

Princip, konstrukce a vlastnosti EM

Historie EM

1925-27: H. Busch – rotační MP ovlivňuje svazek e^- → magnetická čočka

1932: M. Knoll, E. Ruska – EM

50. léta: sériová výroba EM

ČR- Drahoš, Delong – Tesla Brno

Použití EM:

Repliky

Heidenreich - tenké fólie Al

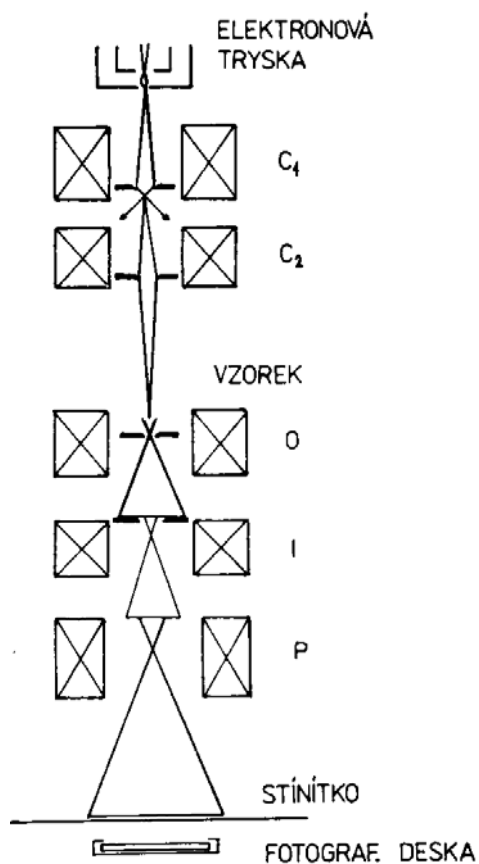
1957: Hirsch – elektrolytické ztenčování – přímé pozorování poruch

Princip EM

Řízení dráhy e^- v MP – magnetické čočky

Mezní rozlišení - $\lambda_{el} \times \lambda_{světlo}$

Konstrukce EM



Čočky

C – kondenzor

O – objektiv

I – mezičočka, difrakční čočka

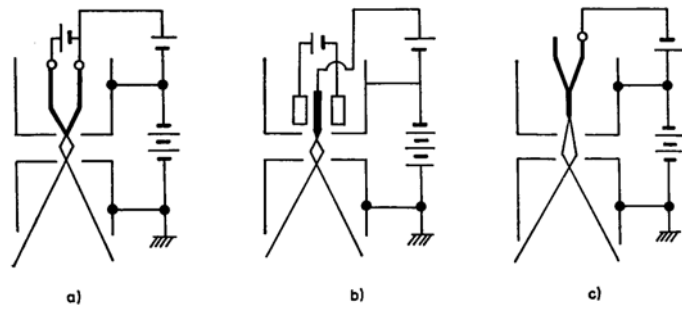
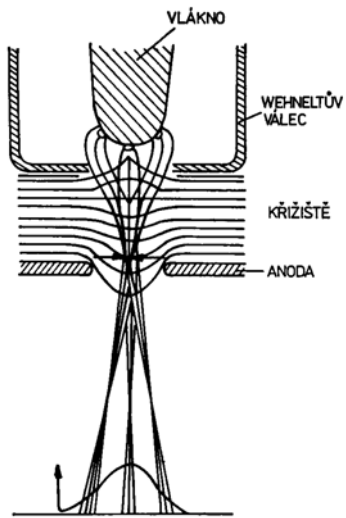
P – projektor

Osvětlovací soustava: el. tryska + C

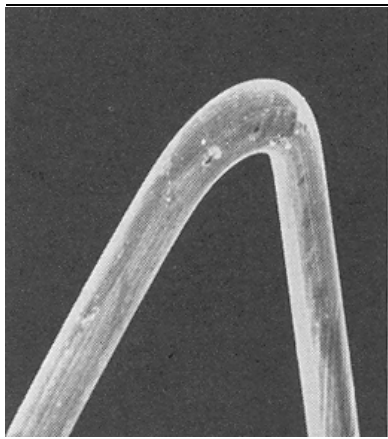
Zobrazovací s.: O, I, P

Vakuový systém

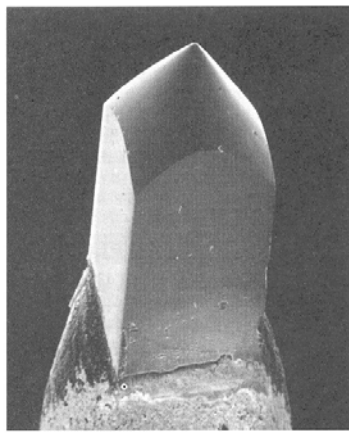
Elektronová tryska – zdroj el.



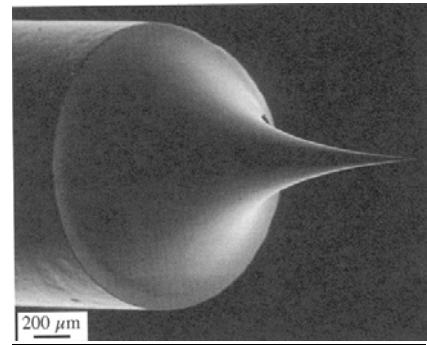
Zapojení elektronové trysky:
a) termocemísni, b) LaB₆, c) autoemísni



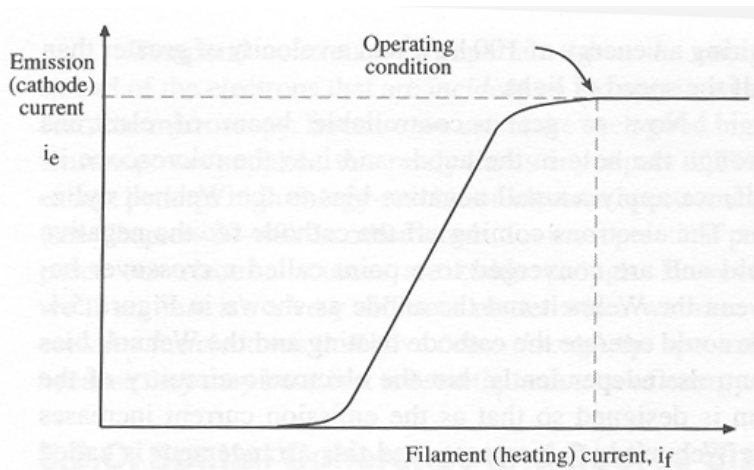
W - vlákno



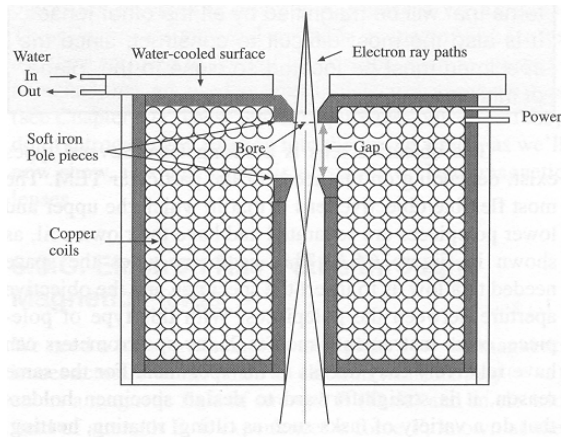
LaB₆



FEG – MK W – 0.01-0.1 μm



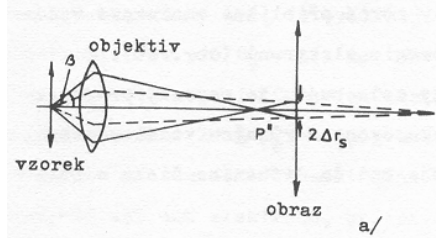
Čočky v EM



Plášť z měkké oceli
2 - pólové nástavce
bore/gap – charakteristika čočky
chlazení

Vady čoček:

a) *sférická* (O)

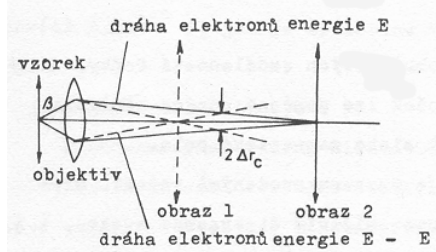


Poloměr kruhové stopy

$$\Delta r_s = c_s \beta^3$$

nelze korigovat

b) *chromatická (barevná)* (O)



Různé E_{el} .

Poloměr difúzního disku

$$\Delta r_c = c_c \cdot \beta \cdot \frac{\Delta E}{E}$$

c) *astigmatismus* (C, O)

Paprsky procházející v různých rovinách jsou fokusovány v různých vzdálenostech (Δf_a)

$$\Delta r_a = \Delta f_a \cdot \beta \quad - \text{lze korigovat}$$

Rozlišení (vliv vzorku + vady) : Å

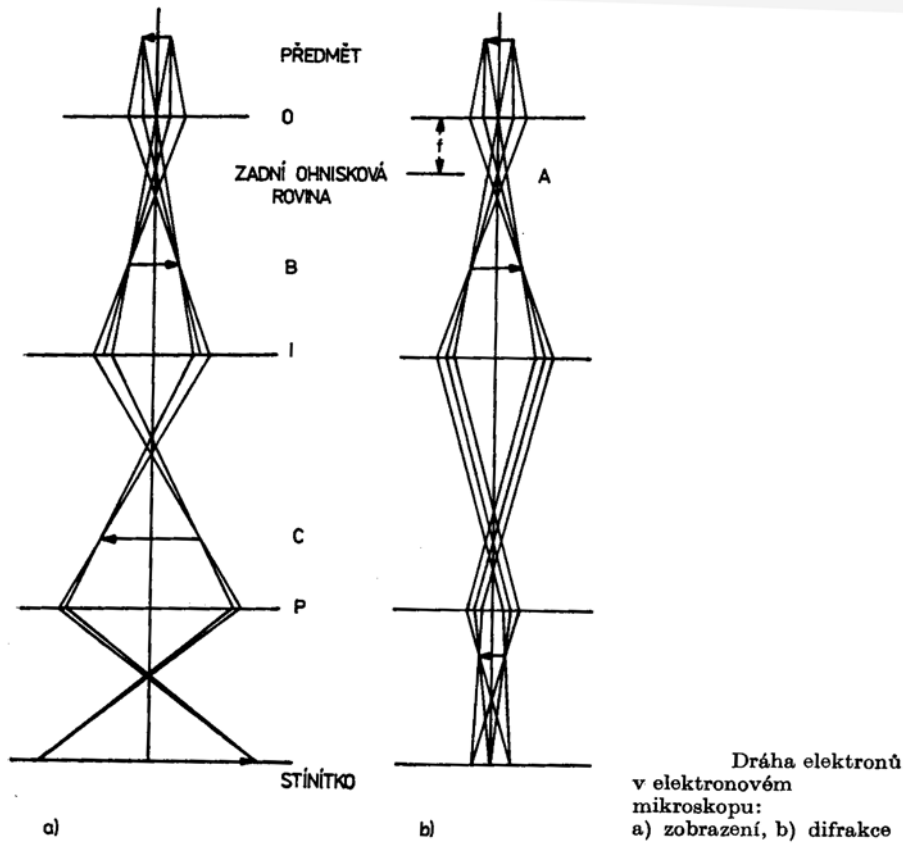
Stínítko

Fotografická deska / CCD kamera

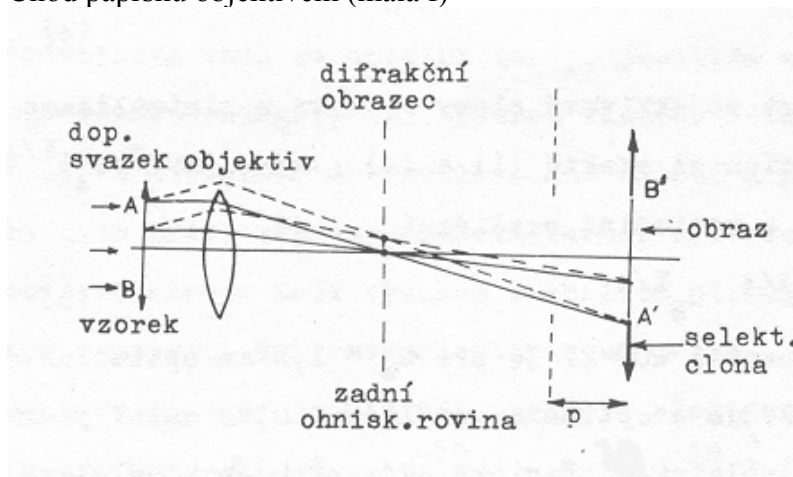
Zobrazení a difrakce v EM

2 funkce EM:

- mikroskop
- difraktograf



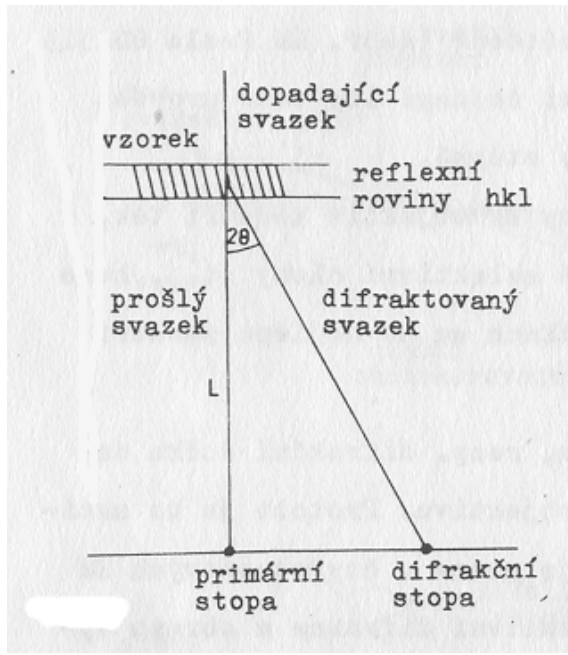
Chod paprsků objektivem (malá f)



Zadní OR – difrakční obrazec
- obj. clona

Obrazová rovina O – převrácený obraz vzorku
- selekční clona

Difrakční konstanta EM



Zvětšení SAD –
ekvivalentní délka jednoduchého difraktografu
 L

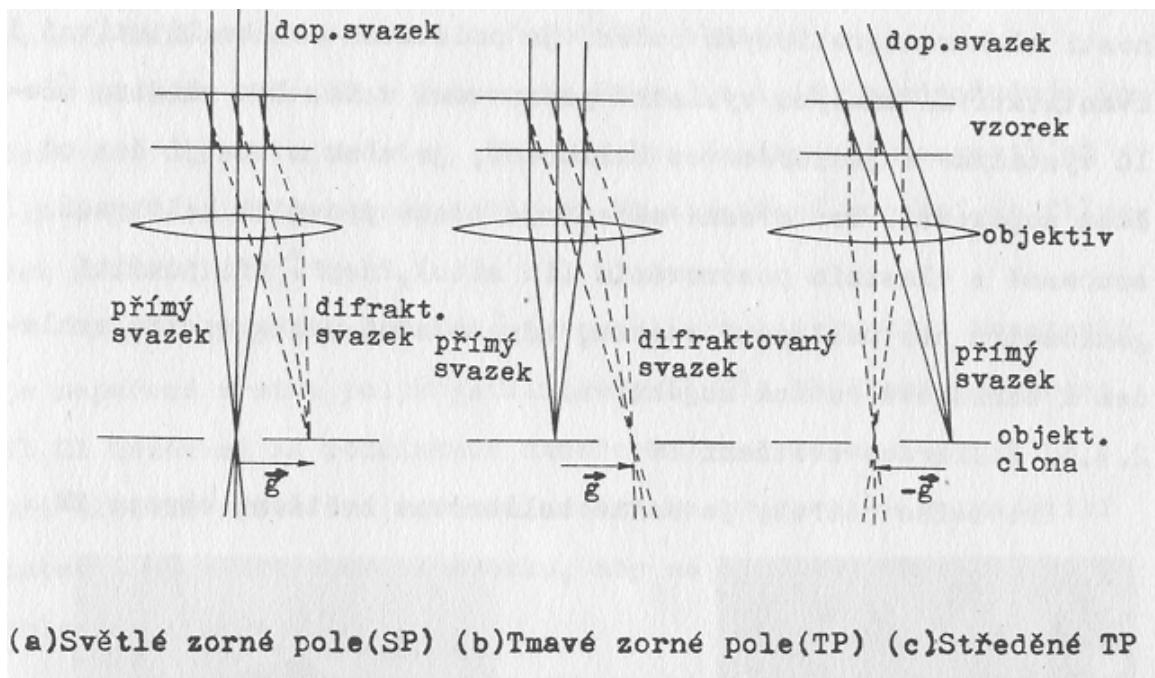
$$R = L \operatorname{tg} 2\theta \approx L \cdot 2\theta.$$

Braggova rovnice: $2 d_{hkl} \sin \Theta \approx 2 d_{hkl} \Theta = \lambda$

$$R \cdot d_{hkl} = \lambda \cdot L$$

λL – difrakční konstanta EM [mm/Å]

Typy obrazu v EM



(a) Světlé zorné pole (SP) (b) Tmavé zorné pole (TP) (c) Středěné TP

(d) WBDF

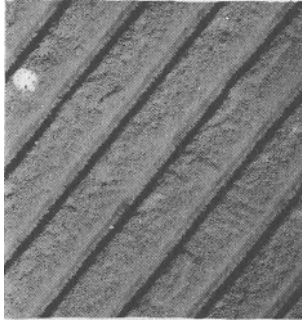
Difrakční kontrast x rozptylový kontrast (repliky)

Kalibrace EM

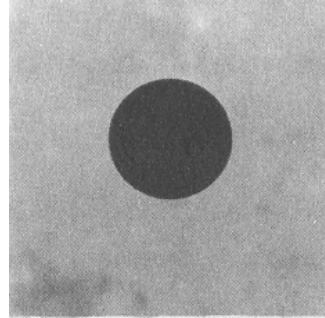
- zvětšení
- difrakční konstanta
- rotace obrazu a SAD

1. Kalibrace zvětšení

$Z \leq 200 \text{ k}$



Optické mřížky (1k –mm) – 5%

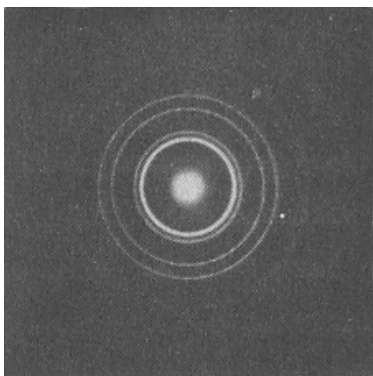


Latexové kuličky ($d \cong 400\text{nm}$)

$Z > 200 \text{ k}$

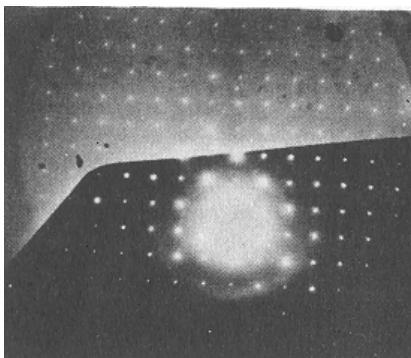
Interference na krystal. mřížce

2. Kalibrace difrakce (zvětšení difr. obrazce)



PK: TiCl_3 , Au

3. Kalibrace rotace



MK - $\alpha\text{-MoO}_3$

Orthorombická soustava – [001]