

Nové možnosti rozvoje vzdělávání na Technické univerzitě v Liberci

Specifický cíl A3:Tvorba nových profesně zaměřených studijních programů

NPO_TUL_MSMT-16598/2022



Předmět: Řízení projektů

Přednáška č. 13: Speciální materiály pro moderní aplikace a monokrystaly.



doc. Ing. Pavlína Hájková, Ph.D.

Cíl přednášky

Cílem přednášky je seznámit studenty se speciálními materiály pro moderní aplikace jako jsou například lékařské materiály, materiály na bázi monokrystalů, materiály pro moderní baterie či katalyzátory a materiály na bázi uhlíku.

Obsah

1. Moderní materiály v medicíně
Nitinol, Implantáty pohybového ústrojí
2. Katalyzátory
3. Monokrystaly a polykrystaly pro aplikace v 21. století
4. Materiály pro solární články
5. Materiály na bázi uhlíku
Grafen, fulereny atd.
6. Materiály pro výrobu baterií
Konstrukce baterií
Lithium, Kobalt, Kadmium, Nikl
7. Materiály pro mikročipy
8. Vodivé polymery

Moderní materiály v medicíně

Materiály pro implantáty pohybového ústrojí

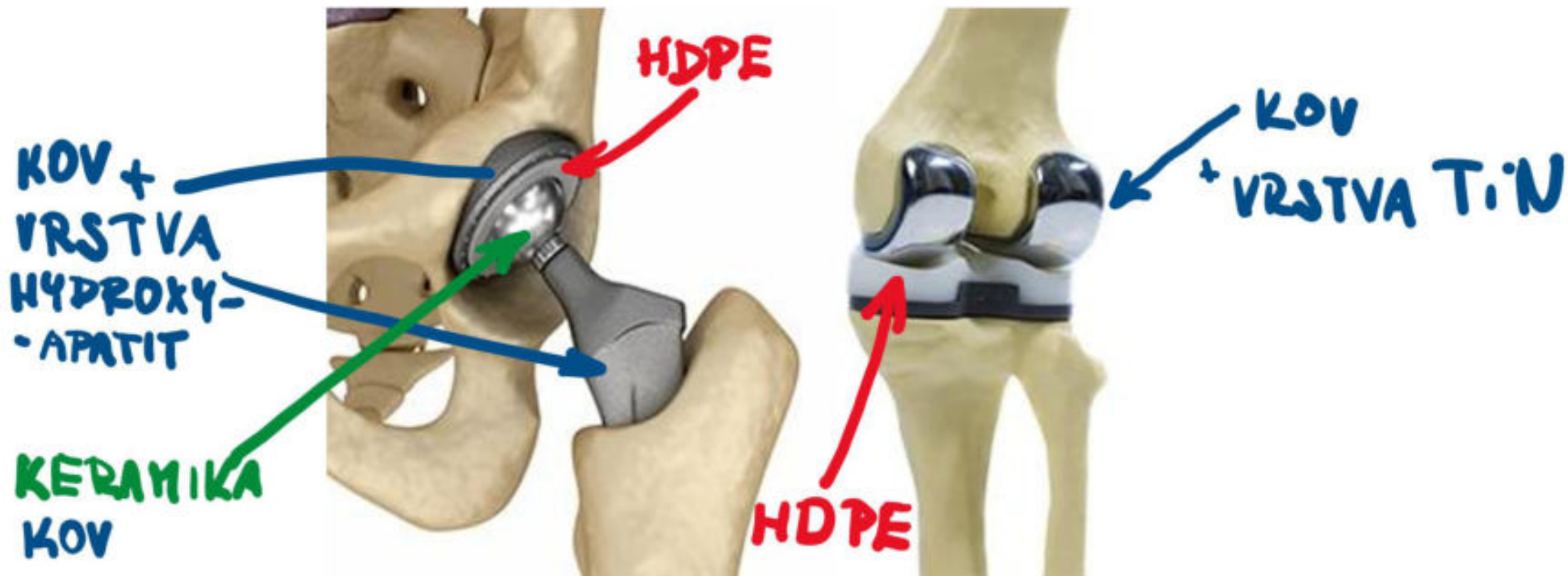
- **totální endoprotéza** nahrazuje obě dotykové části kloubu
- **částečná endoprotéza** nahrazuje povrch jenom jeden

Biovlastnost	Kovy	Keramika, plasty
Biotolerovaný	Korozivzdorná ocel Kobaltová slitina CoCrMo	Polymetylmetakrylát (kostní cement) HDPE
Bioinertní	Titan Titanové slitiny	Uhlík, oxidy hliníku, zirkonia a titanu, TiN, Si ₃ N ₄
Bioaktivní		Bioskop, biokeramika, hydroxyapatit, trikalciumpfosfát

Biokompatibilita materiálů pro implantáty

Moderní materiály v medicíně

Materiály pro implantáty pohybového ústrojí



Materiály pro implantáty pohybového ústrojí – kovové materiály

Austentická ocel: s 16 % až 20 % chromu a 8 % až 25 % niklu (FeNiCr). Přidáním více než 2 % molybdenu se zvýší odolnost proti chloridům, z tohoto důvodu je vhodná pro trvalé uložení v lidském těle. Není feromagnetická.

Titan je nejinertnější kov, ovšem v čistém stavu nemá takové vlastnosti jako ocel nebo kobalt. Nevýhodou je absence ochranné pasivní vrstvy. Z tohoto důvodu lze v okolí implantátu nalézt začernalé tkáně. Titanové slitiny – např. **titanové slitiny Ti6Al4V**.

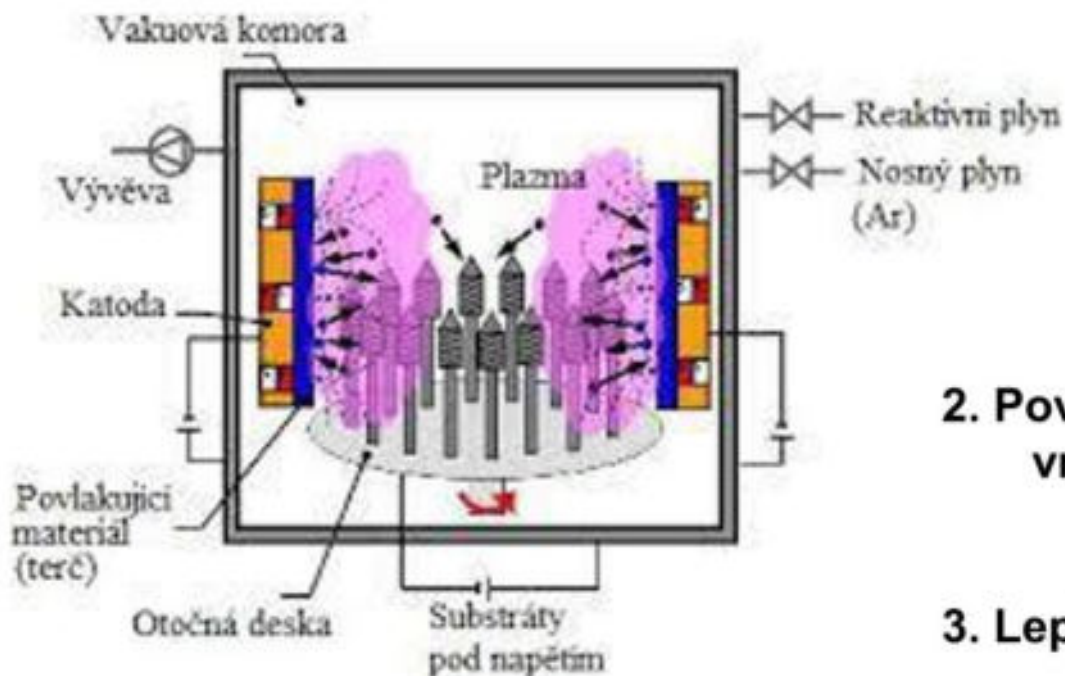
Chromkobaltmolybdenová slitina (CoCrMo) – též stellit 21. Z důvodu špatné obrobitelnosti se využívá odlévání do forem metodou přesného lití. Má vysokou resistenci proti korozi ve fyziologickém prostředí. Nevýhodou je vysoká cena, vysoká koncentrace Co, Cr a Ni, tvorba bublin při odlévání.

Kobaltchromniklwolframová slitina – též stellit 25. Slitina má vysokou pevnost a resistenci proti korozi, zpracování pomocí slévání nebo kováním, povrch relativně hrubý a není vhodný pro kloubní plochy. Povrch leštěn do saténového lesku, materiál vhodný pro trvalé náhrady v těle.

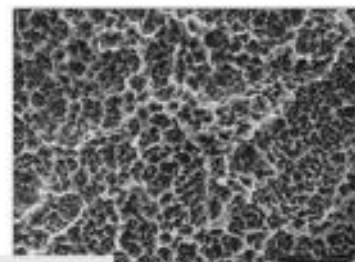
+ vrstvy TiN, DLC vrstvy, kalciumfosfáty - Ca/P (hydroxyapatit, beta-trikalciumfosfát) ...

Materiály pro implantáty pohybového ústrojí – Povrchové úpravy kovů

Morfologie (leštění, zdrsňení), hydrofilita, bioaktivita, tvrdost.



1. Hydroxyapatit – propojení s okolní kostí



2. Povrchové úpravy PVD – vrstvy TiN, TiNbN, DLC



3. Leptání, pískování...

Materiály pro implantáty pohybového ústrojí – Plasty, Keramika

Nízkotlaký vysokomolekulární polyethylen HDPE

Organismus reaguje na plasty jako na cizí předměty, a proto musí být plastická hmota dostatečně biokompatibilní, aby došlo ke správnému přijmutí.

Jediným plastem, který se dlouhodobě osvědčil, je nízkotlaký vysokomolekulární polyethylen, který se využívá především pro své tlumící schopnosti jako náhrada chrupavky.

Keramika

- používá se s obsahem více než 85 % Al_2O_3
- pro výrobu endoprotéz o čistotě 99,7 % Al_2O_3

! POZOR !

namáhání = otěr

Při otěru se uvolňují mikroskopické částice, které v okolí implantátu způsobují zánětlivé reakce. Ty jsou nebezpečné především z důvodu šíření zánětu k implantátu a možnosti jeho uvolnění.

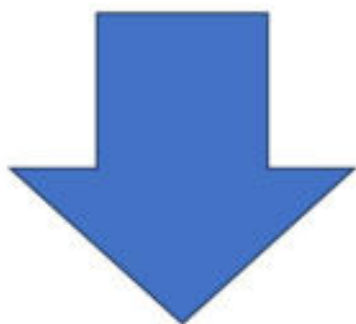
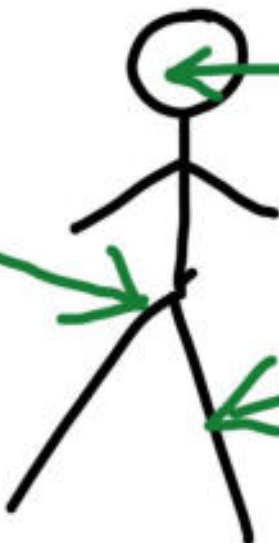


Zvýšené odolnost HDPE vůči otěru –

- Zesíťování = ozáření ionizačním zářením,
- Tepelná úprava - zničení makroradikálů, které vznikly při ionizaci a měly by negativní vliv na životnost.

Moderní materiály v medicíně

Keramika V MEDICÍNĚ



Další příklady:

Kloubní hlavice:

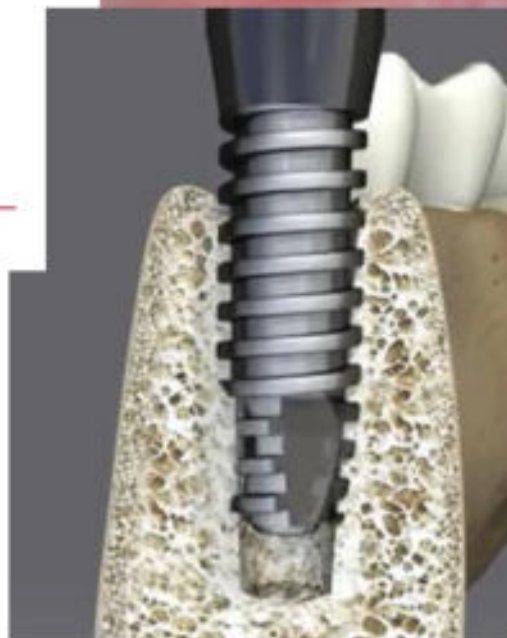
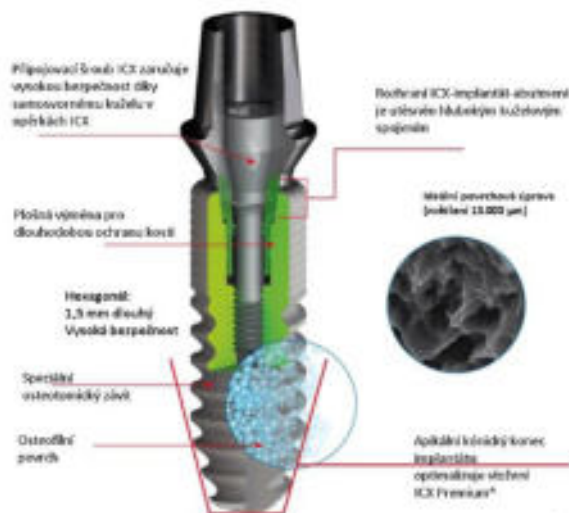
Kovové

- Z nerezavějící oceli FeNiCr
- Slitina CoCrMo
- Slitina Ti6Al4V

Keramické

- ze slinutého mikrozrnného korundu Al_2O_3

Zubní implantáty



Moderní materiály v medicíně - Ortopedie

Porovnání keramiky se slitinou CoCrMo:

	Kov	Keramika
Hutnost g/cm³	8,3	3,9
Elasticita kp/mm²	20 000	38 000
Pevnost na tlak kp/mm²	66 - 76	500
Pevnost na ohyb kp/mm²	66 - 76	50
Pevnost na tah kp/mm²	66 - 76	38
Tření kp/mm²	Kov-polyetylen 0,1 – 0,2	Keramika-keramika 0,1 – 0,07
otěr	10	1

Moderní materiály v medicíně - Interna

Slitiny s tvarovou pamětí (Shape Memory Alloys – SMA)



Koronární stent

Slitiny s tvarovou pamětí - funkční vlastnosti jsou spojeny s **fázovou transformací**, která se vyskytuje v metastabilní pevné fázi některých specifických slitin. Tato transformace probíhá bezdifuzně (martenzitická transformace).

- **Pevná fáze získaná během ochlazování je martenzit.**
- **Fáze za vyšší teploty je austenitická.**
- Teplota, během níž transformace probíhá, může být zvolena v rozmezí -150°C až 200°C . Toto rozmezí závisí na složení a mikrostruktuře slitiny, což je ovlivněno hlavně termomechanickým zpracováním.

Pozor, neplést si s austenitem a martenzitem u ocelí

Everflex. In: Medtronic [online]. Medtronic, c2017 [cit. 2017-05-26].

Dostupné z:

<http://www.peripheral.medtronicendovascular.com/us/product-type/stents/self-expandingstents/everflex-se-peripheral-stent-system/overview/index.htm>

Slitiny s tvarovou pamětí (Shape Memory Alloys – SMA)



Koronární stent

Ni-Ti slitiny - Nitinol - stenty

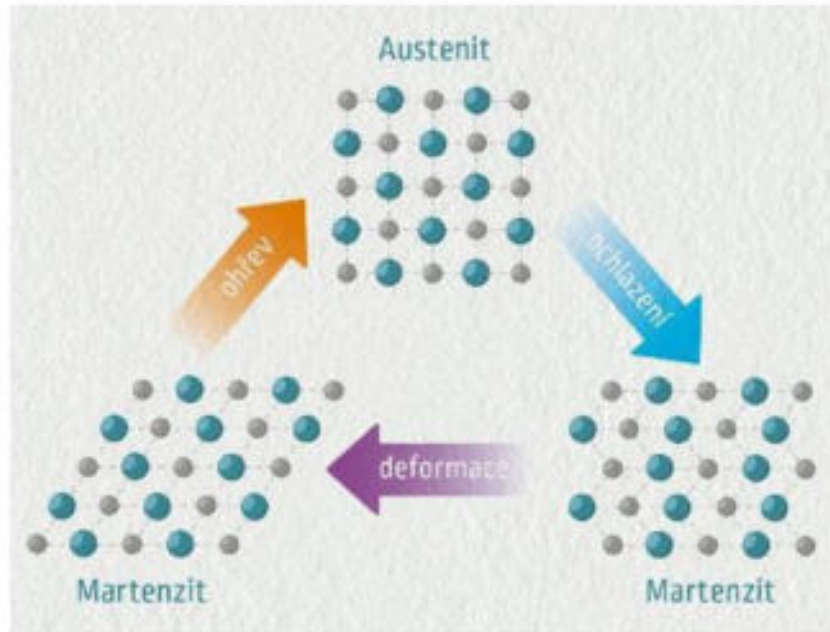
Slitina titanu a niklu je nejtypičtějším a v medicíně nejpoužívanějším materiálem s tvarovou pamětí především pro STENTY.

- složení pro medicínu - 49% atomů Ni ku 51% atomům Ti

Biokompatibilita

- problém s vysokým obsahem niklu. (může vyvolat zápal plic, chronickou rýmu a zánět vedlejších nosních dutin nebo rakovinu plic.)
- díky pasivační vrstvě oxidu titaničitého je však srovnatelná s korozi vzdornou ocelí, Co-Cr slitinami i s čistým titanem.

Slitiny s tvarovou pamětí (Shape Memory Alloys – SMA)



Cyklus změny struktury a tvaru vlivem teploty a deformace materiálu s tvarovou pamětí.

Ni-Ti slitiny - Nitinol - stenty

objeven v 1959 Williamem J Buehlerem a Fredericem Wangem v Naval Ordnance Laboratory (NOL).

- původ jeho jména: Ni + Ti + NOL.
- **vyhříváný nad určitou teplotu se stává tvrdým a pružným**, když teplota klesne, Nitinol okamžitě stává měkkým.

- za pokojové teploty je krystalická mřížka martenzitická
- za vyšší teploty austenitická
- u martenzitické mřížky jsou z jistého úhlu pohledu vazby mezi atomy šikmé. Při deformaci drátu tyto vazby můžeme jakoby natáčet, ale atomy mají stále své stejné sousedy.
- Zahřátí deformovaného drátu - atomy přeskupí do vysokotepl. austenitické mřížky a zaujme původní tvar.
- Jak drát chladne, mřížka se postupně mění na nízkoteplotní martenzitickou, ale tvar už zůstane zachován.

Moderní materiály v medicíně

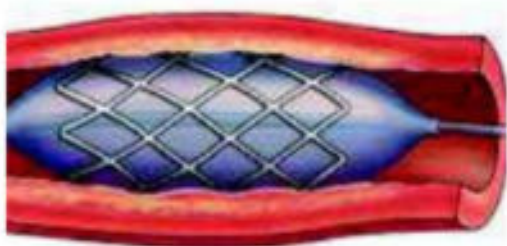
<https://e-manuel.cz/kapitoly/moderni-materialy/motivace/nitinol/Stent>. In: ExpressCO [online]. Express Newspapers, c2017 [cit. 2017-05-26]. Dostupné z: <http://www.express.co.uk/news/uk/291917/Operation-that-could-add-years-toDuke-of-Edinburgh-s-lif>

Ni-Ti slitiny - Nitinol - stenty

martenzit
(měkký)



martenzit (měkký)
umístěn pomocí balonku



↓ 37°C
AUSTENIT
perny dně
srůj tvar



↓ ↑ T



Stent = zdravotnický prostředek, který má trubicový tvar a je v těle umístěn tak, aby mohl udržet průchodnost trubicové struktury (cévy, močové trubice apod.), která je zúžená či uzavřená.

Umístění – nejspíše pomocí vyfouknutého balonku pomocí tenké trubičky cévou až k místu zúžení. Jakmile balonek dorazí na místo určení, nafoukne se a tím se céva rozšíří. Poté je balonek vyfouknut a vytažen ven.

Postup zavádění stentu - angioplastika

Katalyzátor je látka, vstupující do chemické reakce a vystupující z ní nezměněná, která zvyšuje pravděpodobnost uskutečnění této reakce.

KATALYZÁTORY

- **Homogenní** – reaktanty a katalyzátor jsou v systému přítomny ve stejné fázi.
- **Heterogenní** – reaktanty a katalyzátor jsou v systému přítomny v rozdílné fázi. Nejčastěji je katalyzátor pevný a reaktanty jsou plynné. Tento typ katalýzy se často používá v průmyslu (odpadá problém oddělování katalyzátoru z reakční směsi).
- **Enzymová** – se často považuje za samostatný typ katalýzy, nejčastěji v živých organismech - často (ne vždy) se jedná o homogenní proces.

KATALYZÁTORY

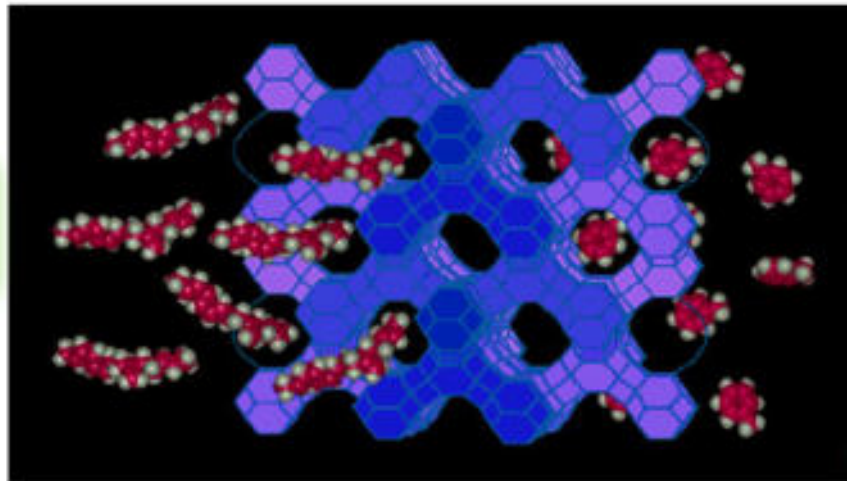


Redukce
CO, NO_x

Nafta
Benzín

Ropa

Katalyzátory



Plasty

Léky

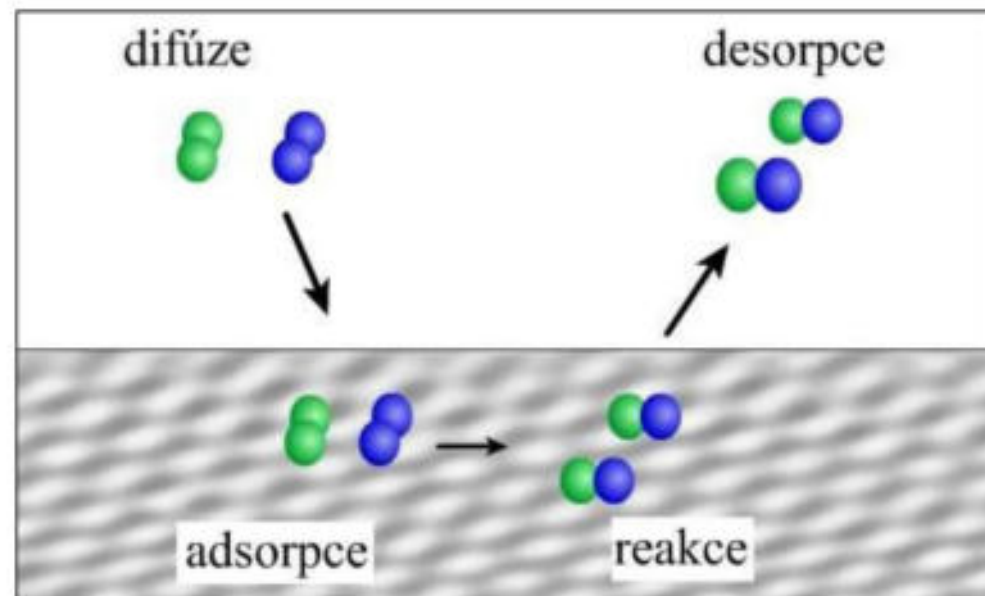
KATALYZÁTORY

Keramické nosiče katalyzátorů

- na základě Al_2O_3 – Aluminy,
- Aktivní uhlí
- Aluminosilikáty Al-Si-O - Zeolity,
- mezoporézní silika SiO_2 (SBA 15)
- TiO_2 , CeO_2 atd

Díky katalyzátorům – výroba ropných produktů (benzín, nafta..), petrochemie – plasty léky, Rozklad NO, čištění plynů...

- vysoký měrný povrch až $1000 \text{ m}^2/\text{g}$
- na ně se pak nanese aktivní kov Pd, Pt, Ni, V, Mo, Cu...



KATALYZÁTORY

<http://m.cz.enswchem.com/catalyst/methanation-catalyst/cnj-methanation-catalyst.htm>
<https://www.kralovopolska.cz/cz/produkty-a-sluzby/zarizeni-pro-chemii-petrochemii-a-energetiku/reaktory-11>

ALUMINY - na základě Al_2O_3 + na povrchu aktivními kovy, speciální alkalické oxidy, oxidy niklu ...



Rafinérie a petrochemický průmysl

katalytický reaktor

katalytický reforming, hydrokrak, syntéza močoviny...



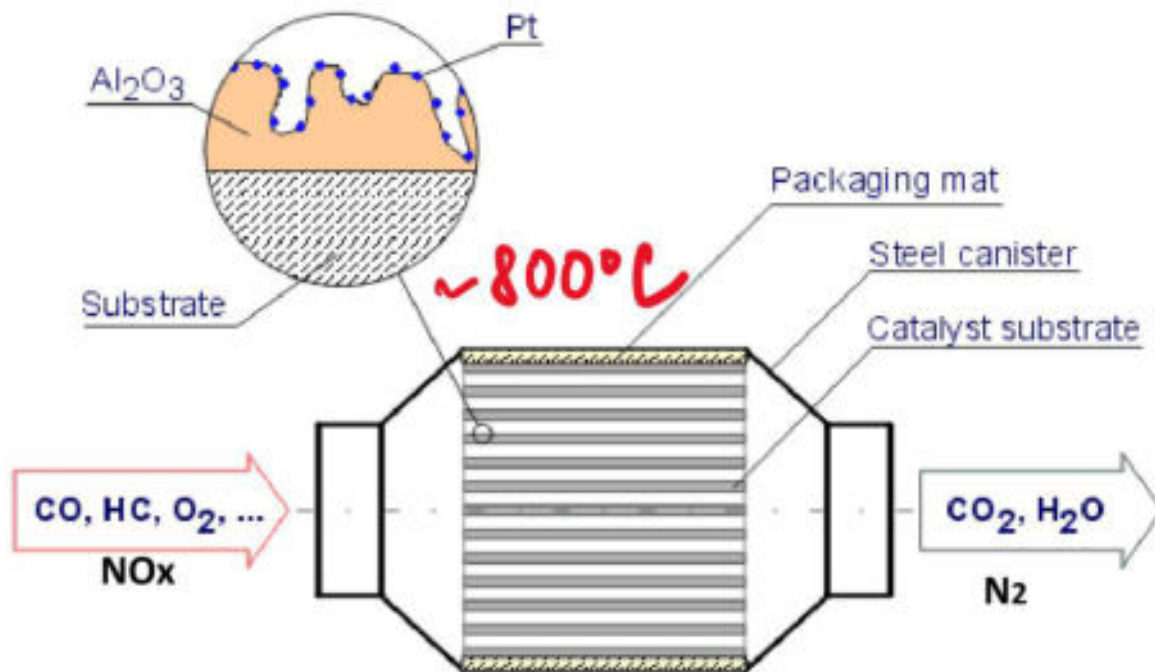
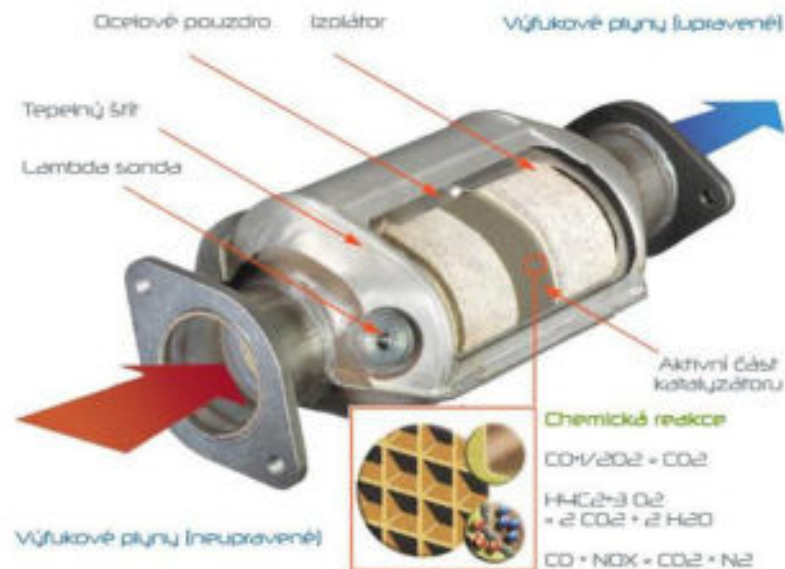
Fluidní katalytické krakování v ropných rafineriích – výroba benzínu



KATALYZÁTORY

ALUMINA - na základě Al_2O_3

- vysoký měrný povrch až $1000 \text{ m}^2/\text{g}$
- na ně se pak nanese kov Pd, Pt, Ni, V, Mo, Cu...

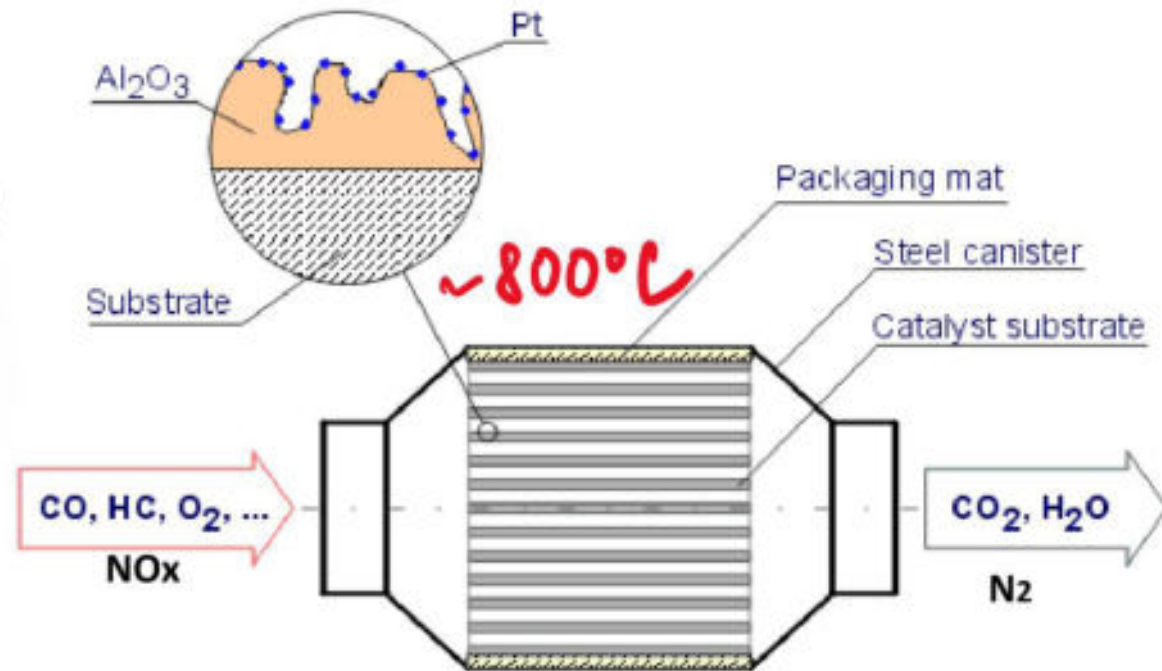


KATALYZÁTORY

<http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1360213/FULLTEXT01.pdf>

ALUMINA - na základě Al_2O_3

- vysoký měrný povrch až $1000 \text{ m}^2/\text{g}$
- na ně se pak nanese kov Pd, Pt, Ni, V, Mo, Cu...



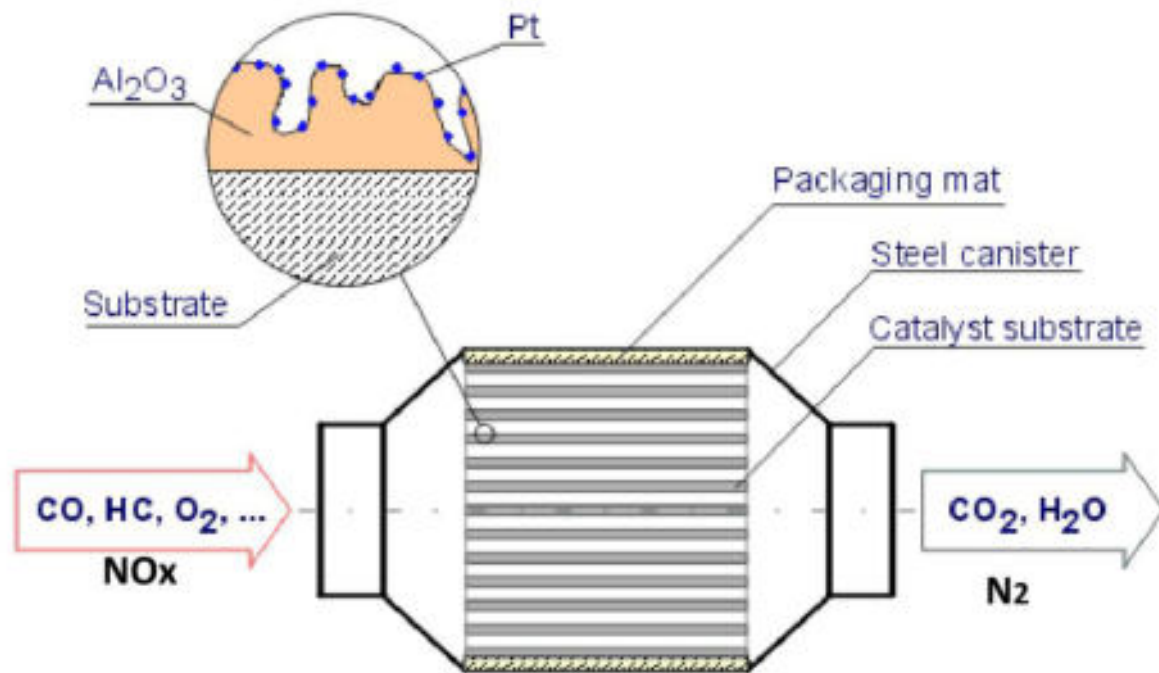
KATALYZÁTORY

<http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1360213/FULLTEXT01.pdf>

ALUMINA - na základě Al_2O_3



- vysoký měrný povrch až $1000 \text{ m}^2/\text{g}$
- na ně se pak nanese kov Pd, Pt, Ni, V, Mo, Cu...



KATALYZÁTORY – Příklady struktur

<http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1360213/FULLTEXT01.pdf>

Autor: Christian Rewitzer, CC BY-SA 3.0,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=14865894>

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=14737496>

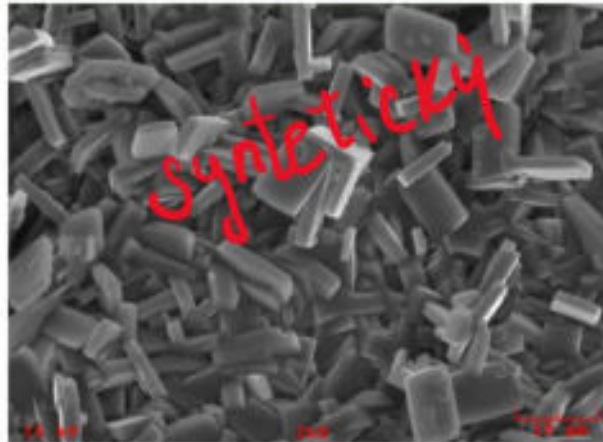
ZEOLITY

vulkanický původ

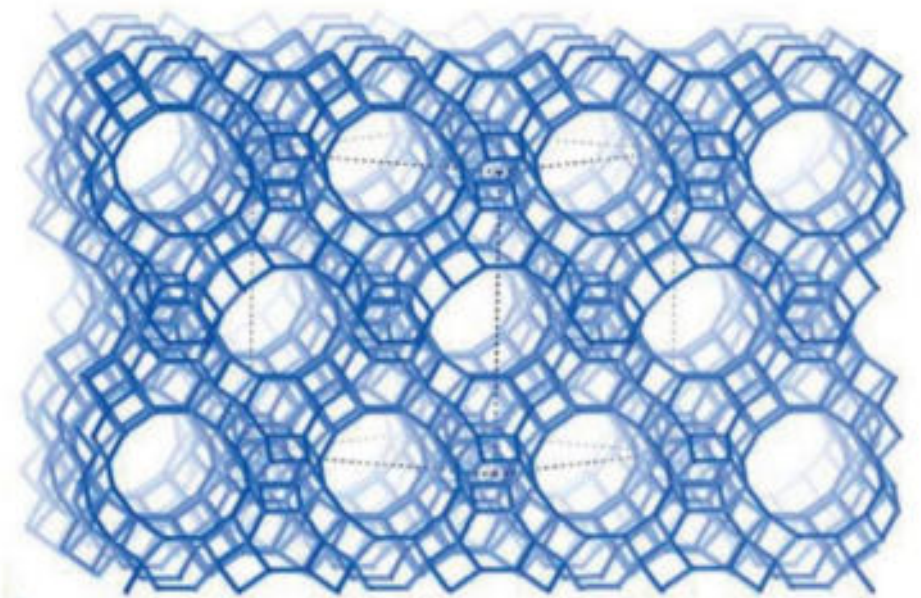
- Zeolity = krystalické hydratované alumosilikáty alkalických kovů a kovů alkalických zemin.
- Prostorové uspořádání atomů vytváří kanálky a dutiny konstantních rozměrů. V těchto kanálcích se mohou zachytávat látky tuhého, kapalného a plynného skupenství.



přirodní



syntetický



- Trojrozměrná vazba tetraedrů SiO_4 a AlO_4 , které jsou navzájem propojené sdílením vrcholových kyslíků.
- Negativní náboj na mřížce zeolitů vyrovnávají kationty, které obsazují mřížkové dutiny.

KATALYZÁTORY – Příklady struktur

<http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1360213/FULLTEXT01.pdf>

Autor: Christian Rewitzer, CC BY-SA 3.0,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=14865894>

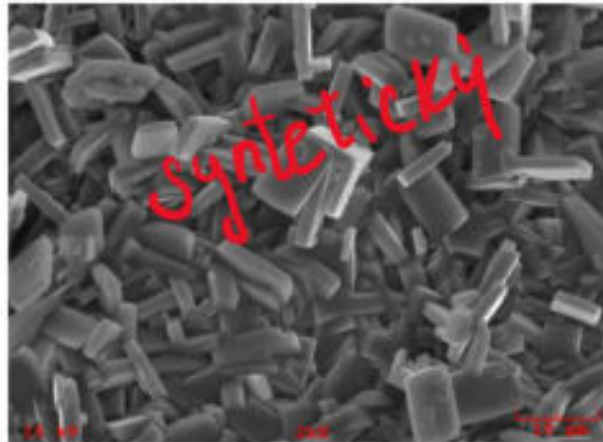
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=14737496>

ZEOLITY

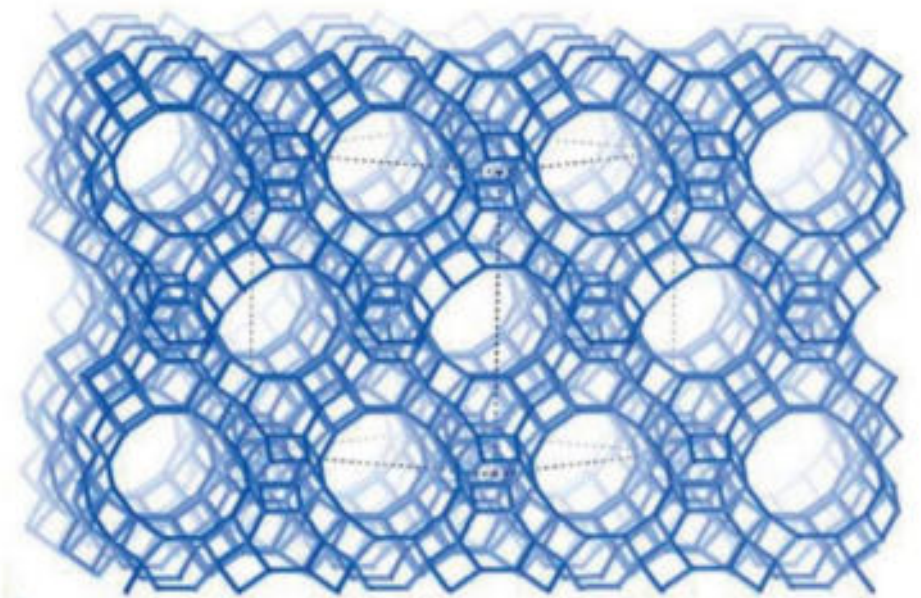
- = molekulová síta = umožňují řízeně rozdělávat molekuly
- nejdůležitější průmyslové katalyzátory
- využití - jako sorbent, molekulární síto a katalyzátor zpracování ropy, v petrochemii nebo při přípravě speciálních chemikálií, adsorpčních procesy (úprava vod), zemědělství, medicína
- neškodí životnímu prostředí.



přirodní



syntetický

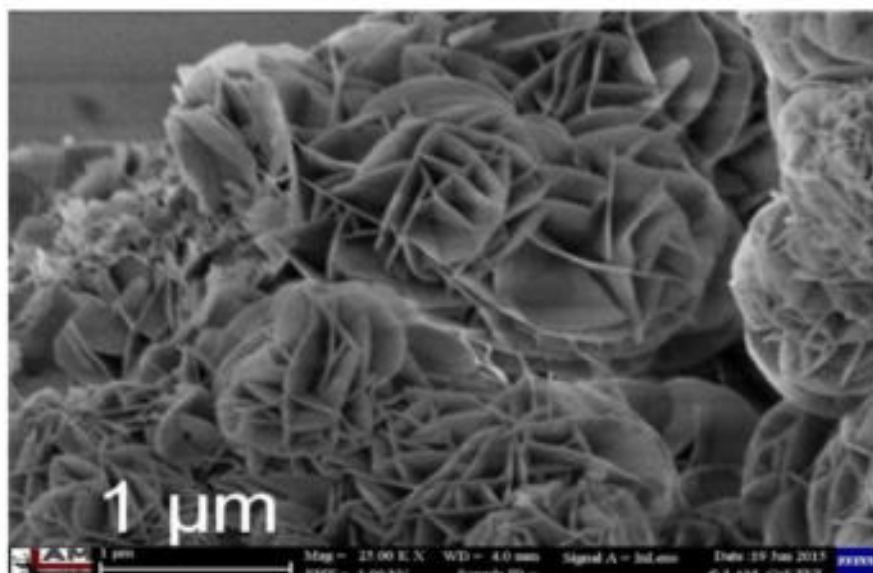


- Trojrozměrná vazba tetraedrů SiO_4 a AlO_4 , které jsou navzájem propojené sdílením vrcholových kyslíků.
- Negativní náboj na mřížce zeolitů vyrovnávají kationty, které obsazují mřížkové dutiny.

HYDROTALCIT vzácně se vyskytující přírodní minerál $\text{Mg}_6\text{Al}_2(\text{OH})_{16}\text{CO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ s vrstevnatou strukturou

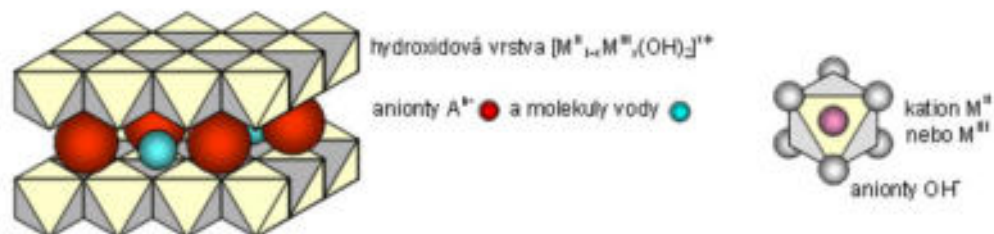
Syntetický hydrotalcit

- aditivum při výrobě a zpracování polymerů a ve farmacii
- vývoj katalyzátorů pro petrochemický průmysl pro získávání petrochemických produktů z biomasy



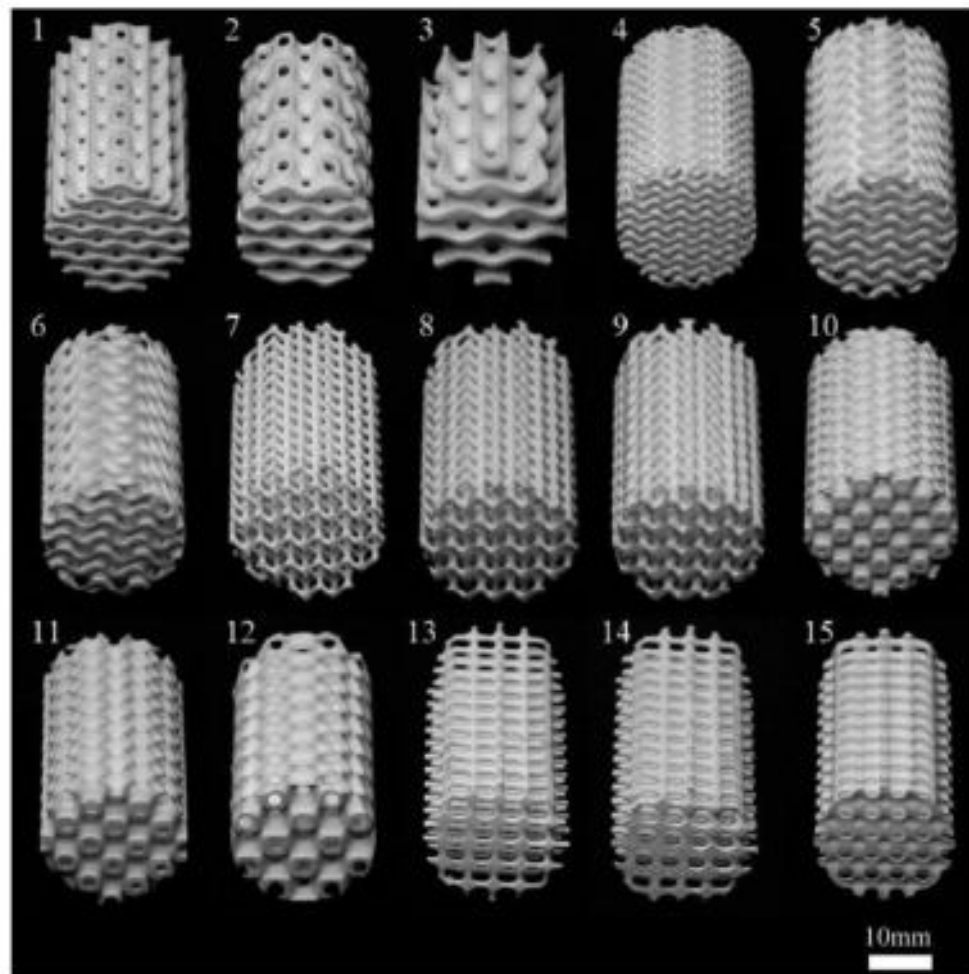
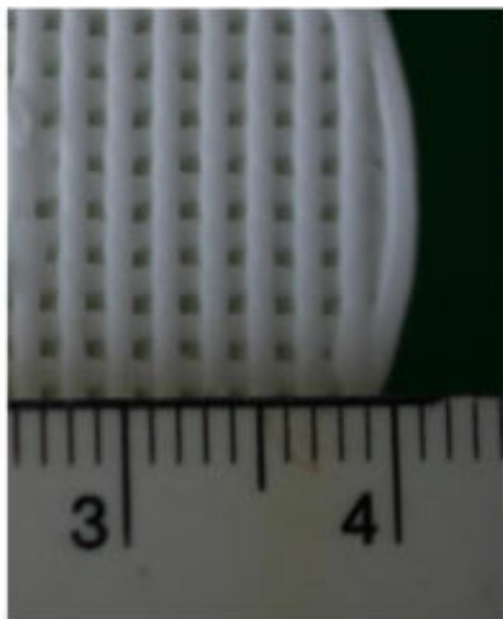
Vrstevnatá struktura sloučenin typu hydrotalcitu

HTC = KATALYZÁTOR HYDROTALCIT
= vrstevnatý dvojitý hydroxid Mg-Al



KATALYZÁTORY – výroba katalyzátorů

- Kuličky – petrochemie a rafinerie
- Odlévání, extruze – automobilový průmysl, komínové systémy
- 3D tisk – v současnosti se rozvíjí



FOTOKATALYZÁTORY – již byly v př. 12

Princip Fotokatalýza TiO_2



MONOKRYSTALY, POLYKRYSTALY – již částečně v přednášce 01, 05

MONOKRYSTALY, POLYKRYSTALY

MONOKRYSTAL



POLYKRYSTAL

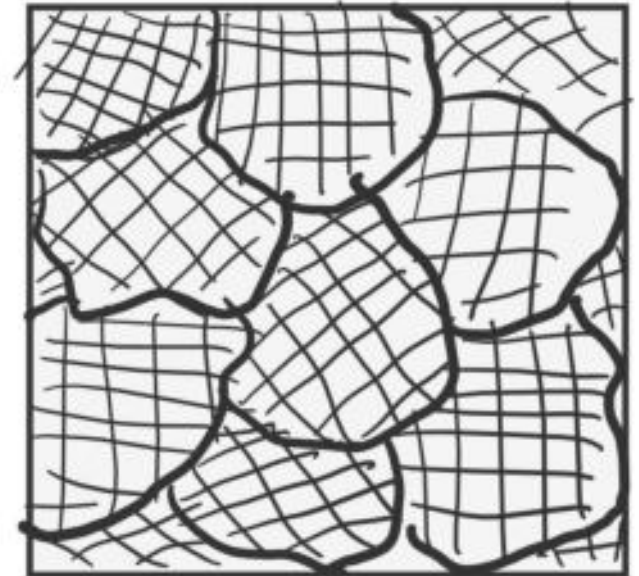
Safír Al_2O_3



FeS_2 – disulfid železnatý



Cukrové krystaly



MONOKRYSTALY

Al_2O_3 – monokrystal - SAFÍR

drahokamy

SAFÍR (s Ti, Fe)

RUBÍN (s Cr)

Šperky, 1. laser z rubínu



Laser s krátkými pulsy
(< 50 fs) ze safíru



syntetický safír

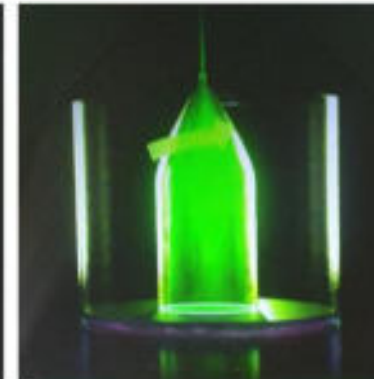
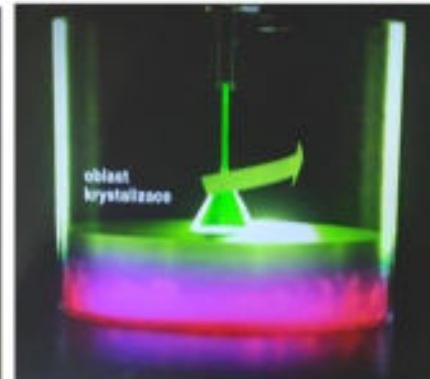
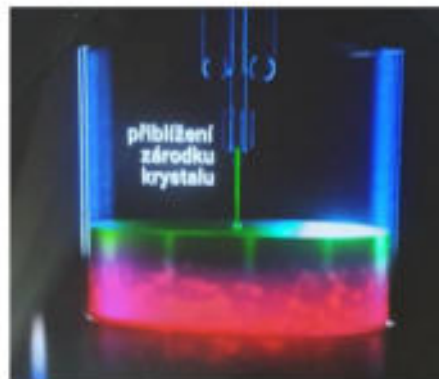
sklíčko hodinky,
neprůstředné sklo,

technická safírová sklíčka

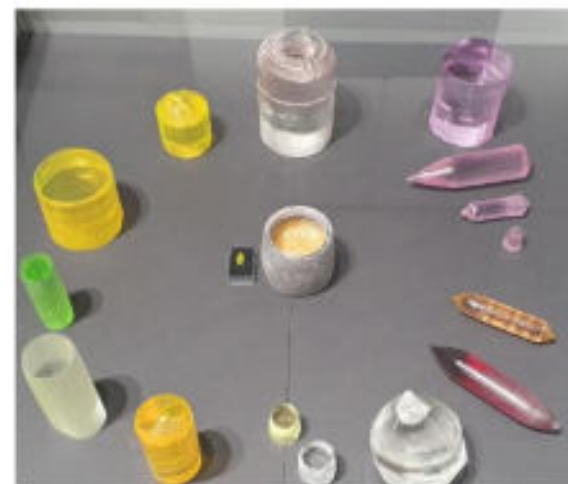
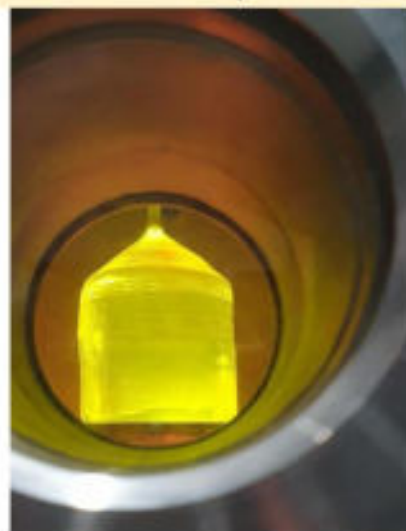


MONOKRYSTALY – CRYTUR – výroba monokrystalů pro průmyslové využití

Video tažení monokrystalu Si https://www.youtube.com/watch?v=cYj_vqcyI78



Pěstovací pece – Czochralského metoda (více než 100 let)



Safír Al_2O_3 – ochrana senzorů před vysokou teplotou, agresivním prostředím...

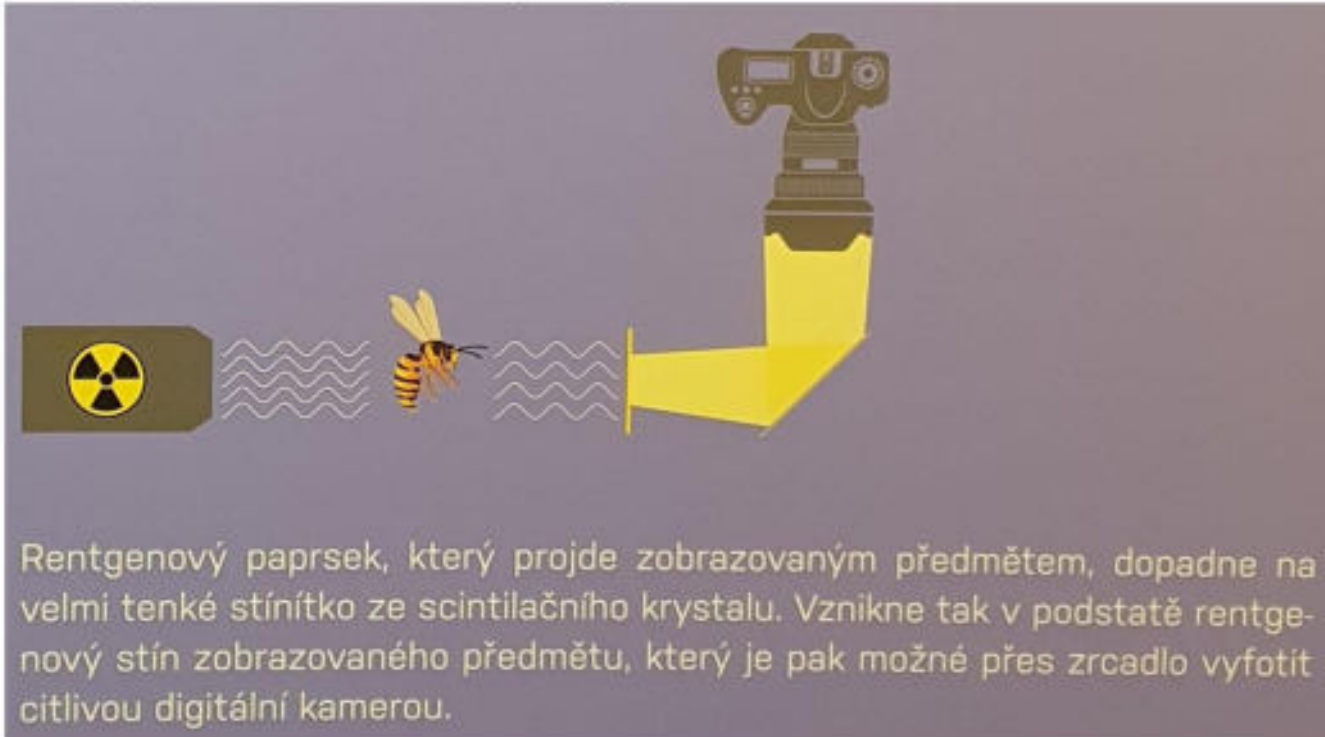


MONOKRYSTALY – CRYTUR – výroba monokrystalů pro průmyslové využití

Scintilační krystaly

Scintilace je jev, při kterém vznikají slabé světelné záblesky (pulsy světla) v některých látkách při dopadu ionizujícího záření

Rentgenová kamera s vysokým rozlišením



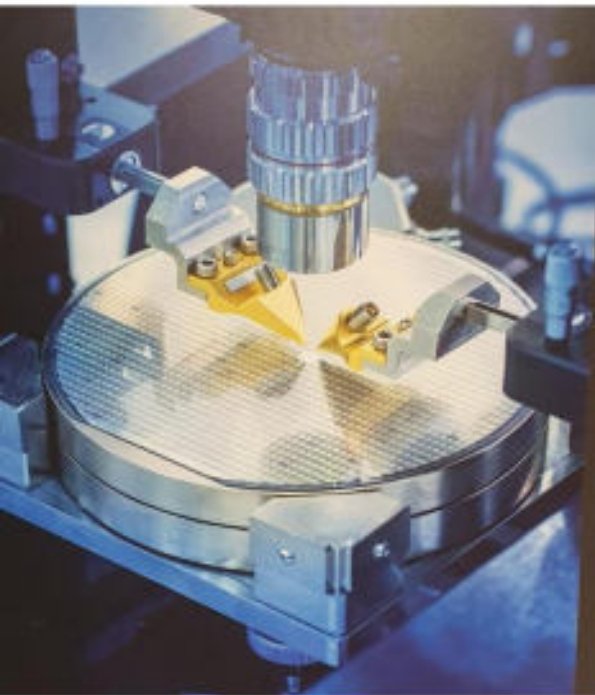
Detektory CMS – pomohly detekovat Higgsův boson v CERNU



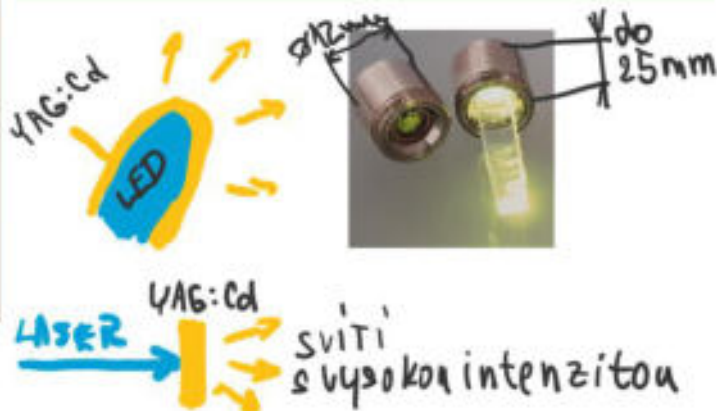
V SEM mikroskopii jsou scintilátory nedílnou součástí detekčního systému SEM, který převádí energii elektronového paprsku na signály viditelného světla.

MONOKRYSTALY – CRYTUR – použití

Deska z monokrystalu Si pro výrobu čipu (připravena ke kontrole)



Monokrystalický **Luminofor** (YAG:Ce) – rozsvítí se pomocí modrého laseru - diody (svítí žlutě nebo zeleně) – malé intenzivní směrové světelné zdroje
= základ všech diodových světel – dioda je prakticky vždy modrá, výsledné světlo díky vrstvě luminoforu, který modrou barvu světla pohlcuje



Laserové tyče (Nd:YAG – Neodymový Yttrito hlinitý(Al) Granát) – např. pro medicínu



Safírové trubice – ochrana do 2000°C při měření teploty



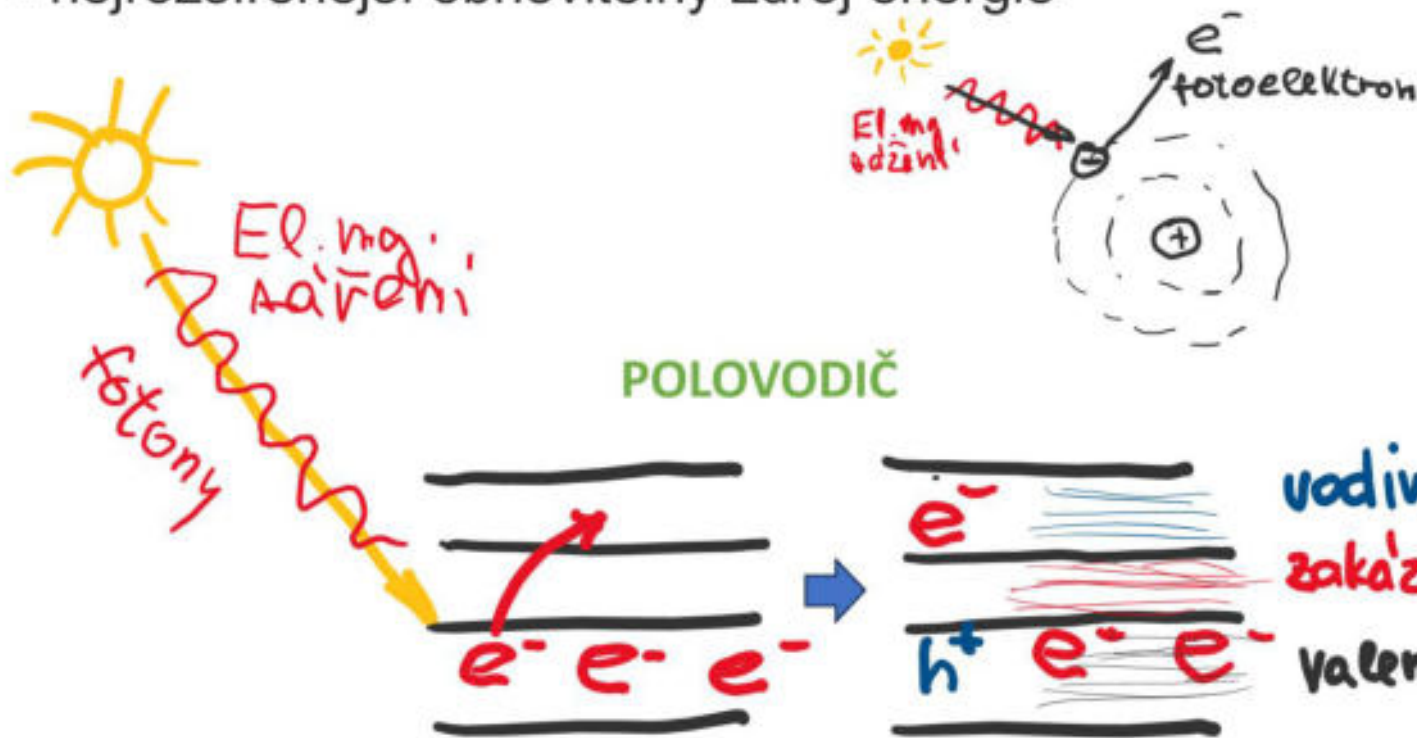
Materiály pro solární (fotovoltaické) panely

Materiály pro fotovoltaické panely

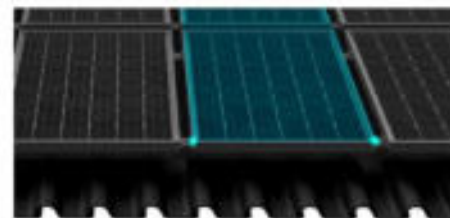
<https://www.solarno.cz/rozdily-mezi-panely>
<https://www.proelektrotechniky.cz/vzdelavani/17.php>

Fotovoltaické panely slouží k výrobě elektrické energie z dopadajícího světelného záření na principu **fotovoltaického jevu**

- nejrozšířenější obnovitelný zdroj energie



1 panel dává ca 450 Wp
Účinnost ca 20 %



Materiály pro fotovoltaické články

Fotovoltaický článek - nejčastěji jako velkoplošná polovodičová dioda schopná přeměňovat světlo na elektrickou energii, využívá se fotovoltaický jev

- 1883 - první fotovoltaický článek - Charles Fritts - potáhnul polovodivý selen velmi tenkou vrstvou zlata. 1 % účinnost.
- 1946 - patent
- 1954 - současná podoba solárních článků – dopovaný křemík - vysoká citlivost na osvětlení – článek s 6% účinností - význam pro kosmonautiku, ropné společnosti - na automatických ropných plošinách je elektrická energie potřebná pro osvětlení - maják - a pro ochranu proti korozi.
- 2008 - velký boom - klesá cena krystalického křemíku díky výrobě v Číně (dříve v Japonsku, USA, Španělsku, Turecku a Německu).

Výkon a účinnost - Teoretické ideální podmínky - ozáření je $1 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$, teplota článku $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Energie fotonu, která překračuje potřebnou hranici pro výrobu elektřiny, se mění v teplo.

Výkon FVE článků a modulů a následně celých panelů **se udává v jednotkách Wp** (watt peak – špičková hodnota), = maximální součin $U \cdot I$ při intenzitě osvětlení 1000 W/m^2 .

Materiály pro fotovoltaické články

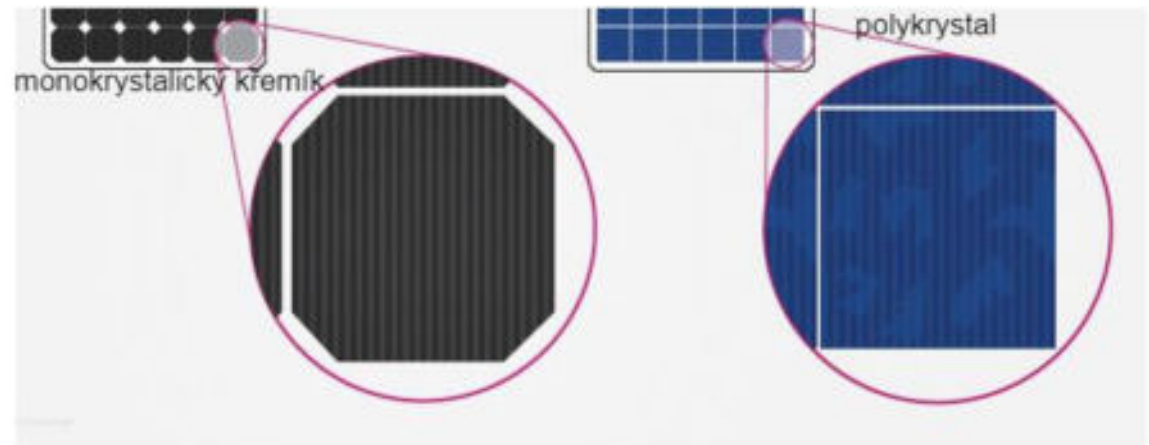
I. generace = krystalický křemík

- Fotovoltaický článek je tvořen z krystalického křemíku, nejčastěji typu P, na kterém je pomocí difúze vytvořen PN přechod.
- **95 % objemu produkce**
- účinnosti asi 23 %, (účinnost výsledných modulů je obvykle okolo 20 %)

- **Monokrystalické Si**
- **Polykrystalické Si**



Dnes již podobná efektivita přeměny energie za totožných podmínek.



Materiály pro solární články

II. generace - technologie tenkých vrstev

- Z tenkých vrstev fotovoltaických materiálů (**amorfní Si**, CdTe (Kadmium-telurid) nebo CIGS (měď, indium, gallium, selenid)).
- Výroba pomocí depozičních technik - nanáší postupně jednotlivé vrstvy materiálu (napařování kovů (Epitaxe), napařování, PECVD, CVD,...)

Výhody

- lehčí a flexibilnější vhodné např. pro integrované střešní panely, ohebné moduly
- nižší cena

Nevýhoda - nízká účinnost - cca 8-15 procent dle technologie

Materiály pro solární články

III. generace - CPV, organické polovodiče, ostatní technologie

- **Koncentrované solární panely (CPV):** používají čočky nebo zrcadla k soustředění slunečního záření na menší fotovoltaickou plochu. Jsou složitější a dražší na instalaci, ale dosahují vyšší účinnosti. (laboratorně s efektivitou až 40,7 %)
- **DSCC (Dye-Sensitized Solar Cells),** = barvivové solární články - využívají organické barvivo, které absorbuje sluneční světlo.

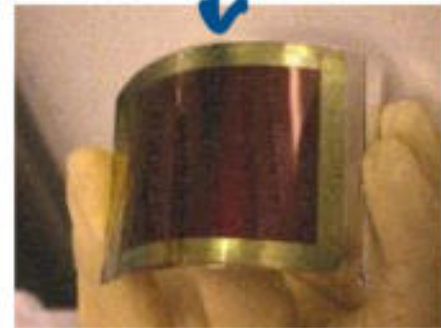
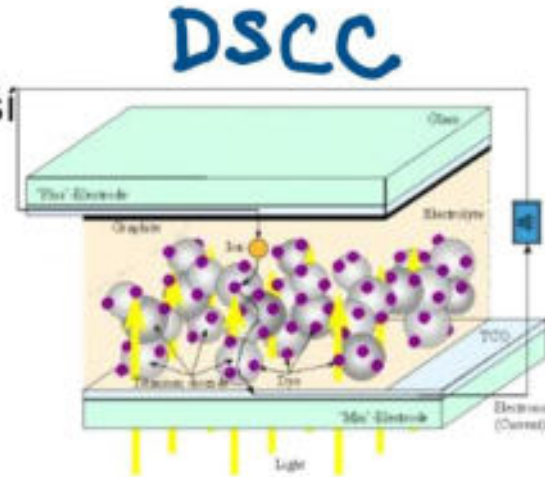
Nízké náklady na výrobu

Flexibilita – možnost zakřivených nebo pružných povrchů.

Efektivní v oblačných podmínkách

Estetický design: Jsou transparentní s možností různých barevných variant

Stále se vyvíjejí, nižší účinnost, horší dlouhodobé stability a odolnosti vůči prostředí.



Křemík – Si pro výrobu FVE

https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php%3Ffile_id%3D73041&ved=2ahUKEwjb_rbKi5NCFAXWt_7sIHUf0AyYQFnoECBQQAQ&usg=AOvVaw2M4otMdaLW3VfDh3M9G6u7
<https://pctuning.cz/article/od-pisku-k-procesoru-tajemstvi-technologie-vyroby-cipu#article-header>

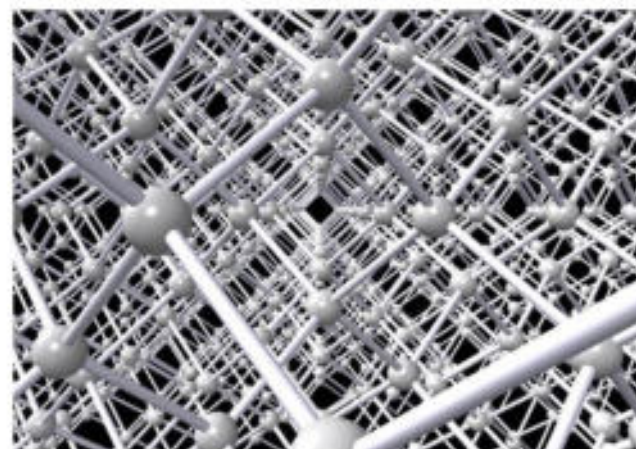
Křemík (Si) = polokov, polovodič
= základní materiál pro výrobu polovodičových součástek, ale i jako základní surovina pro výrobu skla (v SiO_2)

Výskyt v zemské kůře je **26 – 28%** (po kyslíku druhý nejvíce zastoupený prvek v zemské kůře) výhradně ve formě sloučenin – především SiO_2 , čistý se nevyskytuje



Křemík

Bod tání	1 413°C
Bod varu	2 355°C
Hustota	2 332 kg/m ³
Tvrдость	7 dle Mohsovy stupnice
Šířka zakázaného pásu	$E_g = 1,12 \text{ eV}$
Atomová hustota	$5 \cdot 10^{22} \text{ atomů/cm}^3$



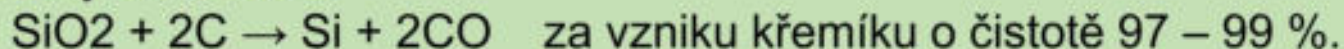
Krychlová plošně centrovaná mřížka

Křemík – Si pro výrobu FVE

https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php%3Ffile_id%3D73041&ved=2ahUKEwjbrbKi5NCFaxWt_7sIHUf0AyYQFnoECBQQAQ&usg=AOvVaw2M4otMdaLW3VfDh3M9G6u7

Výroba křemíku

redukcí taveniny vysoce čistého SiO_2 v obloukové elektrické peci na grafitové elektrodě, jejíž materiál je přitom spalován na plynný oxid uhelnatý dle reakce:



- **Pro účely elektroniky je ale nutno čistota minimálně 99,9999 !!!**
- i nepatrné znečištění výrazně ovlivňuje kvalitu vyrobených tranzistorů a dalších elektronických součástí a FVE.



1 FV panel o výkonu 450 Wp obsahuje 1,3 kg křemíku

Zonální tavení - nejstarší metoda

Čištěný materiál se nejprve upraví do tvaru dlouhé tenké tyče. Ta se potom ve speciální pícce postupně přetavuje tak, aby se tavená zóna posunovala od jednoho konce ke druhému. Přitom se nečistoty přítomné v materiálu koncentrují v roztavené zóně a postupně se dostávají ke konci tyče, který se nakonec odstraní odříznutím. Několikanásobným opakováním tohoto postupu vznikne poměrně vysoce čistý materiál.

V současné době se pro přípravu extrémně čistého křemíku používají chemické metody.

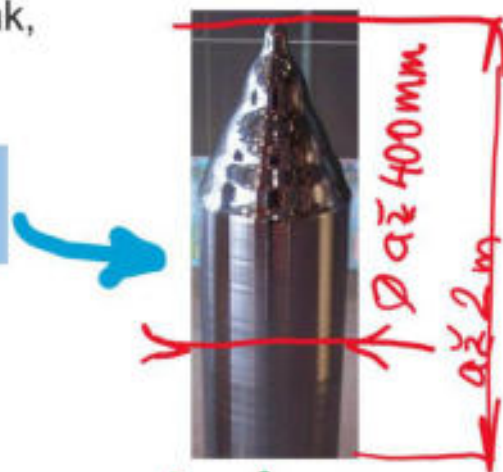
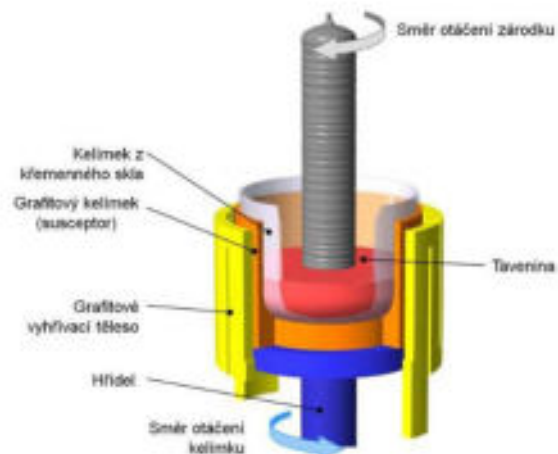
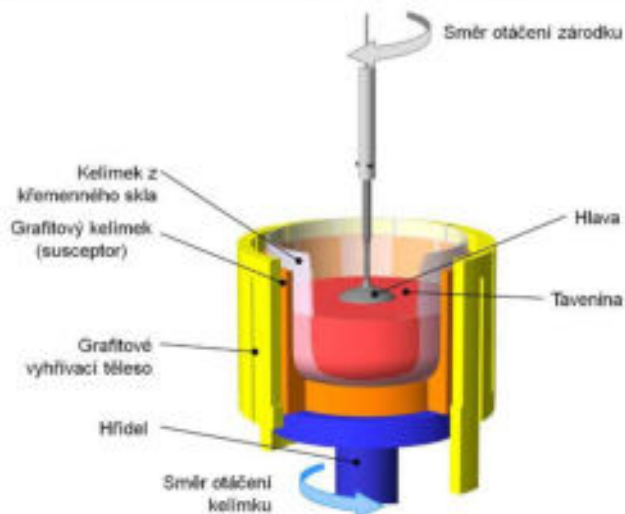
Chemická metoda - V tzv. **Siemensově postupu** je z křemíku nejprve vyrobena nějaká těkavá sloučenina, obvykle trichlorsilan HSiCl_3 nebo chlorid křemičitý SiCl_4 . Tyto plynné sloučeniny se potom vedou přes vrstvu vysoce čistého křemíku o teplotě přes 1 100 °C. Přitom dochází k jejich rozkladu a vzniklý vysoce čistý křemík se ukládá v krystalické podobě na původní křemíkovou podložku.

Výroba vysoce čistého křemíku – energeticky velmi náročné!!!

Výroba monokrystalu křemíku – viz CRYTUR

= řízená krystalizace z taveniny (Czochralského proces) - do křemíkové taveniny vložen zárodečný krystal vysoce čistého křemíku a z něj je za přesně definovaných podmínek (tlak, teplota, inertní atmosféra – Ar..) tažen monokrystal

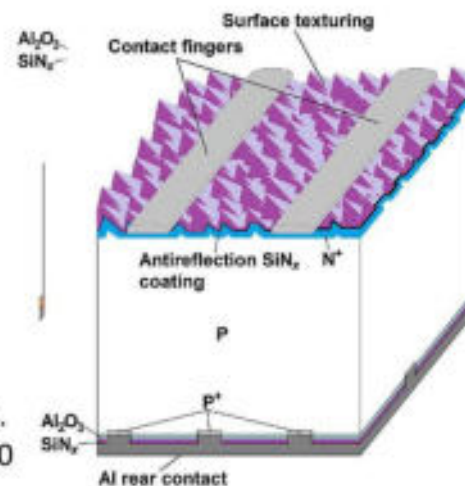
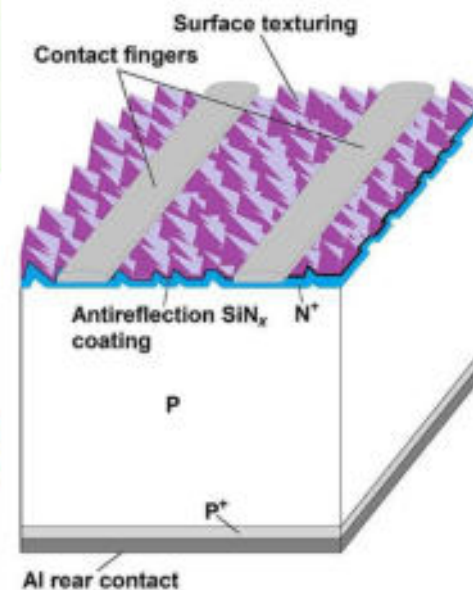
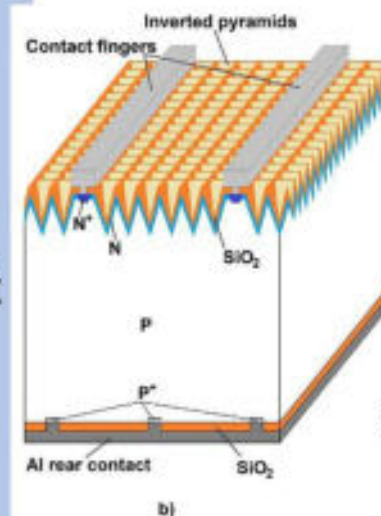
Vyrobený ingot se po ochlazení řeže na tenké vrstvy (typicky 0,5 mm), leští a je použit jako výchozí surovina pro výrobu polovodičových součástek – Si wafer



FIE
ČIPY

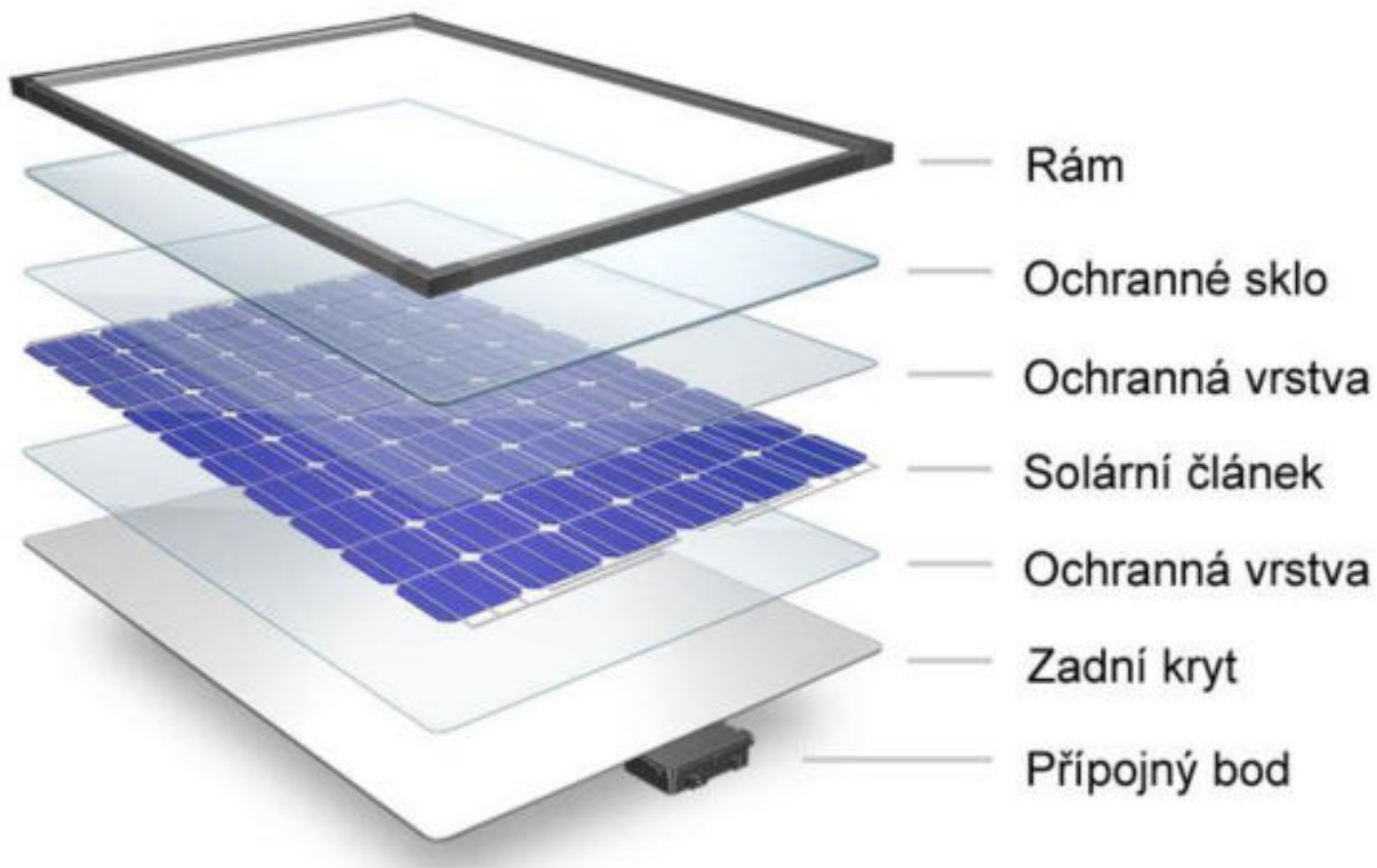
Výroba mono/polykrystalických panelů

1. Mono/Polykrystalické křemíkové ingoty se vyrábějí se čtvercovým průřezem, vhodným pro výrobu solárních článků.
2. Nebo: Kulaté monokrystalické ingoty se ořezávají na pseudočtvercový průřez, aby byla lépe využita plocha fotovoltaických modulů.
3. Ingoty se rozřežou na tenké destičky (řádově stovky μm).
4. Na nich se pak vytvoří leptáním textura (destička zmatní a lépe pohlcuje světlo). Destička se poté dopuje fosforem, čímž se vytvoří polovodivý P-N přechod
5. Nanesení antireflexní vrstvy nitridu (článek získá tmavě modrou barvu)
6. Vodivou pastou se sítotiskem vyrobí metalizace na zadní i přední straně.
7. Sintrování článku (vypálí se) – vytvoří se vodivé propojení metalizace s křemíkem. Hotové články se spojují do série (a/nebo paralelně) pájenými plochými kovovými pásky a montují se do fotovoltaických modulů.



Autor: Ladislava Černá –
Vlastní dílo, CC BY-SA 4.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=97204106>

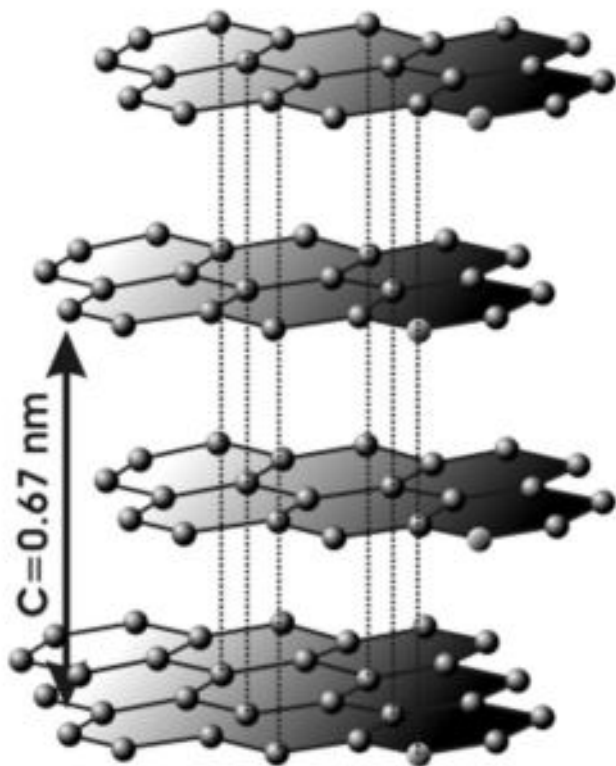
Konstrukce solárního panelu



Materiály na bázi uhlíku

Materiály na bázi uhlíku

Grafit Hexagonální str.

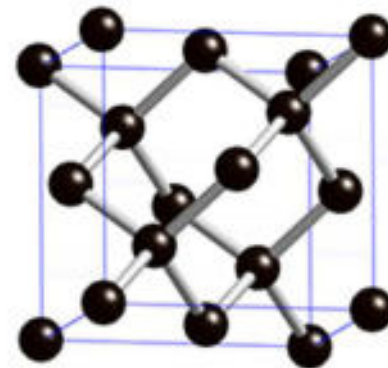


Tuha, pomůcky ve sklářství a metalurgii, tavicí kelímky, elektrody

Diamant



Diamantová str.



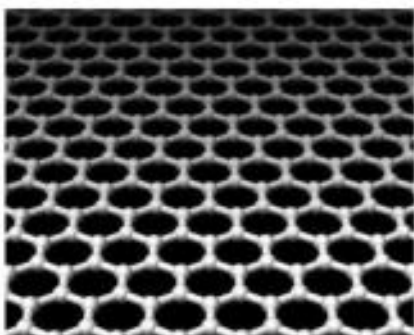
DLC (Diamond like carbon) vrstvy

Diamant. strukt.
Plazmatická metoda
PVD, PECVD

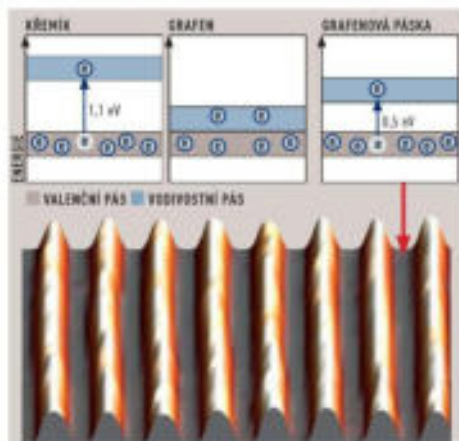


Materiály na bázi uhlíku

Grafen

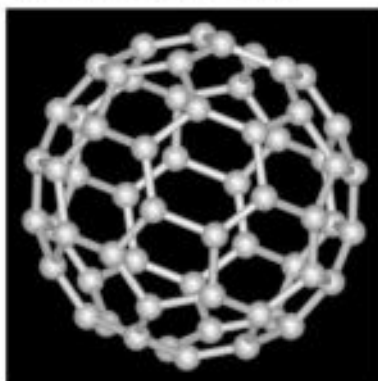


Objeven 2004, Nob.cena,
Geim, Novoselov

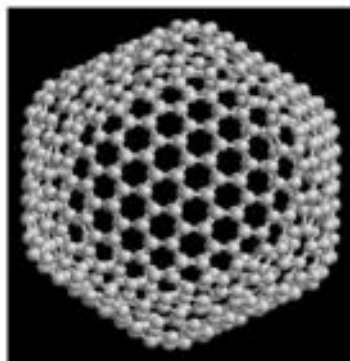


Tranzistory s $f=100\text{MHz}-1\text{THz}$

Fuleren

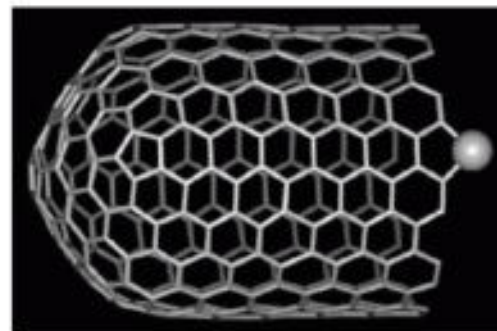


Fuleren C60, průměr 0,71nm

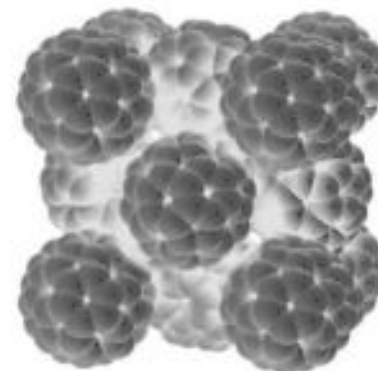


Fuleren C540, (Nejmenší C20)

C nanotubes



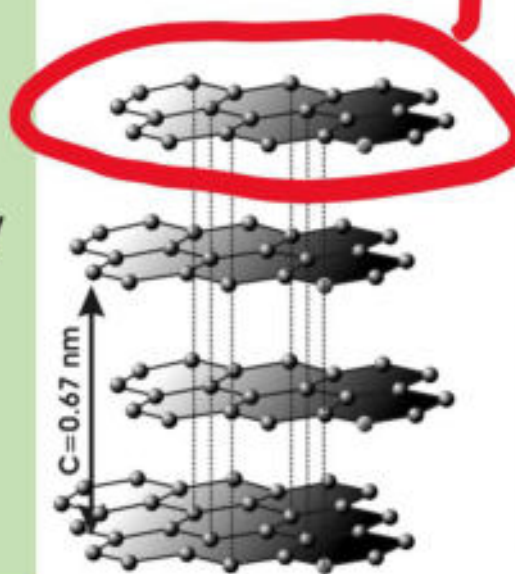
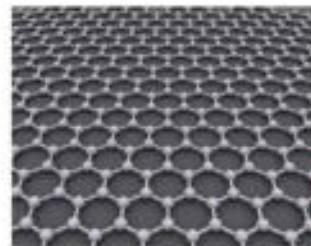
Fulerit (vesmír)



2004 – Nobelova cena - Gejm a Nowosiolow (univerzita v Manchesteru) izolovali grafen z hroudy grafitu přenesením atomů uhlíku na vrstvu oxidu křemičitého (SiO_2) pomocí lepicí pásky.

Vlastnosti - 2D membrána C atomů

- extrémně dobrý vodič tepla a elektřiny
- elektrony grafenu při pokojové teplotě - nejpohyblivější ze všech materiálů
- rychlost elektronů ca 1/300 rychlosti světla
- vysoké frekvence elmg. signálů,
- čistý je téměř průhledný, tvoří sloučeniny
- nejnižší **plošná hustota** ze všech materiálů **0,763 mg/m²**.
- pevnost v tahu 130 GPa (až 100krát vyšší než ocel)
- tažnost až 20%



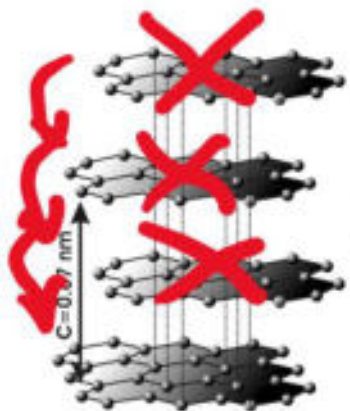
Využití

elektronika, diagnostika, fotovoltaické články, rolovatelné displeje, dotykové panely, LED světla, polovodičové součástky, tranzistory o vysoké frekvenci, baterie, grafenové senzory, detektory nebezpečných látek, antikoroziční nátěry, čištění a odsolování vody, lehčí a odolnější kompozity pro automobily, letadla, lodě... tepelně vodivá guma, extrémně pevný papír schopný vést elektřinu....

GRAFEN – technologie výroby

výroba je technologicky náročná a drahá - aplikace, kde je vysoká přidaná hodnota

Průmyslová výroba:



"shora dolů"

syntéza, kdy je výchozí materiál je postupně ztenčován, v ideálním případě pouze na výšku jediného atomu uhlíku - monovrstvu.



"zdola nahoru"

chemickou depozicí z plynné fáze (CVD)

typicky se na Cu nebo Ni destičky napařuje uhlík z metanu (CH_4) při ca $900-1000^\circ\text{C}$ (technologicky náročný proces) za ATM či sníženého tlaku

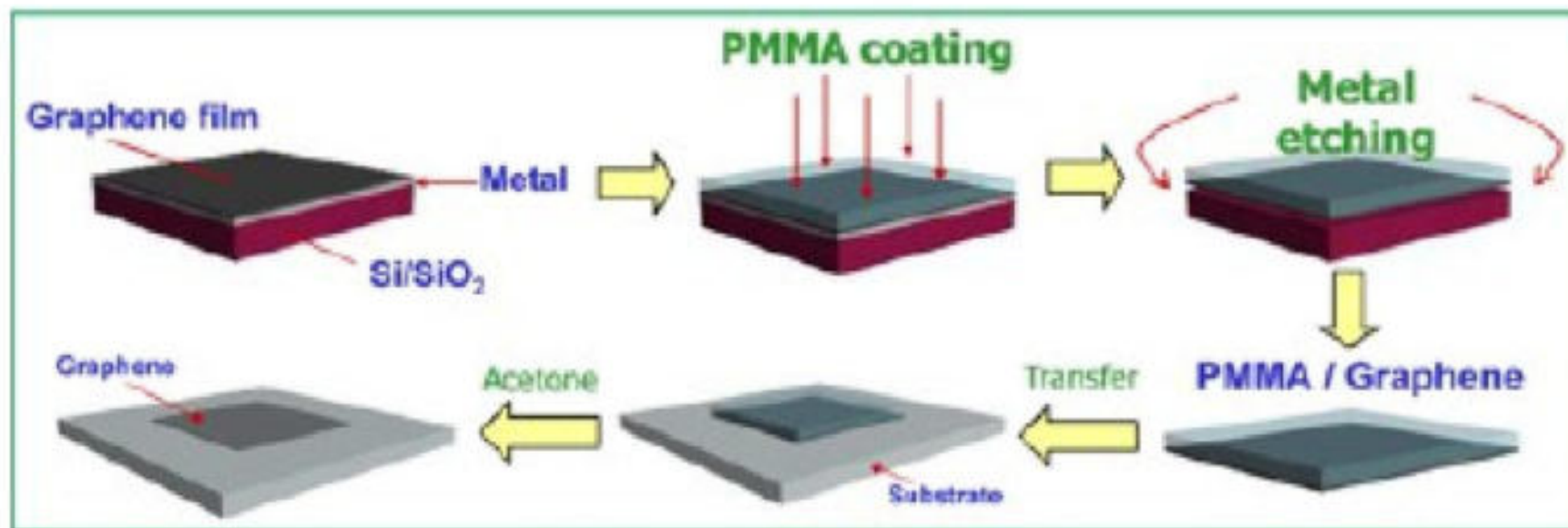
mezi vrstvy grafenu se vpraví vhodná látka, která se např. po zahřátí přemění na plyn, jenž od sebe grafenové listy odtrhne, nebo rozplavení grafitu - práškový grafit do mixéru + voda + detergent (saponát) + vyšší teplota a tlak

- Grafenový prášek z malých listů
- Často nerovnoměrná kvalita



Nejstarší metoda - růst na krystalu karbidu křemíku SiC

Přenos grafenu



Grafen - budoucnost automobilových trakčních baterií ?

Světoví výrobci trakčních baterií slibují revoluci na bázi grafenu

- superrychlé nabíjení (8 min na 1000 km)
- vysoká energetická hustota (5× vyšší než Li-ion)
- vysoká životnost (1.000.000 km)



*Zpráva
z 18.8.2021*

V září začne čínská automobilka GAC vyrábět elektromobil Aion V s grafenovými bateriemi, které se ve špičkové verzi 6C zvládnou nabít z 0 na 80 % za 8 minut

Zdroj: https://www.idnes.cz/auto/zpravodajstvi/grafen-sodik-elektromobil-akumulator-baterie-nabijeni.A210814_232205_automoto_fdv

Materiály pro moderní baterie

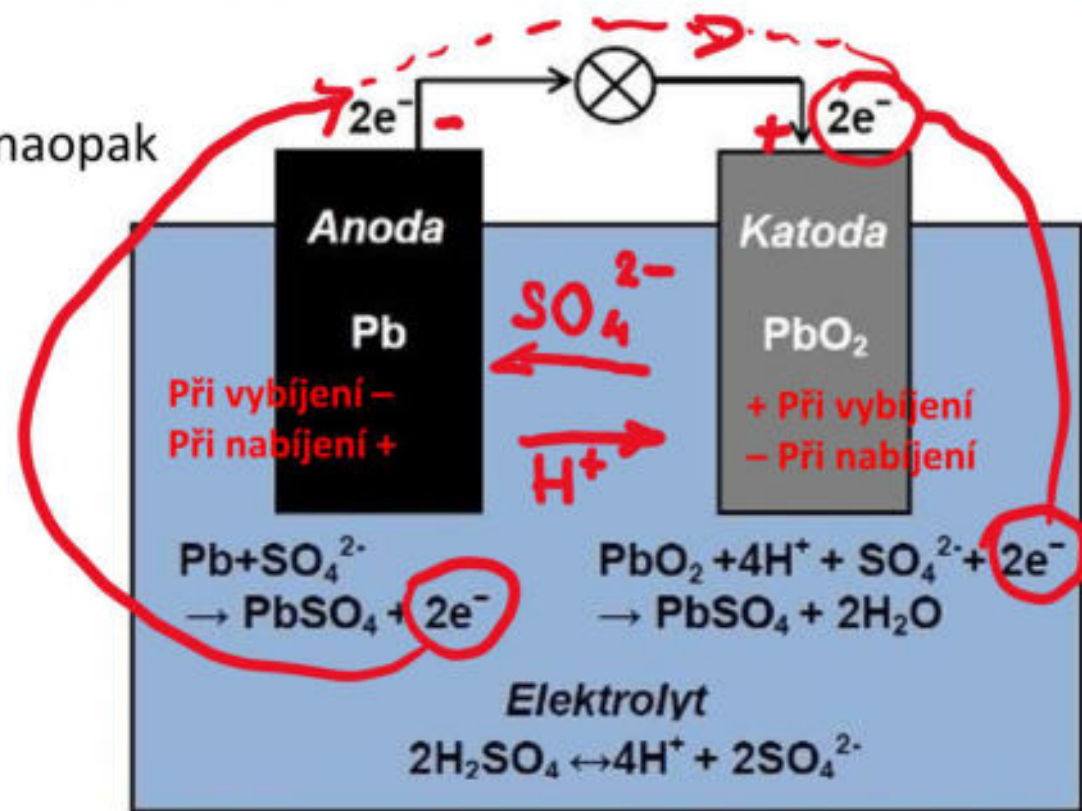
Materiály pro elektrické akumulátory

Jak funguje běžný elektrický akumulátor?

- Přeměna elektrické energie na chemickou a naopak
- základem je katoda, anoda a elektrolyt

Druhy akumulátorů dle materiálu a principu

- Olověné (Pb)
- Nikl-kadmiové (NiCd)
- Nikl-metal hydridové (NiMH)
- Lithium-iontový (Li-ion)
- Lithium-polymerový (Li-pol)
- Lithium-železo-fosfátový (LiFePo)
- sodíkové
- grafenové



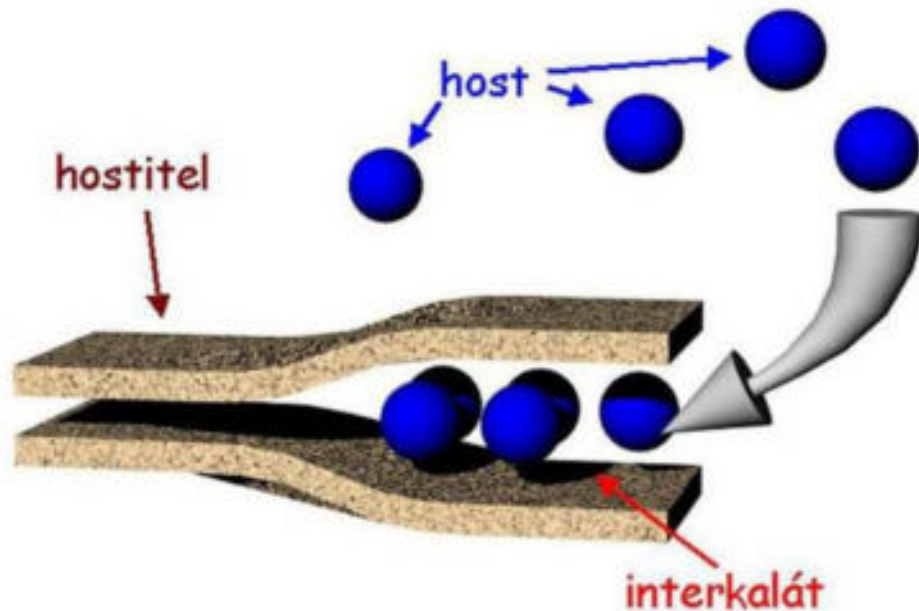
Princip olověného akumulátoru

Anoda je elda, u které dochází k oxidaci = uvolnění elektronů X **Katoda** je elda, u které dochází k redukci – přijímání elektronů
- **elda** je při vybíjení anoda a při nabíjení katoda X **+ elda** je při vybíjení katoda a při nabíjení anoda

Materiály pro Li-ion baterie – interkalační reakce

Interkalační materiály – nejpoužívanější materiály pro výrobu Li-ion baterií

Interkalace = proces, při kterém se molekula nebo iont jedné látky začleňuje do hostitelské mřížky druhé látky. I když se v mřížce hostitele nyní vyskytuje jiná částice, zůstává tato nově vzniklá mřížka téměř stejná jako mřížka původní.



*interkalační reakce jsou chemicky
nebo termálně reverzibilní*

Interkalační materiály pro kladnou elektrodu

LiCoO_2 , LiMn_2O_4 , LiNiO_2 , LiFePO_4

Interkalační materiály pro zápornou elektrodu anodu

založeny výhradně na bázi uhlíku

Lithium-iontové akumulátory

https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejnej.php?file_id=73041

K ukládání energie využívá vratnou redukci iontů lithia

Anoda (záporná elektroda) je z grafitu nebo kompozitu křemík-uhlík

Elektrolyt je obvykle lithiová sůl v organickém rozpouštědle

Dle interkalačního materiálu pro kladnou elektrodu (katodu) se dělí na:

NMC (katoda z LiNiMnCoO_2)

- použití v elektrickém nářadí a **elektromobilech**

LFP (katoda z LiFePO_4)

- pevný elektrolyt

- nižší měrná kapacita a nižší cena než NMC

- železo lithium fosfát se potahuje vysoce vodivým mater. na bázi uhlíku

- použití v síťových úložištích a **elektromobilech**

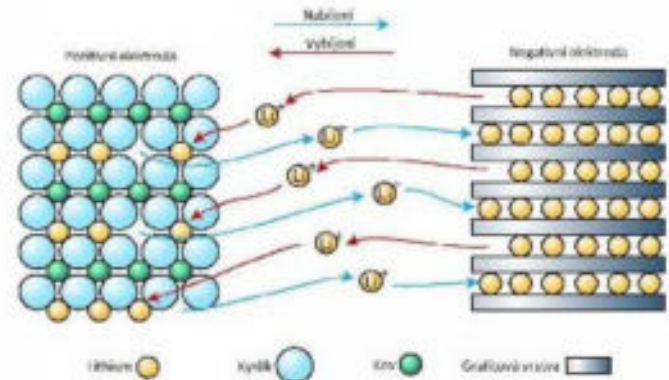
-- nehořlavé, citlivé k ŽP, bezpečnější

LCO (katoda z LiCoO_2) = Lithium-polymerová – ellyt je polymerní gel

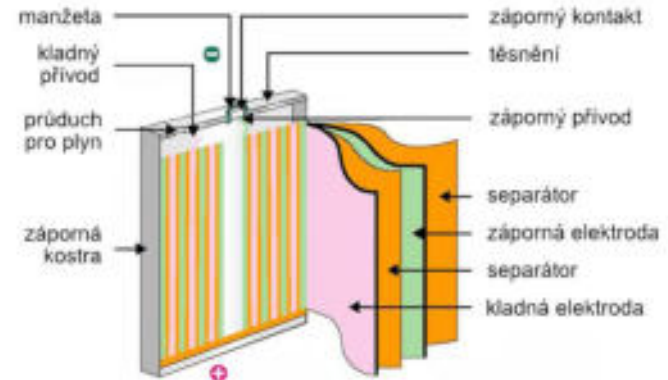
- vysoká měrná kapacita

- použití v mobilních telefonech a noteboocích

- kobalt = toxický = problém pro ŽP



Princip přenosu volných iontů při vybíjení a nabíjení



Složení Li-iontového článku

Nikl-kadmiové akumulátory (NiCd)

https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=73041

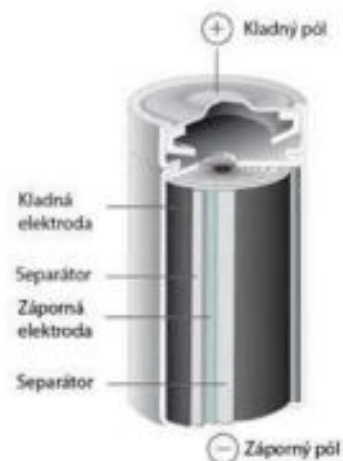
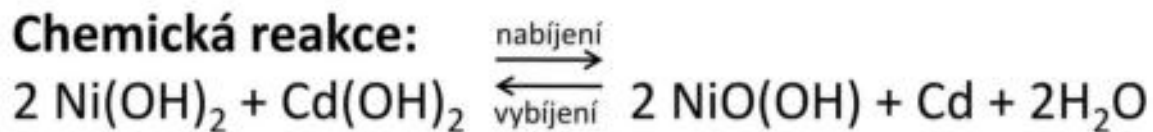
Nikl-kadmiový akumulátor je druh galvanického článku. Vyrábí se jednak se zaplavenými elektrodami a kapalným elektrolytem (velké staniční baterie) a jednak jako hermetizovaný (akumulátory do přístrojů jako jsou akumulátorové vrtačky..)

PAMĚŤOVÝ EFEKT ☹

Anoda: hydroxid kademnatý - $\text{Cd}(\text{OH})_2$

Katoda: hydroxid nikelnatý - $\text{Ni}(\text{OH})_2$

Elektrolyt: hydroxid draselný – KOH



Konstrukce NiCd akumulátoru



Elektrolyt = klíčový prvek elektrochemického zařízení, musí vést el.proud, v elektrolytech přenáší proud ionty

Musí zajistit výkon a bezpečnost lithno - iontových baterií.

Většinou - ze soli, která je rozpuštěna ve dvou nebo také více rozpouštědlech, K nejvíce využívaným elektrolytům řadíme LiClO_4 , LiPF_6 a LiBF_4 .

Elektrolyty:

Kapalné

- silné – obsahují jen ionty
- slabé – obsahují jak ionty tak nedisociované molekuly

př.: lithiové soli v organickém rozpouštědle, gelové elektrolyty polymerové

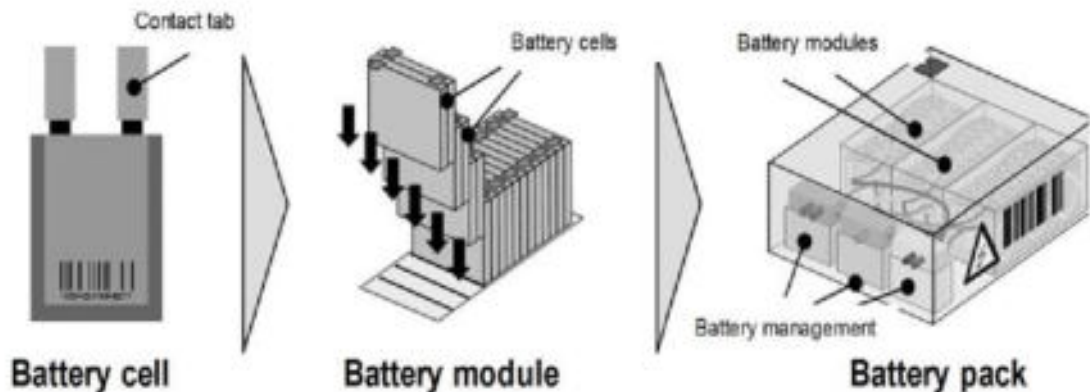
Baterie pro elektromobily (NMC, LFP)

Kampker et al, Evaluation of a Remanufacturing for Lithium Ion Batteries from Electric Cars, International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering, 2016, (3), 1929-1935, <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:37435794>

• nejdražší, nejdůležitější a nejkontroverznější část celého elektromobilu

- cena, hmotnost, životnost, výměna, dojezdová vzdálenost, okolní teplota, zátěž životního prostředí při jejich recyklaci.

Baterie se skládají ze stovek až tisíců malých bateriových článků, které jsou spojené buď v sériově či paralelně, tak aby bylo dosaženo požadovaného napětí a proudu. Každý bateriový článek má napětí 3-4V. V současnosti se využívají tři typy: válcové, hranolové a pouzdřové, z nichž každý typ má své výhody a nevýhody.



+ chladič a vyhřívací systém, řídicí elektronika, nosná struktura a plášť

Měrná energie či hustota energie = energie na jednotku hmotnosti, resp. objemu (uvádí se tedy Wh/kg či Wh/l).

! důležité parametry:

Počet cyklů nabití a vybití – ca 1000 – 7000 cyklů
Kapacita - ca od 16 kWh do 90 kWh
Dojezd – v km – ca 200 – 500km (vliv hmotnost vozidla, styl jízdy a povětrnostní podmínky)

Baterie pro elektromobily

BEZPEČNOSTNÍ PRVKY

Díky speciálně navrženému vzduchotěsnému pouzdru se elektrická baterie Renault nemůže sama vznítit. V případě poškození nebo nehody pomáhá hasičům zasáhnout v naprostém bezpečí přístup Fireman Access a spínač SD Switch.

ČLÁNEK

Klíčovým komponentem baterie je článek. Skládá se z elektrod a elektrolytů, přičemž odebírá energii uvolněnou při chemické reakci a přeměňuje ji na proud, který pohání vůz. Uvnitř modulů je seskupeno několik stovek článků

BMS

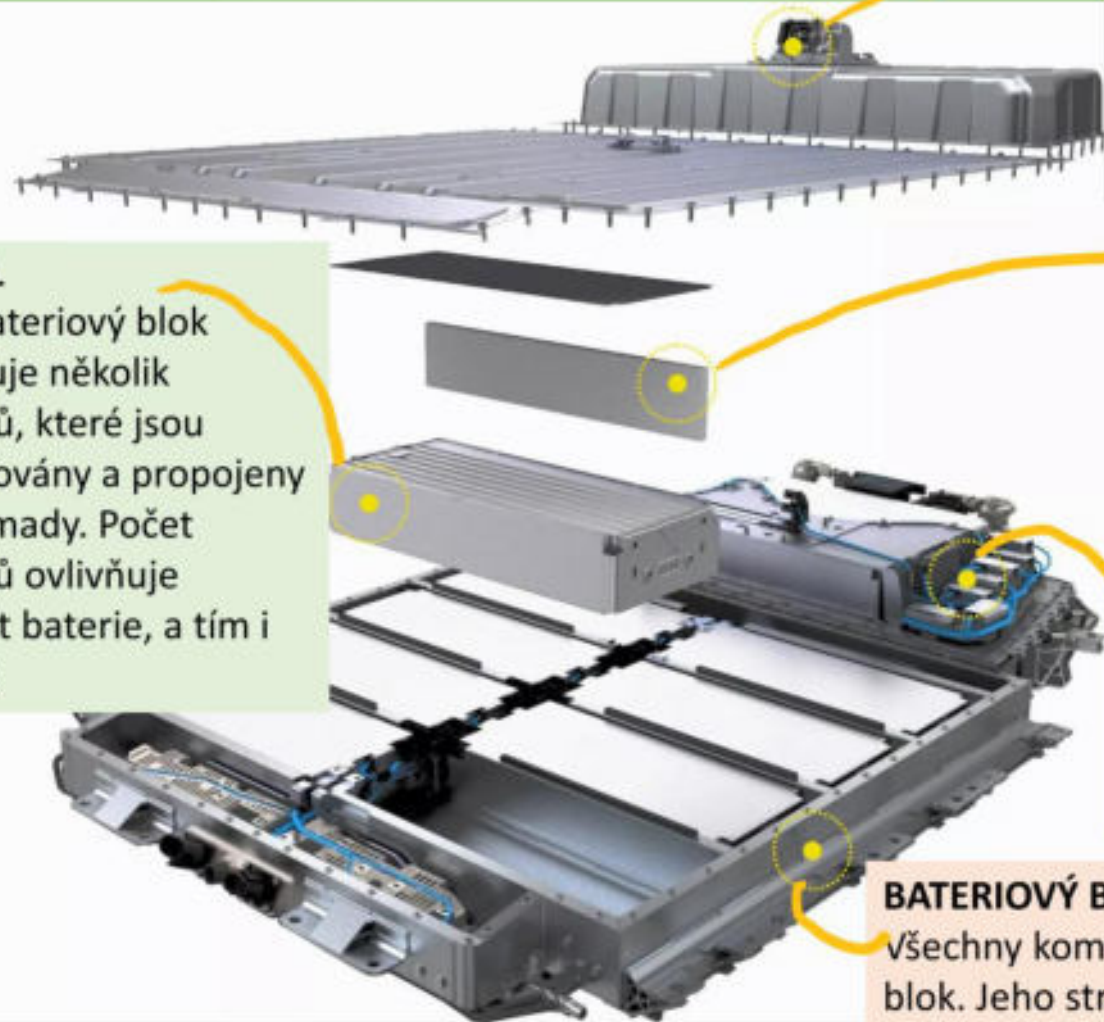
Systém řízení baterie (Battery Management System, BMS) zajišťuje celkově správnou funkci řízením klíčových prvků (teplota, napětí atd.). Chrání baterii a pomáhá jí správně fungovat

BATERIOVÝ BLOK

Všechny komponenty baterie dohromady se označují jako bateriový blok. Jeho struktura je konstruována tak, aby byla uvnitř vozidla mimořádně tuhá, což zajišťuje bezpečnost chemických a elektronických komponentů

MODUL

Celý bateriový blok obsahuje několik modulů, které jsou smontovány a propojeny dohromady. Počet modulů ovlivňuje velikost baterie, a tím i dojezd



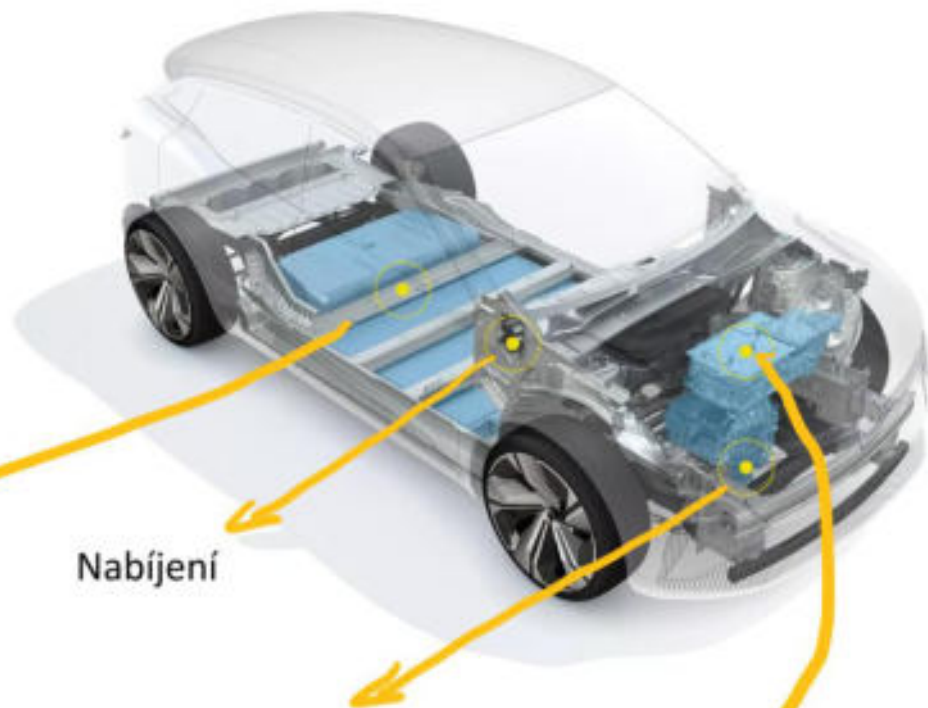
Baterie pro elektromobily

<https://www.renault.cz/e-tech-elektricky/baterie.html>



BATERIE

Klíčovým prvkem elektromobilu je baterie. Nachází se pod podlahou a ukládá energii potřebnou k jízdě. Určuje dojezd a nabíjí, když je vůz připojen k nabíjecí stanici nebo domácí zásuvce. Proto vůz nepotřebuje žádné palivo.



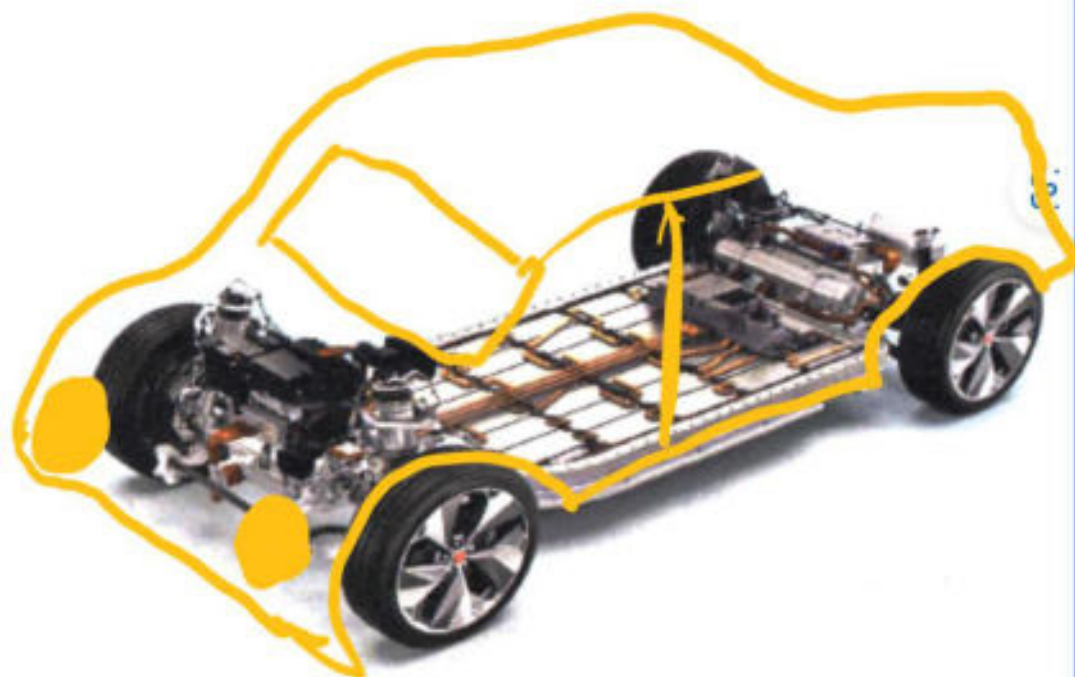
Nabíjení

Pohonná jednotka – synchronní motor

Elektronika – řídí přeměnu střídavého a stejnosměrného proudu elektrické energie mezi trakční baterií a elektromotorem.

Baterie pro elektromobily ???

Josef Morkus, Jan Macek , KAM KRÁČÍŠ, ELEKTROMOBILITO?,
Centrum vozidel udržitelné mobility, Fakulty strojní ČVUT v Praze,
dostupné z: <https://www.fs.cvut.cz/verejnost/pr-media/pribehy-z-ustavu/kam-kracis-elektromobilito/>



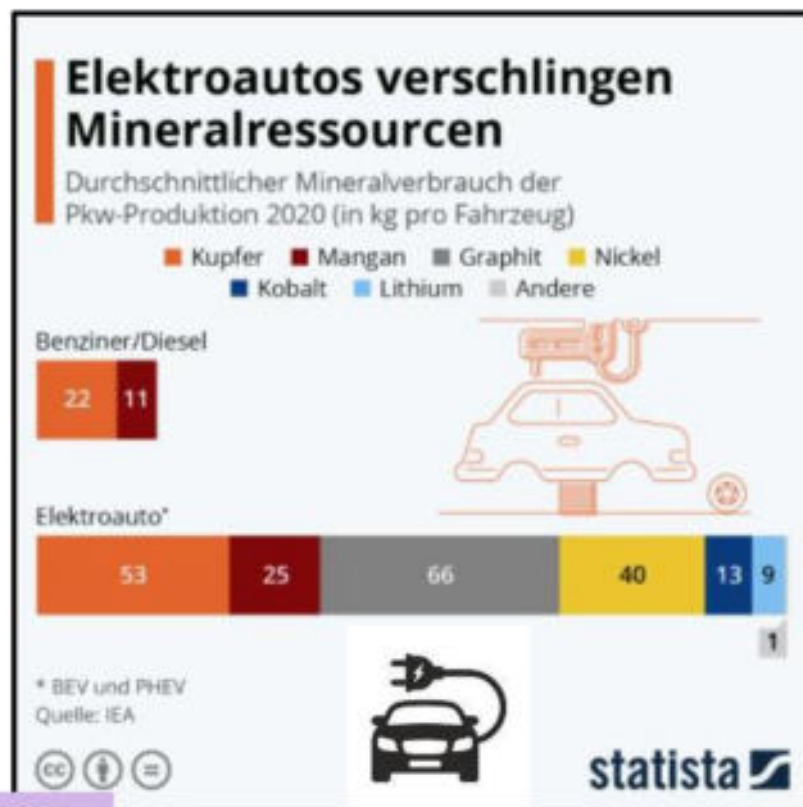
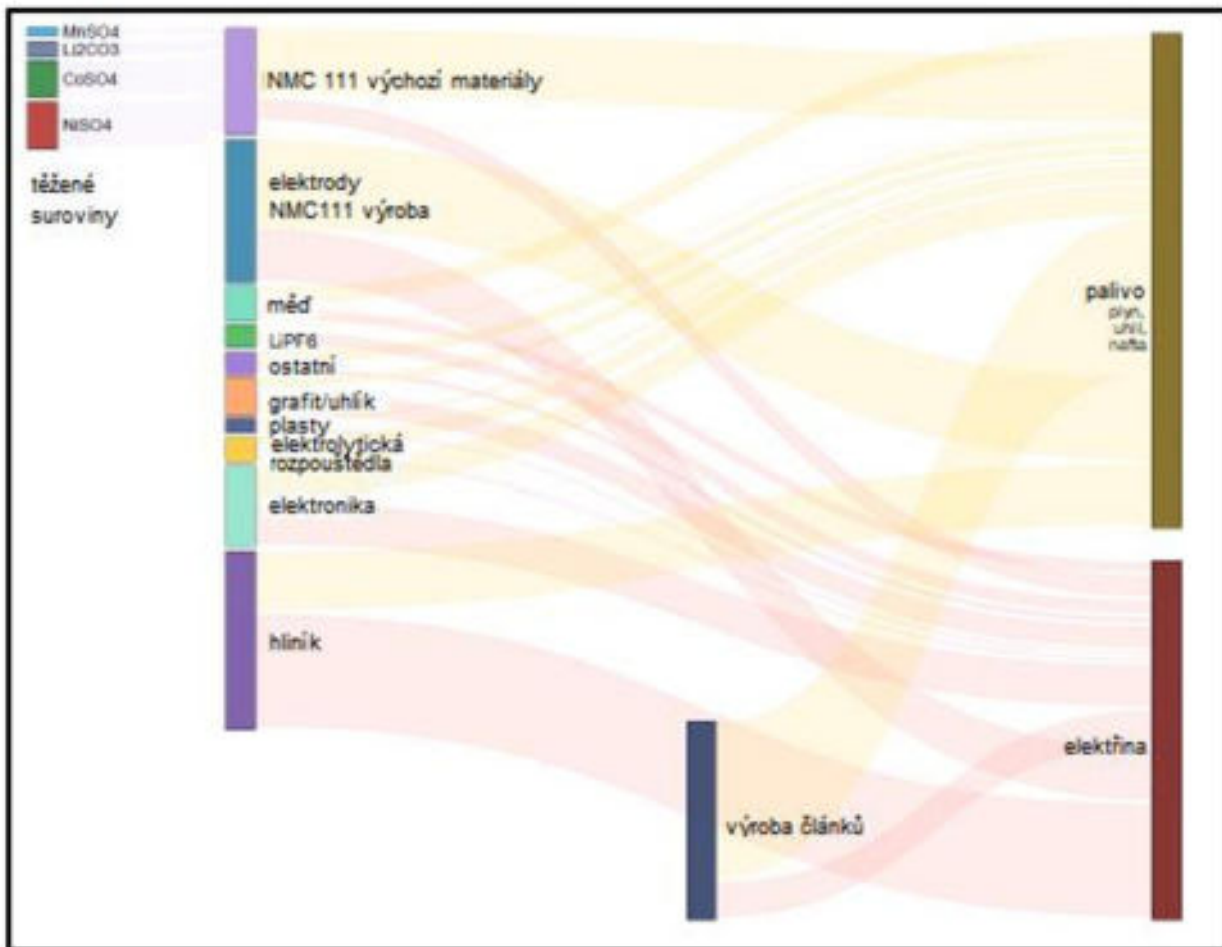
Platforma Jaguar I-Pace

Podstatná část emisí CO₂ vzniká při výrobě baterií:

- těžba surovin, rafinace materiálu, výroba elektrod, kompletace bateriových článků, finální montáž baterie včetně jejího chladicího systému, řídicí a kontrolní elektroniky a obalu.
- **Baterie je poměrně složité zařízení obsahující řadu vzácných prvků jako lithium, kobalt, prvky vzácných zemin (samarium, neodým atp.), nikl a dále měď, mangan, hliník, ocel, gumu, plasty a další komponenty**

Baterie pro elektromobily ???

DAI, Qiang, Jarod C. KELLY, Linda GAINES a Michael WANG. Life Cycle Analysis of Lithium-Ion Batteries for Automotive Applications. Sustainable Lithium Ion Batteries: From Production to Recycling [online]. , 15 [cit. 2020-06-06]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2313-0105/5/2/48/pdf>
 Josef Morkus, Jan Macek , KAM KRÁČIŠ, ELEKTROMOBILITO?, Centrum vozidel udržitelné mobility, Fakulty strojní ČVUT v Praze, dostupné z: <https://www.fs.cvut.cz/verejnost/pr-media/pribehy-zustavu/kam-kracis-elektromobilito/>
<https://de.statista.com/infografik/25799/durchschnittlicher-mineralverbrauch-bei-der-pkw-produktion/>



☹️ kopání a přesun a zpracování cca 90 až 680 tun zeminy na 1 baterii ☹️

Lithium

Periodická soustava prvků

		alkalické kovy										kovy alkalických zemin		přechodné kovy		kovy		polokovy		nekovy		halogeny		vzácné plyny	
1	1,0079 H Vodík	II. A										13 10,81 B Bor	14 12,01 C Uhlík	15 14,01 N Dusík	16 16,00 O Kyslík	17 18,00 F Fluor	18 20,18 Ne Helium								
2	6,94 Li Lithium	4 9,01 Be Beryllium											19 26,98 Al Hliník	20 28,09 Si Křemík	21 30,97 P Fosfor	22 32,06 S Síra	23 35,45 Cl Chlor	24 39,95 Ar Argon							
3	22,99 Na Sodík	12 24,31 Mg Hořčík	3 44,96 Sc Skandium	4 47,88 Ti Titan	5 50,94 V Vanad	6 52,00 Cr Chrom	7 54,94 Mn Mangan	8 55,85 Fe Železo	9 58,93 Co Kobalt	10 58,69 Ni Nikl	11 63,55 Cu Měď	12 65,38 Zn Zinek	13 69,72 Ga Galium	14 72,61 Ge Germanium	15 74,92 As Arsen	16 78,96 Se Selen	17 79,90 Br Brom	18 83,80 Kr Krypton							
4	39,10 K Draslík	20 40,08 Ca Vápník	21 44,96 Sc Skandium	22 47,88 Ti Titan	23 50,94 V Vanad	24 52,00 Cr Chrom	25 54,94 Mn Mangan	26 55,85 Fe Železo	27 58,93 Co Kobalt	28 58,69 Ni Nikl	29 63,55 Cu Měď	30 65,38 Zn Zinek	31 69,72 Ga Galium	32 72,61 Ge Germanium	33 74,92 As Arsen	34 78,96 Se Selen	35 79,90 Br Brom	36 83,80 Kr Krypton							
5	85,47 Rb Rubidium	38 87,62 Sr Stroncium	39 88,91 Y Yttrium	40 91,22 Zr Zirkonium	41 92,91 Nb Niobium	42 95,94 Mo Molybden	43 ~98 Tc Technecium	44 101,07 Ru Ruthenium	45 102,91 Rh Rhodium	46 106,42 Pd Palladium	47 107,87 Ag Stříbro	48 112,41 Cd Kadmium	49 114,82 In Indium	50 118,71 Sn Cín	51 121,75 Sb Antimon	52 127,60 Te Tellur	53 126,90 I Jod	54 131,29 Xe Xenon							
6	132,91 Cs Cesium	56 137,33 Ba Barium		72 178,49 Hf Hafnium	73 180,95 Ta Tantal	74 183,85 W Wolfram	75 186,21 Re Rhenium	76 190,20 Os Osmium	77 192,22 Ir Iridium	78 195,08 Pt Platina	79 196,97 Au Zlato	80 200,59 Hg Rtuť	81 204,38 Tl Thalium	82 207,20 Pb Olovo	83 208,98 Bi Bismut	84 ~209 Po Polonium	85 ~210 At Astat	86 ~222 Rn Radon							
7	~223 Fr Francium	~226,03 Ra Radium		~267 104 Rf Rutherfordium	~268 105 Db Dubnium	~269 106 Sg Seaborgium	~270 107 Bh Bohrium	~271 108 Hs Hassium	~272 109 Mt Meitnerium	~273 110 Ds Darmstadtium	~274 111 Rg Roentgenium	~275 112 Cn Copernicium	~276 113 Nh Nihonium	~277 114 Fl Flerovium	~278 115 Mc Moscovium	~279 116 Lv Livermorium	~280 117 Ts Tennessine	~281 118 Og Oganesson							

Lithium



- Objevil v roce 1817 švédský vědec Johan August Arfwedson
- **Je nejlehčím kovem vůbec** - je dvakrát lehčí než voda – plave (Ovšem jen chvíli, protože při styku s vodou samovolně vzplane). Lehčími prvky jsou už jen vodík a hélium.
- Lithium je stříbrobílý alkalický kov a hoří červeným plamenem. Toho využila NASA v roce 1991 k monitorování zemské magnetosféry: vypustila satelit, který ve výši stovek kilometrů rozprášil mj. lithiové páry. Ty, ionizovány vlivem ultrafialového záření Slunce a geomagnetických silokřivek, vytvořily plazmatická rudá oblaka.
- **25. nejhojnější prvek na Zemi**

1 elektromobil s baterií pro dojezd 500 km obsahuje **9 kg Lithia**



Lithium - použití

- **Lithiové baterie** - předčí výkonem, spolehlivostí, délkou života a lehkostí všechny ostatní typy baterií, napájejí kardiostimulátory a vysílačky, připevňované na delfíny a ptáky kvůli sledování jejich pohybu.
- Lithiové feroelektrické paměti bude možno zkonstruovat tak, že nebudou potřebovat pro uchování svých dat žádné vnější zdroje - budou je totiž mít obsaženy v sobě.
- Výroba těchto materiálů se odehrává dnes často v rozměrech molekul či skupin atomů (nanotechnologie).
 - Slitiny lithia s hliníkem, kadmíem, mědí a manganem jsou velmi lehké a současně značně mechanicky odolné a používají se při konstrukci součástí letadel.
 - Li pomáhá léčit stavy při maniodepresivní psychóze (pozor, je možné se předávkovat)
- Li - pro termojaderné reakce do reaktorů (probíhají výzkumy)
- Lithiové sloučeniny používají k čištění plynů.

- dvě třetiny celkové produkce - ložiska solanky – nejsnazší získávání. Jde o ohromná podpovrchová solná jezera, například v Argentině či Chile (či perspektivně v Bolívii) – odpaření vody a lithné soli se zpracují již celkem snadno na uhličitan lithný
- Celosvětové těžitelné zásoby se odhadují na 14.000.000 tun, největší naleziště je v Chile a v Číně



Výroba

- z rudy spodumenu - ten se zahřívá na 1 100 °C, aby došlo ke změně modifikace, která má menší hustotu. Ta se promývá kyselinou sírovou při 250 °C a z výluhu se získává síran lithný. Ten reaguje s uhličitanem sodným za vzniku nerozpustného uhličitanu lithného, který je následně rozpuštěn v kyselině chlorovodíkové za vzniku chloridu lithného.
- Kovové lithium lze průmyslově nejsnáze připravit elektrolýzou roztaveného chloridu lithného, protože je čistý chlorid nejlépe získatelný a má relativně nízkou teplotu tání. K přípravě lithia je možno použít i snadněji tavitelnou směs chloridu lithného a chloridu draselného.

Lithium v ČR

Zdroj: https://www.idnes.cz/technet/technika/tezba-lithia-v-cr-krusne-hory-cinovec-australane.A171015_122041_tec_technika_mla

V ČR patří mezi tzv. kritické NS

Nerost cinvaldit, = slída s malou příměsí lithia – obsahuje i Sn, W, Rb, Cs, a také Fe díky kterému lze magneticky separovat



Cinvaldit

- **Povrchová těžba** – z odpadu po těžbě cínu – cca tisíce tun
- **Podpovrchová těžba** – cca milion tun

Kobalt - Co

Kobalt (chemická značka **Co**) je namodralý, feromagnetický, tvrdý kov

Výskyt v zemské kůře je v průměru **0,0029%**, zaujímá 30. místo v četnosti výskytu mezi prvky

Těžitelné zásoby se odhadují na **7.500.000 tun**, 50% se vyskytuje v Kongu, dále pak v Austrálii, Číně, Rusku, Zambii a Zairu



Kobalt

Výroba kobaltu - Příprava čistého kobaltu je velmi náročná, protože největší problém činí odstranit nikl, který tvoří hlavní část kobaltových rud. Postup - převedení na směsi oxidů a arseničnanů, ta se rozpustí v kyselině chlorovodíkové a sulfanem se srazí měď, olovo, bismut a další těžké kovy. Po oxidaci chlorem se srazí arsen a železo uhličitanem vápenatým jako hydroxid železitý a arseničnan vápenatý. Pak se přidá chlorové vápno v takovém množství, aby se srazil jen kobalt, který se sráží přednostně před niklem. Díky tomu zůstane nikl přítomen v roztoku a kobalt, který je nyní přítomen v podobě svého oxidu se může od stop niklu ještě několikrát přečistit. Nakonec se oxid kobaltnato-kobaltičitý redukuje uhlím nebo koksem a získá se tak kovový kobalt.

1 elektromobil s baterií pro dojezd 500 km obsahuje **13 kg** Kobaltu



Etická otázka

Dobývání kobaltu v některých zemích (především v Kongu) je spojeno s mnohdy nelidskými podmínkami a dětskou prací při řemeslné těžbě materiálu

Kadmium - Cd

Kadmium (chemická značka Cd) je měkký, lehce tavitelný, toxický kovový prvek.

Výskyt v zemské kůře je v průměru **0,000013%** jako příměs rud zinku a někdy i olova

Výroba kadmia se provádí z odpadních produktů po rafinaci zinku buď louhováním kyselinou sírovou nebo frakční destilací

Toxické kadmium

Kadmium je známé jako jeden z nejtoxičtějších prvků na planetě a při požití nebo vdechnutí může způsobit závažné zdravotní problémy. Jelikož je karcinogenní, může způsobit rakovinu i u lidí. Vyskytuje se všude okolo nás (země, vzduch, voda)



[Kadmium](#)



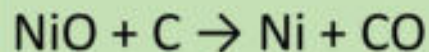
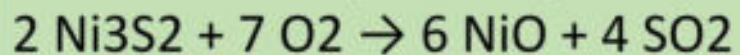
Nikl - Ni

Nikl (chemická značka Ni) je bílý, feromagnetický, kujný a tažný kov.

Výskyt v zemské kůře je poměrně hojný, v průměru **0,01%**

Výroba - Nejdůležitější rudy niklu obsahují průměrně 3 % niklu.

Získávání niklu probíhá přes tyto dva kroky:



Rafinace surového niklu se provádí elektrolyticky, surový nikl slouží jako anoda, katodou je čistý nikl a elektrolytem vodný roztok síranu nebo chloridu nikelnatého. Během elektrolýzy se rozpouští nikl z anody a vylučuje se na katodě, získaný kov má čistotu vyšší než 99,9 %.



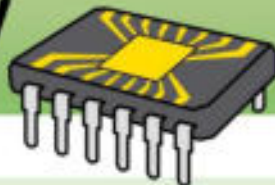
Nikl

1 elektromobil s baterií pro dojezd 500 km obsahuje **40 kg Niklu**



Materiály pro další moderní aplikace - mikročipy

Materiály pro mikročipy



<https://globalsymbols.com/symbolsets/arasaac/symbols/18838?locale=hr>
<https://pixnio.com/cs/objekty/elektronika-zarizeni/pocitacove-komponenty/velke-pocitacovy-cip-desky>
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Čip>

Čip integrovaného obvodu =

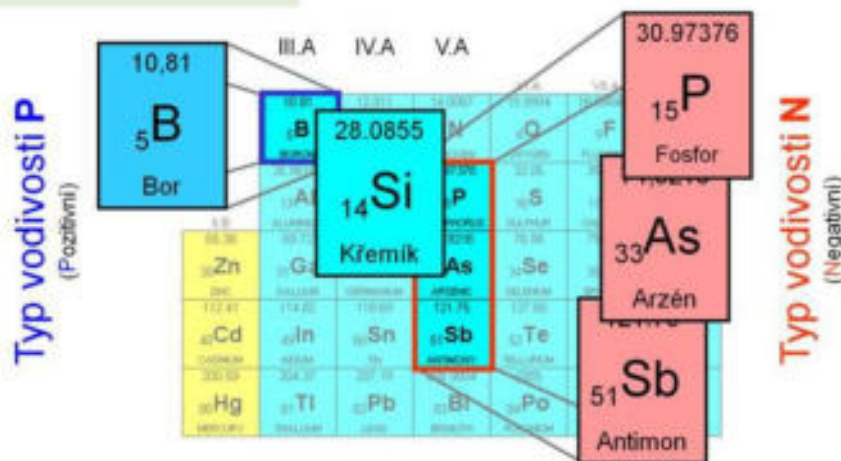
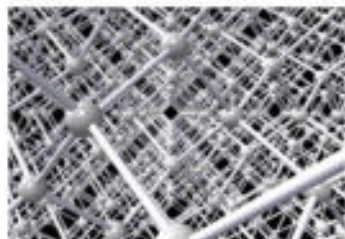
destička polovodičového materiálu, na které je vytvořen určitý obvod

- až tisíce na jediném waferu monokryst. Si nebo jiného polovodiče (GaAs)
- největší světoví výrobci (2021) - Intel (USA), Samsung (J Korea), TSMC (Tchaj-wan). Dál SK Hynix (J Korea), Micron, Qualcomm, Broadcom či NVIDIA (USA). Největším EU výrobcem je německá společnost Infineon.



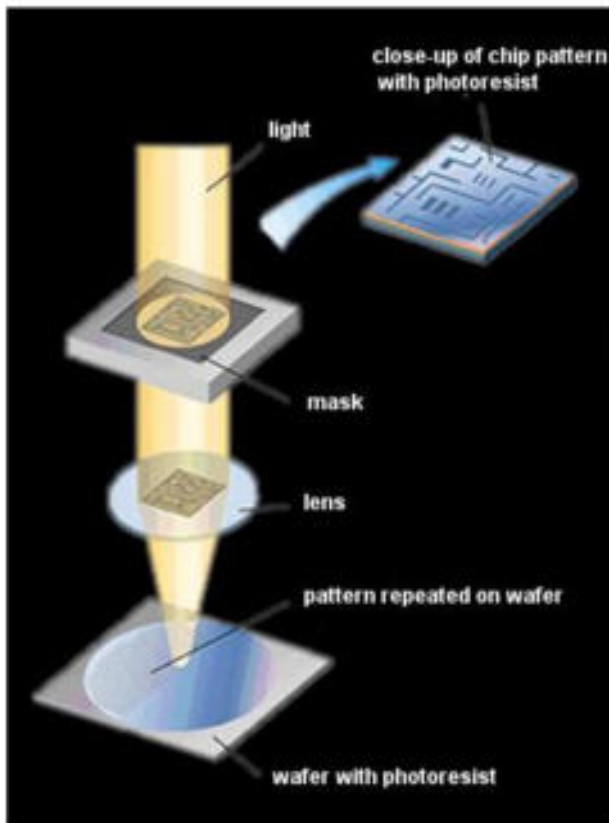
*Základ – monokrystal
křemíku - křemíkový wafer*

Dopování



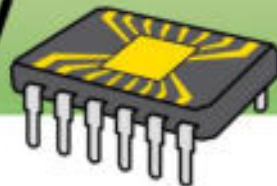


Procesy výroby



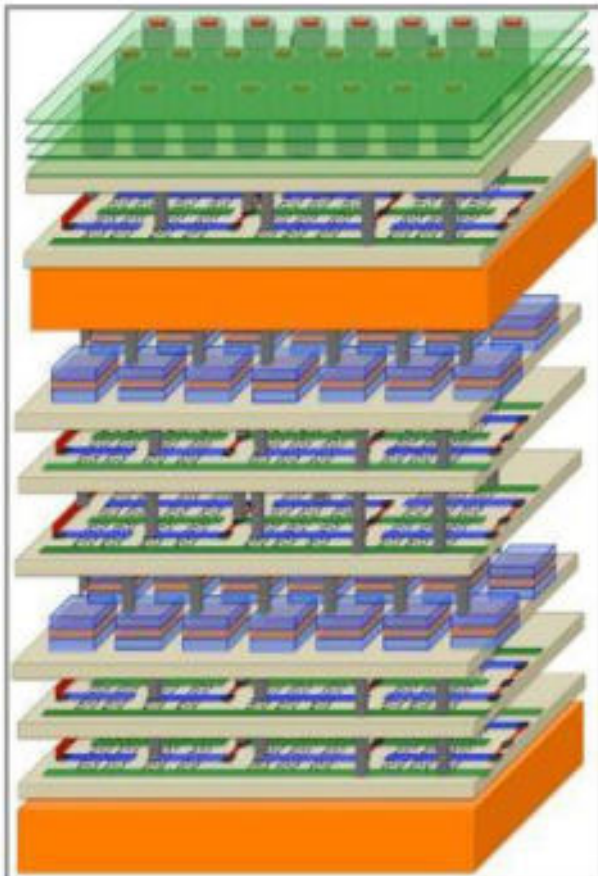
1. Výroba **monokrystalu křemíku** a jeho nařezání na tenké plátky + dokonalé čištění
2. **Chemicko-fyzikálních principy úpravy povrchu i objemu křemíkové desky:**
 - Oxidace - vysokoteplotní oxidace
 - Epitaxe – růst další vrstvy monokrystalu Si
 - Difúze a iontová implantace – difúze a implantace dopantů do křemíku,
 - Fotolitografie - zpracování motivů integrovaných obvodů - expoziční maskování -nanášení fotorezistu, expozice, vyvolání a stripování
 - CVD, PECVD depozice dielektrických vrstev z plynné fáze
 - Leptání dielektrických i křemíkových vrstev mokrou i „suchou“ cestou (tj. plazmaticky)
 - Naprašování a leptání kovových vrstev — vakuové napařování a katodové napařování, vytvoření sítě vodičů (CVD, PECVD, PVD)
8. **Testování integrovaných obvodů** - měření el.parametrů přímo na desce, vizuální kontrola
9. **Dělení Si waferu na jednotlivé integrované obvody** a zapouzdření

Materiály pro mikročipy

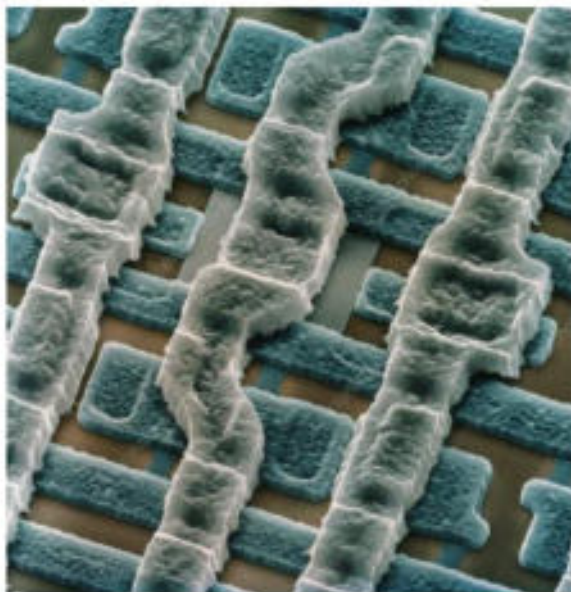


<https://phys.org/news/2015-12-skyscraper-style-chip-boosts-fold.html>
https://www.researchgate.net/figure/MMV-chip-construction-and-basic-operation-a-Dimensions-of-an-MMV-chip-The-MMV-chip_fig1_264989879
<https://builtin.com/articles/ai-chip>

Design čipu – „mrakodrap“ – až 1000x vyšší výkon IO

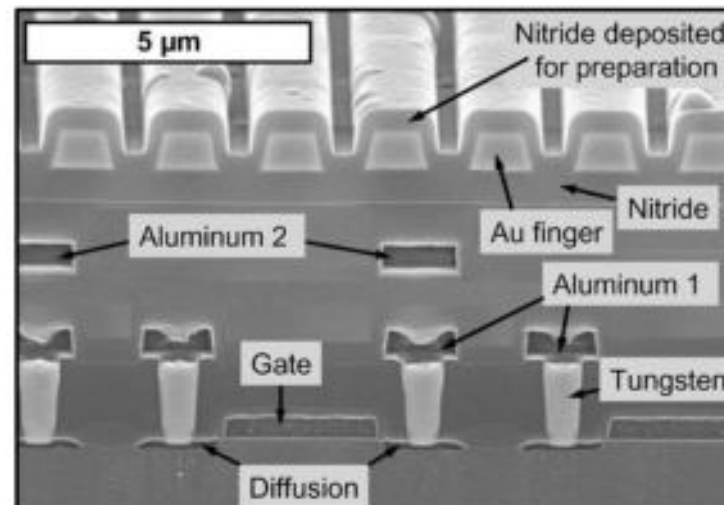


SEM of surface of memory chip



<https://www.sciencephoto.com/media/347573/view/sem-of-surface-of-memory-chip>

SEM cross section of the chip



https://www.researchgate.net/figure/SEM-cross-section-of-the-chip_fig7_2982686

Vodivé polymery

Vodivé polymery

Vodivé polymery v sobě spojují elektrické chování typické pro polovodiče s materiálovými vlastnostmi umožňujícími jednoduché zpracování.

- aplikace OLED, PSC, OFET, FVE

Historie:

1840 – J. Fritsche – anilin,

1862 – H. Letheby – polyanilin

70. léta 20.st. – **dopování polyacetylenu iodem** – Alan J. Heeger, Hideki Shirakawa, Alan G. MacDiarmid – **Nobelova cena za chemii** (v r. 2000)

20./21.st. – „organic electronics“ (organické solární články, OLED, tranzistory, ...)

1. Kompozity obsahující saze nebo práškový grafit se podařilo výrazně zvýšit elektrickou vodivost. (lehké plastové kanystry na benzin – vodivý kompozit odvádí elektrostatický náboj, tudíž nehrozí vznícení těkavých par.)

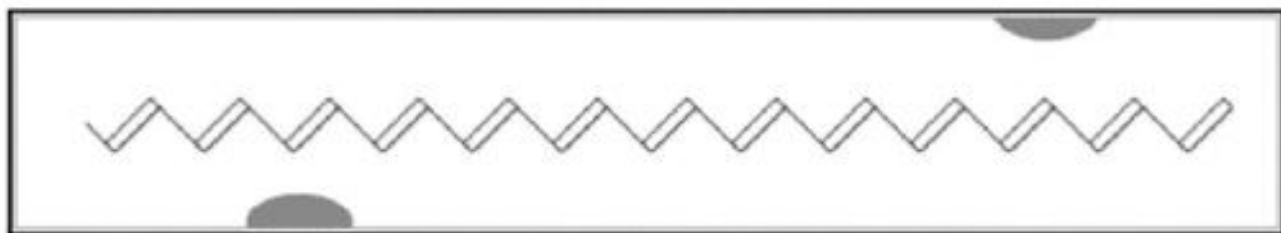
2. Konjugované polymery – mají vlastní vysokou elektrickou vodivost. Díky pravidelnému střídání jednoduchých a dvojných vazeb (konjugace) v molekulární struktuře.

Kromě systému těchto vazeb je nezbytným předpokladem přítomnost pohyblivých nosičů náboje, které transport po konjugovaném řetězci zprostředkovávají.

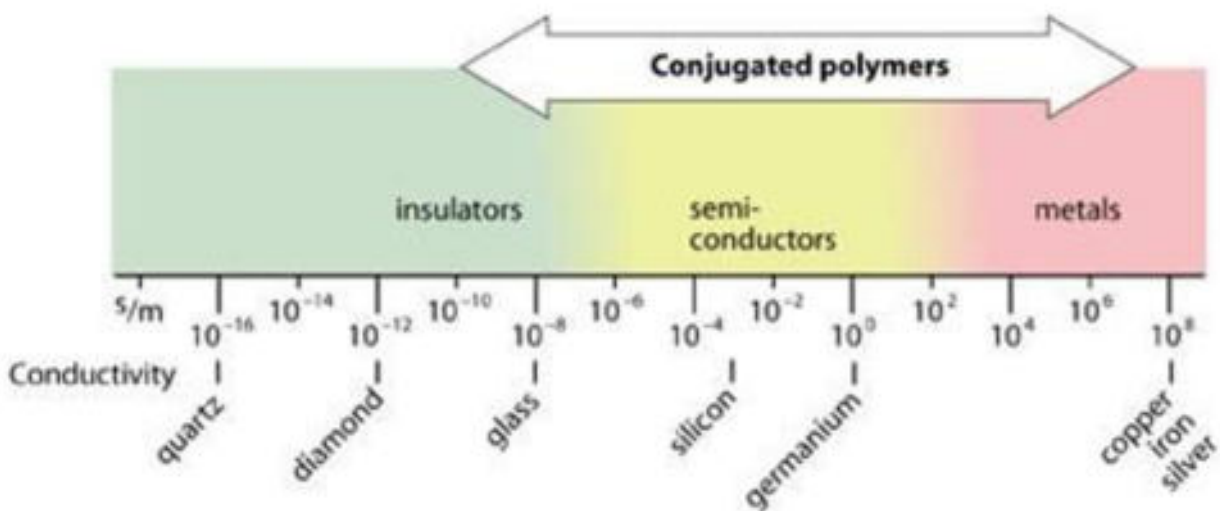
nejjednodušší – **polyacetylen** - dopací parami jodu (desítky % oproti stopovému množství u anorg.polovod.) se zvýší elektrická vodivost vrstvy cca milionkrát.

Vodivé polymery

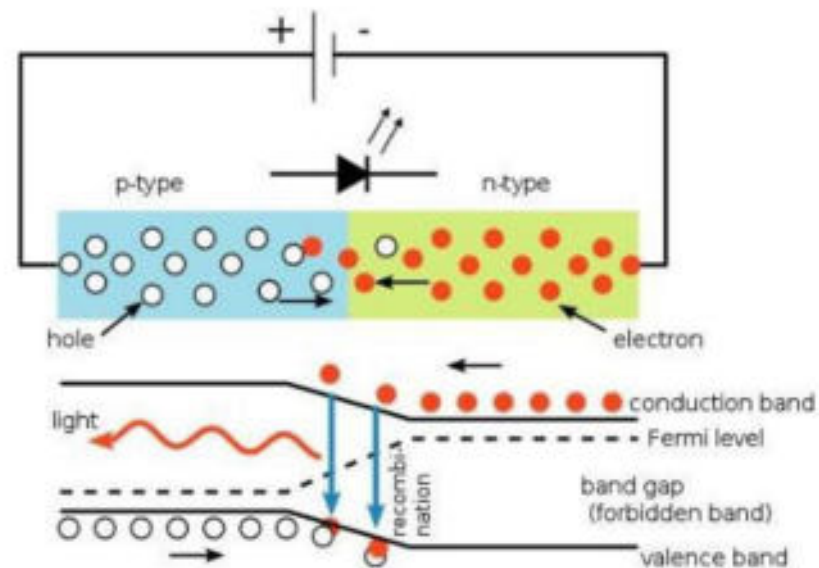
<http://electrons.wikidot.com/create-new-page>
http://en.wikipedia.org/wiki/Light-emitting_diode



Nosiče v iodem dopovaném polyacetyleny



Vodivosti konjugovaných polymerů

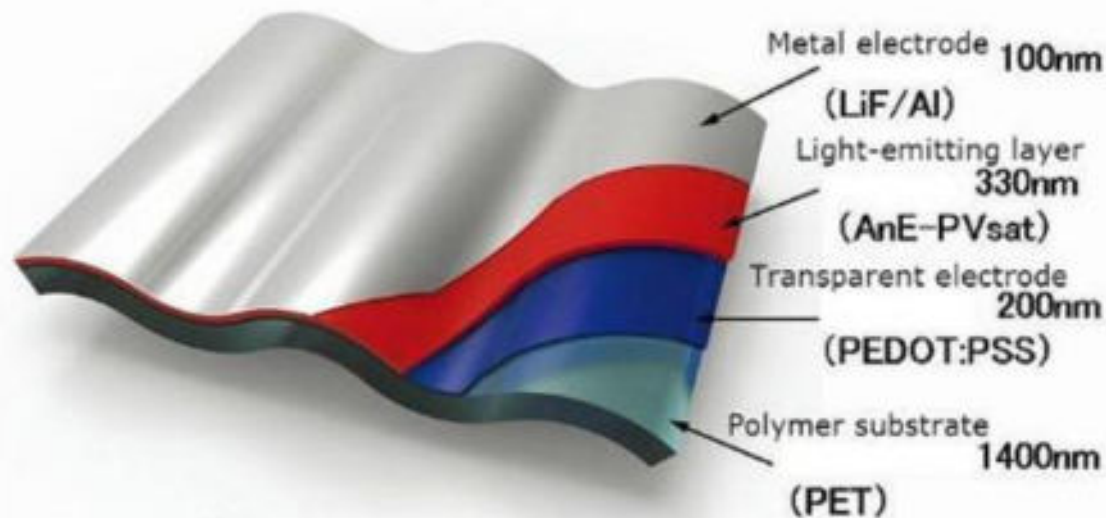


„klasická“ LED

Vodivé polymery - aplikace

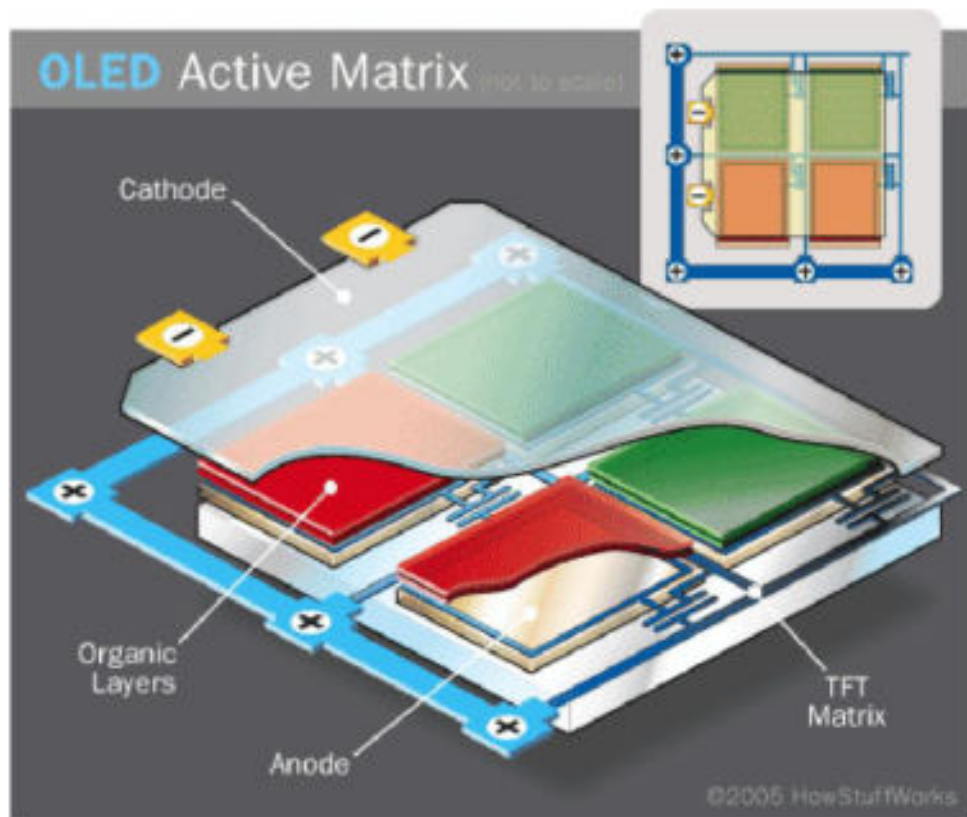
OLED – Organic Light emitting diode (WOLED, PHOLED, FOLED, TOLED, AMOLED, PMOLED)

OLED (anglicky Organic Light-Emitting Diode) je typ LED, kde se jako elektroluminiscenční látka využívají organické materiály. Ty jsou uloženy mezi dvě elektrody, z nichž alespoň jedna je průhledná. Využívají se při konstrukci displejů, např. v televizních obrazovkách a mobilních telefonech.

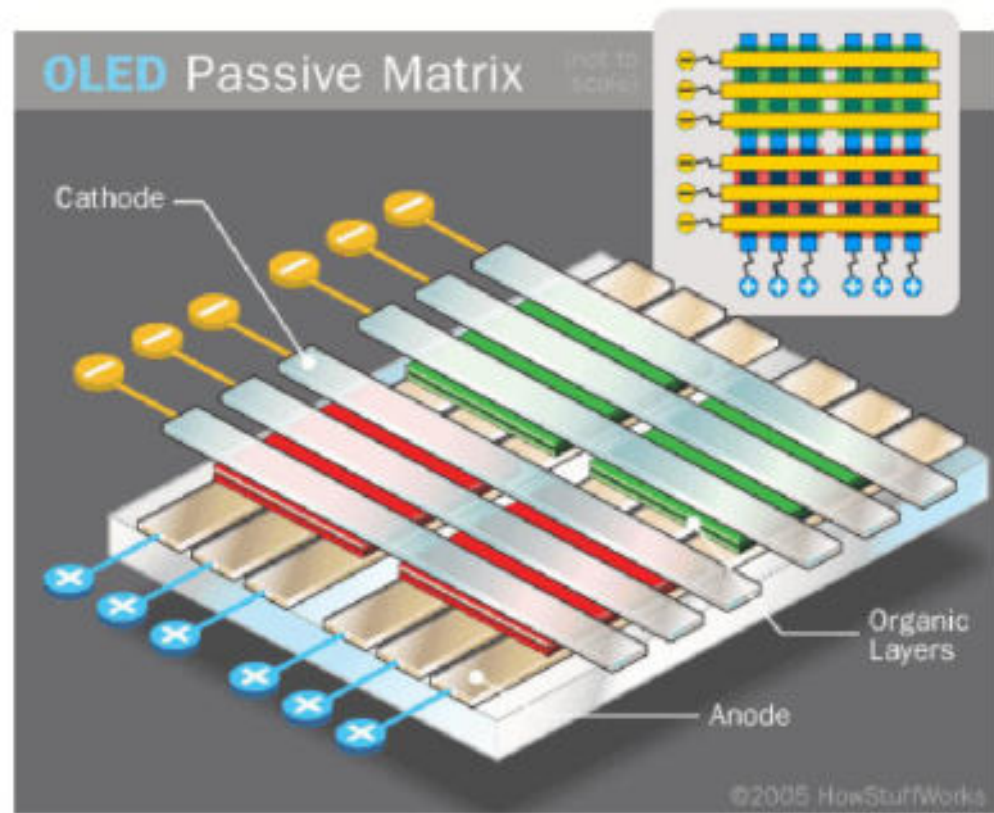


Vodivé polymery

<http://www.howstuffworks.com/oled3.htm>



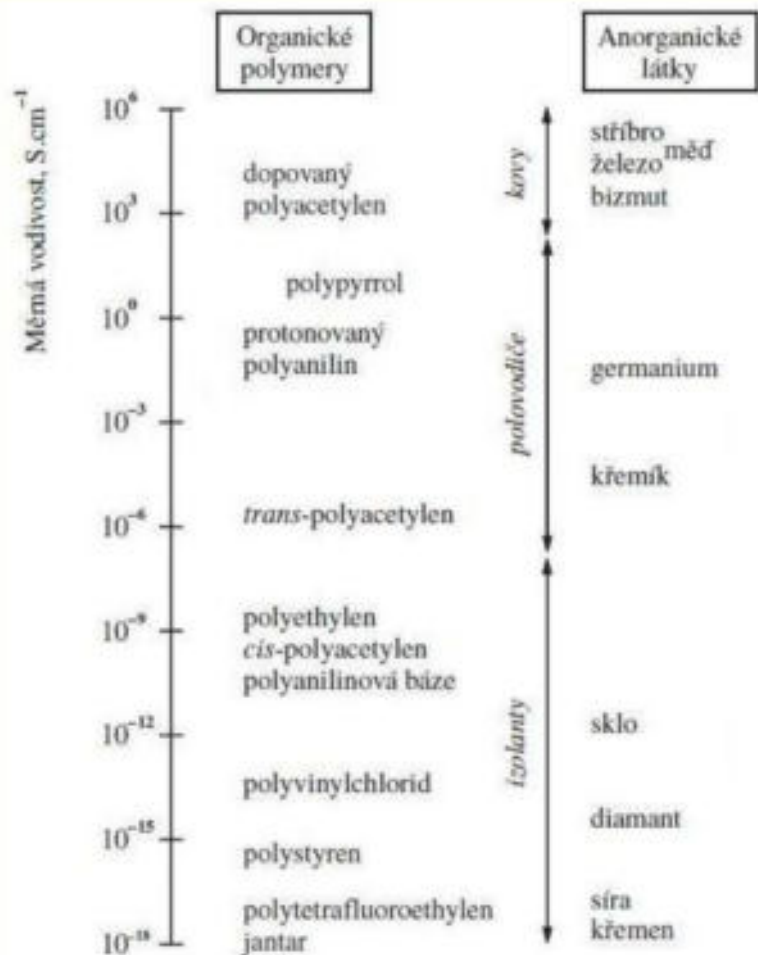
AMOLED



PMOLED

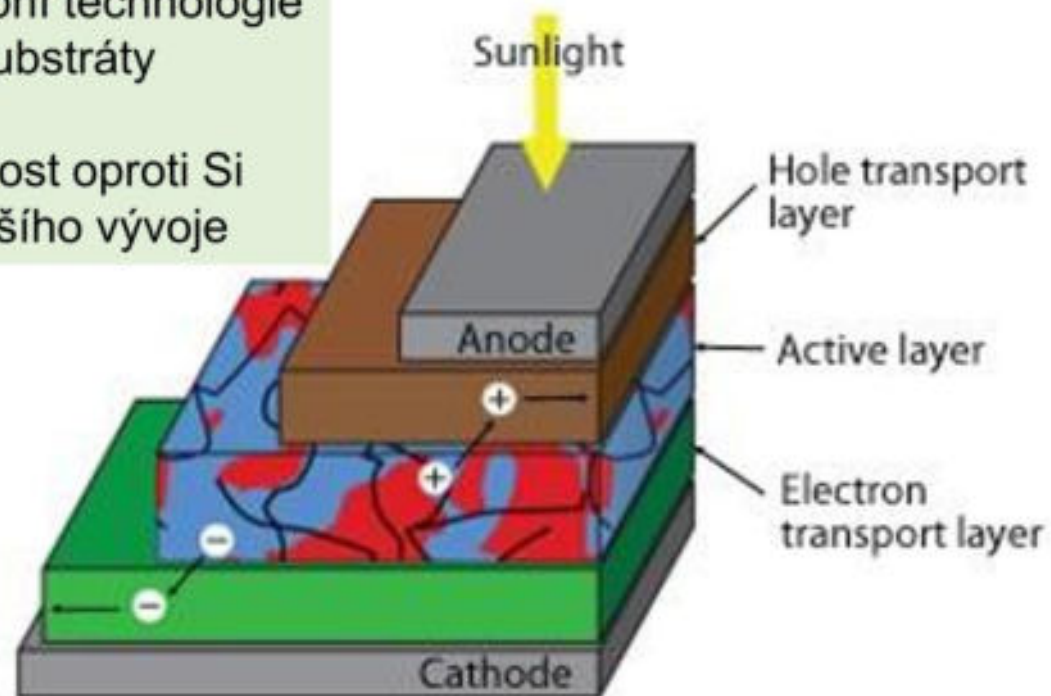
Vodivé polymery - solární články

<http://www.nature.com/am/journal/2011/201102/full/am201151a.html>
 PROKEŠ, J., STEJSKAL, J., OMASTOVÁ, M. Polyanilin a polypyrrol – dva představitelé vodivých polymerů, Chem. Listy 95, 2001, s. 484 – 492.



+ levná výrobní technologie
 + flexibilní substráty

- nízká účinnost oproti Si
 - potřeba dalšího vývoje



...a mnoho dalších nových a nových materiálů....

DĚKUJI ZA POZORNOST