objemových materiálů
- Stanovení typu vodivosti polovodičů

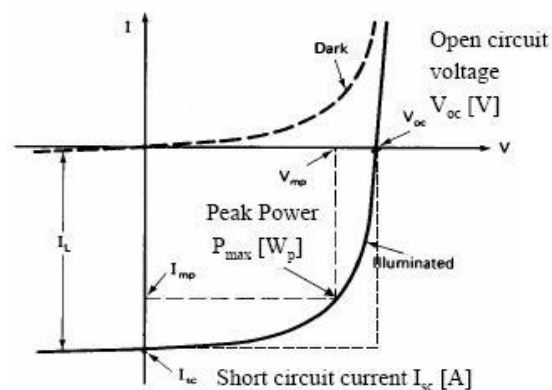


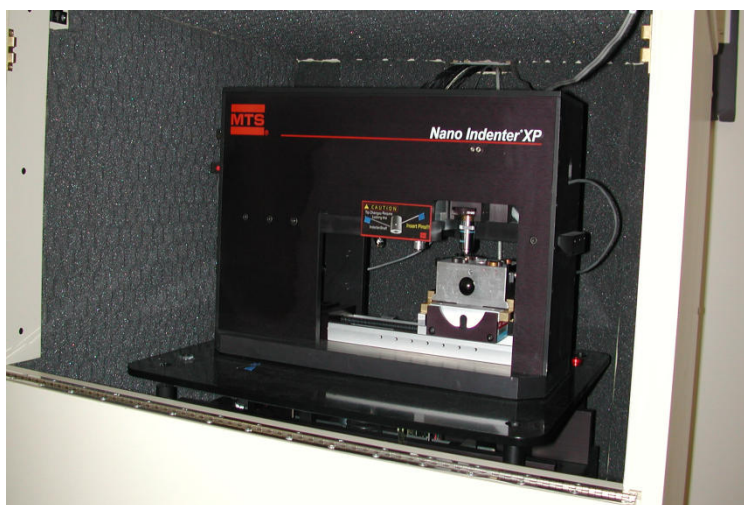
Newport Oriel class AAA

Solární simulátor Oriel třídy AAA

- Spektrální rozsah 400 – 1100nm
- Uniformní kolimované světlo na ploše 100x100mm
- Xenonová oblouková lampy 450W
- 100mW/cm
- Filtr AM 1,5 Global
- Splňuje normy EIC 60904-9:2007 JIS C 8912, ASTM E927-05

- Měření voltamperových charakteristik solárních článků
- Stanovení parametrů solárních článků:
 - Napětí naprázdno (V_{oc})
 - Proud nakrátko (I_{sc})
 - Proudová hustota (J_{sc})
 - Faktor plnění (Fill factor – FF)
 - Účinnost článku (μ)
 - Maximální výstupní výkon (P_{max})





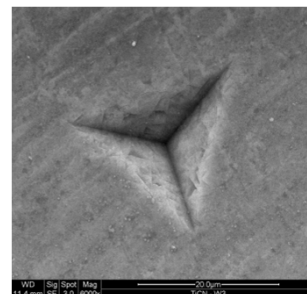
NanoIndenter XP se systémem CSM (Continuous Stiffness Measurement)

SPECIFIKACE NI XP:

- Rozlišení posunutí < 0.01 nm
- Celkový pohyb indentoru 2 mm
- Maximální indentační hloubka > 500 μm
- Max. zatížení při volbě high-load 10 N (1 kg)
- Rozlišení zatížení 50 nN (5.1 μgm)
- Kontaktní síla < 1.0 μN
- Poziční přesnost 1.5 μm
- Video obraz 25X
- Objektiv 10X & 40X & 100X

MOŽNOSTI NI XP:

Vyšší prostředky nanomechanické charakterizace
 Plná charakterizace vrstvy – interakce se substrátem
 Tvrdost a modul jako funkce hloubky vtisku
 Měření tečení
 Microscratch test, profilometr



Tribometr CSEM

SPECIFIKACE TRIBOMETRU:

- Metoda Pin-on-disk
- Přesně kalibrované třecí a opotřebovací měření při vysokých teplotách do 800°C
- Efektivní topný/chladicí systém pro přesné dodržení požadované teploty při testu
- Vysoká teplotní stabilita
- Automatické vypnutí při zvolené délce dráhy nebo prahové hodnotě koeficientu tření
- Výkonný software pro počítačem řízenou kontrolu přístroje a získávání dat

MOŽNOSTI TRIBOMETRU:

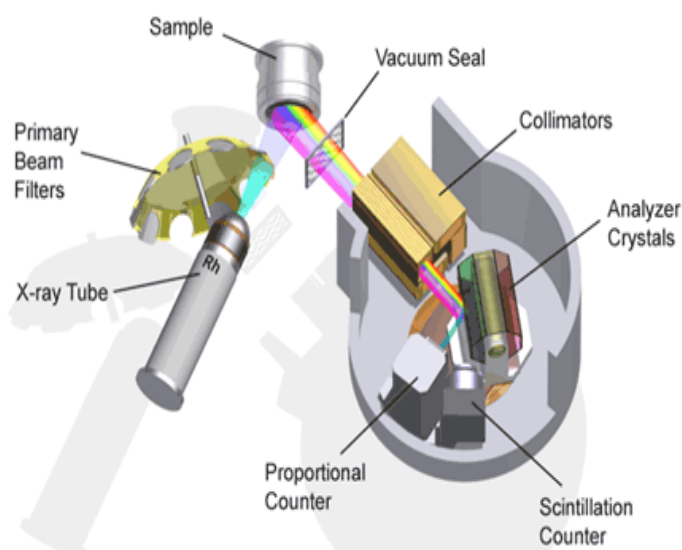
- Simulace provozních podmínek do 800°C

Bruker AXS S4 EXPLORER

Vlnově disperzní rentgenový fluorescenční spektrometr (WDXRF)



- Kvalitativní a kvantitativní analýza
- Analýza pevných a práškových materiálů (minerálů, keramiky, kovů, skla, polymerů, ...)
- Rychlá a jednoduchá příprava vzorků
- Prvky od Be do U ve všech typech vzorků
- Typický detekční limit (LLD): ~ 1 až 10 ppm
- Analýza kovů, lisovaných práškových tablet nebo tavených perel



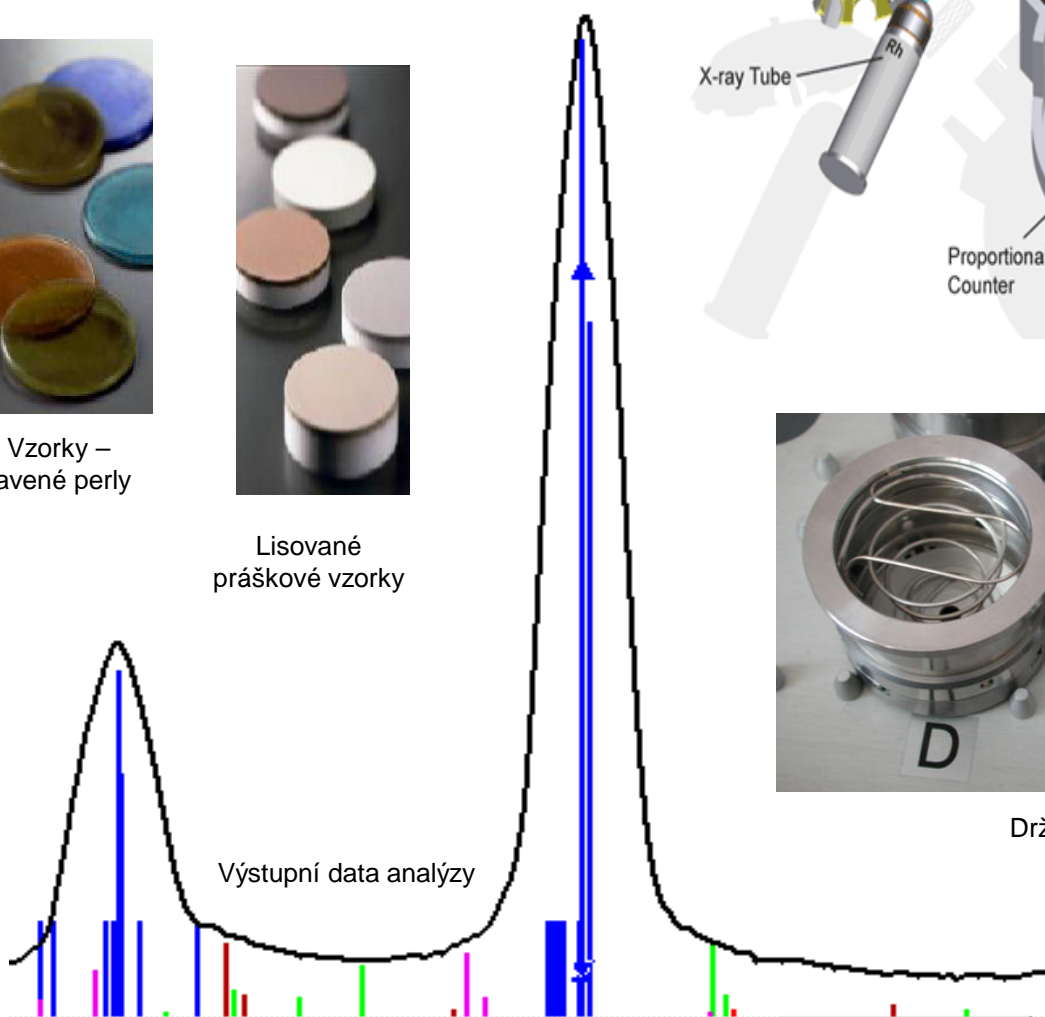
Vzorky – tavené perly



Lisované práškové vzorky



Držáky vzorků

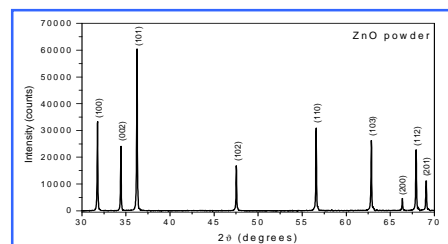


Automatický difraktometr Panalytical X'Pert Pro

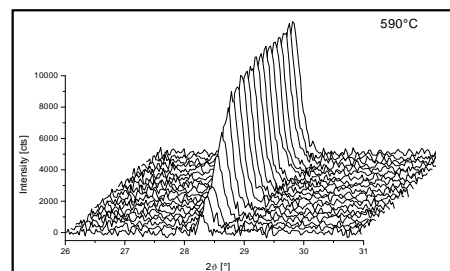


Možnosti přístroje

- Kvalitativní a kvantitativní fázová analýza
- Analýza zbytkových prnutí
- Texturní analýza
- Analýza změn v krystalové struktuře
- Vysokoteplotní fázové transformace
- Ultra rychlý záznam dat detektorem PIXcel
- Analýza tenkých vrstev - signál je snímán pouze z vrstvy bez ovlivnění signálem ze substrátu - Xe detektor (možno použít i primární monochromátor)
- Využitelné pro objemové materiály, prášky a tenké vrstvy



Difrakční záznam jemnozrnného materiálu – práškový ZnO



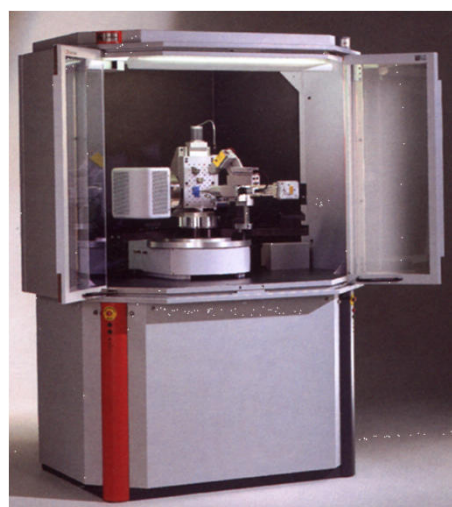
Vývoj rekrytalizace amorfního křemíku



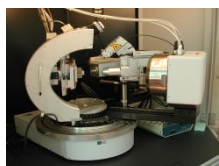
Konfigurace pro měření vysokoteplotních fázových transformací



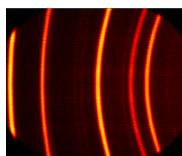
Theta-theta goniometr



Automatický difraktometr Bruker AXS D8 Discover



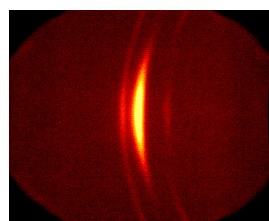
Eulerova kolébka a 2D-detektor



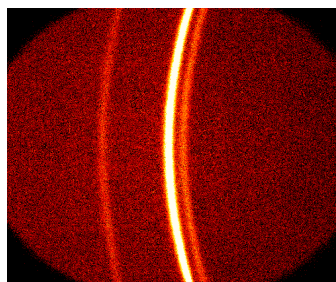
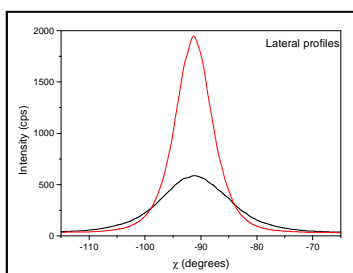
Typický záznam jemno-zrnného materiálu – práškový Al₂O₃

Možnosti přístroje :

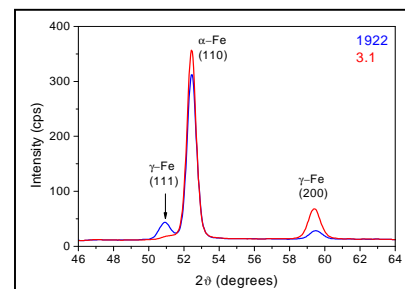
- Kvalitativní a kvantitativní fázová analýza
- Kvalitativní a kvantitativní texturní analýza
- Analýza zbytkových napětí (mřížková napětí)
- Mikrostruktura (mikrodeformace, velikost krystalitů)



Tenká vrstva ZnO s přednostní orientací



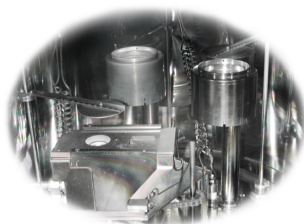
Vyšetřování obsahu austenitu v „TRIP“ ocelích metodami RTG difrakce



BOC Edwards TF600 PVD systém



Doutnavý výboj

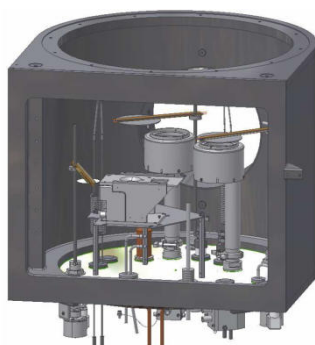


Depoziční komora

PVD aparatura, umožňuje napařování a napařování elektronovým paprskem

Aplikace

- Depozice tenkých vrstev oxidů, nitridů a kovů s použitím technologie PVD
- RF napařování – až do 600 W
- DC napařování – až do 1,5 kW
- Napařování elektronovým svazkem
- Automatická kontrola procesu
- Turbomolekulární a suchá rotační vývěva
- Maximální tlak: $4,35 \times 10^{-7}$ mbar
- Pracovní plyn : Argon
- Procesní plyn : dusík, kyslík



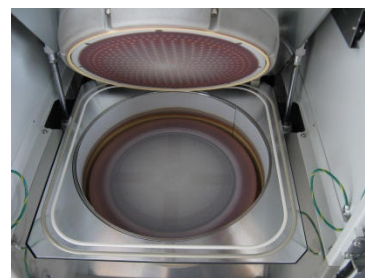
SAMCO PD220N PE-CVD systém



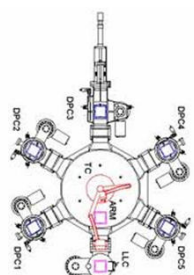
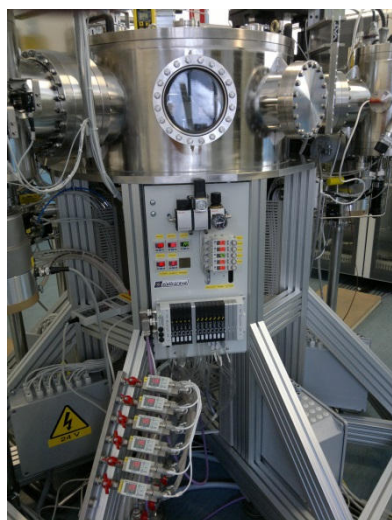
PE-CVD depoziční aparatura

Aplikace

- Depozice oxidů křemíku (SiO_x)
- Depozice nitridů křemíku (Si_xN_y)
- Depozice oxo-nitridů křemíku (SiO_xN_y)
- Depozice hydrogenizovaného amorfního a mikrokrystického křemíku (a-Si:H / $\mu\text{c-Si:H}$)
- Plně automatický "one-button" průběh depozice s možností plně manuálního doladování
- Průměr homogenní oblasti až 300mm

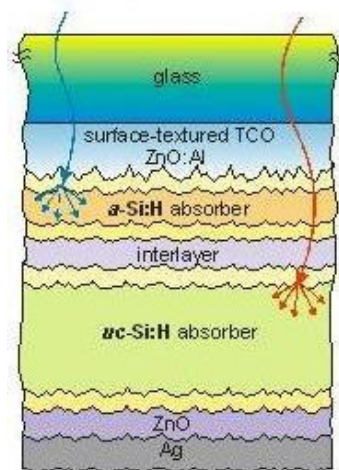


Elettrorava PE-CVD 5-ti komorový depoziční systém



Aplikace

- Růst tenkovrstvých solárních článků na bázi křemíku v p-i-n / n-i-p konfiguraci
- Depozice oxidů křemíku (SiO_x), nitridů křemíku (Si_xN_y), oxo-nitridů křemíku (SiO_xN_y) s kontrolou indexu lomu a šířky zakázaného pásu polovodičů
- Dotování křemíku na p- i n- typ vodivosti
- Jednoduché i tandemové struktury, substrát / superstrát, micromorph

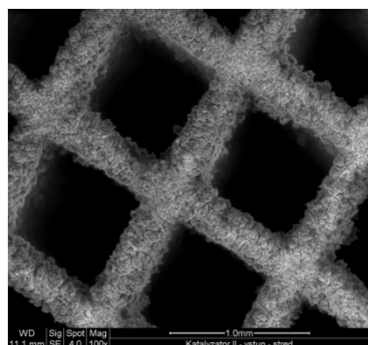




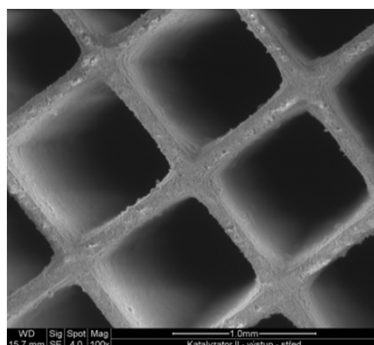
FEI Quanta 200

- Termoemisní SEM Quanta 200 od FEI s EDS detektorem (mikrosonda) od firmy EDAX
- Rozlišení
 - Vysoké-vakuum
 - 3.0 nm at 30 kV (SE)
 - 4.0 nm at 30 kV (BSE)
 - 10 nm at 3 kV (SE)
 - Environmentální mód (ESEM) pro nevodivé vzorky bez nutnosti pokovování
 - 3.0 nm at 30 kV (SE)
- Urychlovací napětí: 200 V – 30 kV
- Proud svazkem: do 2 μ A – kontinuálně nastavitelný

Detaily keramického automobilového katalyzátoru při měření složení úsad na jeho povrchu

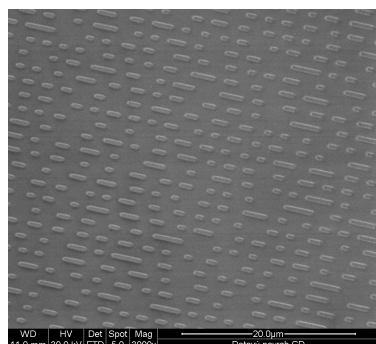
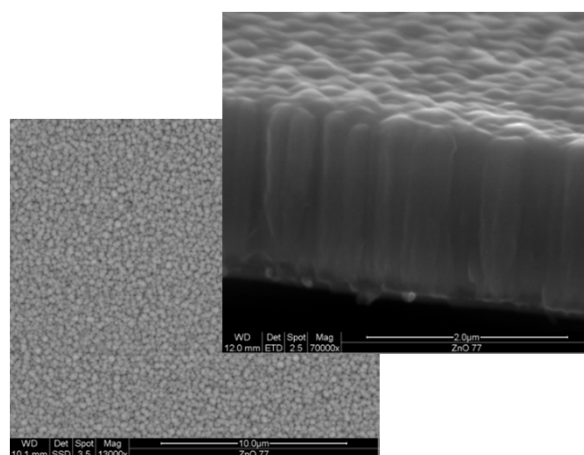


Vstup, zv. 100x

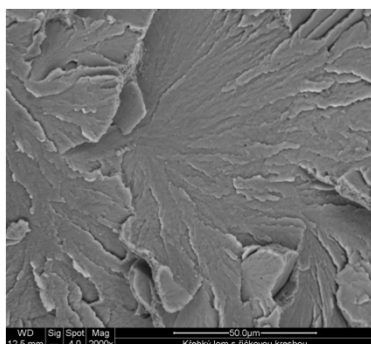


Výstup, zv. 100x

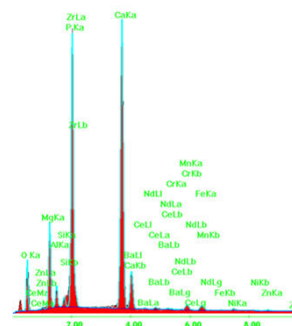
Tenká vrstva ZnO připravená magnetronovým napařováním



Povrch CD



Křehký lom



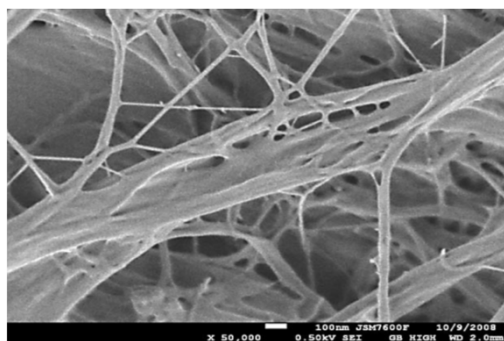
Prvková analýza

Zdroj: projekty řešené na MaT NTC

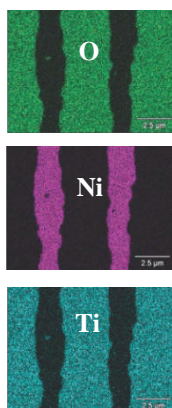
JEOL JSM-7600F



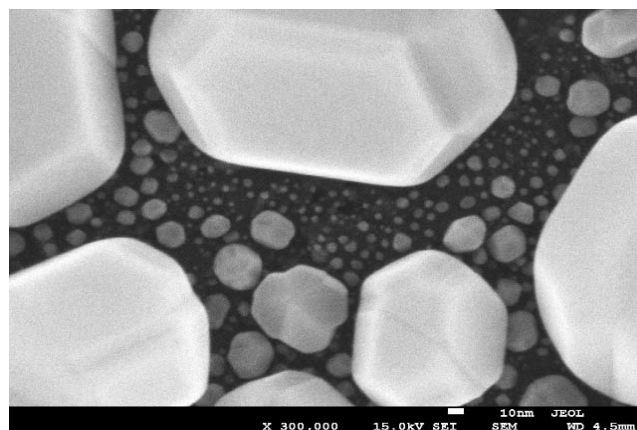
- Ultravysokorozlišovací Field Emission SEM
- Rozlišení 1nm při 15kV, 1.5nm při 1kV v GB módu
- Detektory prvků EDS, WDS
- Detektor elektronové mikrodifrakce EBSD
- Zabudovaný energetický filtr (r-filtr) energie snímaných elektronů
- Nenabíjecí mód (Gentle Beam) pro redukci poškození citlivých vzorků a nabíjení nevodivých vzorků.
- Zvětšení 25 – 1 000 000x
- Urychlující napětí: 100 V – 30 kV



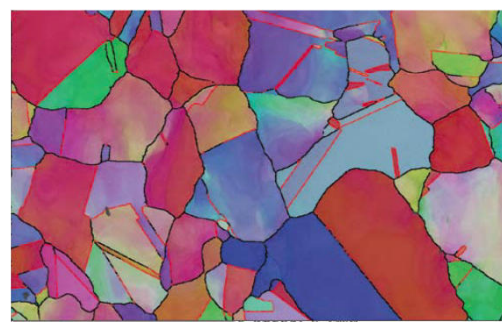
Papírový filtr, 2.0 kV, zv. 25 000x



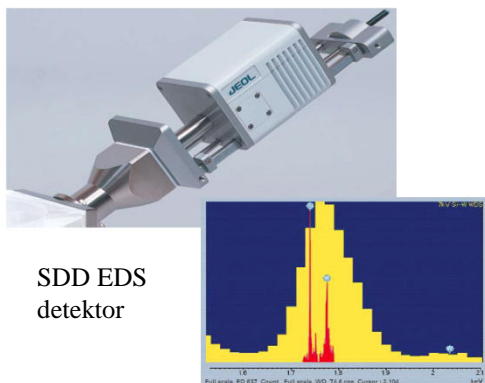
EDS mapa rozložení prvků na příčném řezu vícevrstevným kondenzátorem



Částice zlata, 15 kV, zv. 300 000x



EBSD mapa orientací krystalů austenitické oceli

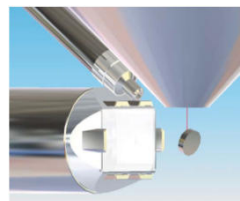


SDD EDS detektor

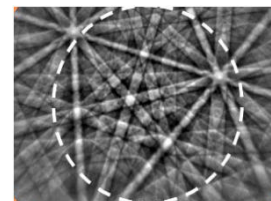
Zkombinované spektrum



WDS detektor

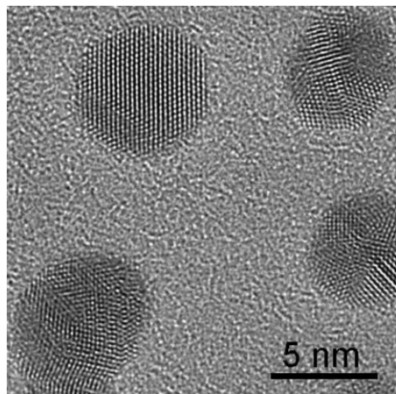


HLK Nordlys II S EBSD systém



Kikuchiho linie

Zdroj: materiály fy JEOL

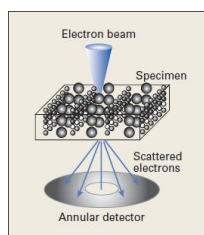


TEM obraz Au nanočástic

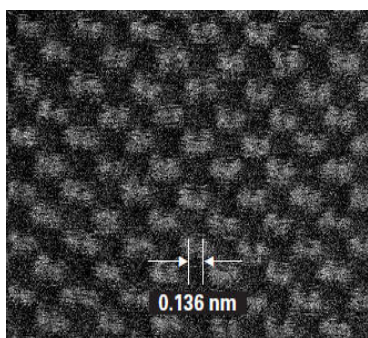
TEM Jeol JEM-2200FS

- Urychlující napětí: 80 – 200 kV
- Energový filtr přímo zabudovaný v tubusu (In-column energy filter = Ω -filtr)
- Vysoce kontrastní zobrazování
- 3D rekonstrukce vzorků
- Rozlišení 0,19 nm
- Zvětšení
 - TEM mód 50 to 1 500 000x
 - STEM mód 100x to 150 000 000x

In-column omega filtr – filtrování energie elektronů ve svazku

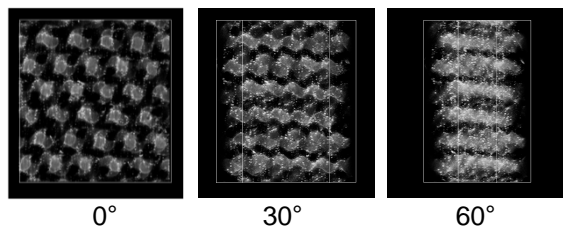


High-Angle Annular Dark Field (HAADF) detektor



Si rovina [110], STEM mód, HAADF detektor

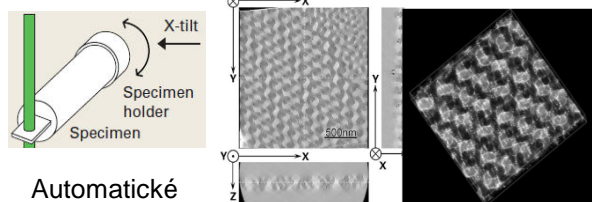
Výpočet 3D rekonstrukce ze série nakloněných TEM obrázků



0°

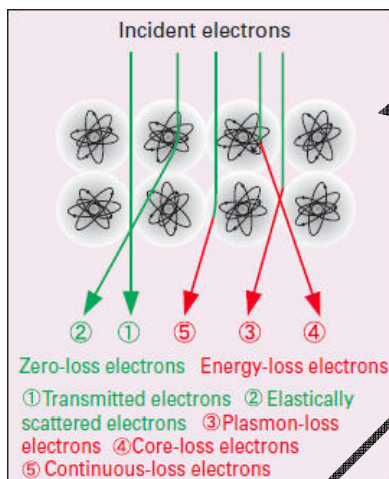
30°

60°



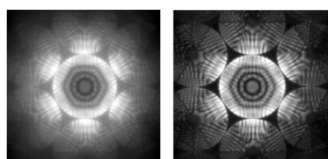
Automatické získávání nakloněných obrázků

Výsledná 3D morfolgie částic Pd na povrchu polymeru



Bez Ω -filtru

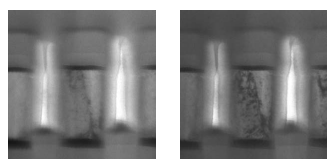
Filtrováno



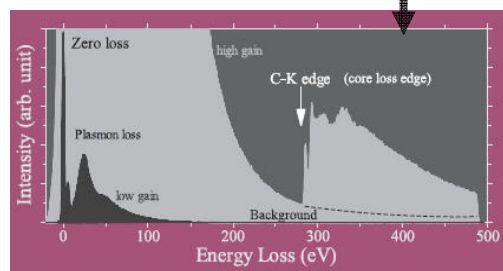
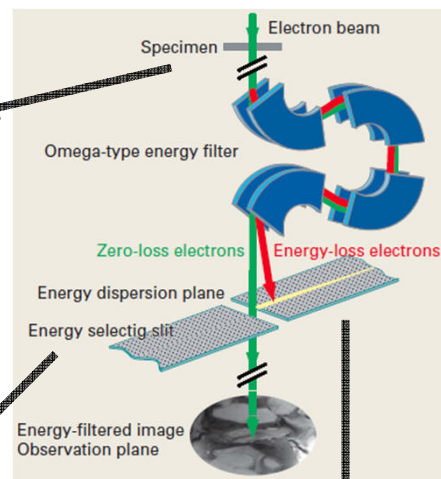
Elektronová difrakce Si roviny [111] při 200kV

Bez Ω -filtru

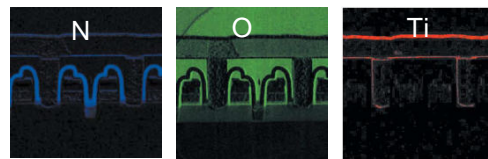
Filtrováno



Paměť DRAM při 200kV



Electron Energy Loss Spectrum (EELS)



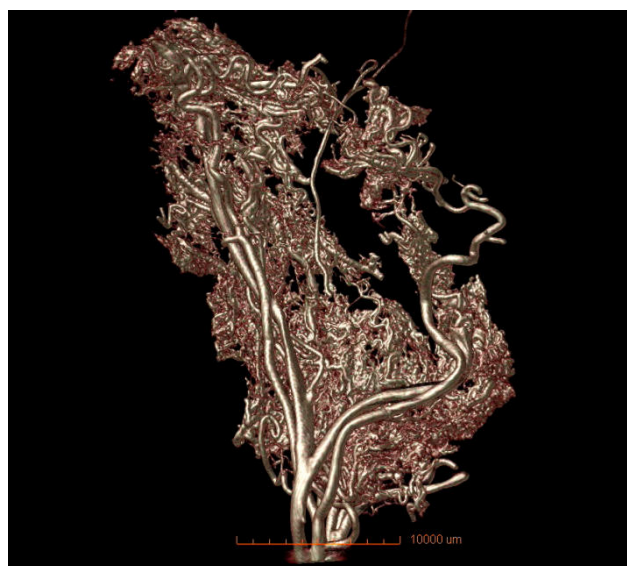
EELS TEM mapování rozložení prvků u FLASH paměti

Zdroj: materiály fy JEOL

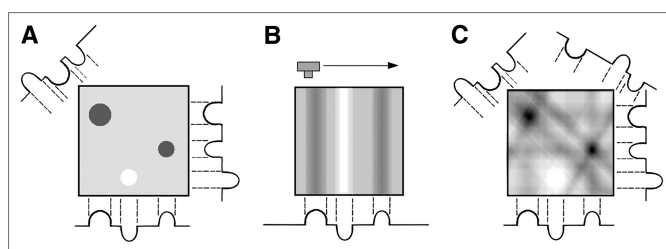
Rentgenový mikrotomograf Xradia XCT 400



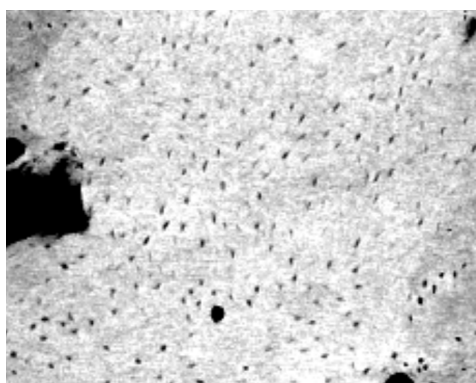
- Počítačový tomograf s vysokým rozlišením
- Nedestruktivní zkoumání vnitřní 3D struktury vzorků
- Nevyžaduje úpravy vzorku
- Maximální rozměr vzorku 50 cm
- Maximální hmotnost vzorku 15 kg
- Zorné pole max. rozměru 7 cm
- Dosažitelné rozlišení 0,2 - 0,5 μm
- Urychlovací napětí 20 – 90 kV



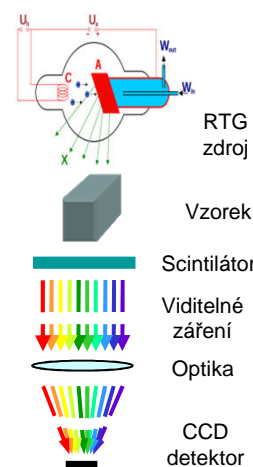
3D rekonstrukce krevního řečiště



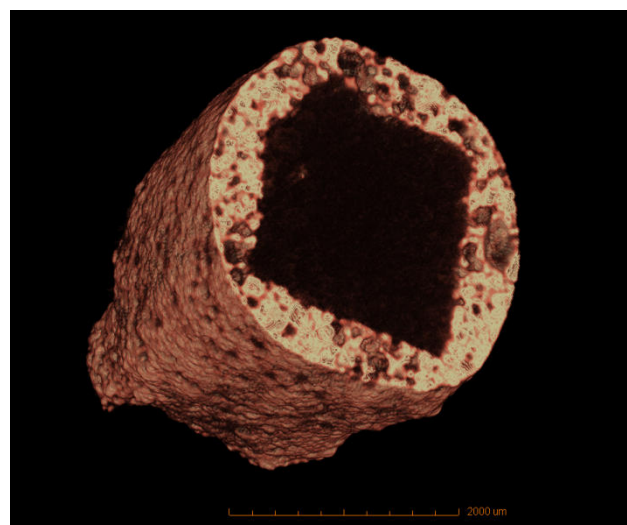
Princip 3D rekonstrukce vnitřní struktury vzorku



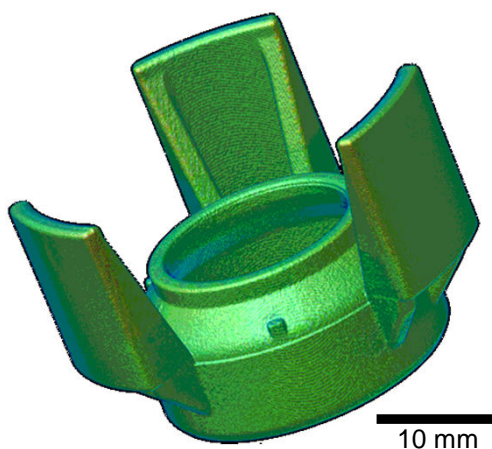
Řez vnitřní strukturou lidské kosti



Získání rentgenového snímku



Velikost a rozložení pórů uvnitř hlavičky
zápalky



3D model plastového vylisku pro srovnání
výrobku s CAD předlohou



Tabák uvnitř cigarety
s filtrem