

Vytváření kovových vrstev

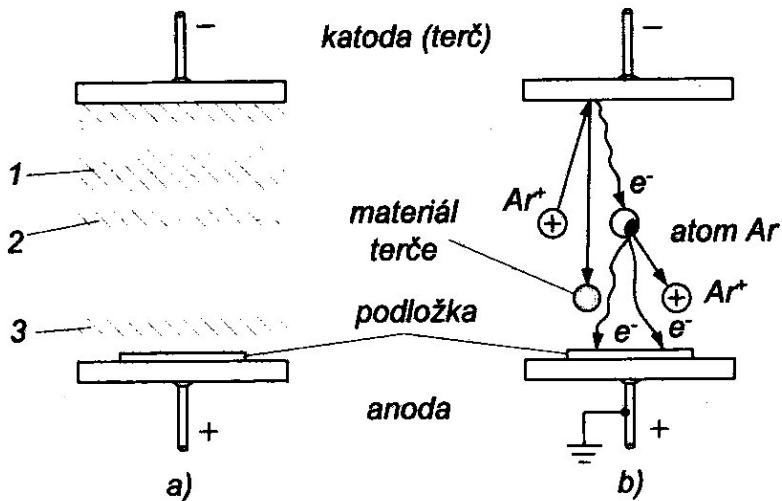
- galvanicky
- chemicky
- plazmatem
- ve vakuu

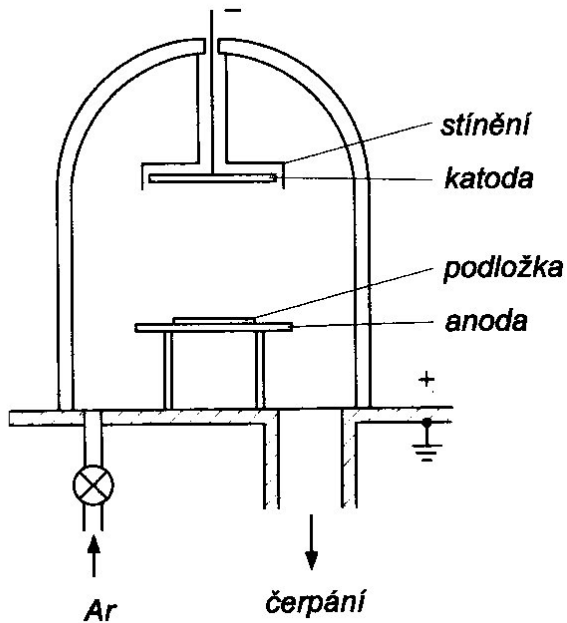
Vrstvy ve vakuu

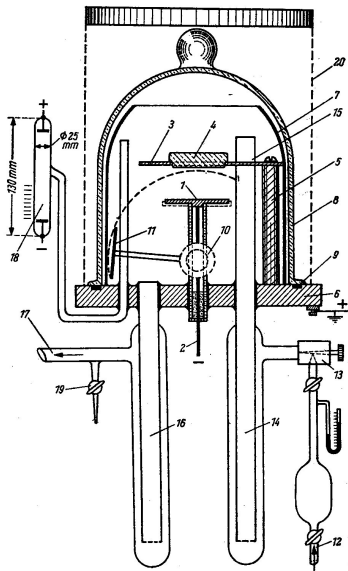
- naprašování
- napařování
- měření tloušťky vrstvy během depozice
- MBE

Velmi stručná historie (více na www.svc.org)

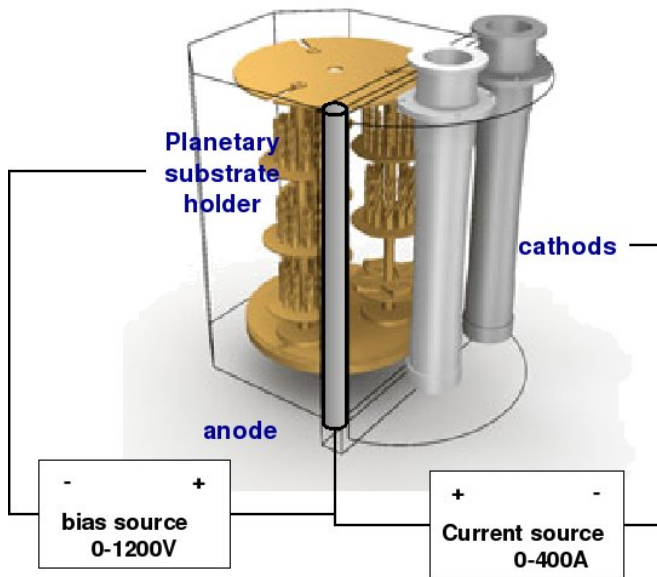
- 1857 - Faraday, obloukové vypařování
- 1884 - Edison - patent na termální a obloukovou depozici tenkých vrstev z pevných látek
- 1907 - Pirany - patent na E-beam tavení
- 1912 - vypařování z kelimku
- 1940 - E-beam napařování, magnetron
- 1945 - optický filtr s multivrstvou
- 1947 - Al vrstva na zrcadlo o průměru 5 m pro dalekohled
- 1981 - PVD - tvrdé vrstvy na nástroje
- 1998 - DLC - vrstva na žiletkách, komerční výroba





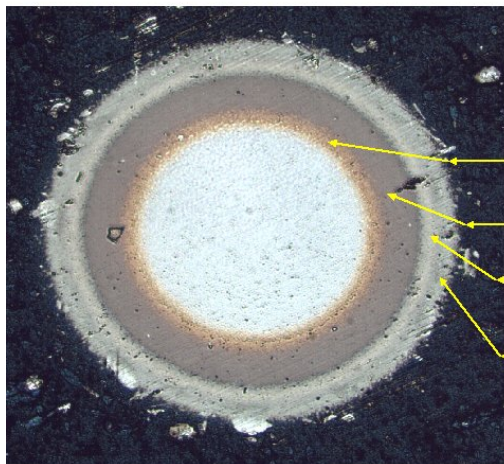


SHM





Kind of Coatings	Examples	Composition	Typical hardness	Oxidation resistance
Oxides	Al ₂ O ₃ ZrO ₂		~2300 HV ~1100 HV	over 1000 C over 1000 C
Combinations hard – friction coatings	TiAlN +DLC, AlTiN + WC/C, Lubrik SI		3000 + 1000 HV 2800 + 1000 HV 4000 + 1200 HV	~ 800 C ~ 850 C ~ 600 C
Nanostructures	MARWIN SI ALWIN	TiAlSiN CrAlSiN	over 4000 HV over 3000 HV	over 1000° C over 900 C
Nanolayers	TiN/AlN	TiAlN	~ 3500 HV	~ 850 C
Gradients	TiAlN	TiAlN	not measurable	~ 800 C
Diamond-like	DLC	C	~1000 - 6000 HV	~ 350 C
Tripple coatings	nACRo	AlTiN/ CrAlSiN		over 900 C



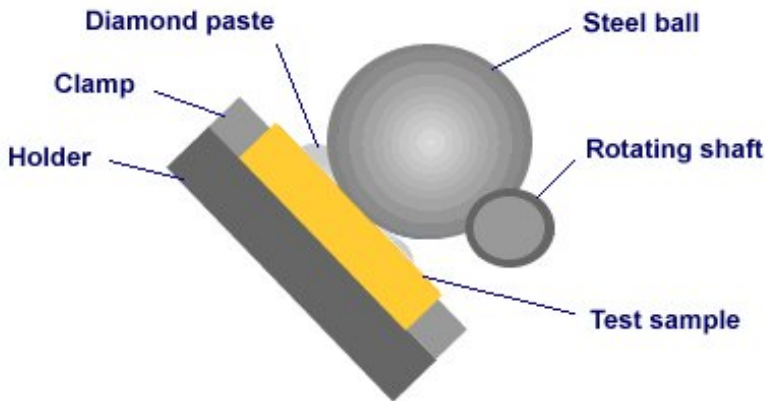
TiN- adhesive layer

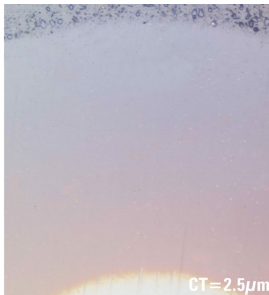
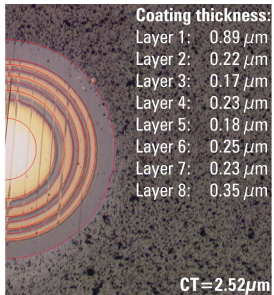
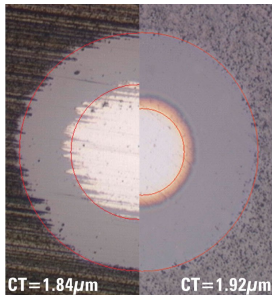
**TiAlN – layer with max.
hardness**

**TiAlCO I – layer with
optimal stechiometry**

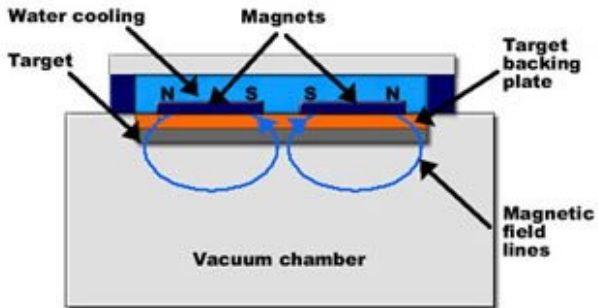
**AlTiCO II – layer with
low friction coefficient -
LUBRIK**

Calo tester
pro tloušťky 0,1-50 μm





Magnetron



Vypaření materiálu zahřátím na vysokou teplotu

- lodička z těžko tavitelného materiálu
- zahřátí průchodem el. proudu
- velmi jednoduchá aparatura
- nehodí se pro všechny materiály

Kov	Bod topenia °C	Odparná		Vhodné vyhrievacie teleso (poradie podľa klesajúcej vhodnosti)	Poznámky (pozri odkazy)
		teplota °C	rýchlosť $\frac{10^{-3} \text{ g}}{\text{cm}^2 \text{ sec}}$		
Ag ¹⁾	960,5	1047	17	Ta ²⁾ , Mo ²⁾ ⁸⁾ ²⁸⁾ , (Nb, Fe, W + Pt ³⁾ , W postríebrený ⁴³⁾ , Chromel ⁴⁾ , Ni ⁵⁾ , BeO-téglik	8), 23), 49), 56)
Al ¹⁾	658	996	8	W ⁷⁾ ²⁵⁾ ³⁸⁾ , Ta, Mo, Nb, Al ₂ O ₃ -téglik ³⁶⁾ , ThO ₂ -téglik	9), 10), 56)
As	(subl. 616)	280	22	Al ₂ O ₃ téglik s volfrámovým vonkajším vykurovacím drôtom	
Au ¹⁾	1063	1465	20	W, Mo ²⁸⁾	11), 12), 22), 50)
B	2300	1365	5	W, grafitový téglik	
Ba ¹⁾	710	627	23	W, Ta, Mo, Nb, Fe, Ni, Chromel	13), 44)
Be ¹⁾	1280	1246	5	Ta, W ⁷⁾ , Mo, ThO ₂ a BeO téglik	14)
Bi ¹⁾	271	698	27	Chromel ⁴⁾ , Ta, W, Nb, Al ₂ O ₃ téglik, porcelánový téglik; (Ni téglik)	44), 46)
C	≈ 3600	2680	4	Grafitový téglik ¹⁵⁾ alebo guľa ¹⁶⁾	57)
Ca	850	605	13	Pozri báryum, ďalej Al ₂ O ₃ téglik	17)
CaF ₂	1392			W vyhrievacie teleso plátované platinou alebo Rh	42)



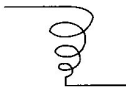
Lodička
(plech)

a)



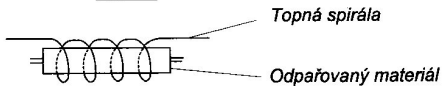
Lodička
(prolisovaná)

b)



Drát

c)



Topná spirála

d)

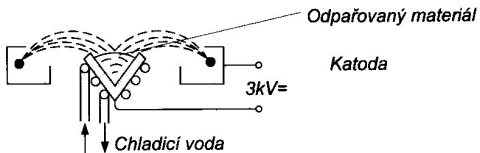
Odpařovaný materiál



Topná spirála

e)

Kelímek



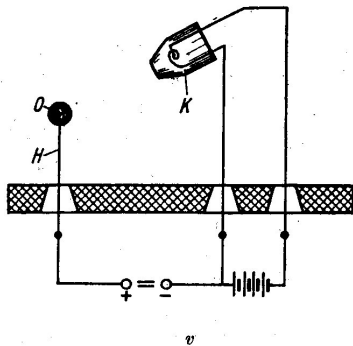
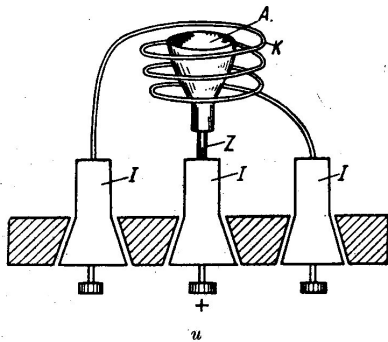
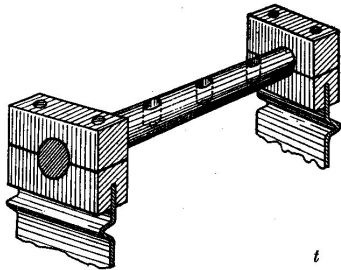
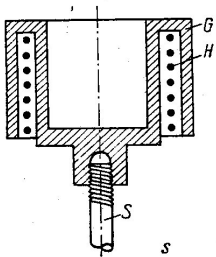
Odpařovaný materiál

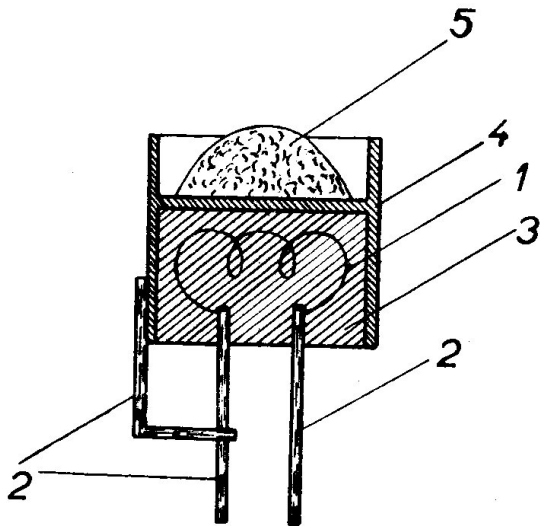
Katoda

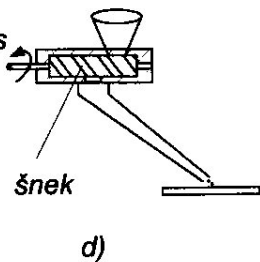
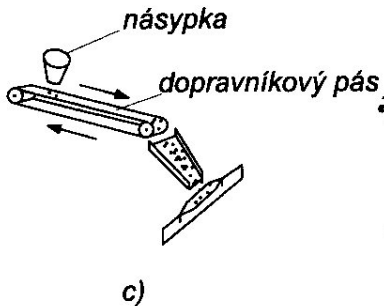
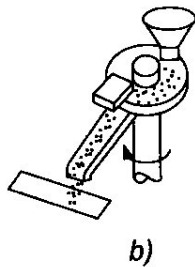
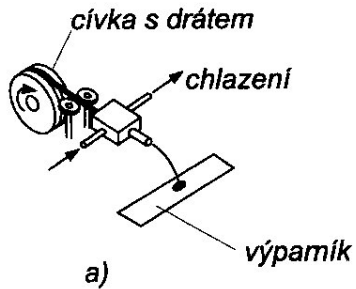
f)

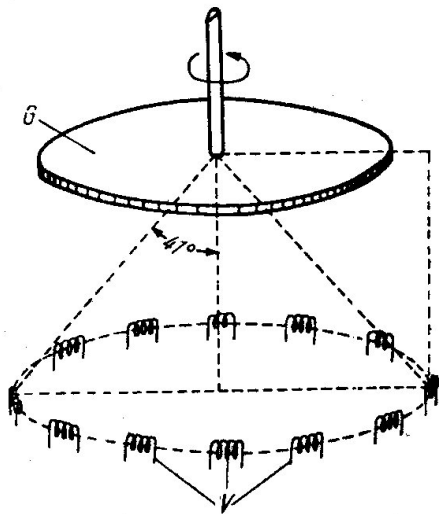
3kV=

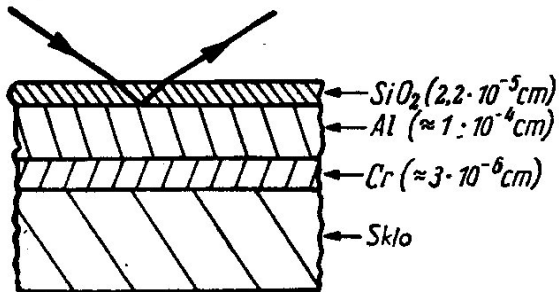
Chladicí voda





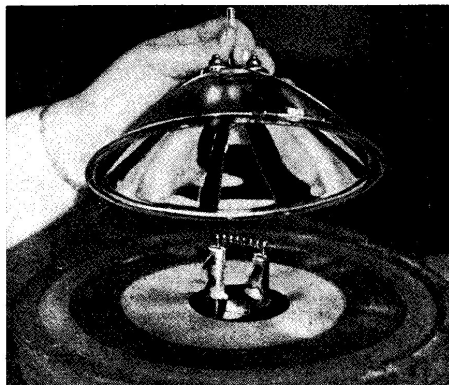
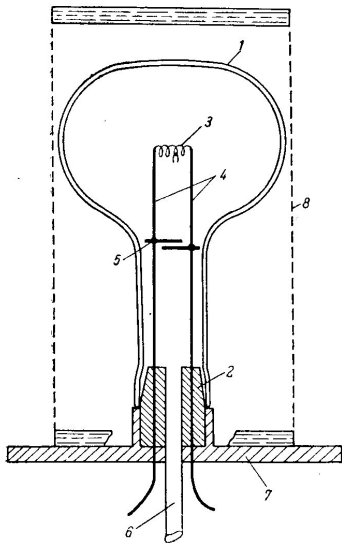






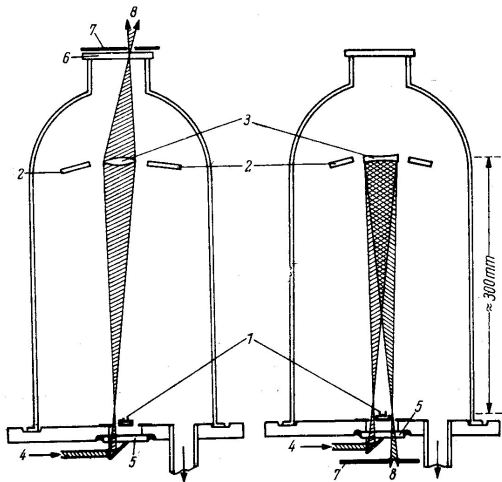
Hubble Space Telescope

- výroba 1977-1979
- broušení 1979-1981
- průměr 2,4 m, celková hmotnost 11 t
- přesnost broušení 30 nm
- odrazné vrstvy - Al 76.2 nm, fluorid hořčíku - 25.4 nm
- vypuštění - 24.4.1990, let STS 31



Obr. 10-218. Odber pohlinikovaného reflektora (pozri obr. 10-216) z napařovacieho zariadenia. Snímka závodu: General Electric Comp. (pozri Rose).

Měření tloušťky během depozice

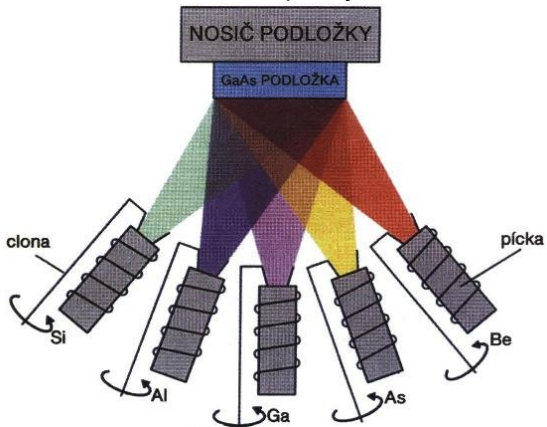


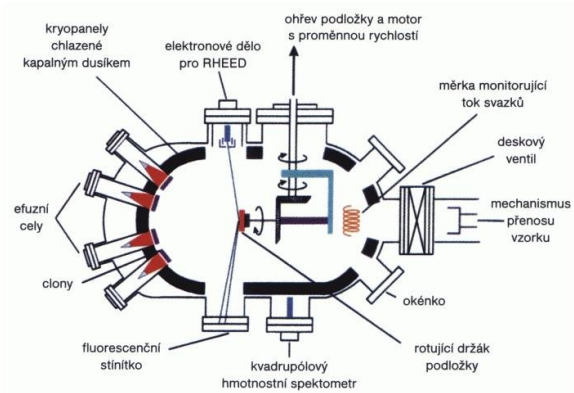
Dominantní je metoda měření změny frekvence oscilaci krystalu

$$d = \frac{\rho_Q}{\rho_F} K (T_F - T_Q)$$

ρ_Q - je hustota deponovaného materiálu, ρ_F - je hustota krystalu,
 T_F - perioda kmitů krystalu s vrstvou, T_Q - perioda kmitů krystalu
před depozicí

Metoda MBE - Molecular Beam Epitaxy





- velké nároky na vakuum, tlak 10^{-10} mbar
- velká čistota vstupních materiálů
- kvantové tečky, supermřížky, periodický potenciál,...
- speciální polovodičové prvky

Experiment na orbitální dráze

- tlak na oběžné dráze raketoplánu (500 km) 10^{-8} torr
- za štítem o průměru 3.6 m , 10^{-14} torr
- 1994 - WSF1 - porucha orientace, STS60
- 1995 - WSF2 - porucha MBE, STS69
- 1996 - WSF3 - úspěch 7 vrstev GaAs/AlGaAs, STS80

Literatura, odkazy:

- www.svc.org - Society of Vacuum Coaters
- www.shm-cz.cz - firma SHM - výroba tvrdých vrstev na nástroje - naprašování
- www.fzu.cz/oddeleni/povrchy/mbe/ - metoda MBE
- firemní materiály - Bal-tec