

Datum měření: 12.12.2014

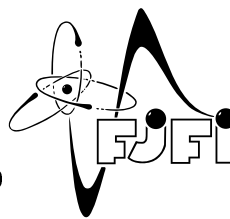
Skupina: Pá 14:30

Jméno: David Roesel

Kroužek: FE

Spolupracovali: Schönfeldová, Vyšín

Klasifikace:



## 1 Pracovní úkoly

1. Zapněte přívod el. napětí, vody a tlakového vzduchu a uveďte aparaturu AV 63 do provozu. Sledujte funkci aparatury a tlak až do cca  $4 \cdot 10^{-3}$  Pa.
2. Připravte sklíčka na napařování a vložte je na stolek do aparatury. Připravte k napaření vrstvy cca 10 nm stříbra. Vložte drátek Ag do odpařovací vaničky. Uzavřete aparaturu zvonem a čerpejte do vysokého vakua  $p < 5 \cdot 10^{-3}$  Pa.
3. Zvyšováním napětí regulačním trafem zvyšujte pomalu teplotu vaničky a pozorujte Ag drátek. Po dosažení teploty tání stříbra, až se drátek smrští do kuličky, odkryjte clonku a začněte napařovat.
4. Vypněte zhavení a počkejte, až vanička zchladne. Poté napusťte recipient vzduchem a vyjměte napařené sklíčko.
5. Postup opakujte se sklíčkem, na které otisknete palec.

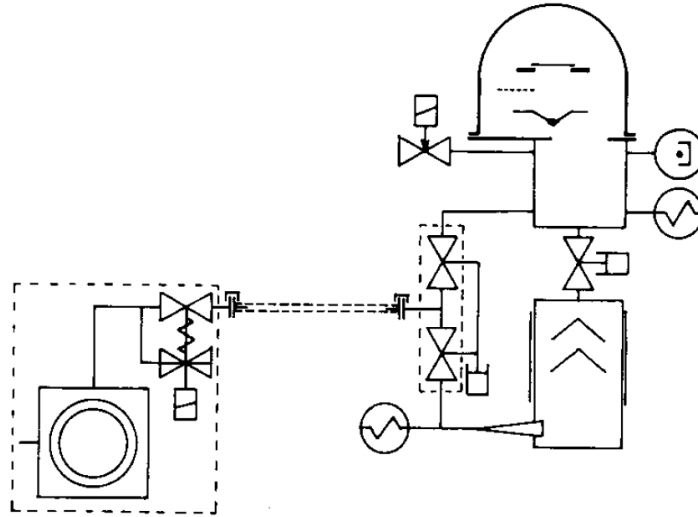
## 2 Úvod

Ve všech dosavadních úlohách jsme zkoušeli, jak čerpat pomocí nejrůznějších vývěv, jak zefektivnit jejich čerpání, případně jak hledat netěsnosti pro zlepšení vakua. Všechny tyto znalosti se hodí například k napařování tenkých vrstev, které je důležitou aplikací vakuové techniky. Využívá se ve vědě i průmyslu, například pokud chceme tenkou vrstvou napařit na vzorek, který není vodivý, a my se na něj potřebujeme podívat v elektronovém mikroskopu s větším rozlišením. Principem metody je kondenzace par materiálu, který napařujeme, na podložce. V aparatuře je potřeba pro napařování udržovat nízký tlak, aby molekuly deponovaného materiálu byly schopné urazit dráhu k podložce, která pro úspěšné napařování musí být co nejčistší.

## 3 Vypracování

### 3.1 Teoretický úvod

Pro napařování jsme používali vakuovou aparaturu AV 63 s rotační a difusní vývěvou. Všechny kroky, které jsme v předchozích úlohách dělali manuálně, jsme tentokrát nemuseli řešit, jelikož je obstaral programátor připojený k aparatuře. Schéma aparatury je na Obr. 1, ačkoliv není příliš detailní a zobrazuje jen několik ventilů a použité vývěvy - detailnější schéma aparatury je vidět přímo na programátoru, který zároveň ukazuje, jaké části jsou a nejsou v provozu. Materiál, který napařujeme, je ohříván v odporově vyhřívané vaničce a její teplota je ovládána trafem ve spodní části aparatury.



Obr. 1: Vakuové schéma napařovací aparatury (převzato z [1]).

Stříbrný drátek, který používáme jako zdroj napařovaného stříbra, bylo třeba připravit správně dlouhý. Jeho průměr byl

$$d = 0,5 \text{ mm.} \quad (1)$$

Vzdálenost napařovacího sklíčka od vaničky se stříbrem byla

$$R = 125 \text{ cm} \quad (2)$$

a za úkol jsme měli napařit vrstvu o tloušťce

$$t = 10 \text{ nm.} \quad (3)$$

Pro určení potřebné délky stříbrného drátu jsme uvažovali, že objem stříbra ve vaničce musí být roven objemu 10nm vrstvy na myšlené polokouli o poloměru  $R$ . Výpočet jsme počítali příliš přesně vzhledem k charakteru úlohy jako

$$V_d = \frac{V_R - V_{R-t}}{2}, \quad (4)$$

kde  $V_R$  je objem koule o poloměru  $R$ ,  $V_{R-t}$  objem koule o poloměru  $R - t$  a  $V_d$  potřebný objem drátku, pro který platí

$$V_d = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot l, \quad (5)$$

kde  $l$  je hledaná délka drátu. Z tohoto vzorce za dosazení výše zmíněných hodnot dostáváme pro potřebnou délku stříbrného drátu výsledek

$$l = 5 \text{ mm.} \quad (6)$$

### 3.2 Postup měření

Po příchodu k aparatuře jsme se s ní nejprve seznámili a detailně jsme prostudovali strany 27 a 28 z manuálu u úlohy, kde byl návod na režim vysokého vakua. Jako první jsme si nechali zapnout přívod tlakového vzduchu, chladicí vody pro difusní vývěvu a elektrického napětí.

Následně jsme vypnuli všechna tlačítka na programátoru (pro vypnutí tlačítka VENTING bylo třeba jemně namáchnout tlačítko PUMPING). Poté jsme celý systém uvedli do provozu otočením hlavního spínače a stisknutím tlačítek MAINS na vakuometru a programátoru. Následně jsme stiskli tlačítko odpovídající režimu vysokého vakua a čekali, než dostatečně klesne tlak (přibližně 50 minut). K čerpání se využívala nejprve rotační vývěva, která čerpala difusní vývěvu, a poté i ta (po jejím dostatečném zahřátí). Po dosažení dostatečné teploty  $\geq 200 \text{ }^\circ\text{C}$  se automaticky

otevíraly ventily tak, aby byl difusní či rotační vývěvou čerpán recipient (na aparaturu muselo být nandáno skleněné víko).

Zatímco aparatura čerpala na dostatečně nízký tlak, připravovali jsme si sklíčka na napaření. Ty jsme nejprve ručně očistili od velkých nečistot, poté jsme je dali do destilované vody s kapkou saponátu a nechali chvíli stát v ultrazvukové čističce. Nakonec jsme je opláchli destilovanou vodou a acetonem, přičemž zbytek acetonu jsme nechali odsát buničinou, na kterou jsme sklíčko bokem odložili. Dále jsme se sklíčkem pracovali výhradně pinzetou.

Pro vlastní napařování jsme napustili krycí nádobu (VENTING) a sejmuli ji z aparatury. Pinzetou jsme sklíčko umístili pod jisticí svorky na místo jemu určené a do vaničky jsme umístili dříve změřený a odříznutý kousek stříbrného drátu. Krycí nádobu jsme po otření jejího těsnění acetonem vrátili zpět a zahájili čerpání (tlačítkem PUMPING). Po odčerpání do tlaku okolo  $5 \cdot 10^{-3}$  Pa jsme nbejprve odpařili nečistoty z drátku a následně zvyšovali napětí na regulačním transformátoru a sledovali stříbrný drátek. V momentu, kdy se z drátku stala kulička, jsme odkryli clonku a zahájili napařování. Vyčkali jsme, dokud stříbrná kulička nezmizela, a poté jsme nechali aparaturu vychladnout, napustili ji vzduchem a sklíčko vyndali. Totéž jsme opakovali pro druhé sklíčko po otisknutí palce na jeho napařovaný povrch.

Pro vypnutí aparatury stačilo zmáčknout tlačítko STOP, počkat, než se aparatura zchladí i za pomoci externího ventilátoru, který foukal vzduch na difusní vývěvu, a vypnout hlavní vypínač.

### 3.3 Diskuse

Úspěšně jsme si vyzkoušeli, jak funguje aparatura na napařování. Sklíčko bez otisku prvku bylo lesklé a polo-průhledné. Objekty, které jsme skrze něj pozorovali, se nám jevily šedé a byly méně osvětlené. Na druhém sklíčku (s otiskem prstu) bylo patrné, že se v místech s mastnotou nezachytilo stříbro téměř vůbec, ačkoliv okolo otisku vypadalo stejně jako první sklíčko, což odpovídá předpokladu, že na mastných oblastech stříbro špatně drží. V obou případech stříbrná vrstva na skle velice špatně držela a dala se snadno setřít i letmým dotykem. To mohlo být způsobeno špatným očištěním sklíčka.

## 4 Závěr

Nechali jsme zapnout přívod elektrického napětí, vody a tlakového vzduchu a uvedli jsme aparaturu AV 63 do provozu. Sledovali jsme funkci aparatury a tlak až do cca  $4 \cdot 10^{-3}$  Pa.

Připravili jsme sklíčka na napařování a vložili jsme je na stolek do aparatury. Připravili jsme stříbro k napaření vrstvy cca 10 nm. Vložili jsme drátek Ag do odpařovací vaničky, uzavřeli jsme aparaturu zvonem a čerpali jsme do vysokého vakua  $p \leq 5 \cdot 10^{-3}$  Pa.

Pomalou jsme zahřívali vaničku za pozorování Ag drátku. Po dosažení teploty tání stříbra, když se drátek smrští do kuličky, jsme odkryli clonku a začali jsme napařovat.

Postup jsme poté opakovali se sklíčkem, na které jsme otiskli palec.

## 5 Použitá literatura

[1] Král, J.: *Cvičení z vakuové techniky*, Vydavatelství ČVUT, Praha, 1996