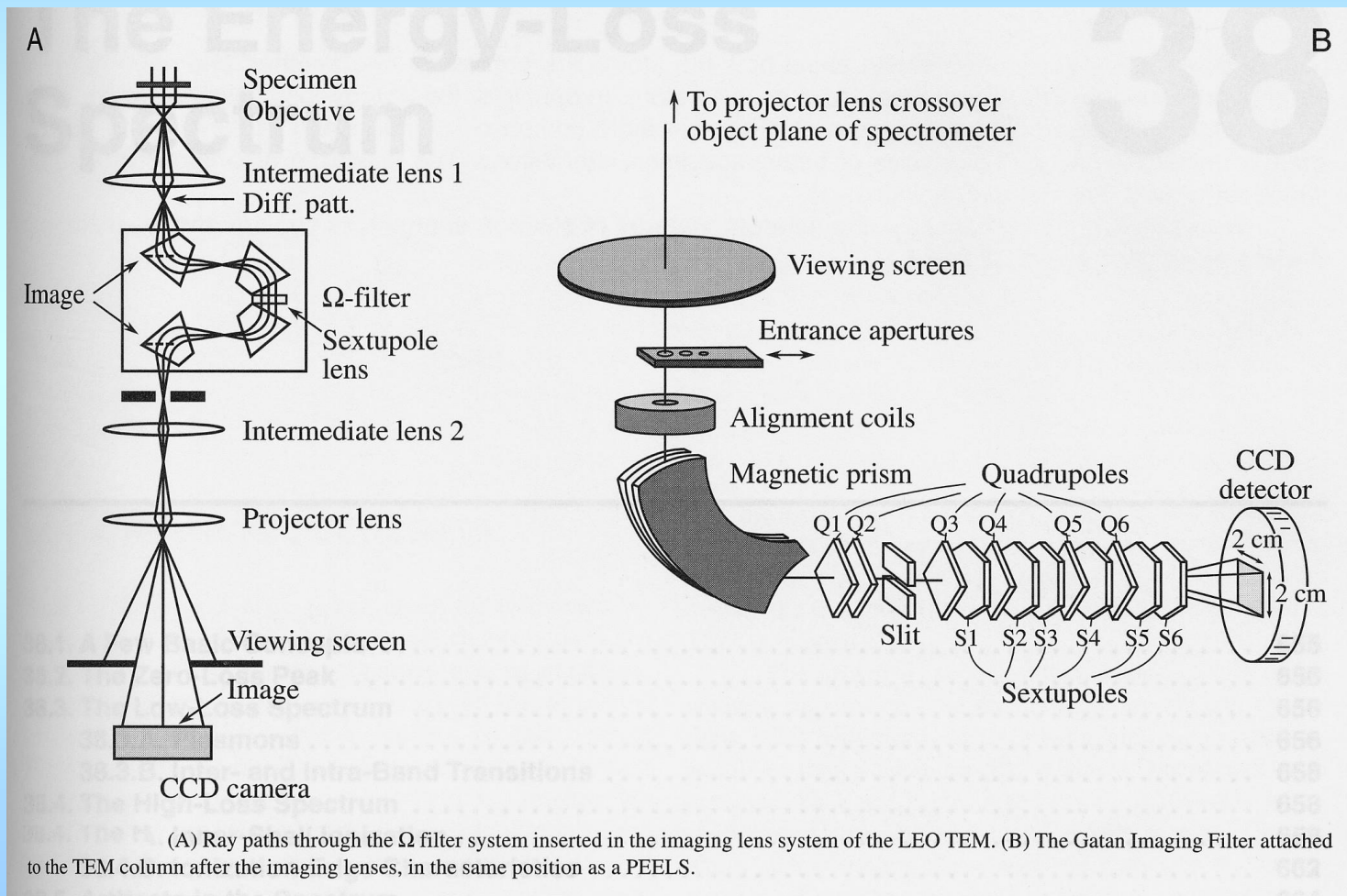


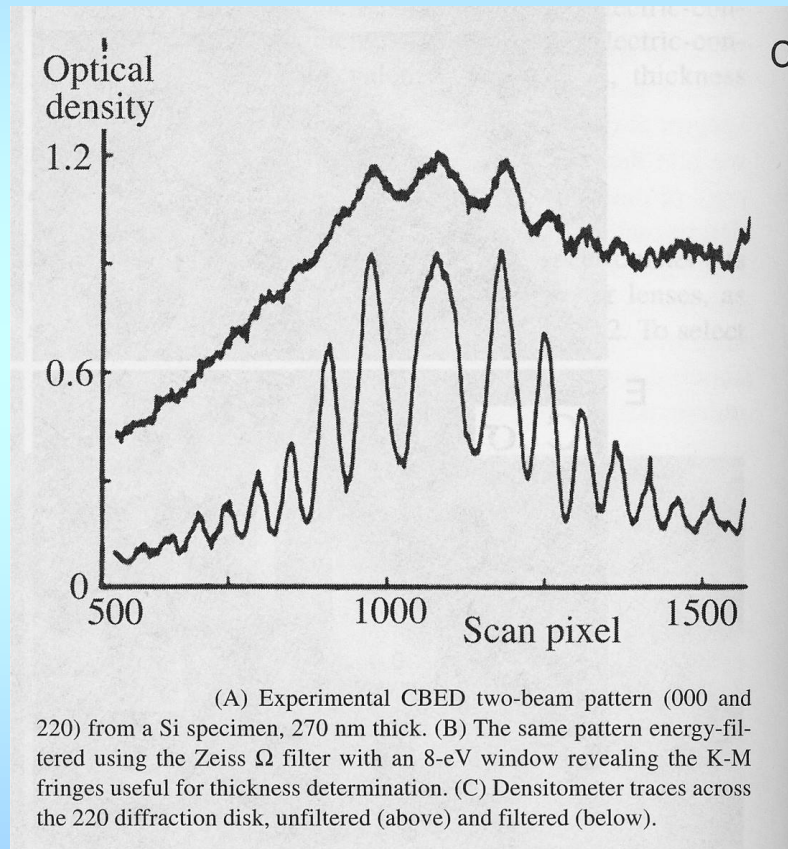
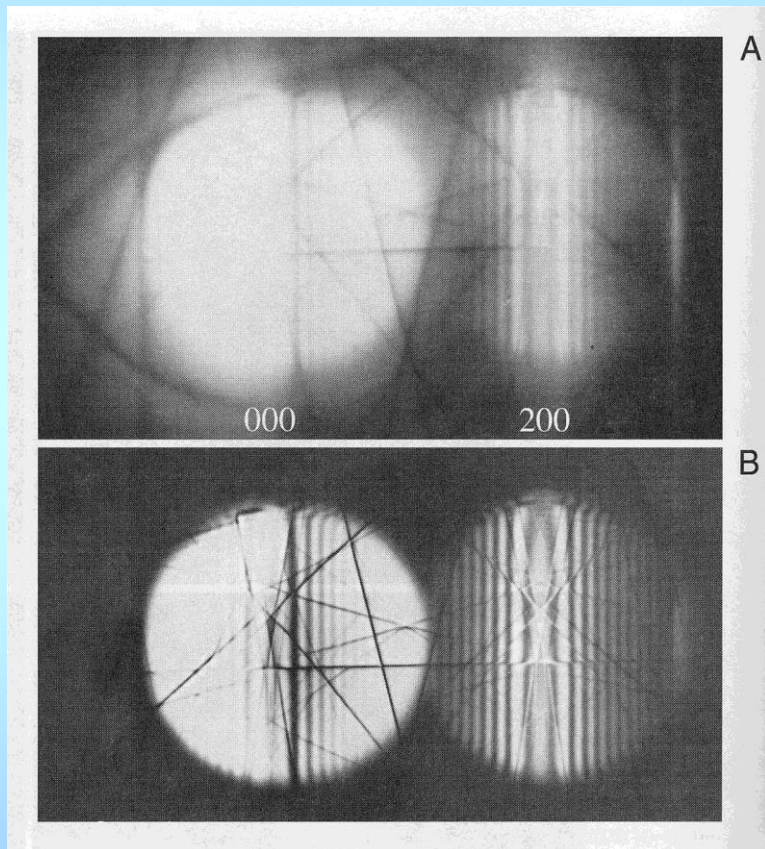
Energiové filtry (v TEM, STEM)

pod vzorkem - Ω

pod stínítkem - např. GIF

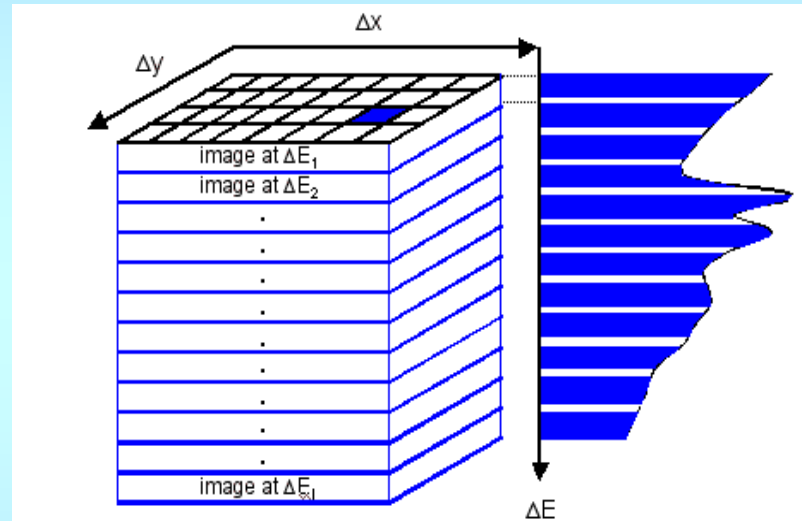
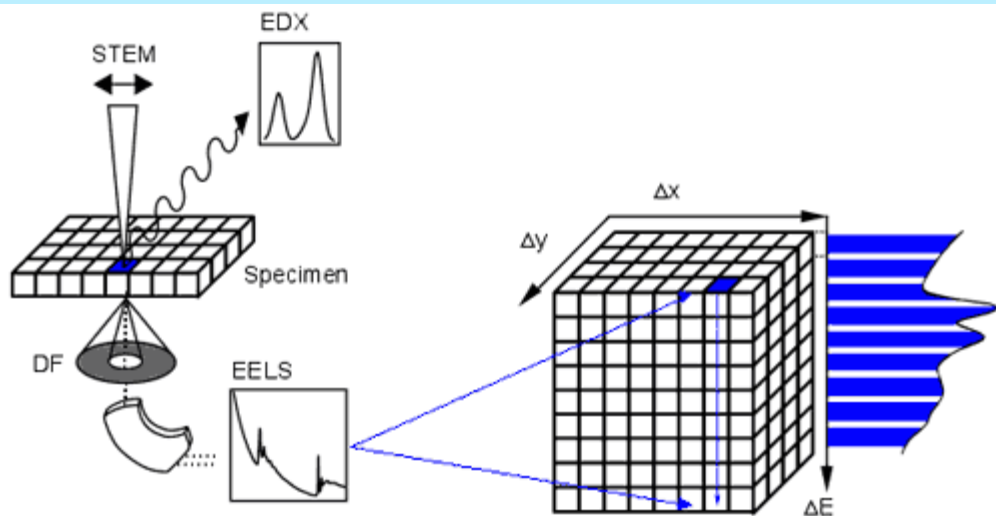


Filtrovaný obraz – použití v obrazovém i difrakčním módu

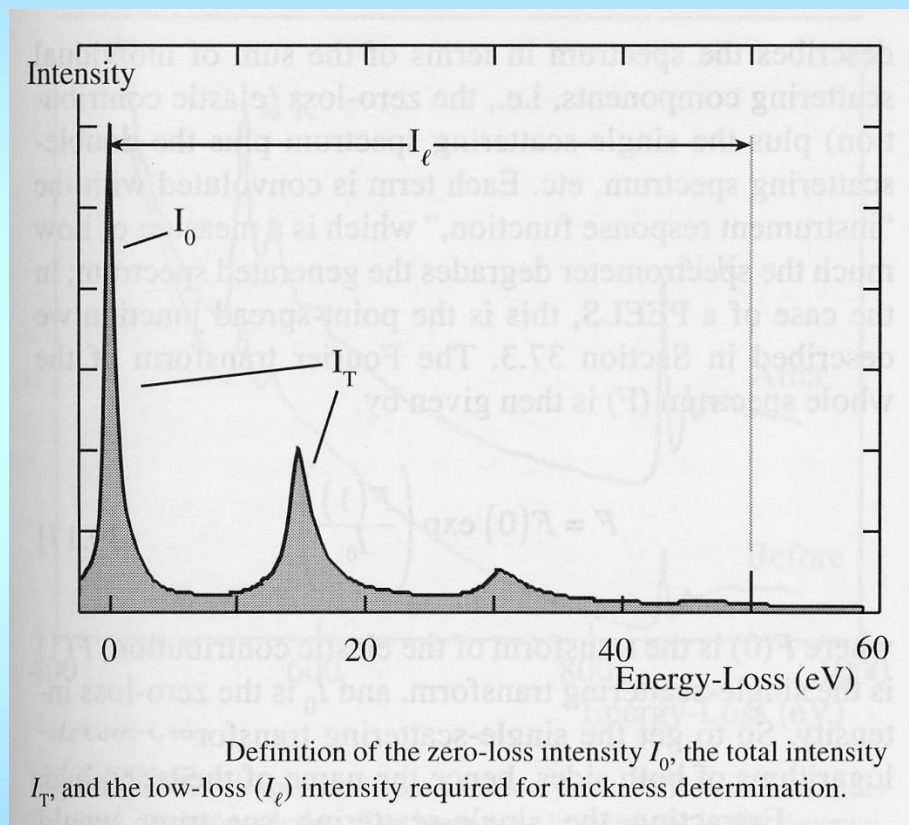


(A) Experimental CBED two-beam pattern (000 and 220) from a Si specimen, 270 nm thick. (B) The same pattern energy-filtered using the Zeiss Ω filter with an 8-eV window revealing the K-M fringes useful for thickness determination. (C) Densitometer traces across the 220 diffraction disk, unfiltered (above) and filtered (below).

EELS → spektrum a/nebo filtrovaný obraz



Spektrum EELS a vyhodnocení tloušťky vzorku



Dominantní píky ve spektru:

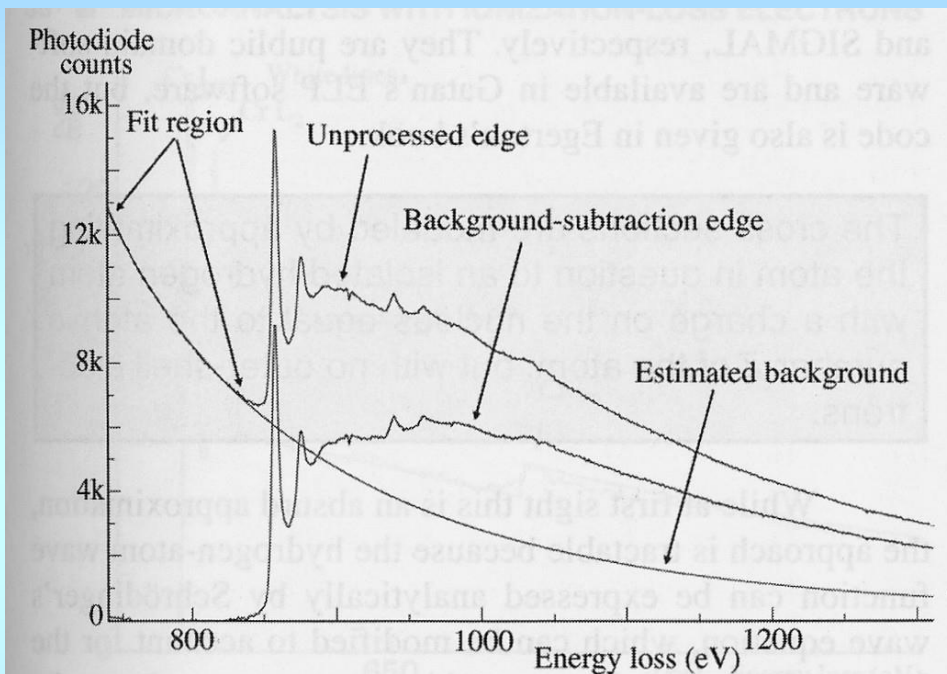
- pík u $\Delta E=0$ (zero loss peak)
- plasmonový pík (zde u 15eV)

Intenzita plasmonového píku roste s tloušťkou vzorku a platí

$$t = \lambda \ln \frac{I_T}{I_0} \approx \lambda \ln \frac{I_l}{I_0}$$

λ ... střední volná dráha

Spektrum EELS a vyhodnocení obsahu prvků



pozadí se určuje z úseku před hranou prvku: fituje se nejčastěji jako $A(\Delta E)^{-r}$.

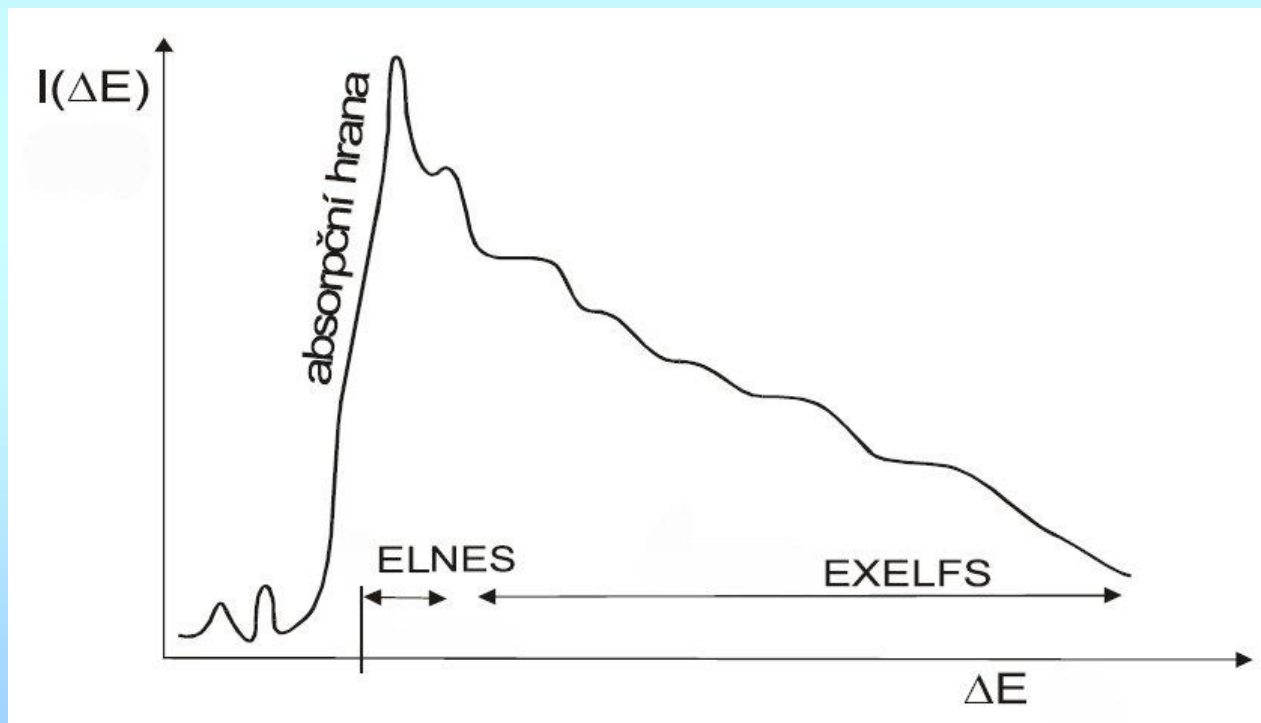
A Ni $L_{2,3}$ edge before and after background subtraction. The fit region before the unprocessed edge is extrapolated to give the estimated background, which is then removed, leaving the background-subtracted edge.

(U tlustších vzorků se nejdříve provádí dekonvoluce s plasmonovým píkem.)

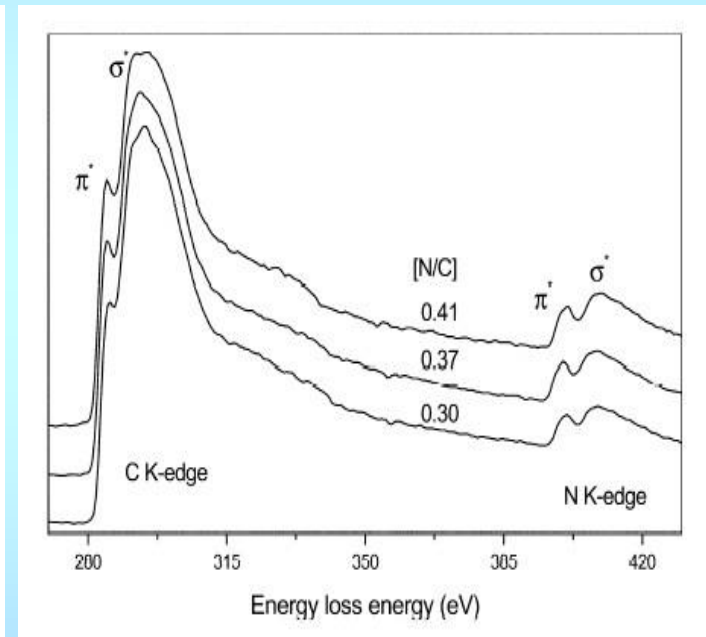
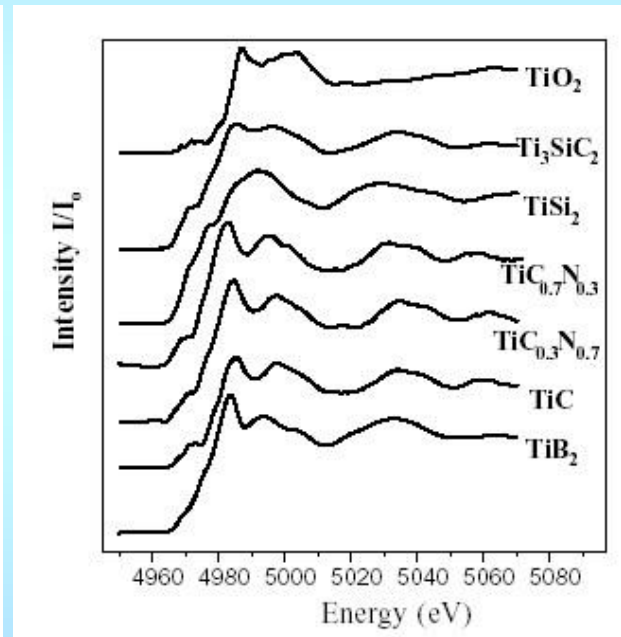
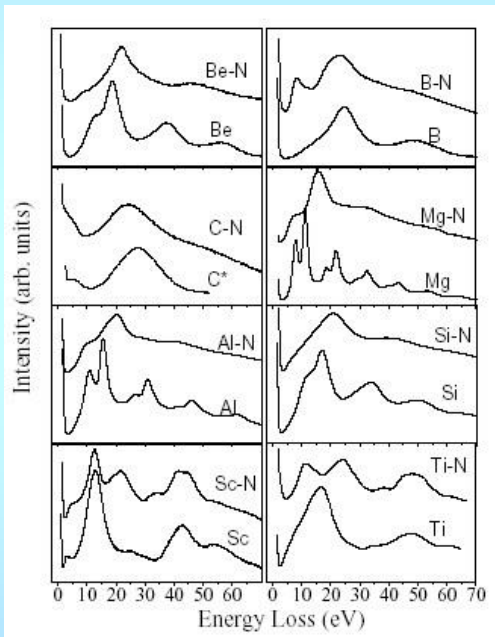
Kromě samotného počtu pulzů lze porovnávat i tvar spektra za hranou, který vypovídá o povaze vazby atomu (o jeho okolí):

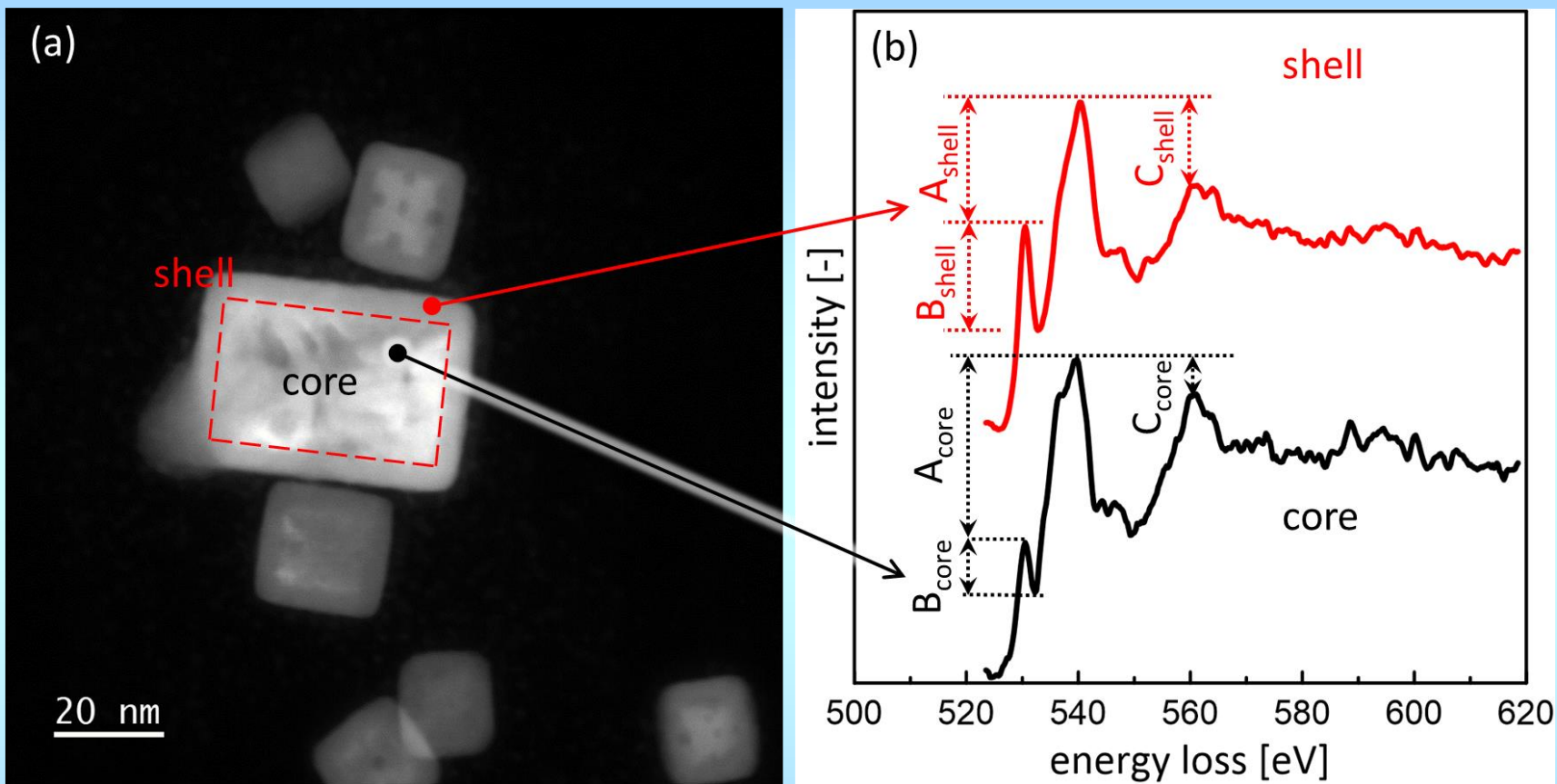
EXELFS ... Extended X-ray edge Electron Loss Fine Structure

ELNES ... Electron Loss Near Edge Structure

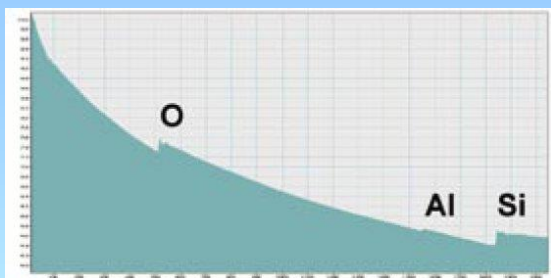


„Fingerprints”: porovnávání naměřených spekter EELS s vypočtenými nebo změřenými na jednodušších sloučeninách nebo na standardech.

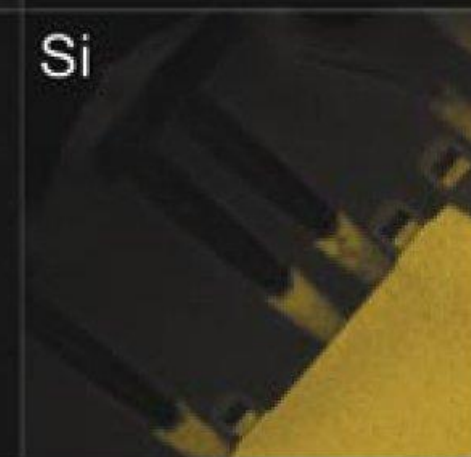
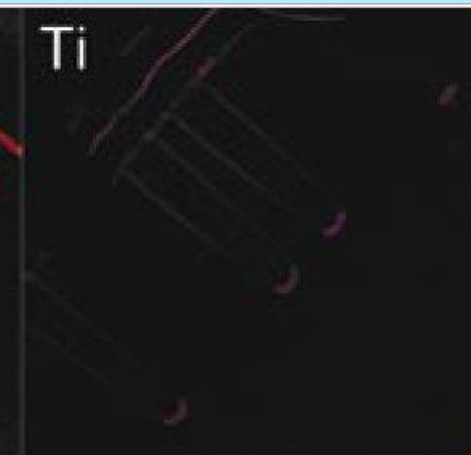
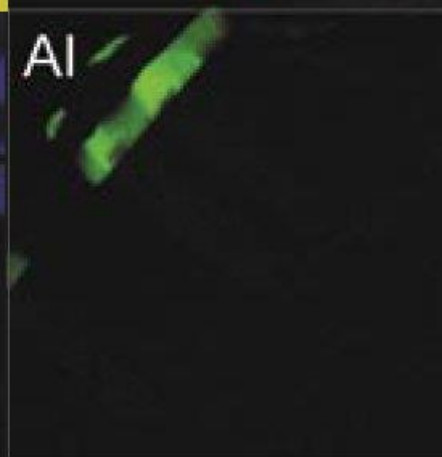
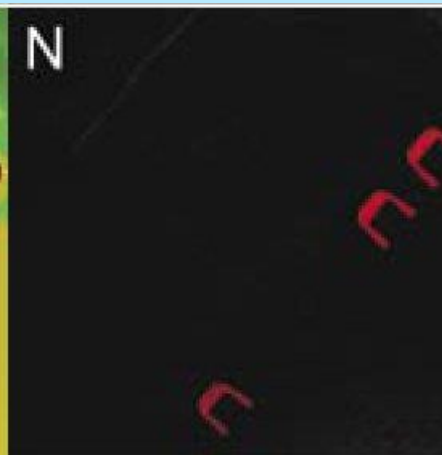
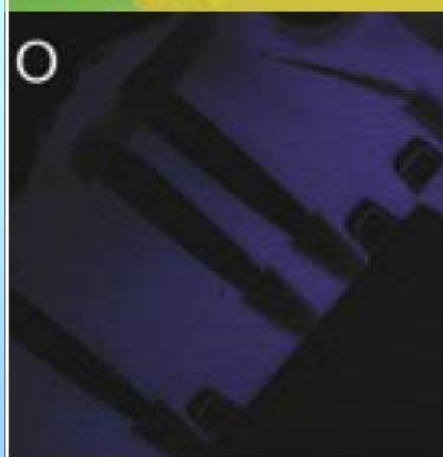
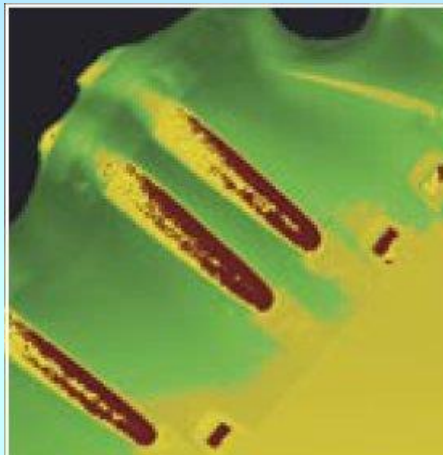
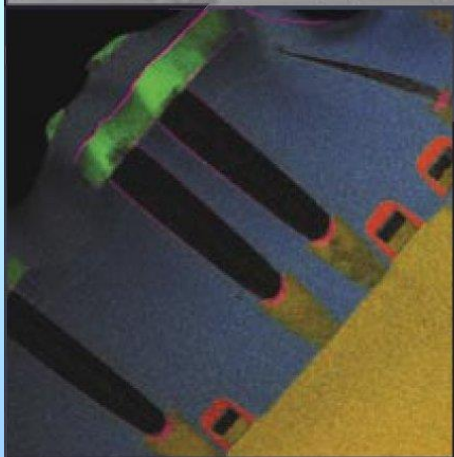
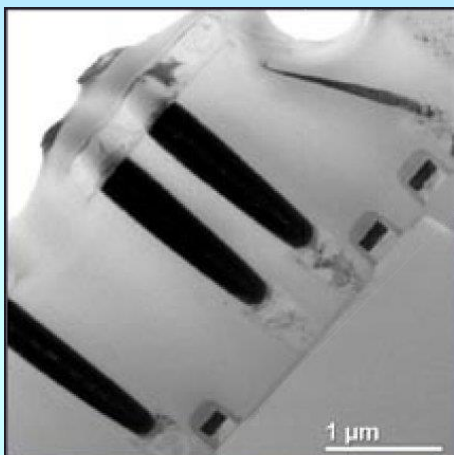




FeO vs. Fe_3O_4



EELS a obrazy tvořené elektrony z úzkých intervalů energie ($E-\Delta E$, $E-\Delta E+dE$)



Elastické interakce:

Účinný průřez elastické interakce s jádrem atomu stíněným okolními elektrony je

$$\sigma_E = 5.21 \times 10^{-21} \frac{Z^2}{E^2} \frac{4\pi}{\alpha(\alpha+1)} \left(\frac{E+511}{E+1024} \right)^2 \text{ cm}^2/\text{atom}$$

E je energie v keV, Z je atomové číslo, $\alpha(Z, E)$ popisuje stínění.

Střední volná dráha elektronu je $\lambda = \frac{A}{N_A \rho \sigma_E}$

A je atomová hmotnost (g/mol), ρ je hustota.

Statistická pravděpodobnost dráhy s mezi dvěma srážkami je $p(s) = \exp(-s/\lambda)$

Rozdělení úhlových odchylek je dáno diferenciálním účinným průřezem

$$\sigma' = \frac{d\sigma}{d\Omega} = 5.21 \times 10^{-21} \frac{Z^2}{E^2} \frac{1}{(\sin^2 \frac{\Phi}{2} + \alpha)^2} \left(\frac{E+511}{E+1024} \right)^2$$

Kromě uvedeného tzv. „single scattering“ modelu elastické interakce existuje i méně přesný ale rychlejší tzv. „plural scattering“ model, který statisticky průměruje více elastických interakcí v jednom kroku.

Inelastické interakce:

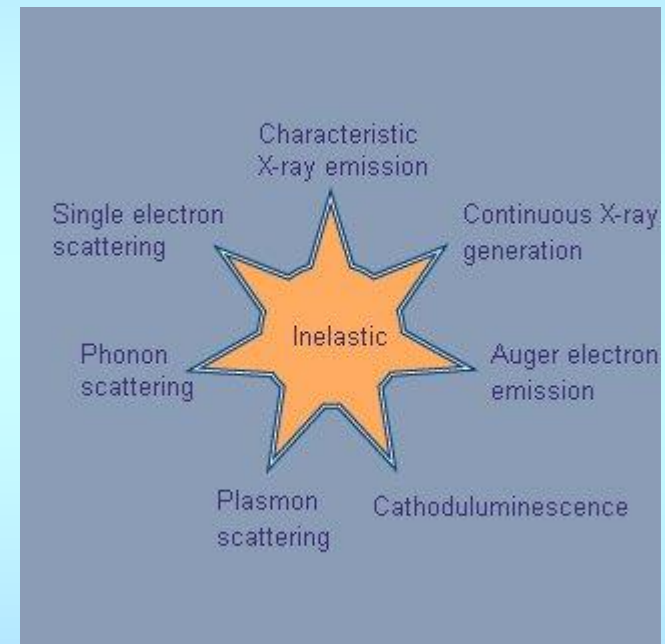
Zahrnují širokou škálu procesů. Započítávají se v simulaci jako plynulé snižování energie E úměrné délce uražené trajektorie (s):

$$\frac{dE}{ds} = -2\pi e^4 N_A \frac{Z\rho}{AE} \ln\left(\frac{1.166E}{J}\right)$$

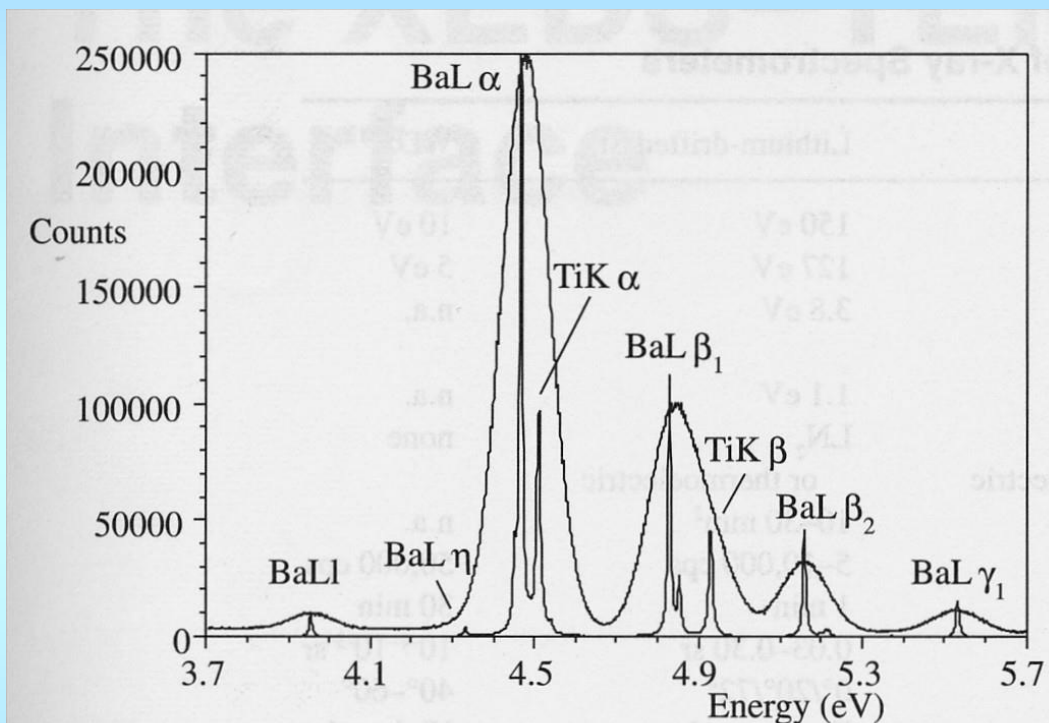
$$J = J(Z)$$

J ... střední ionizační potenciál

U slitin/sloučenin se počítá s váženým průměrem Z .



Srovnání citlivosti WDX a EDX: WDX: rozlišení jednotky eV (EDX ~140 eV)



A WDS spectrum from BaTiO₃, but plotted against energy rather than wavelength. WDS easily resolves the Ba L_α/Ti K_α overlap, which is impossible with an EDS as shown in the overlapping spectrum. The improved resolution of WDS (~8 eV) is obvious.

Generace Rentgenova záření při interakci el. svazku s látkou

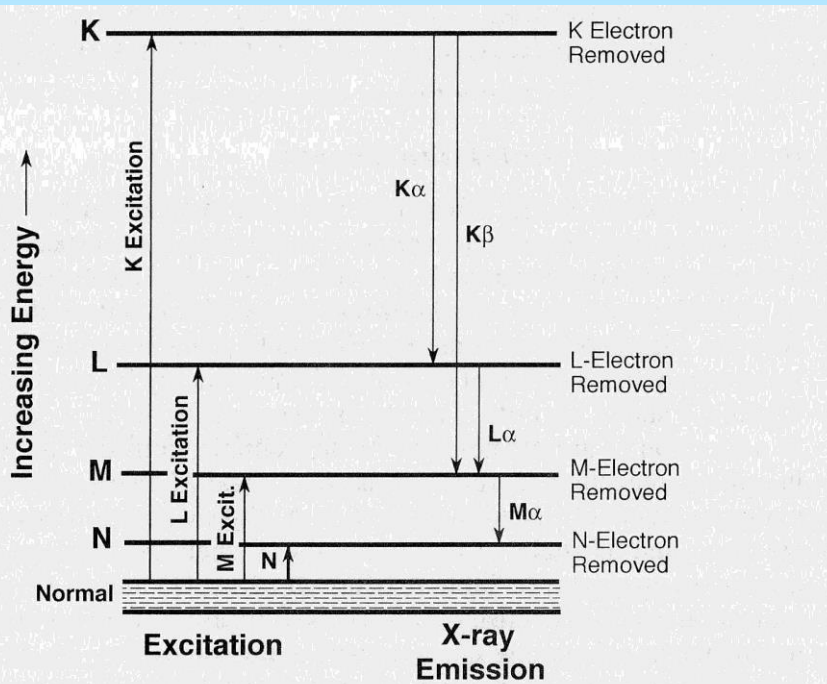


Figure 6.7. Energy level diagram for an atom. The energy of the atom increases upon ionization of the K , L , M , or N shell (excitation). As the atom's energy returns to normal, $K\alpha$, $K\beta$, $L\alpha$, and $M\alpha$ x-rays are emitted from the atom. Each horizontal line represents the energy of an electron state. Zero energy represents an atom at rest with no electrons missing (normal).

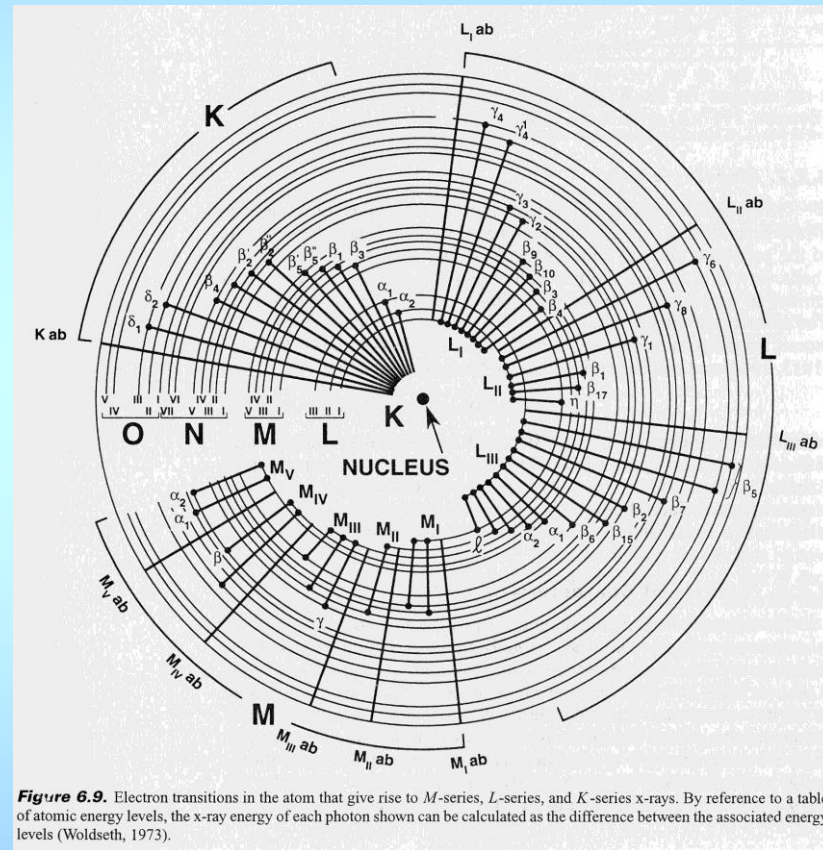


Figure 6.9. Electron transitions in the atom that give rise to M -series, L -series, and K -series x-rays. By reference to a table of atomic energy levels, the x-ray energy of each photon shown can be calculated as the difference between the associated energy levels (Woldseth, 1973).