

# Difrakce elektronů v krystalech, zobrazení v atomech

M. Štrof.....SGaGY Kladno, Sítná, marfel@seznam

J. Cabrnch....SGaGY Kladno, Sítná, jcabrnch@seznam

J. Urbář.....Gymnázium Kladno, JaroslavUrbar@seznam.cz

R. Hlistová.....Gymnázium a SOŠ, Frýdek – Místek, renata121@post

T.Králová.....Arcibiskupské gymnázium Kroměříž, Moria.terrae@centrum

## 1. Úvod

Difrakce je jev, který je spojen s vlněním dopadajícím na periodický objekt. Dopadá-li rovinná vlna na izolovaný objekt, mění se na kulovou vlnu, která se šíří všemi směry. Pokud je objekt periodický, dochází k interferenci jednotlivých kulových vln (Huygensův princip), které se zesilují jen v určitých směrech. Úhly, pod kterými se záření šíří, jsou závislé na vzdálenosti rozptylových center

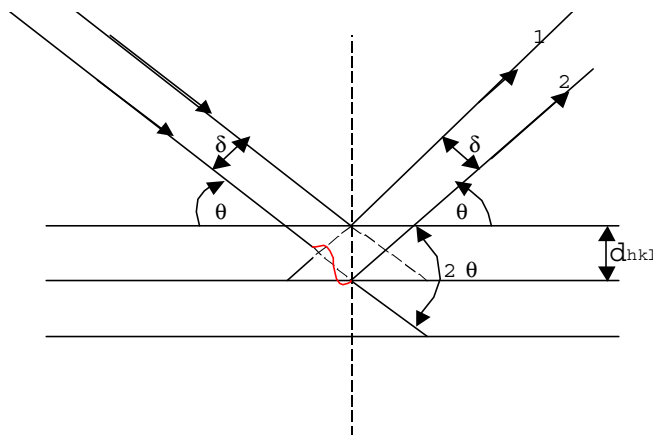
v periodickém objektu ( $d$ ) a na délce dopadající vlny ( $\lambda$ ), konkrétně vztahem:

$$2d \sin\theta = n \lambda \quad (1)$$

kde  $n$  je řád interference. Periodickým objektem mohou být například: Stébla rákosu pro vlny na vodní hladině, dvě štěrbinu nebo difrakční mřížka pro světlo, či krystalové roviny pro RTG záření, neutrony a elektrony. V případě krystalu má rovnice (1) tvar:

$$2d_{hkl} \sin\theta = n \lambda \quad (2)$$

kde  $d_{hkl}$  jsou vzdálenosti krystalových rovin s indexy ( $h, k, l$ ) a  $\theta$  Braggův úhel – Obr 1.



Obr. 1. Difrakce na krystalových rovinách.

Vlnová délka  $\lambda$  elektronů závisí na urychlovacím napětí  $U$  vztahem:

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m_e eU}} = \frac{1,225}{\sqrt{U}} \quad (3)$$

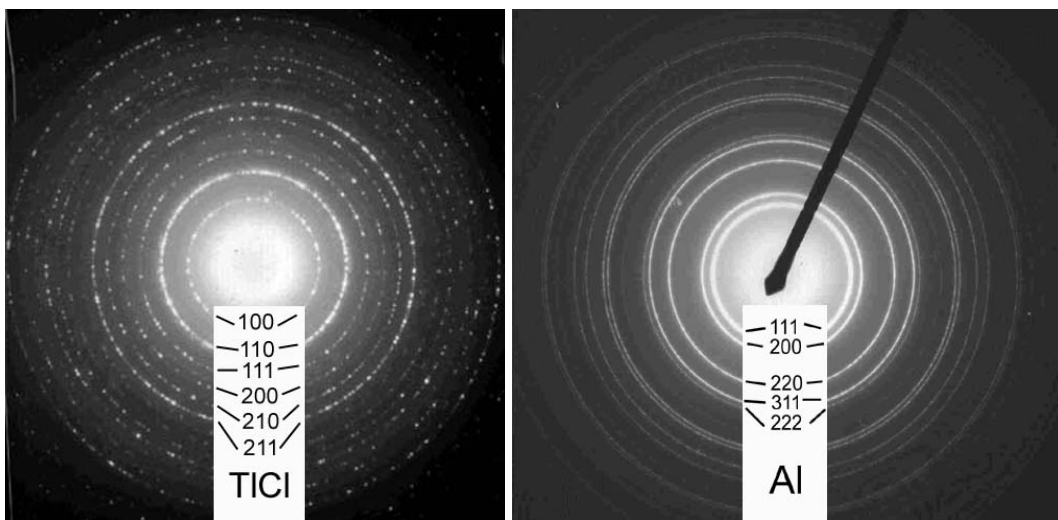
kde  $\lambda$  je v nanometrech a  $U$  ve voltech. Pro běžně používané urychlovací napětí 200 kV dostáváme  $\lambda = 0,2508$  nm.

## 2. Experimentální uspořádání

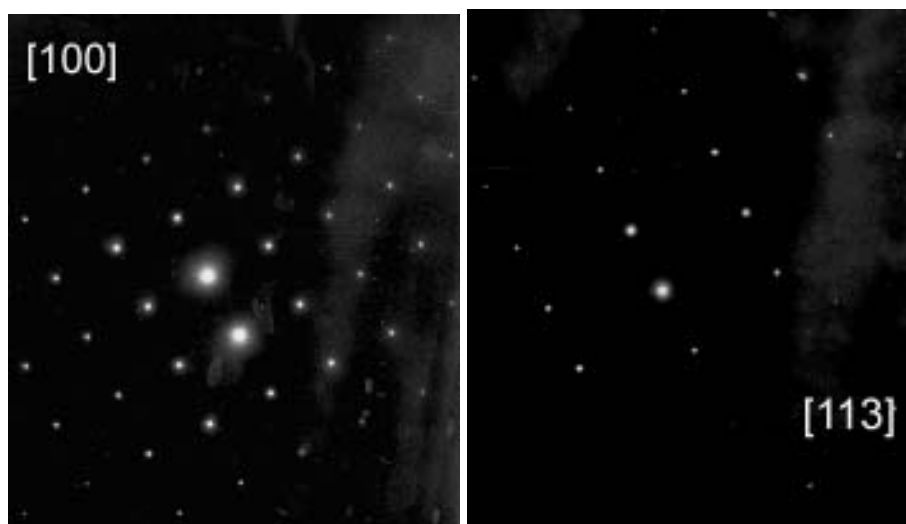
Elektronová difrakce byla studována na tenkých fóliích na prosvěcovacím mikroskopu JEOL 2000FX, pracujícím s urychlovacím napětím 200 kV. Byly prohlíženy polykrystalické a monokrystalické vzorky hliníku, slitiny Fe-28at.%Al, napařené vrstvy TiCl a extrakční uhlíkové repliky s částicemi CrFe. Kroužkové i bodové difraktogramy byly indexovány s využitím standardních metod.

## 3. Výsledky

Na Obr. 2 jsou kroužkové difraktogramy primitivní kubické mříže TiCl a plošně centrované mříže hliníku. Difraktogram hliníku se odlišuje absencí kroužků se smíšenými lichými a sudými indexy  $hkl$  krystalových rovin.



Obr. 2. Kroužkové difraktogramy polykrystalických vzorků TiCl a Al.



Obr. 3. Monokrystalické vzorky Al natočené do krystalového směru [100] a [113].

## 4. Shrnutí

Seznámili jsme se s principem difrakce a jejími zvláštnostmi v případě difrakce elektronů. Vyhodnocovali jsme elektronové difraktogramy kubických polykrystalických a monokrystalických látek. Difrakce se využívá v elektronové mikroskopii k zobrazení krystalových poruch nebo atomového uspořádání uvnitř materiálů.

## Reference

- [1] L. Sodomka, Fyzika kondenzovaných látek, Adhesiv, Liberec, 2002.
- [2] L. Dvořák, Úvod do fyziky kondenzovaných látek, PřF Univerzity Palackého, Olomouc, 1993
- [3] M. Karlík, Pohled na atomy: vysokorozlišovací elektronová mikroskopie, *Rozhledy matematicko-fyzikální* 72 (č. 4), 215-222.