

Úpravy brýlových čoček

LF MU Brno

Brýlová technologie

Struktura prezentace

- Rozdělení úprav brýlových čoček
 - Tenké vrstvy
 - Antireflexní vrstva
 - Reflexní vrstva
 - Hydrofobní vrstva
 - Absorpční vrstva
 - Tvrzení
 - Fototropní vrstvy
 - Zušlechťující hmoty
 - Tvrzení
 - Barvení
 - Fototropie
 - UV filtr
 - Tenčení

Funkce úprav čoček

- Optimalizace optických a mechanických vlastností
- Úpravy brýlových čoček můžeme rozdělit na dvě skupiny:
 - Tenké vrstvy
 - Zušlechťující hmoty
- Možnosti úprav brýlových čoček jsou také závislé na jejich základním materiálu

Možnosti úprav brýlových čoček dle materiálu

Tenká vrstva	Anorganické brýlové čočky	Organické brýlové čočky
Antireflexní vrstva	ANO	ANO
Reflexní vrstva	ANO	ANO
Hydrofobní vrstva	ANO	ANO
Absorpční vrstva	ANO	NE
Tvrzení	NE	ANO
Fototropní čočky	NE	ANO

Tenké vrstvy

- Antireflexní vrstva
- Reflexní vrstva
- Hydrofobní vrstva
- Absorpční vrstva
- Tvzení
- Fototropní čočky

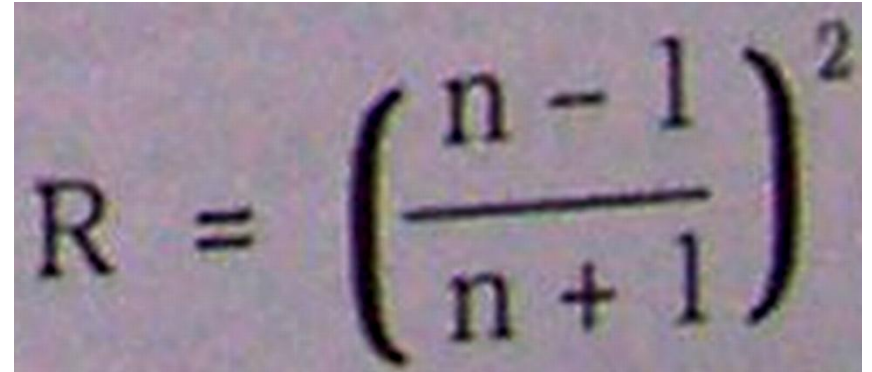
Antireflexní vrstva

- Hlavní úlohou AR vrstvy je zvýšení propustnosti (transmise) světla brýlovou čočkou
- Vidění mohou ovlivňovat tyto typy reflexů:
 - Vnitřní – při šikmém dopadu na pupilu
 - Rohovkové – odrazy mezi rohovkou a brýlovou čočkou
 - Vnější – odrazy od předních optických ploch

Reflex na brýlové čočce

- $n = 1,5$
- $R = 0,04 = 4\%$
- $CR = 8 \%$

- $n = 1,9$
- $R = 0,09 = 9\%$
- $CR = 18\%$



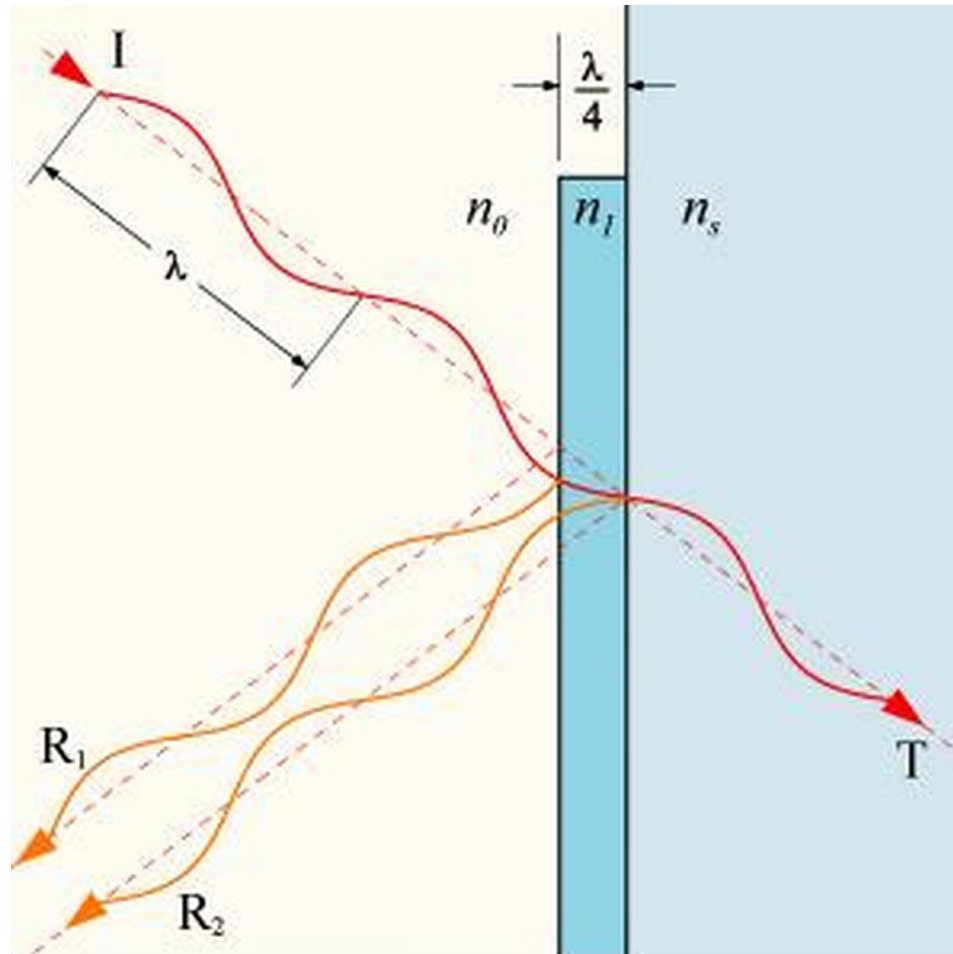
A photograph of a handwritten formula for the reflection coefficient R. The formula is $R = \left(\frac{n-1}{n+1} \right)^2$, where n is the refractive index. The formula is written in black ink on a light-colored background.

$$R = \left(\frac{n-1}{n+1} \right)^2$$

Fyzikální princip AR

- Díky jevu, který nazýváme interference, jsme schopni, za určitých podmínek, snížit reflexi
- Fázová podmínka
 - Světlo odražené na přední a zadní ploše musí mít opačnou fázi
 - $d = \text{vlnová délka}/4n$
- Amplitudová podmínka
 - Odrazivost na obou vrstvách se musí rovnat
 - $n_v = \sqrt{n_s}$

Fázová podmínka



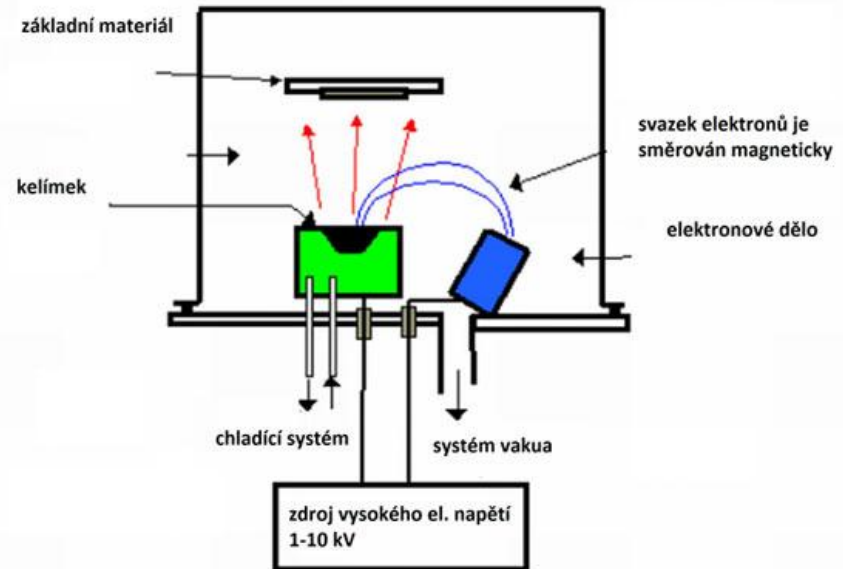
Technologie AR

- Existují tyto způsoby nanášení AR:
 - Tepelné vakuové napařování
 - Plazmatické
 - Iontové

Kov	Index lomu při vlnové délce 550 nm
Ti ₃ O ₅	2.3
Cr 99.6%	4
SiO ₂	1.46
SiO	1.9
Ti-Al-O	2.2

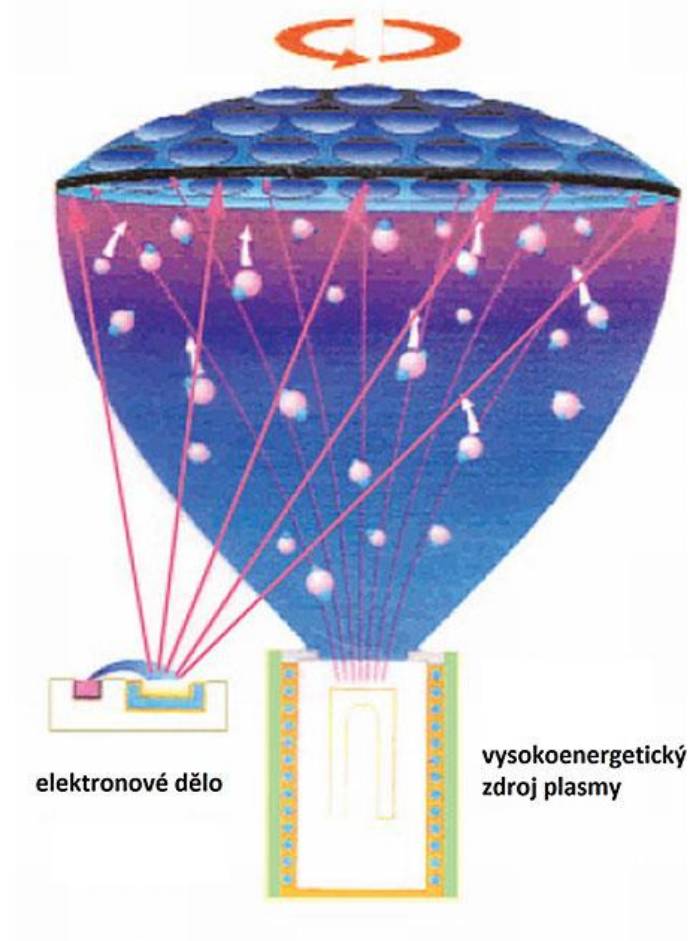
Tepelné vakuové napařování

- Elektrickým odporem
- Proudem elektronů (electron beam gun)



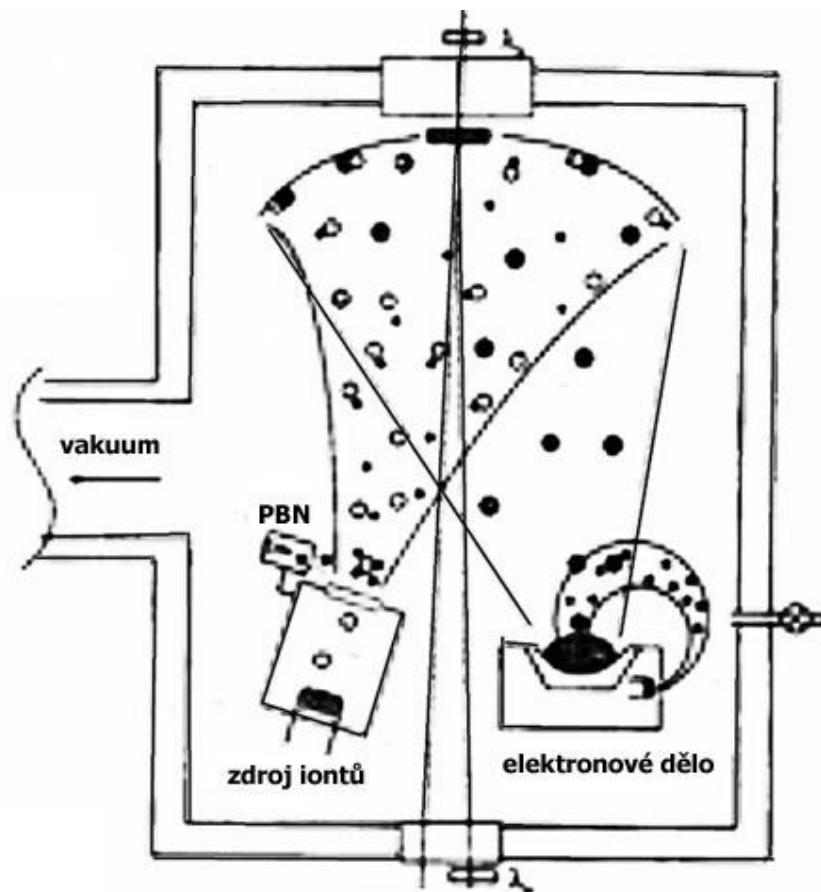
Plazmatické vakuové napařování

- Plasmu produkuje elektromagnetické pole
- Není nutné nahřívat čočky a kalotu
- Přilnutí napařovaného materiálu je pevnější



Iontové vakuové napařování

- Nejefektivnější způsob
- Pevné napaření
- Úhel proudu iontů se může měnit



Reflexní vrstva

- Nanesením reflexní vrstvy snižujeme propustnost světla ve viditelné oblasti, tím že navyšujeme odrazivost
- Index lomu reflexní vrstvy je vyšší, obvykle se používají kovy (stříbro, hliník, rhodium)
- Část světla je kovem absorbována a mění se na teplo

Kov	n	k	R [%]
stříbro	0.177	3.638	95
hliník	1.150	3.50	77.8
zlato	0.37	2.82	85.1
ocel	2.285	3.433	58.4

Odrazivost reflexní vrstvy

- Odrazivost reflexní vrstvy je závislá na dvou optických veličinách (index lomu n a index absorpce k)

- Platí vztah:

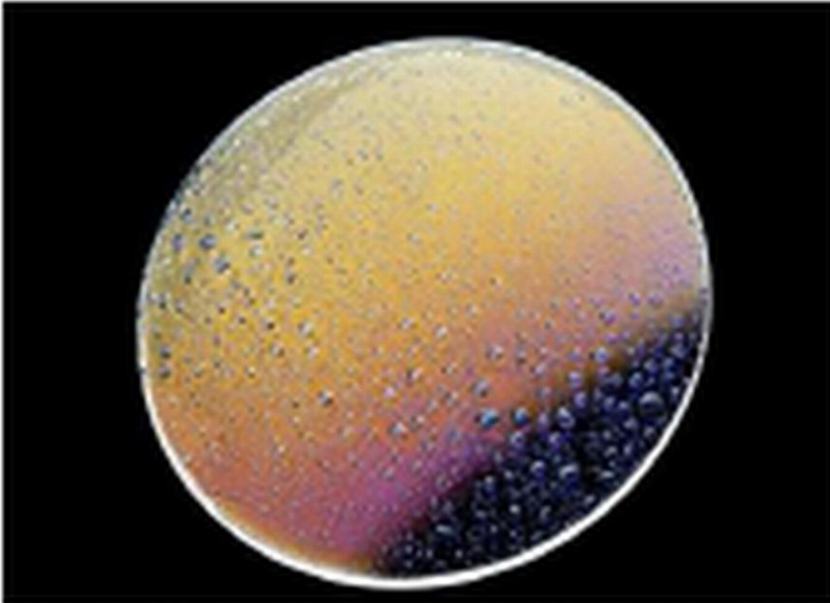
$$R = \frac{(n-1)^2 + k^2}{(n+1)^2 + k^2}$$

Hydrofobní vrstva

- Je součástí antireflexních vrstev
- AR vrstva není hladká, obsahuje malé krystalické plochy – to usnadňuje usazení nečistot
- Pokud se kapka vody na povrchu čočky rozlije na velkou plochu, jedná se o povrch smáčivý
- Hydrofobní vrstva je nesmáčivá



Hydrofobní a AR vrstva



Název	Vzorec
Uhlovodíky	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$
Křemičitany a fluorokřemičitany	$-\text{OSi}(\text{CH}_3)_2-\text{OSi}(\text{CH}_3)_2-$
Fluoro- karbonáty	$-\text{CF}_2-\text{CF}_2-\text{CF}_2-\text{CF}_2-$

Nanesení hydrofobní vrstvy lakováním

- Čočky jsou ponořené do silikonového laku a následně vyjmuty a osušeny
- Vrstva je nyní nestejnorodá
- Následuje ponoření do směsi rozpouštědel a ruční vyleštění speciální tkaninou
- Povrch je pak dokonale stejnorodý

Nanesení vrstvy vakuovým napařováním

- Nanesení technologií vakuového napařování na konci procesu vakuového napařování AR
- Zde není nutné následné leštění

Absorpční vrstvy

- Snižují propustnost viditelného záření v celém jeho spektrálním rozsahu
- Většinou se jedná o šedé, hnědé nebo zelené barvy
- Většinou se nanáší na přední plochu brýlové čočky

Technologie nanášení absorpční vrstvy

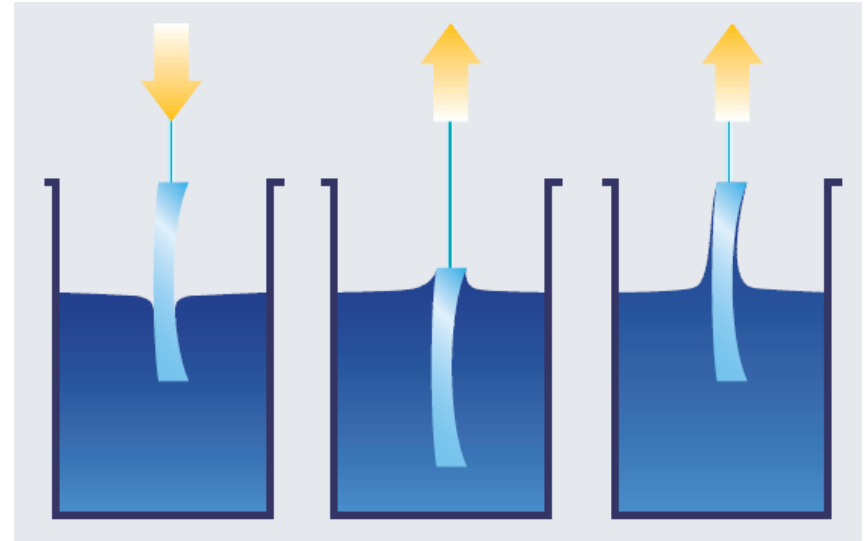
- Na minerální čočky probíhá nanášení ve speciálních vakuových komorách
- Čočky se umístí do dutého válce
- Z rozžhaveného vypařovacího zdroje se odpaří potřebná látka (chróm, křemík, oxidy kovů), která se usazuje na povrchu brýlových čoček
- Povrch čoček musí být perfektně očištěn

Tvrzení

- První generace již v roce 1970 vakuovým napařením molekul křemíku (tzv. quartzing) – problém s roztažností
- 1975 – použití tekutého polysiloxanu nebo akrylu
- Metody:
 - Dip coating
 - Spin coating
 - Ve formě
 - Vakuovým napařováním

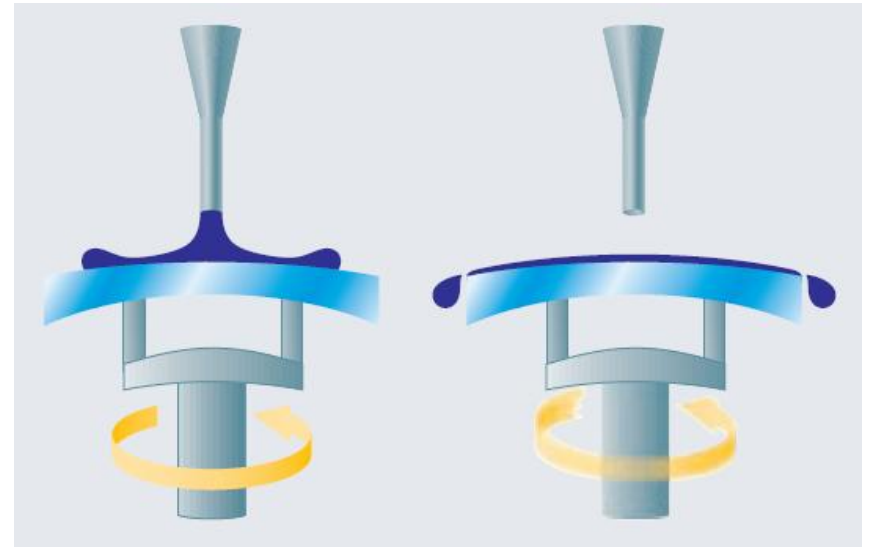
Dip coat

- Index matching
- Primer – u vysokoindexových čoček
- Celkem 45 minut
- Pak 2-3 hodiny v peci polymerizace



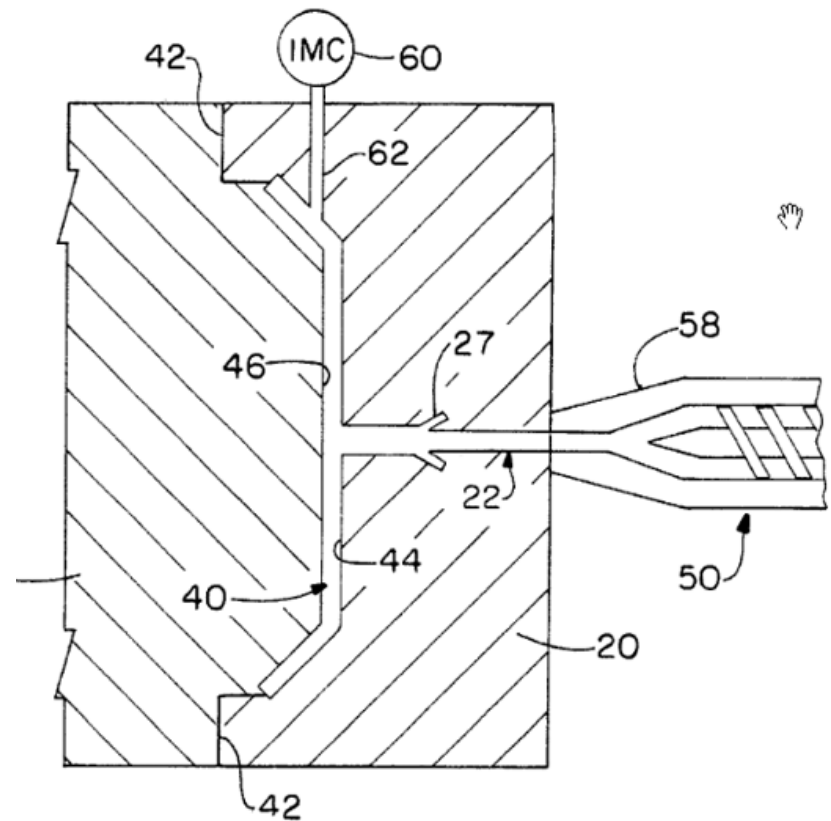
Spin coat

- Jedna strana čočky se lakuje asi 5 minut
- Měkčí než dip coat
- Chová se jako houba – je možné lak barvit
- Použití u polotovarů



Tvrzení ve formě

- Do rozeřáté formy se vloží silikonový vak s aktivovaným tvrdícím lakem
- Pak se do formy vstříkne termoplast (např. polykarbonát)



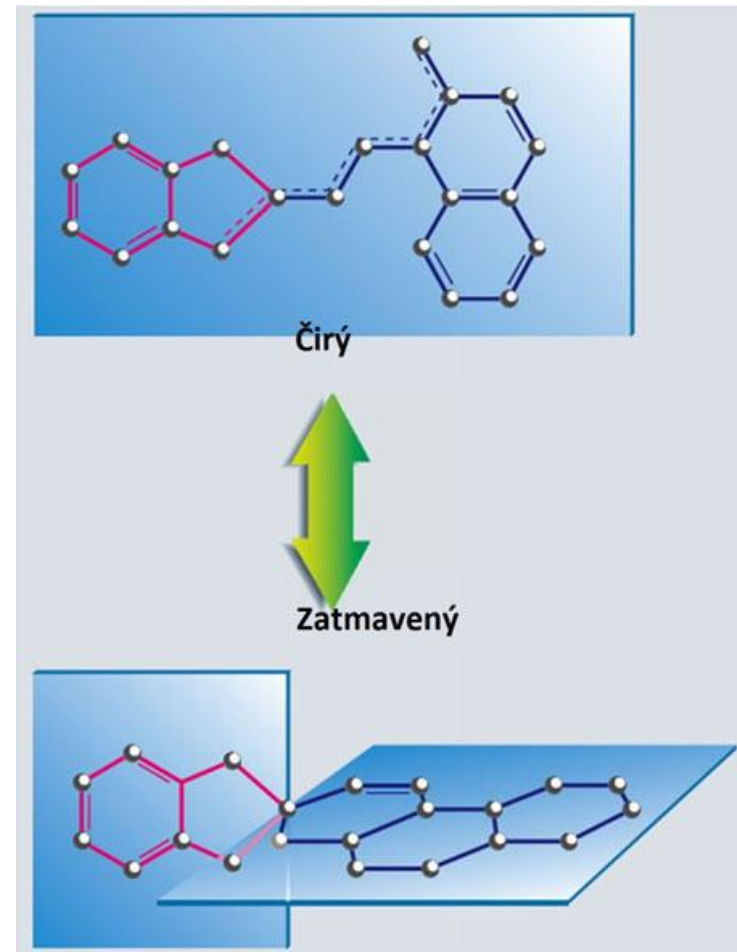
Vakuové tvrzení

- Nanášení atomů křemíku metodou PVD, LP-CVD (low pressure chemical vapor deposition) nebo PECVD (plasma-enhanced CVD)



Fototropní vrstvy

- Nanáší se na přední stranu brýlové čočky (transition)
- Reagují na UV-A záření
- Intenzita fotoreakce závisí na teplotě
- Čočky nejsou nikdy obarvené
- Spirooxazinové molekuly se aplikují imbibicí



Zušlechťující hmoty

- Tvrzení
- Barvení
- Fototropie
- UV-filtr

Zušlechťující hmota	Anorganické brýlové čočky	Organické brýlové čočky
Tvrzení	ANO	NE
Barvení	ANO	ANO
Fototropie	ANO	NE
UV filtr	ANO	ANO
Tenčení	ANO	ANO

Tvrzení

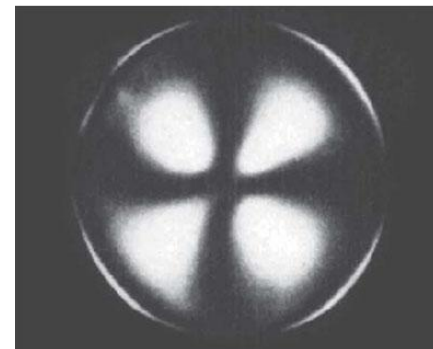
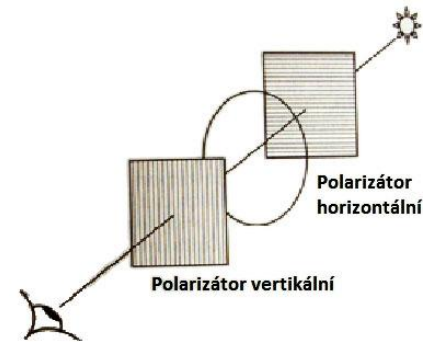
- Jedná se o tvrzení anorganických čoček
- Proti rozbití
- Existují dva typy tvrzení:
 - Tepelné
 - Chemické

Tepelné tvrzení

- Nízké náklady
- Vysoká rychlost procesu
- Možný vznik deformací uvnitř materiálu
- Nelze tvrdit fototropní čočky

Technologie tepelného tvrzení

- Materiál se rozežřeje na vysokou teplotu až 700°C
- Následuje prudké ochlazení proudem vzduchu a ponoření do chladící kapaliny
- Tímto teplotním šokem dojde ke zpevnění vnitřních struktur čočky
- Nutná je minimální centrální tloušťka 2 mm



Chemické tvrzení

- Odolnější tvrzení
- Možné i u fototropních čoček
- Nevýhodou je vznik toxických plynů

Technologie chemického tvrzení

- Čočky se ponoří do lázně roztaveného dusičnanu draselného (KNO_3) s malým množstvím kyseliny křemičité (0,5%)
- Teplota lázně se udržuje na teplotě 450°C
- Doba ponoření čoček je zhruba 16 hodin
- Během ponoření v lázni dochází k výměně iontů sodíku a draslíku (Na ven, K dovnitř)

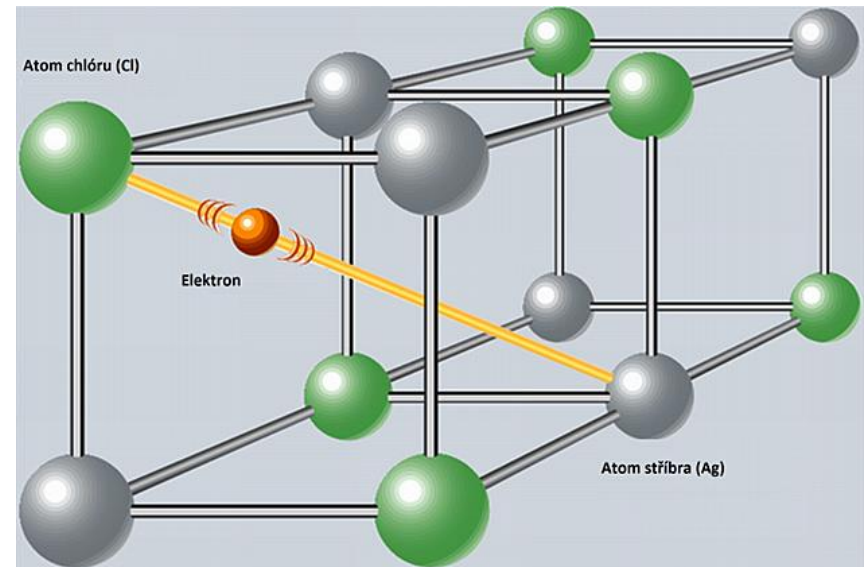
Barvení

- Difúzní pronikání barviva do molekulární struktury plastické hmoty
- Nejčastěji se používají textilní barviva (1g se rozpustí v 1l vody)
- Speciální barvivo pohlcuje UV záření
- Minerální čochy mají omezené možnosti barvení (hnědá, šedá)



Fototropní čočky

- Do skloviny se přidávají halogenidy stříbra
- Reakce je aktivována působením UV-světla
- Výhodou je, že čočky nejeví větší známku únavy reakce



UV-filtr

- Minerální čočka filtruje UV světlo do 320-350 nm
- Organické čočky filtruje UV světlo do 350-380 nm
- Polykarbonát filtruje světlo do 385 nm

Tenčení

- Čočky vyrobené z vysokoindexového materiálu zvyšují lomivost paprsku
- Index lomu čočky se zvyšuje přimícháním přísad do základní skloviny

Prvek	Oxid	Typy minerálních materiálů							
		Sodíko-vápenaté		Borosilikátové		Titanové	Titano-lanthanové	Lanthano-niobiové	
		1.5 čiré	1.5 barvené	1.5 samozabarvovací	1.6 samozabarvovací	1.6 čiré	1.7 čiré	1.8 čiré	1.9 čiré
Křemík	SiO ₂	70	71	57	48	56	36	29	7
Hliník	Al ₂ O ₃	1		6		1			
Bór	B ₂ O ₃	1		18	15	6	10	2	17
Sodík	Na ₂ O	11	12	4	1	9	2		
Potassium	K ₂ O	5	6	6	5	8			
Lithium	Li ₂ O			2	2	4	6	4	
Horčík	MgO	1							
Vápník	CaO	9	11				9	15	14
Barium	BaO	2			6				
Zircon	ZrO ₂			5	7	1	5	5	8
Titan	TiO ₂			2	6	15	6	9	9
Niobium	Nb ₂ O ₅						9	15	21
Lanthan	La ₂ O ₅						14	21	24
Strontium	SrO				2		3		
Železo	Fe ₂ O ₃		1						

Děkuji za pozornost

- Literatura:
 - Najman, L.: Dílenská praxe očního optika, Brno: IDVPZ, 2001
 - Rutrle, M.: Brýlová technika, estetika a přizpůsobování brýlí, Brno IDVPZ, 2001
 - Polášek, J.: Technický sborník oční optiky, Praha: SNTL, 1975
 - Mojžíšová, M.: Brýlové čočky, bakalářská práce, LF MU Brno, 2008
 - Veselý, P. a kol.: Konvenční a FF technologie výroby brýlových čoček, Elportál, LF MU Brno