

Difrakce elektronů v krystalech, zobrazení atomů

Matyáš Grof¹, Pavel Kůs², Stanislav Taborovec³
Už ne GChD¹, Gymnázium J. Š. Baara², Ještě GChD³
pudivitr@gchd.cz

Abstrakt:

V elektronovém mikroskopu lze pozorovat objekty až o velikostech nanometrů, což dává neskutečné množství možností pro výzkum ve fyzice, biologii nebo v chemii. V našem projektu jsme zkoumali krystalické struktury monokrystalů i polykrystalů pomocí jevu zvaném difrakce, který jsme dokázali sledovat pomocí elektronového mikroskopu.

1 Úvod

Transmisní elektronová mikroskopie je důležité vědní odvětví v oborech jako například letectví, námořnictví, kosmonautiky, automechaniky, medicíny, filosofie, moderním kovářství, strojařství, zkrátka ve všech oborech, kde je zapotřebí různých vlastností materiálů ať už se jedná o pevnost, pružnost, či tvárnost.

V našem projektu jsme zkoumali krystalické struktury monokrystalů i polykrystalů pomocí jevu zvaném difrakce, který jsme dokázali sledovat pomocí elektronového mikroskopu. Dále jsme zkoumali poruchy krystalické mřížky a Kikuchiho linie

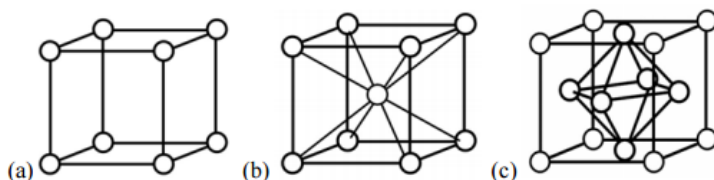
2 Teorie (Nic nefunguje a všichni ví proč)

Transmisní elektronová mikroskopie je vědecký obor zabývající se zobrazováním základní krystalické struktury materiálu. Využívá se jak v materiálové fyzice, tak třeba i v biologii, pro zobrazování submikroskopických struktur buněk, makromolekul, či virů.

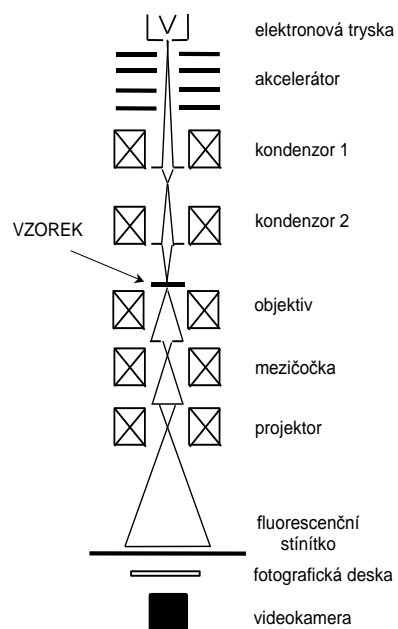
Rozlišovací schopnosti elektronových mikroskopů je mnohonásobně vyšší než u světelných mikroskopů. Ovšem konstrukce je složitější.

Krystalová mřížka

Látka v pevném skupenství může být buď amorfní, nebo krystalická. Krystalické látky mají mnoho druhů krystalů. Na obrázku 2 jsou znázorněny tři základní druhy: primitivní (a), prostorově centrovaná (b), plošně centrovaná (c).



Obr. 2: krystalické mřížky



Obr. 1: struktura mikroskopu

Difrakce

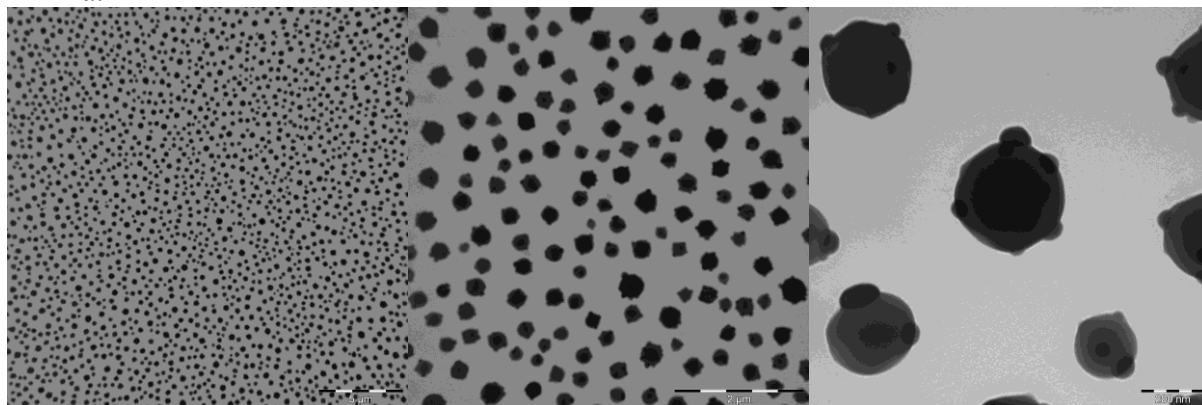
Difrakce je jev, kdy se vlnění dostává do oblasti geometrického stínu po průchodu štěrbinou. Nastává v případě, kdy je velikost štěrbiny srovnatelná s vlnovou délkou vlny. Podle principu vlnově-částicového dualismu můžeme hmotnému elektronu přiřadit de Brogliho vlnu. Jinak řečeno můžeme na elektron nahlížet jednak jako na částici, jednak jako na vlnu. Pokud se použije částečně koherentní svazek elektronů, dojde k interferenci (skládání vlnění), čímž na stínítku vzniká soustava interferenčních maxim. Z teorie difrakce lze zpětně získat velikost a tvar objektu, na němž k difrakci došlo.

Dále lze z teorie odvodit tzv. Braggův zákon, který určuje polohu interferenčních maxim v závislosti na vlnové délce, meziatomových vzdáleností a úhlu dopadu svazku.

3 Měření (Vše funguje a nikdo neví proč)

Krystalky na mřížce

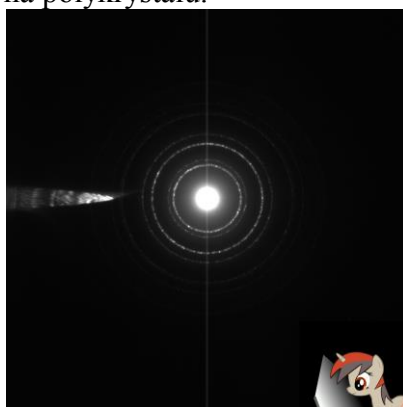
Prvně jsme pomocí mikroskopu pozorovali krystalky, které obsahovala kovová mřížka.



Obr. 3: krystalky v krystalické mřížce při zvětšení 10k, 40k, 200k

Pozorování difrakce krystalků na mřížce

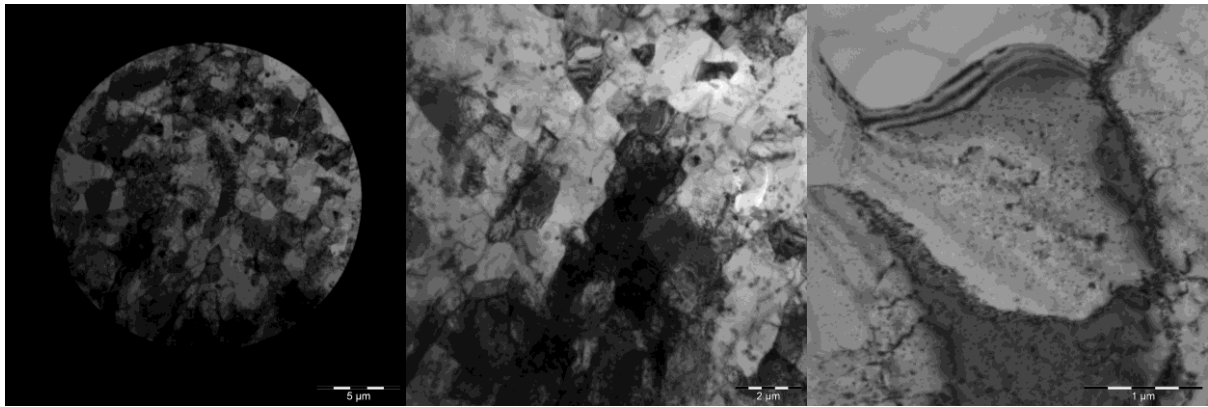
Provedli jsme difrakci na krystalkách. Z výsledného difrakčního obrazce jsme usoudili, že se jedná o difrakci na polykrystalu.



Obr. 4: difrakce polykrystalu

Pozorování Al-Mn-Zr

Sloučenina Al-Mn-Zr se používá v tepelných výměnících např. Maxi-Flo. Pozorovali jsme připravený vzorek z této sloučeniny, který byl předem proděravěn kyselinou. Tímto se docílilo dostatečné tenkosti vzorku pro možnost pozorování v mikroskopu.



Obr. 5: Al-Mn-Zr při zvětšení 10k, 20k, 75k

Pozorování difrakce

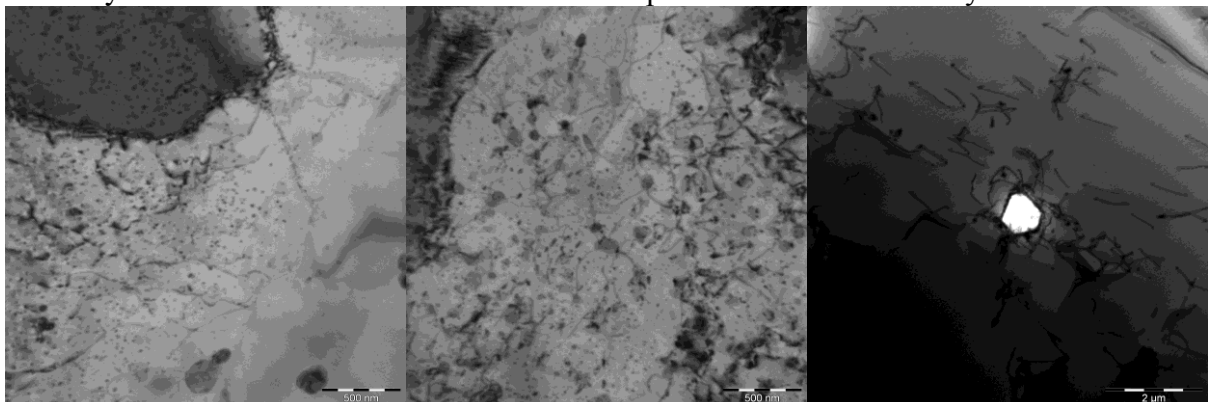
Do difrakci na sloučenině Al-Mn-Zr jsme opět pozorovali difrakční obrazec v mikroskopu. První dva obrázky jsme získali difrakcí na polykrystalu. Poslední obrázek byl pořízen na monokrystalu. Je to zapříčiněno velikostí clony, kde v posledním obrázku jsme ostatní krystaly odstínili a zbyl nám téměř monokrystal.



Obr. 6: difrakce Al-Mn-Zr při využití velké, střední a malé clony

Pozorování dislokace

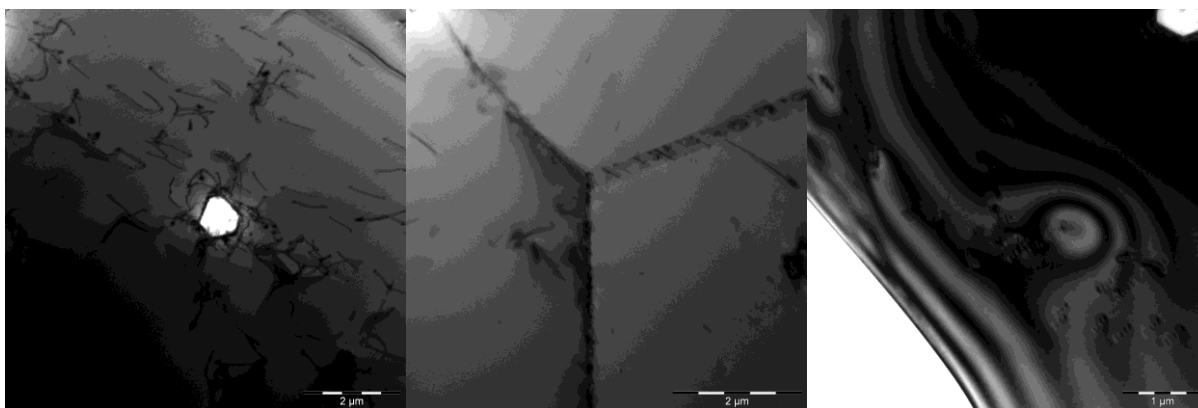
Na této sloučenině jsme na mikroskopu při zvětšení 200k pozorovali chybu na monokrystalech zvanou hranová dislokace. Je to způsobeno ztrátou souvislých částí atomů.



Obr. 7: dislokace

Pozorování Cu-Ni-Sn

Pozorovali jsme připravený vzorek z této sloučeniny, který byl předem proděravěn kyselinou. Tímto se docílilo dostatečné tenkosti vzorku pro možnost pozorování v mikroskopu.

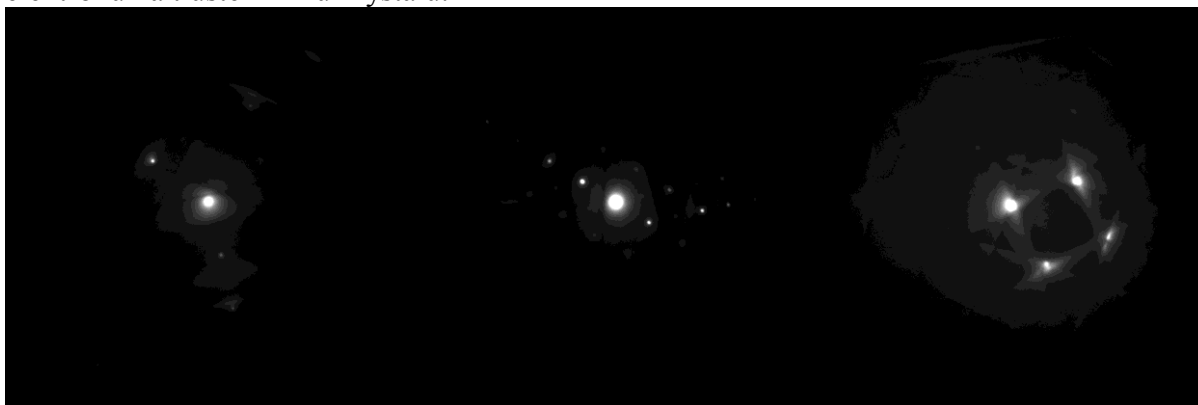


Obr. 8: Sloučenina Cu-Ni-Sn pod mikroskopem při žvetšení 30k, 30k, 100k

Na prvním obrázku si lze povšimnout dislokací krystalu. Na druhém obrázku téměř vlastenecky připomínajícím českou vlajku jsme pozorovali rozhraní tří zrn sloučeniny. Třetí obrázek originálně zaslaný do soutěže na etiketu zobrazuje námi nasnímanou tloušťkovou konturu, o které vypovídají bílé a černé linie způsobené interferencí (podobně jako na hranolu).

Pozorování Kikuchiho linie

Difrakce na monokrystalech v případě tlustého vzorku je doprovázena jevem zvaným Kikuchiho linie. Okolo bodů lze pozorovat záři, která je způsobena nepružným rozptylem elektronu na tlustém zrně krystalu.



Obr. 9: Kikuchiho linie na tlustém vzorku Cu-Ni-Sn

4 Závěr

V našem miniprojektu jsme využili transmisivní elektronové mikroskopie k zobrazování mikroskopických částic. Pozorovali jsme difrakční obrazce na monokrystalech a polykrystalech a dokázali jsme je rozlišit. U difrakčních obrazců jsme byli schopni zaznamenat Kikuchiho linie na tlustých zrnech krystalu.

5 Poděkování

Děkujeme všem, kteří nám umožnili projekt uskutečnit, tedy zejména náš supervizor M. Karlík a hlavní organizátor TV@J V. Svoboda. Dále bych chtěl poděkovat všem našim maminkám za letitou trpělivost, která nás dovedla až na TV@J.

[1] KARLÍK, M. *Úvod do transmisivní elektronové mikroskopie*, ČVUT, 2011.

[2] FEYNMAN, R. *Feynmanovo přednášky z fyziky*, Fragment, 2013.