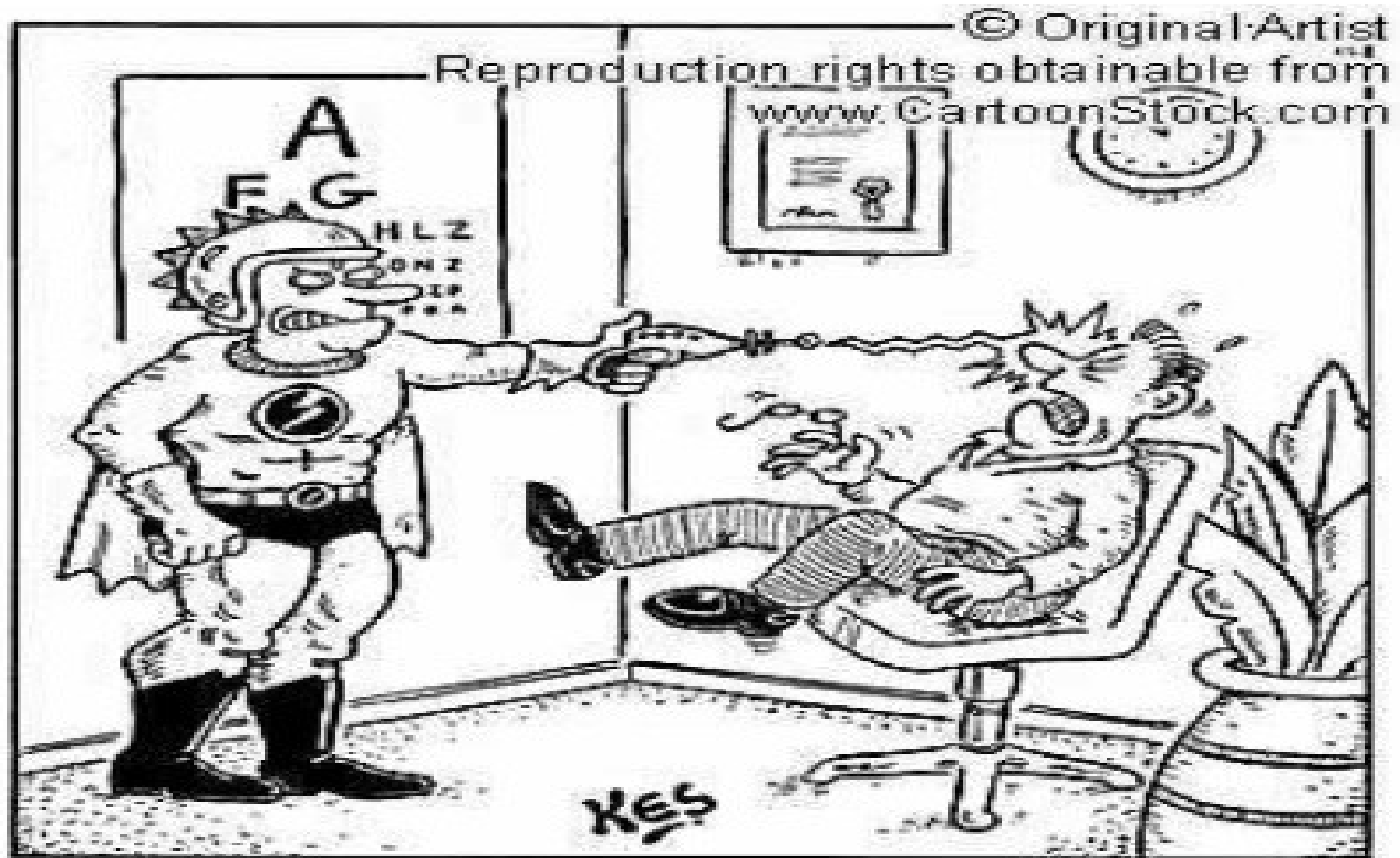


## 6. Laser v lékařství, biosenzory



*Bylo vyjádřeno znepokojení nad některými praktikami v „laserové oční chirurgii“.*

# Výhody použití laseru

- Sterilita
  - při použití laserového skalpelu nedojde ke kontaktu tkáně s cizím tělesem, na kterém by mohly být různé zdroje infekce, jako např. bakterie.
- Přesnost
  - laserový skalpel má účinnou plochu podstatně užší než běžný ocelový skalpel,
  - řez je velmi tenký a jen nezbytně dlouhý,
  - hojení je rychlejší a celý proces je vůči organismu šetrnější.
- Možnost vaporizace tkání
  - laserem je možno tkáň zahřát na velmi vysokou hodnotu a odstranit ji.

# Účinky laserového záření

- Tepelné účinky
  - závisejí na výkonové hustotě světla a vlnové délce,
  - využívají se hlavně v chirurgii a mikrochirurgii,
- Netepelné účinky
  - typické pro soft-lasery,
  - málo závislé na vlnové délce
  - založené na molekulárních účincích (působení na enzymy, zvyšování replikace mitochondriální DNA, zvyšování enzymové aktivity).
  - dochází též k ovlivňování membránových potenciálů, patrně prostřednictvím změn propustnosti membrán pro ionty  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  a  $\text{Ca}^{++}$ .
- Fotodynamické účinky
  - chemické změny neaktivních látek ozářených laserovým světlem určité vlnové délky mohou vést k tvorbě biologicky aktivních (cytotoxických) sloučenin.

# Terapie pomocí soft-laserů

- Analgetický účinek (zvyšování parciálního tlaku  $O_2$ , zvýšení klidového potenciálu)
- Protizánětlivý účinek (způsoben aktivací monocytů a makrofágů, zvýšenou fagocytózou, zvýšenou proliferací lymfocytů)
- Biostimulační účinek (zvýšená syntéza kolagenu, lepší krevní zásobení, rychlejší regenerace některých tkání)
- Placebový účinek (???) - Působení soft-laserů je z vědeckého hlediska málo průkazné.

# Aplikace laserů s vysokým výkonem

- Všeobecná chirurgie:
  - Optický skalpel s bezkontaktním řezem. Krevní cévy jsou koagulovány, takže řez prakticky nekrvácí. Rychlost řezání závisí na intenzitě (výkonové hustotě) a na vlastnostech tkáně. Nejčastěji používané lasery jsou infračervené, zejména CO<sub>2</sub> laser (1060 nm) nebo Nd:YAG laser (1064 nm).
- Dermatologie:
  - Používá se rubínový laser (690 nm) nebo jiné typy laserů včetně Nd:YAG a alexandritového (Al<sub>2</sub>BeO<sub>4</sub>) (nastavitelný od 720 do 830 nm, světlo je dobře pohlcováno melaninem a pigmentem v kůži). Hlavní aplikaci představuje fotokoagulace varikózních žil, odstraňování bradavic, tetování a vrásek i depilace.
- Oční lékařství
- Zubní lékařství

# Oční lékařství



# Lasery v očním lékařství

- Excimerový laser
  - plynový, pracuje na principu buzení chemickým rozpadem dimerů vzácných plynů (např. ArF, KrCl, XeF, aj.), jejich obor vlnových délek leží v oblasti 120 nm až 550 nm maximálně absorbovány rohovkou - REFRAKTIVNÍ OPERACE
- Argonový laser
  - plynový, kontinuální, vhodné vlnové délky 488nm a 514nm
- Kryptonový laser
  - plynový, kontinuální, 647.1nm LÉČBA SÍTNICE (neovaskularizace, léčba abnormálních krvinek), zelený zákal
- Nd:YAG laser
  - pevnolátkový, pulsní i kontinuální, buzení výbojkami, 1064 nm
  - zkalení zadní plochy čočky po operaci šedého zákalu
- CO2 laser
  - plastická chirurgie – vyhlazení vrásek kolem očí

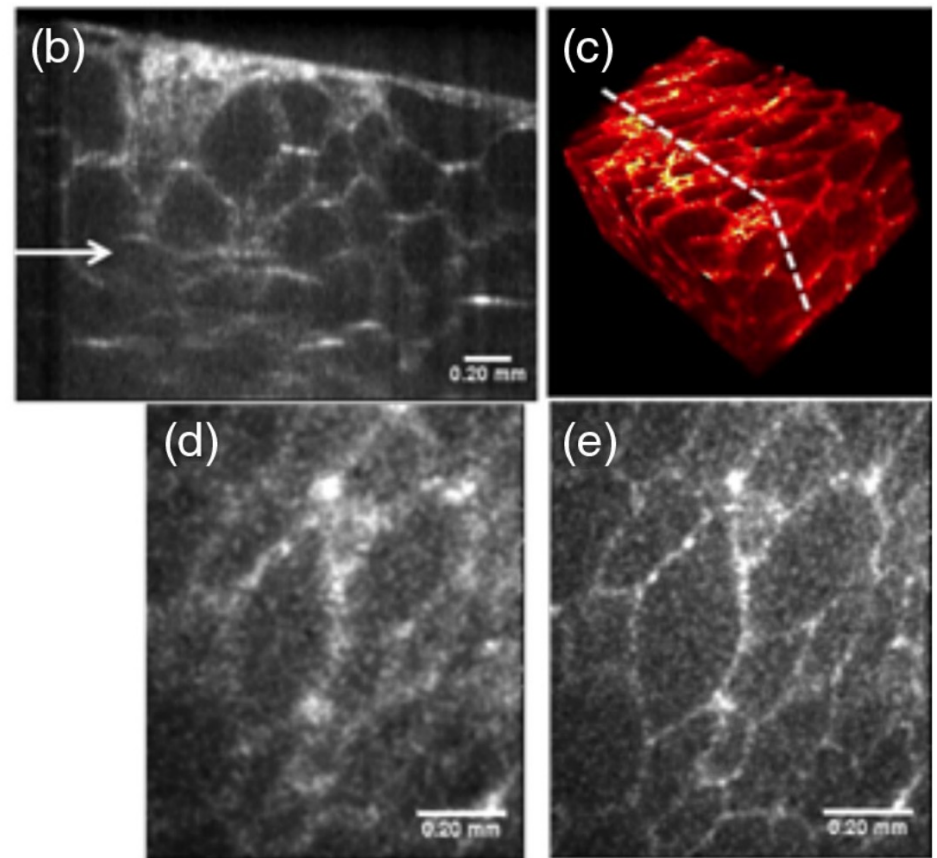
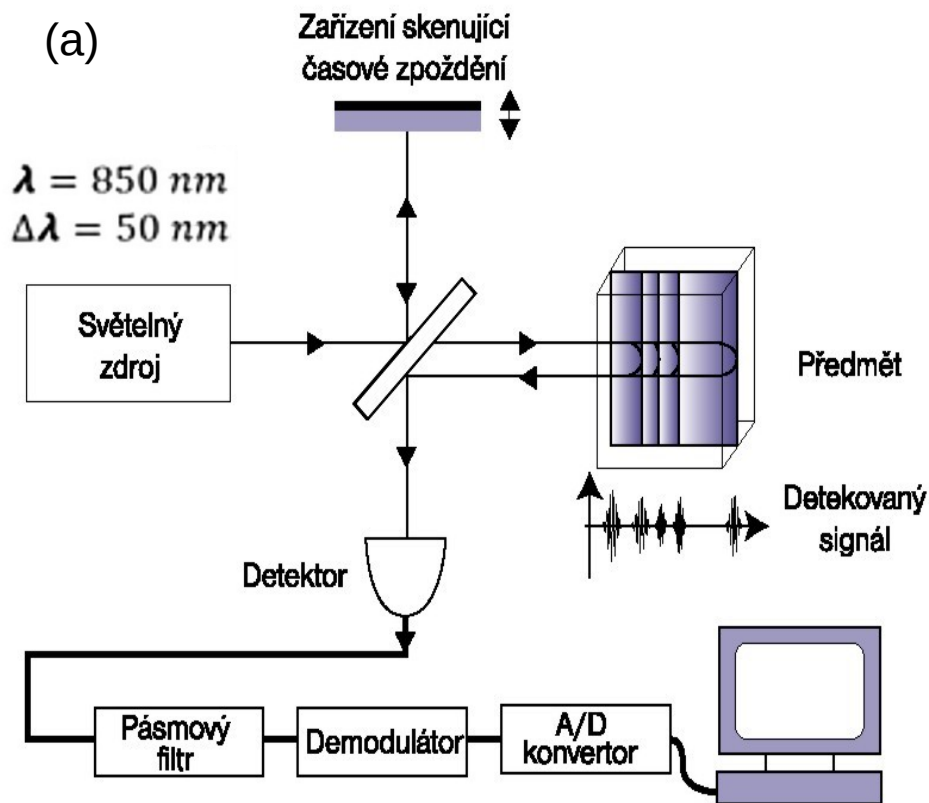
# LASIK (Laser-Assisted in situ Keratomileusis)

- Korekce myopie, hypermetropie a astigmatismu
- Excimerový pulsní laser, 10-20 ns pulsy o energii 1 mJ
- Odpařování tkáňe ablací bez poškození přilehlé tkáňe.



# Optická koherenční tomografie (OCT)

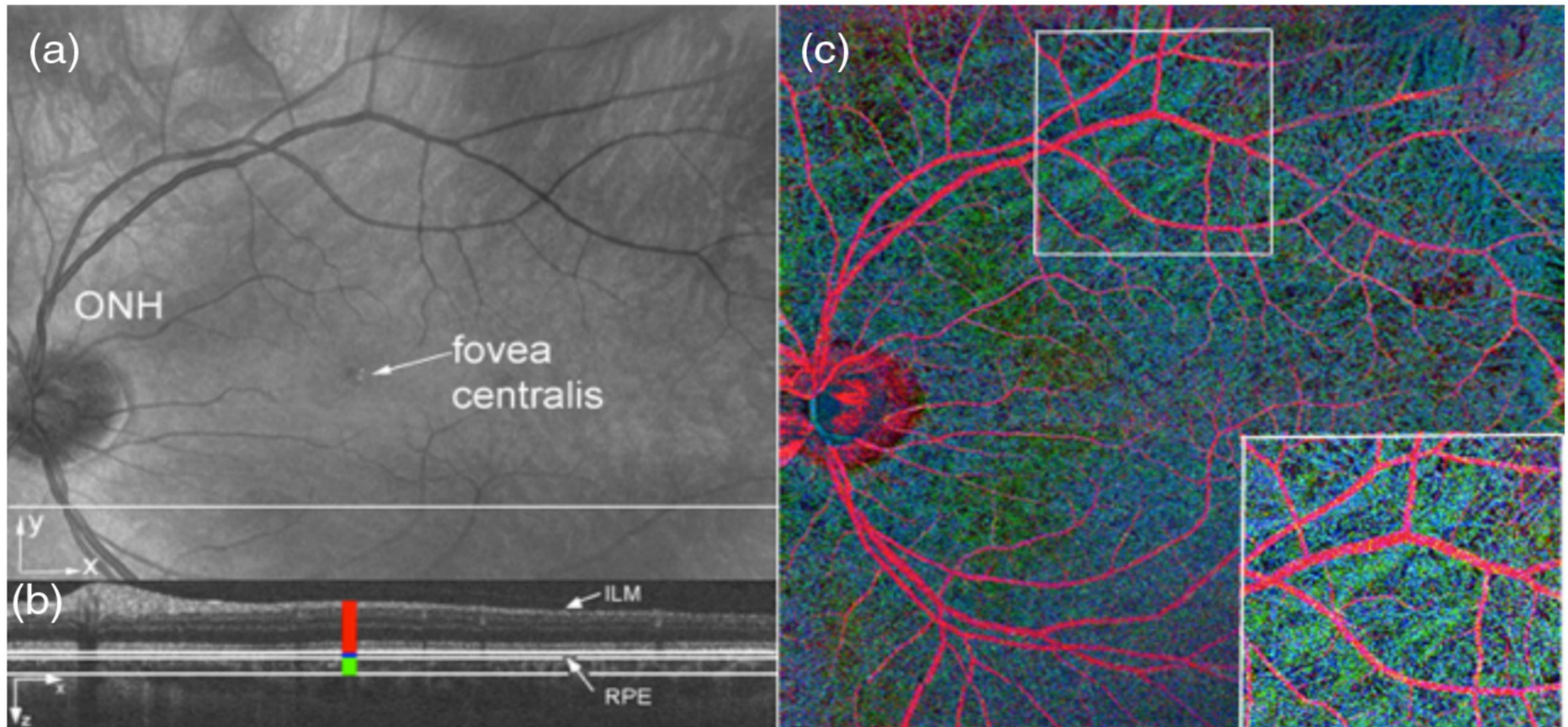
- Využívá principu koherenční brány
- Zdroj o nízké koherenci světla, objektiv s malým zvětšením a velkou hloubkou ostrosti
- Axiální rozlišení až 3  $\mu\text{m}$  dle míry nekoherence zdroje



(a) Schéma OCT (b) tomogram vzorku hroznu. (c) 3-D obraz, tečkovaná čára ukazuje umístění tomogramu z (b). (d) čelní obraz získaný v hloubce 424,8  $\mu\text{m}$ . (e) digitálně zaostřený obraz (d).

# Optická koherenční tomografie (OCT) - lékařství

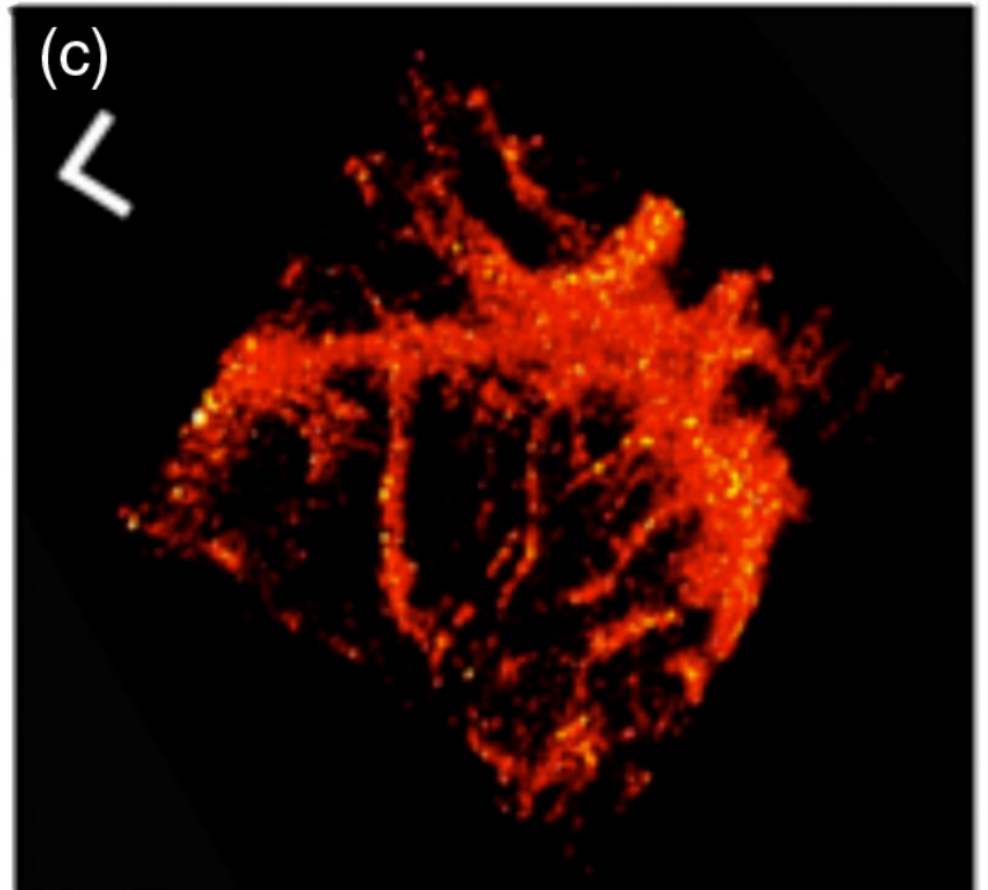
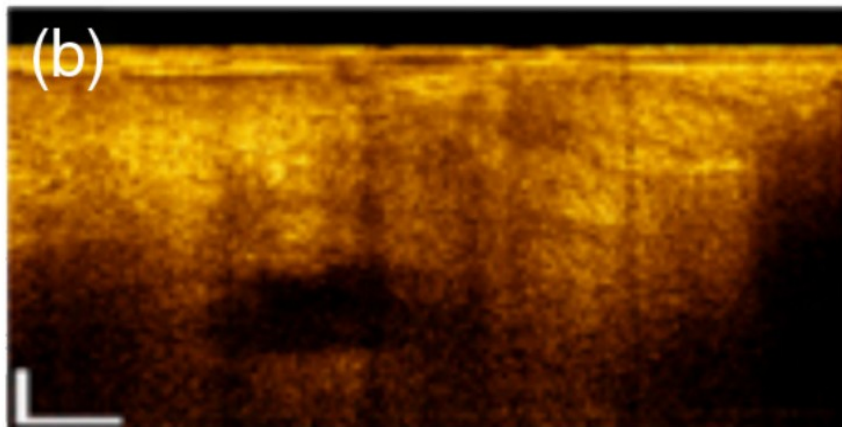
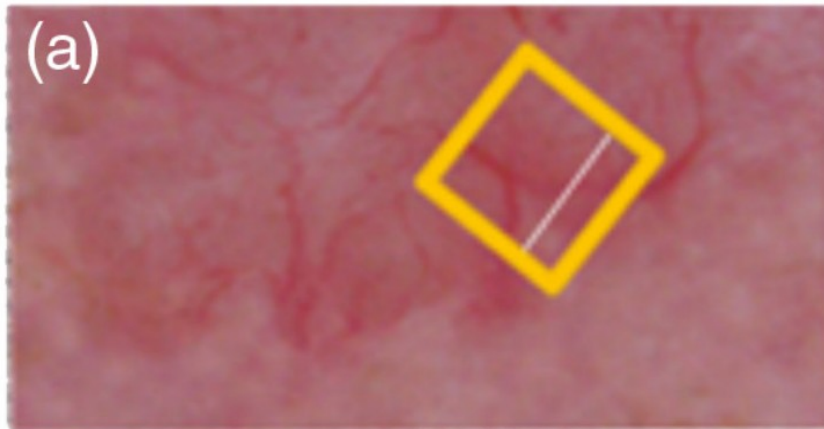
- angiografie



(a) Projekce sítnice. (b) Tomografický řez zhotoven podle linie v (a). Barvy reprezentují pásma pro výpočet projekce. (c) Barevně kódované zorné pole.

# Optická koherenční tomografie (OCT) - lékařství

- angiografie

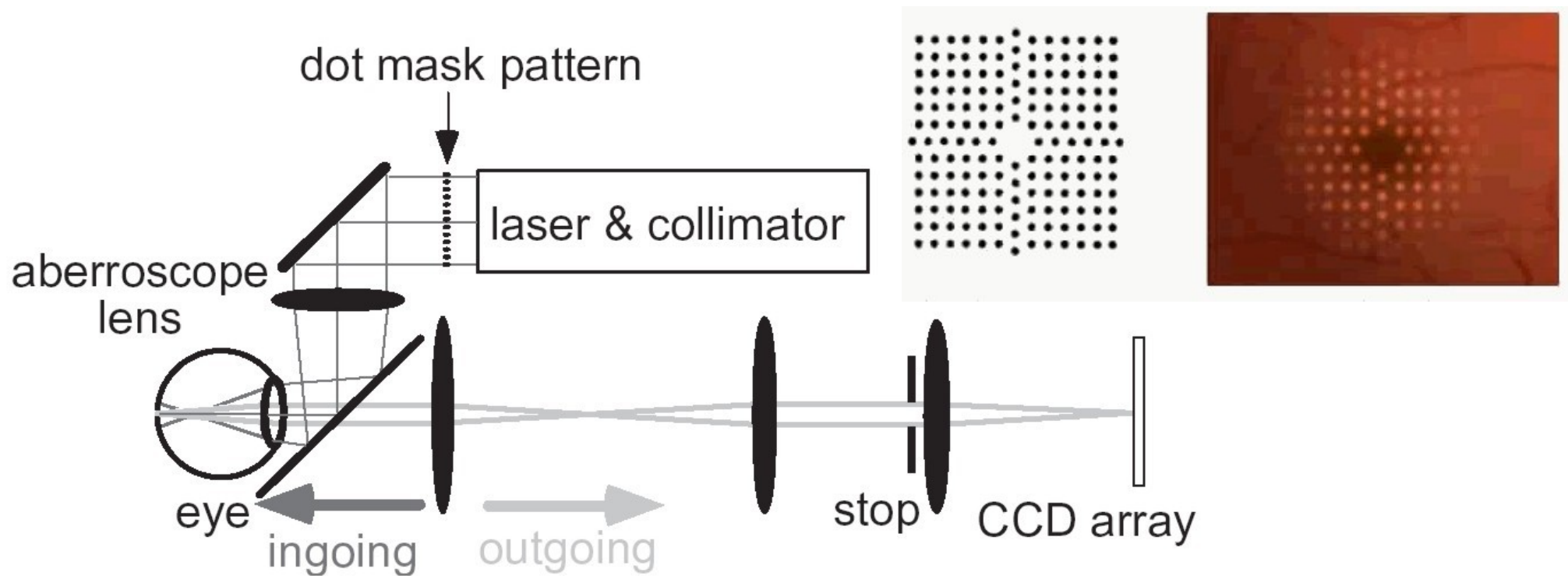


(a) obraz karcinomu bazálních buněk přístrojem Dermoscope, (b) pole snímané OCT, (c) angiografická projekce.



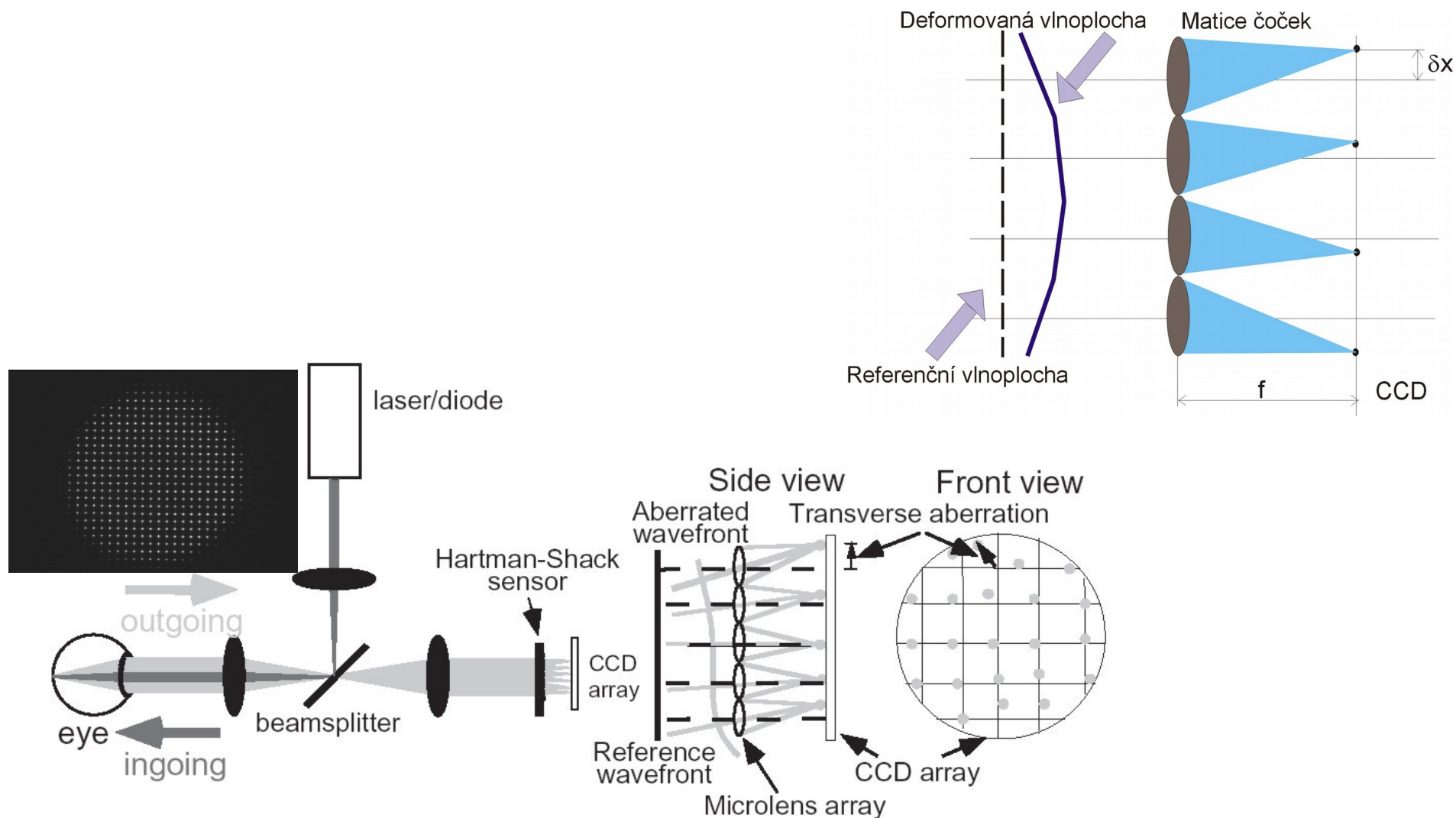
# Tscherningova aberometrie

- Promítání mřížky bodů a pozorování jejich odražených obrazů. Z deformace obrazu lze určit aberační funkci oka.



# Shack-Hartmannova aberometrie

- Do oka prochází rovnoběžný svazek paprsků, sleduje se odražená deformovaná vlnoplocha.



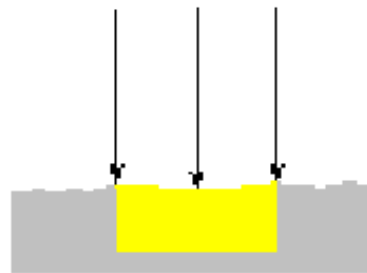
# Chirurgie



# Chirurgie – účinky laseru

- Fotokoagulace
  - ničení tkání dopadajícím zářením, operace retinopatií.
- Vaporizace
  - odstranění tkáně odpařením.
- Ablativní fotodekompozice
  - absorpce záření vedoucí k tvorbě molekulárních fragmentů, které jsou vysokou teplotou převedeny do plynné fáze (nutné chlazení tkáně před i po zákroku).
- Fototermální efekt
  - zastavení krvácení některých struktur, například peptických vředů – efekt se hojně využívá při endoskopických intervencích.
- Fotochemická interakce
  - změna chemické struktury tkáně po ozáření.
- Roztržení tkáně
  - v zasažené tkáni je navozeno prudké zvýšení teploty až na 1250 °C, zvýšení tlaku a následné roztržení a devastace tkáně.

laserový svazek



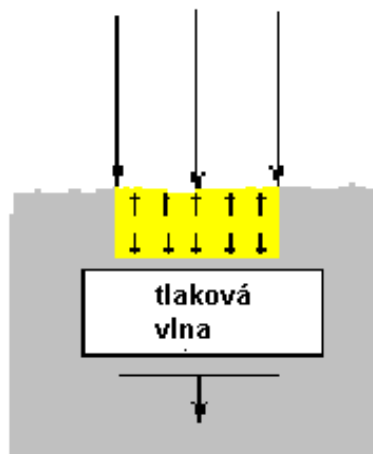
absorpce

$E \ll E_v$

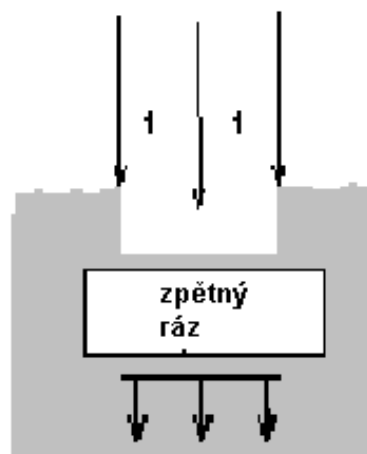
$E > E_v$

$E \gg E_v$

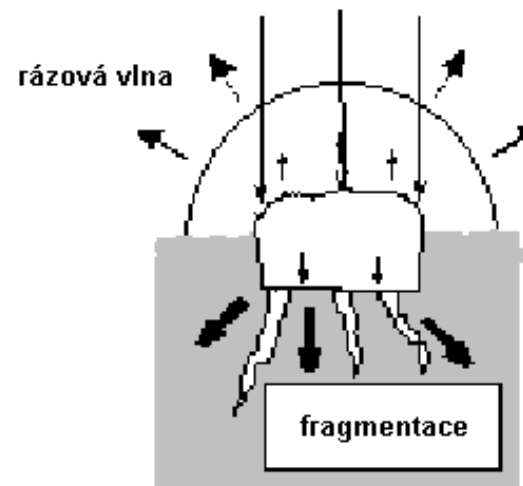
termoelastické působení



rychlé odpaření



vytvoření plazmy





# Chirurgie - přehled používaných laserů

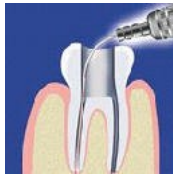
- CO<sub>2</sub> laser
  - zasahuje jen asi 0,1mm hluboko do tkáně
  - léčba onychokryptózy (zarůstání nehtů), onychogripózy (drápkovité zakřivení nehtů) nebo onychomykózy (mykotické onemocnění nehtových lůžek), drobné chirurgické zásahy
- Nd YAG laser
  - jeden z nejrozšířenějších laserů u gastroenterologických operací (používaný např. k zástavě krvácení), k odstranění šedého zákalu nebo k redukci nitroočního tlaku.
- KTP laser (neodymový laser + kaliumtitanylfosfátový krystal KTiOPO<sub>4</sub>)
  - změna vlnové délky zapříčiní zvýšenou absorpci hemoglobinem a ne vodou.
- Argonový laser
  - efektivní například při léčbě diabetické retinopatie
- Barvivový laser
  - cílený paprsek způsobuje rozbíjení žlučnickových kamenů
- Excimerový laser
  - pro zprůchodnění cév

# Lasery ve stomatologii



## Vrtání zubů

- menší bolestivost po zákroku
- kratší doba hojení
- desinfekce míst mechanicky nepřístupných
- malé krvácení a antibakteriální a biostimulační působení



## Ošetření kořenových kanálků

- hubení bakterií a vyhlazování stěny kanálku
- urychluje tak hojení zánětu a připravuje kořenový kanálek pro následné zaplnění



## Parodontologie - ošetření parodontálních chobotů laserem

- hladší povrch kořene a hubí bakterie způsobující úbytek kosti do hloubky 4 mm
- tlumí zánětlivé projevy a krvácení



## Implantologie

- k odkrytí vhojených implantátů a léčbě periimplantitis (destruktivní zánětlivý proces měkkých i tvrdých tkání v okolí zubních implantátů)



## Chirurgie

- hemostatický a dekontaminační efekt při odstranění uzdiček, nádorků, skvrn, zvětšené dásně, prodloužení korunky, je rovněž nezbytným pro preprotetickou chirurgii



## Biostimulace

- dekontaminace povrchu puchýřků při infekci herpes simplex virem, urychluje hojení, zmírňuje bolestivost
- při aplikaci laseru s nízkou intenzitou se zvyšuje prokrvení a tím metabolismus ošetřených tkání

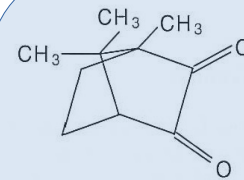
# Zubařský laser



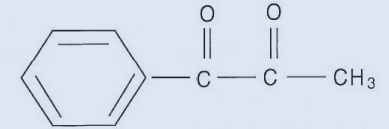
- Er, Cr:YSGG (yttrium-scandium-gallium-garnet)
  - Erbiem a Chromem dopovaný granátový laser  $Y_{2.93}Sc_{1.43}Ga_{3.64}O_{12}$
  - Vlnová délka 2780 nm, střední infračervená oblast
  - Od 1450 nm značně roste absorpce vody
  - Dochází převážně k odpařování více vodnatých částí zubu a jeho okolí (kaz, měkké tkáně)

# Polymerační lampy

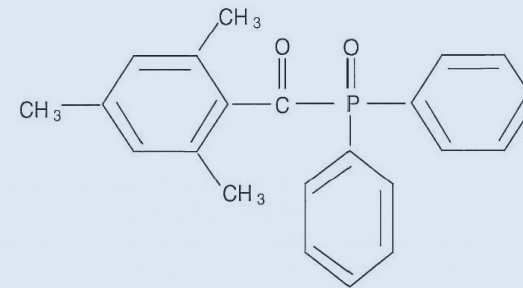
- 400-515nm
- Aktivace fotoiniciátoru výplně
- Typy lamp
  - Halogenové
  - Plazmové
  - LED
  - Laserové (Ar laser, multiline)



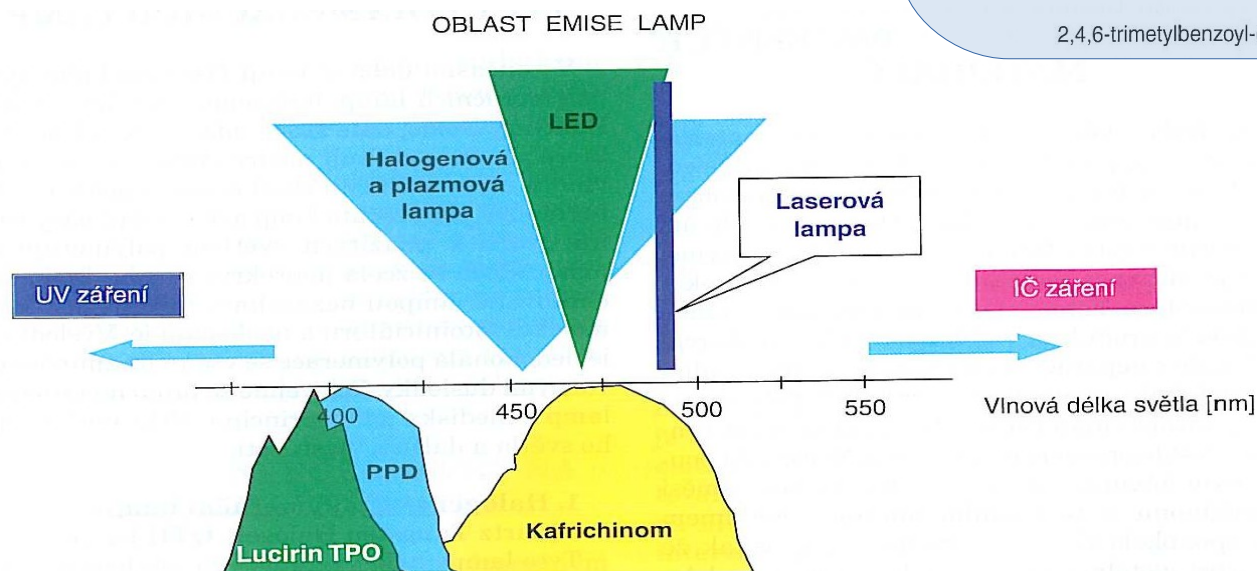
2,3-Bornandion (kafrchinon)



1-fenyl-1,2-propandion (PPD)



2,4,6-trimetylbenzoyl-difenylfosfinoxid (Lucirin TPO)

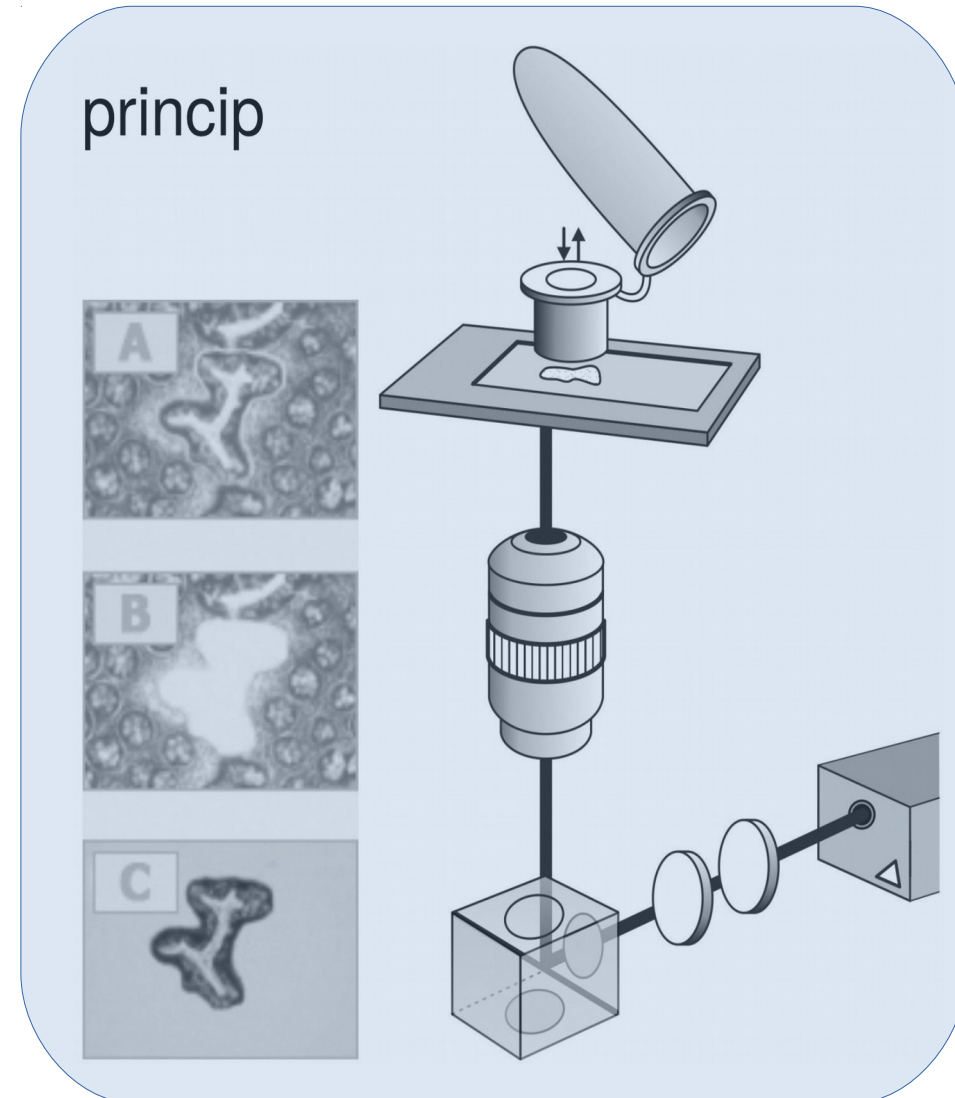


# Laserová mikrodisekce

- umožňuje výrazné zvýšení senzitivity a přesnosti molekulárně genetických analýz DNA získané z tkáňových vzorků.
- možnost přesného výběru a izolace malých ostrůvků buněk s předpokládaně odlišnými genetickými charakteristikami z okolní jinak homogenní tkáně.
- k detekci genetických odchylek tumorových buněk od buněk zdravých
  - vývoj preparátů zaměřených na inhibici patologických procesů v buňkách
  - testování rezistence vybraných tumorových buněk k současným terapeutickým preparátům.

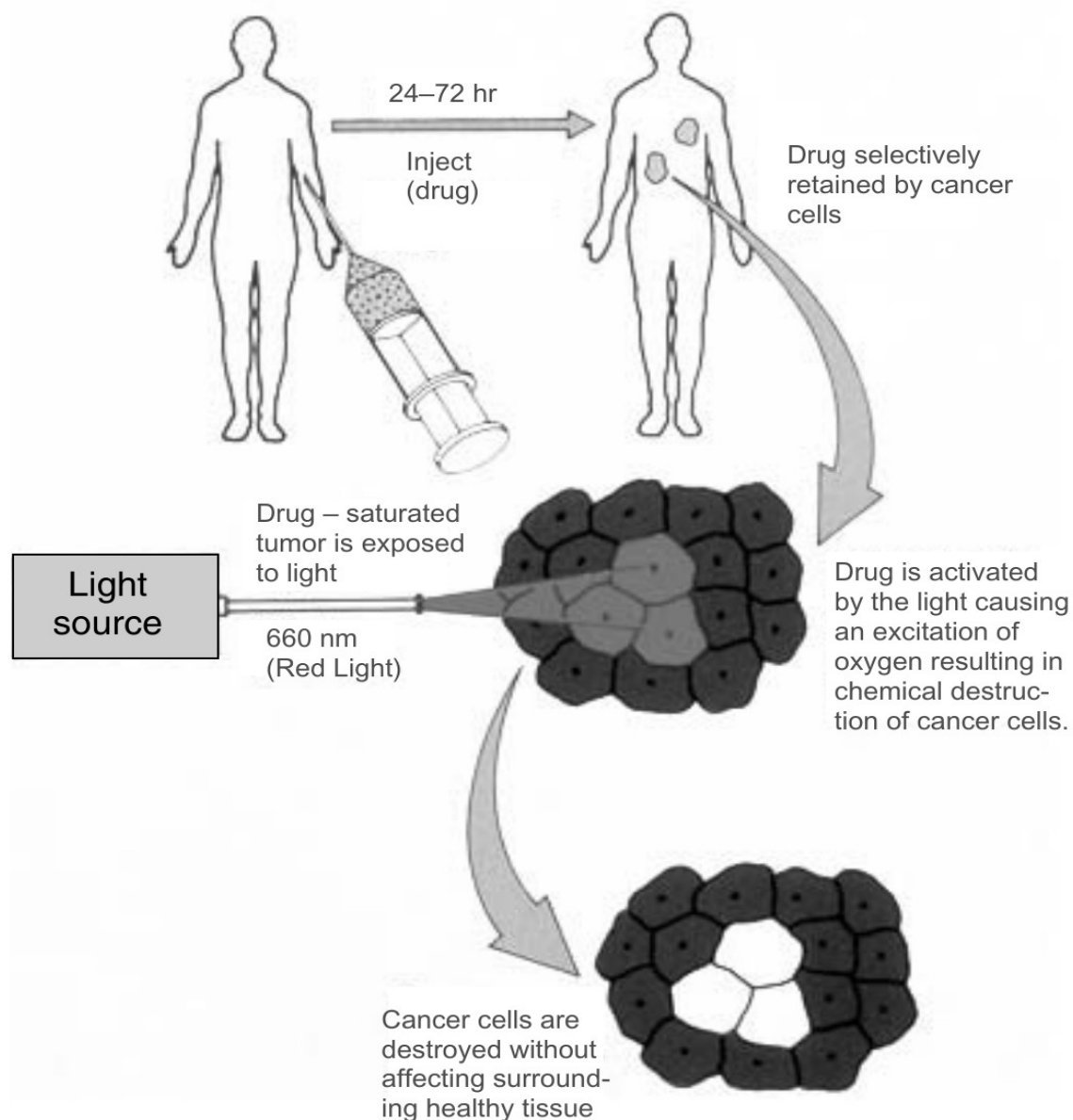
# Laserová mikrodisekce

- tzv. „laser-cutting“, velmi úzký paprsek UV laseru
- požadované buňky se označí a laserem se ořeže vybraná oblast
- buňky padají do připravené nádobky nebo jsou zachyceny adhezivním víčkem
- minimální riziko kontaminace – zcela bezkontaktní, vhodné pro denzní tkáně a velké množství buněk
- v případě nutnosti se dá práce přerušit



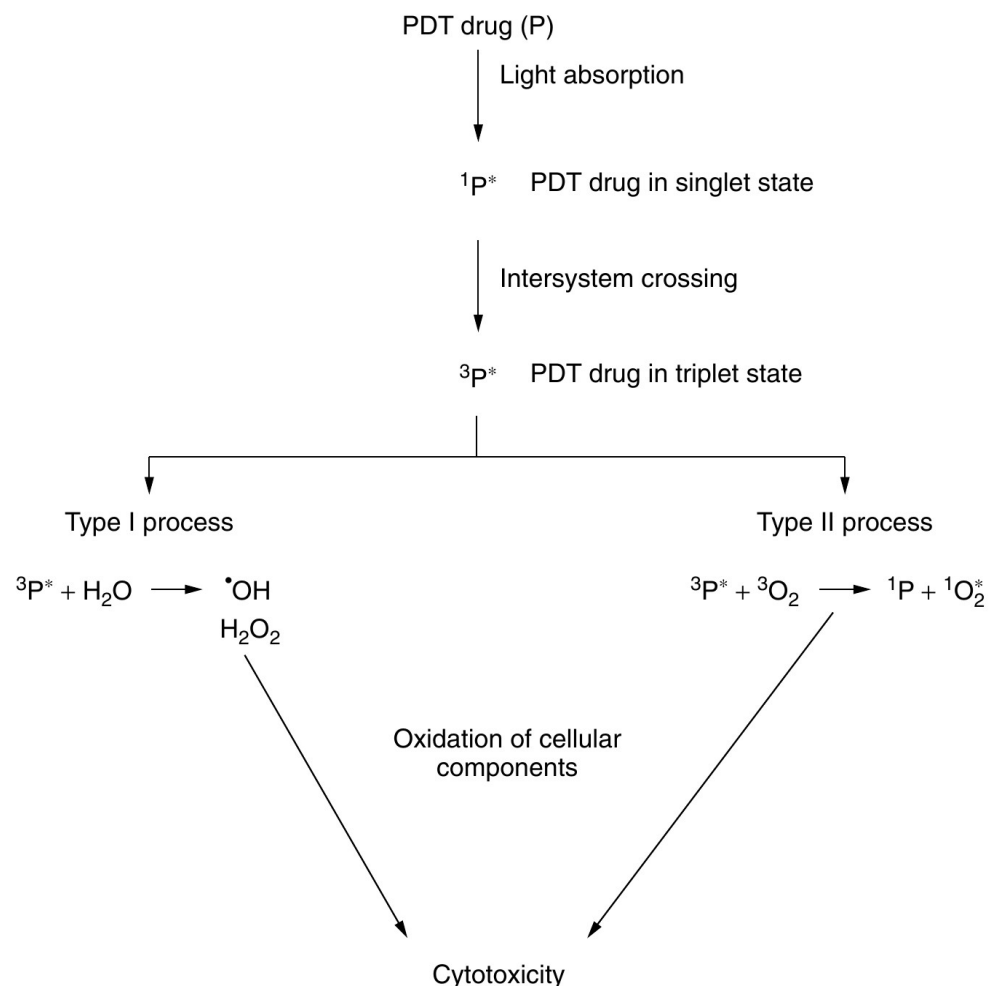
# Fotodynamická terapie (PDT)

- využívá světla, laserového světla (červené až NIR) k ničení nádorových nebo nemocných buněk a tkání.
- dochází k selektivní absorpci světla externím chemickým činidlem, fotosenzibilizátorem neboli PDT lékem, řádově do hloubky 1 cm.



# Fotodynamická terapie (PDT)

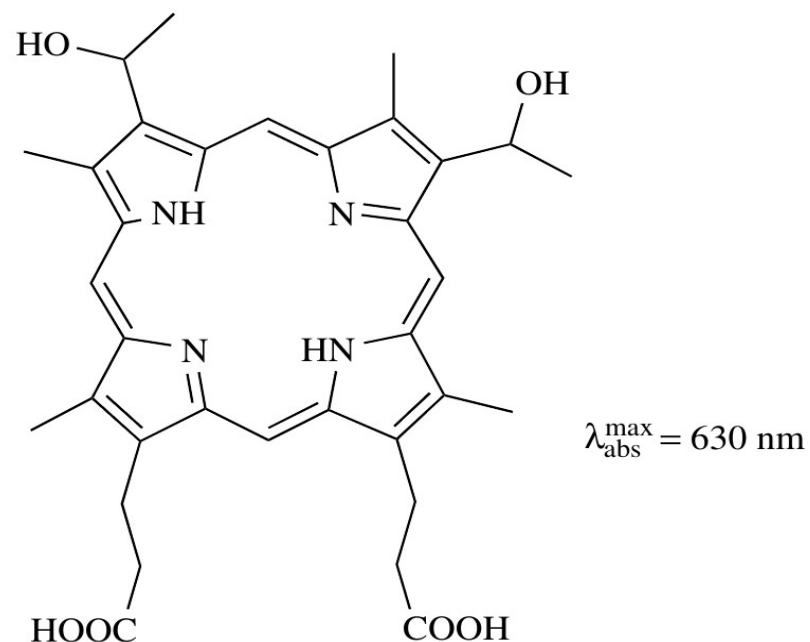
- PDT
  - je podáván buď intravenózně, nebo lokálně,
  - je selektivně vázán na maligní (nebo nemocná) tkáň.
  - dva mechanismy procesů, typ I a typ II, oba zahrnují přechod do excitovaného singletového ( $10^{-9}$ s) a následně pak do tripletového stavu ( $\sim 10^{-6}$ s) PDT léku při absorpci světla, předání energie a přechod do singletového stavu
- typ I – excitovaný tripletový stav PDT vytváří fotochemicky vysoce reaktivní radikály, peroxidy a superoxidy, které ničí rakovinné buňky oxidací.
- typ II – tripletový stav PDT interaguje s tripletovou molekulou kyslíku za vzniku singletní molekuly fotosenzibilizátoru v základním stavu a singletní molekuly kyslíku v excitovaném stavu, molekula kyslíku je asi 1000 krát reaktivnější než její základní molekulární stav.
- Singletový kyslík (a ostatní formy aktivního kyslíku např. superoxidový radikál, hydroperoxidový a hydroxylový radikál vzniklé procesem podobným popsanému procesu) reaguje s buněčnými membránami za vzniku lipidperoxidového radikálu - nekróza či apoptóza buněk.





# Fotodynamická terapie (PDT)

- Poměr apoptotické a nekrotické smrti buněk závisí na typu nádoru, na koncentraci fotosensibilizátoru a dávce ozáření. Nižší dávky fotosenzibilizátoru a záření způsobují apoptózu, vyšší nekrózu. Při každé aplikaci dochází k oběma typům smrti buněk. Také způsobuje zničení cévního systému nádoru, což vede k jeho ischemické nekróze. Další variantou účinku PDT je imunologická odpověď.
- Většina PDT léků jsou deriváty porfyrinu. Photofrin® je komplexní směs různých porfyrinových derivátů obsahující dimerní a oligomerní frakce.
- Hloubku penetrace lze zvýšit
  - užitím excitačního světla a delší vlnové délce, PDT léky jsou ftalokyaniny, naphthocya-devítky, chloriny a tetraphyrins,
  - využitím principu dvoufotonové absorpce IR světla – možnost léčení hlubších nádorů
- Víceramenné dendritické fotosenzibilizátory poskytují příležitost kombinovat různé druhy fotosenzibilizátorů a tudíž kombinovat jejich funkce
- Použití: léčba rakoviny, kardiovaskulárních onemocnění, lupénky, revmatické artritidy a makulární degenerace.



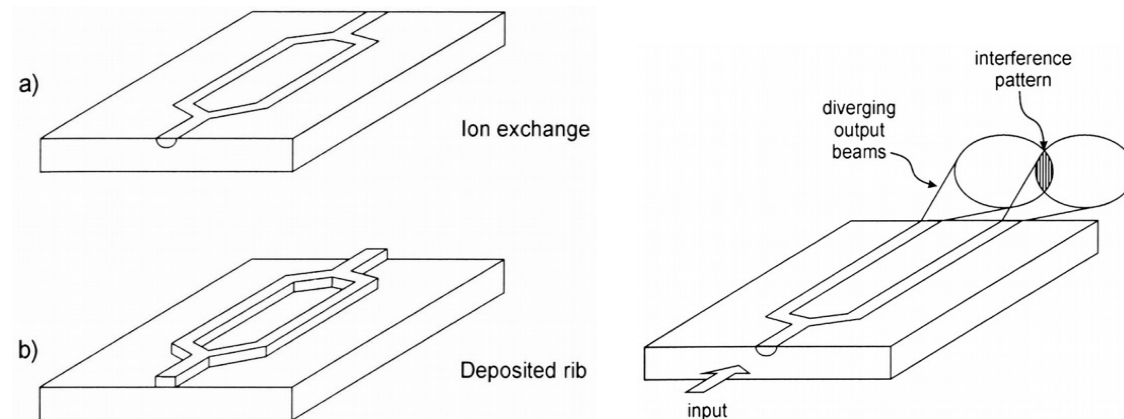
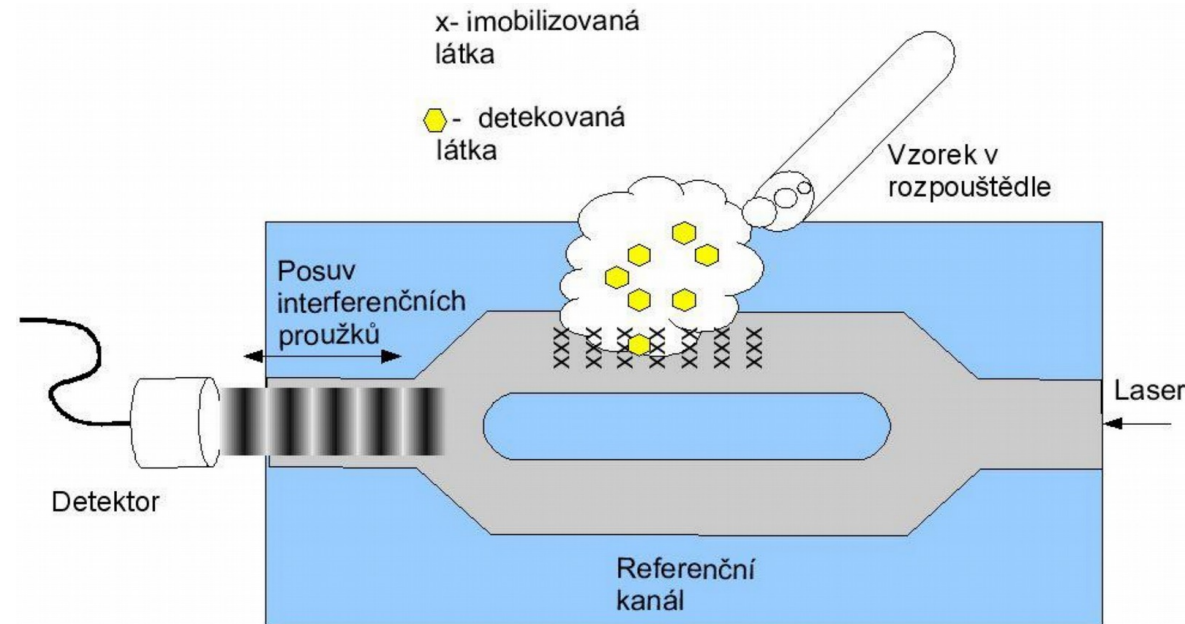
Struktura hematoporphyrinu

# Optické biosenzory

- detekují chemické nebo biologické látky či mikroorganismy.
- skládá se v zásadě ze dvou částí:
  - Bioreceptoru + substrát
  - převodníku
- Bioreceptory jsou molekuly, které rozpoznávají analytický cíl (tj. látku, která má být analyzována)
  - Enzymy
  - Protilátky
  - Lectiny
  - Neuroreceptory
  - DNA/RNA
- Převodník převede analytický na měřitelný signál.
- Typy biosenzorů:
  - Interferometrické
  - Mřížkové
  - S rezonančním zrcadlem
  - S rezonancí povrchového plasmonu
  - TIRF

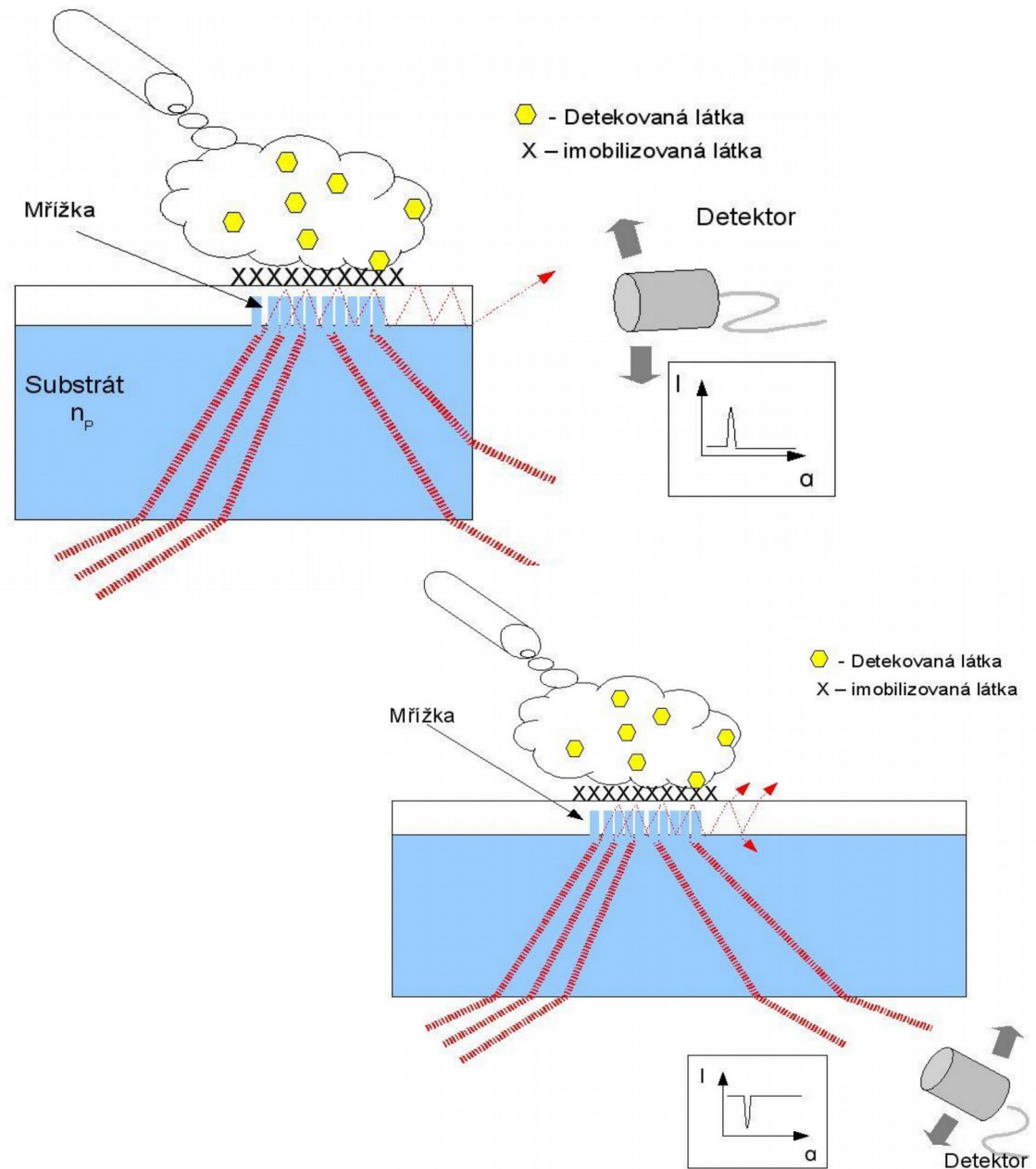
# Interferometrický biosenzor

- Planární vlnovody, delší interakční dráha.
- Evanescentní pole (do vzdálenosti 500nm) planárního vlnovodu je citlivé na změny indexu lomu materiálu, který je nad vlnovodem.
- Periodicky se opakující totální odraz vlny na rozhraní vlnovodné vrstvy a vrstvy s bioreceptory působí změny fáze – dochází ke změně indexu lomu nad vlnovodnou vrstvou (v důsledku chemické, či biologické reakce).
- Mach-Zenderovo uspořádání
  - citlivější než ostatní druhy biosenzorů (až 10x)
  - obtížněji vyrobitelné, dražší
  - problém rozlišit vliv detekované události od ostatních vlivů (teplota, lokální změny indexu lomu ...). → senzory musí pracovat na více vlnových délkách – složitější konstrukce.



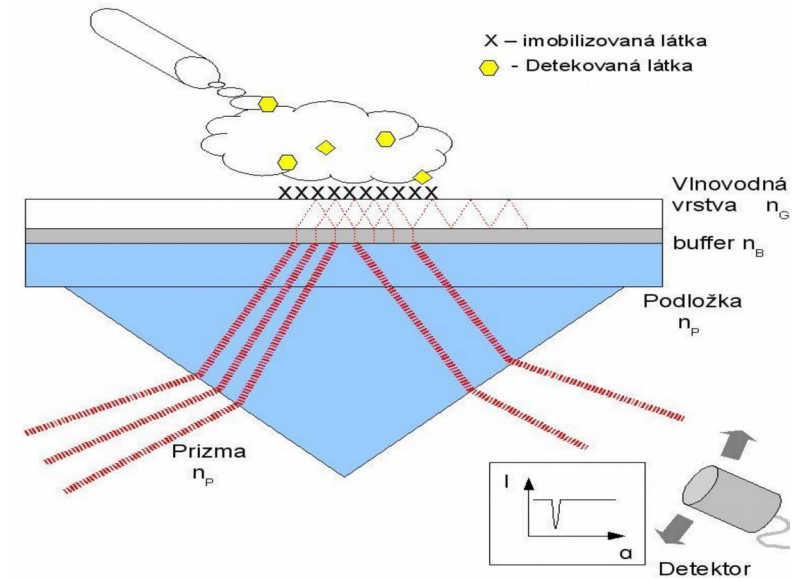
# Mřížkový biosenzor

- Nevýhoda - nutnost zařazení mřížky do vlnovodu, pozitivum - snadná integrovatelnost a možnost využití méně náročných depozičních metod.
- V dielektrickém vlnovodu je vytvořena mřížka (2000 čar/mm), jež slouží k zavedení světla do vlnovodu.
- Na povrchu vlnovodu je imobilizována látka biokonjugovaná k detekované. Aktivní zóna je omezena na oblast (0.5 mm<sup>2</sup> - 10 mm<sup>2</sup>) navázání světla.
- Světlo se zavádí do vlnovodu ze strany substrátu.
- Detektor je umístěn na konci vlnovodu nebo pod čipem.
- Laser je namířen na mřížku a celý čip se v průběhu měření postupně otáčí v rozsahu cca. 7° na obě strany od ideálního vazebního úhlu. Ten se mění v závislosti na indexu lomu svrchního prostředí (a tedy na koncentraci detekované látky).

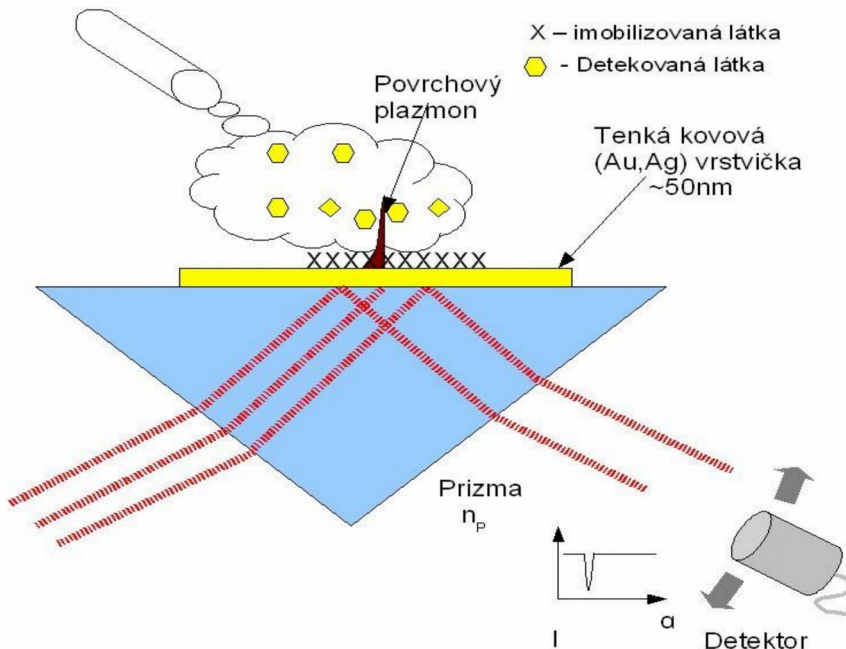


# Rezonační biosenzor

- Optickým hranolem je zaváděno světlo, aby došlo k navázání světla do vlnovodu, je nutné, aby mezi prizmou a vrstvou byla tenká vrstva z materiálu o nižším indexu lomu, než má vlnovodná vrstva a prizma.
- Na podložku optického hranolu (nebo přímo na hranol) je nadeponována dielektrická vrstva (buffer) s nízkým indexem lomu  $n_b$  a na ní vlnovodná vrstva. Musí platit  $n_b > n_g > n_p$ .
- Tloušťka bufferu je omezena na několik desítek nm, aby se světlo mohlo protunelovat do vlnovodné vrstvy.



## Biosenzor s rezonancí plazmonu (SPR)

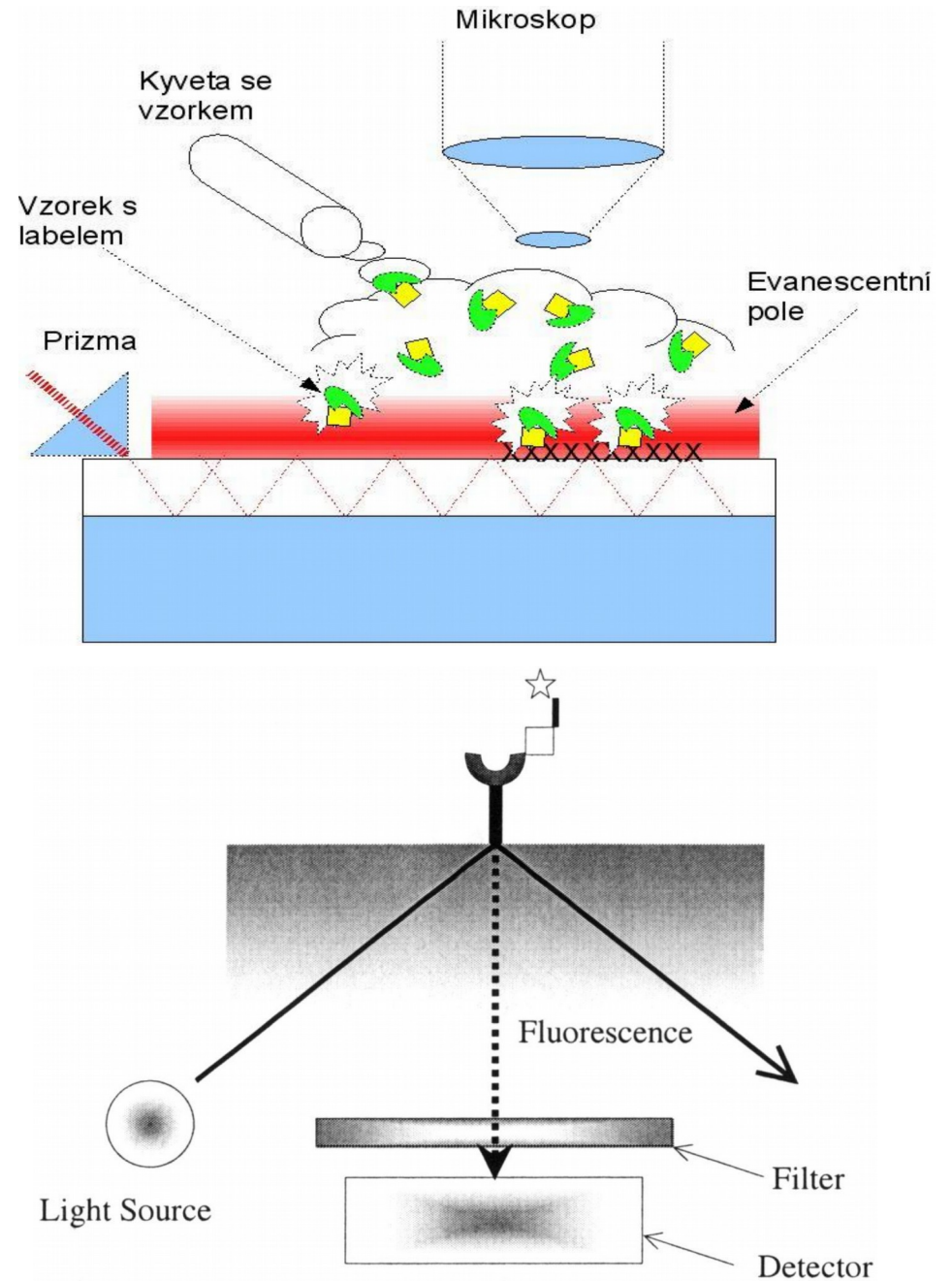


- Skládají se z tenké kovové vrstvy (stříbro, zlato) o tloušťce cca. 50 nm deponované na skleněném povrchu.
- Hranolem je do povrchu zavedeno světlo, při určitém úhlu dopadu na rozhraní metalické vrstvy a vrstvy zkoumaného materiálu generuje povrchový plazmon - kvazičástice (kvantum) podélných oscilací elektronového plynu v pevných látkách (v krystalové mřížce kovů, v nekověch, v plastech).
- Dochází k rezonanční vazbě mezi přichozím světlem (p-polarizace) a povrchovým plazmonem a můžeme pozorovat pokles v grafu závislosti odražené energie na úhlu dopadajícího světla. Jeho přesná poloha je závislá také na indexu lomu svrchní vrstvy, kde se odehrává biologická reakce.
- Je sledována poloha tohoto poklesu.



# TIRF biosenzor

- V případě TIRF může být interakční oblast větší - nejsme omezeni jen na oblast vazebního členu. Druhý reaktant musí být v označován nějakou fluorescenční látkou.
- Pokud se tyto molekuly naváží na imobilizované látky na povrchu vlnovodu, dostanou se do dosahu evanescentního pole a fluoreskují a jsou zaznamenány na CCD kameře nebo konfokálním mikroskopem.
- Výhoda - bez omezení při detekci na úzkou část senzoru.
- Nevýhoda - nutnost použití fluorescenčních značkovaců, které zužují možnost praktického použití.

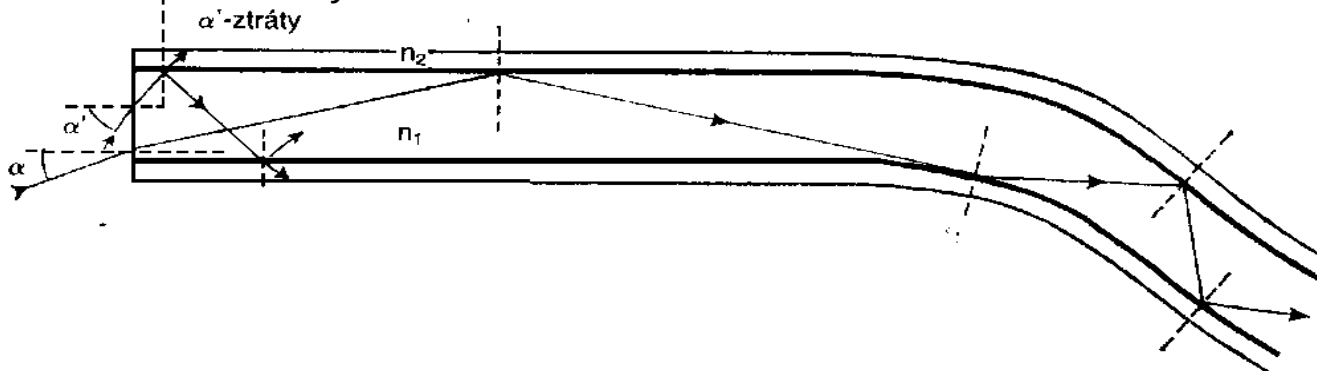
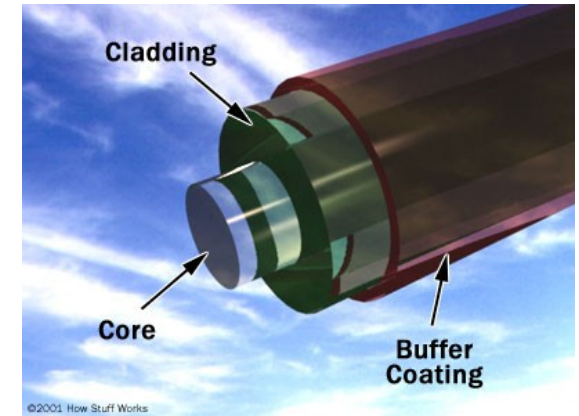


# Aplikace biosenzorů

- detektory plynů, měřiče vlhkosti, charakterizaci tenkých vrstev
- monitorování kinetiky adheze a růstu buněk na povrchu
  - vlnovodné biosenzory – pro monitorování těch kde reaktanty mají velkou molekulární hmotnost (od 1000u = daltonů) a produkují silnou odezvu.
  - biosenzory jsou schopny detekovat molekuly od hmotností několika set daltonů
$$1\text{u} = 1 / (1000 N_a) = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$
$$m(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ u}, m(\text{hemoglobin}) = 105 \text{ u}, m(\text{vir}) = 107 \text{ u}$$
- schopnost monitorovat chemické a biologické reakce téměř v reálném čase.
- měření množství adsorbovaného materiálu na povrchu senzoru:
  - pokrytí povrchu (surface coverage)  $\Gamma$  [pg.mm<sup>-2</sup>]
  - citlivost senzoru - hmotnost detekované látky na jednotku plochy citlivého povrchu, běžně 5-10 pg mm<sup>-2</sup>, interferometrický senzor cca 10x citlivější.
  - detekční limit - minimální koncentrace látky v roztoku, kdy je schopen ji senzor detekovat. Závisí na konkrétním typu, pro reakce typu receptor - protilátka se udává 200 µg/l, pro TIRF až 0.5 µg/l.

# Vláknová endoskopie - Fibroskopy

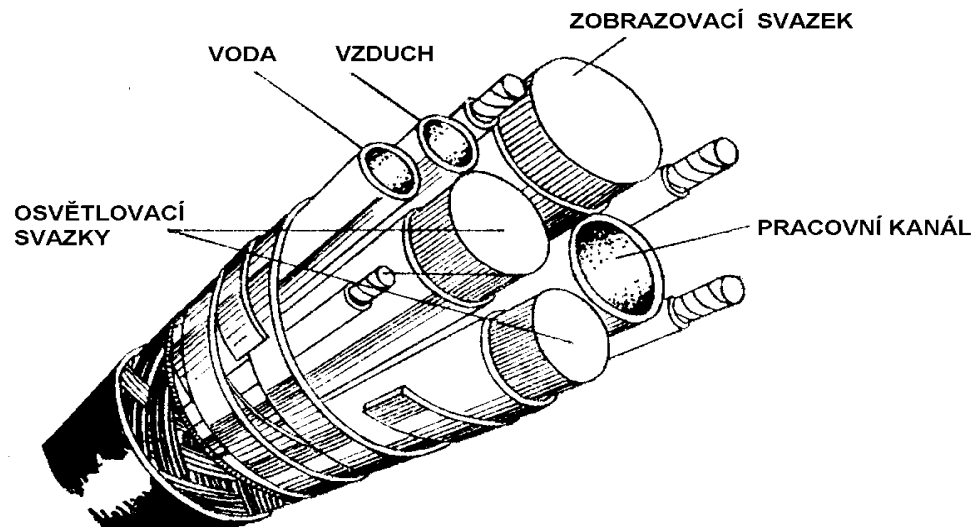
- Použití:
  - průdušnice a průdušky (bronchoskopie)
  - sliznice jícnu (ezofagoskopie)
  - sliznice žaludku a dvanáctníku (gastroduodenoskopie)
  - tlusté střevo (kolonoskopie)
- Princip:
  - Nejmenší světelné ztráty jsou typické pro dvouvrstevná optická vlákna vyrobená ze skla nebo plastu. Jádru má vyšší index lomu ( $n_1$ ) než obal ( $n_2$ ). Úplný odraz nastává, když  $\sin \alpha < (n_1^2 - n_2^2)^{1/2}$ . Vlákna tvoří svazky sloužící pro osvětlení a přenos obrazu.
  - Ve svazku přenášejším obraz jsou vlákna uspořádána stejně na vstupu i výstupu svazku. Ztráty světelného signálu: 0,001 - 0,005 dB na 1 m délky.



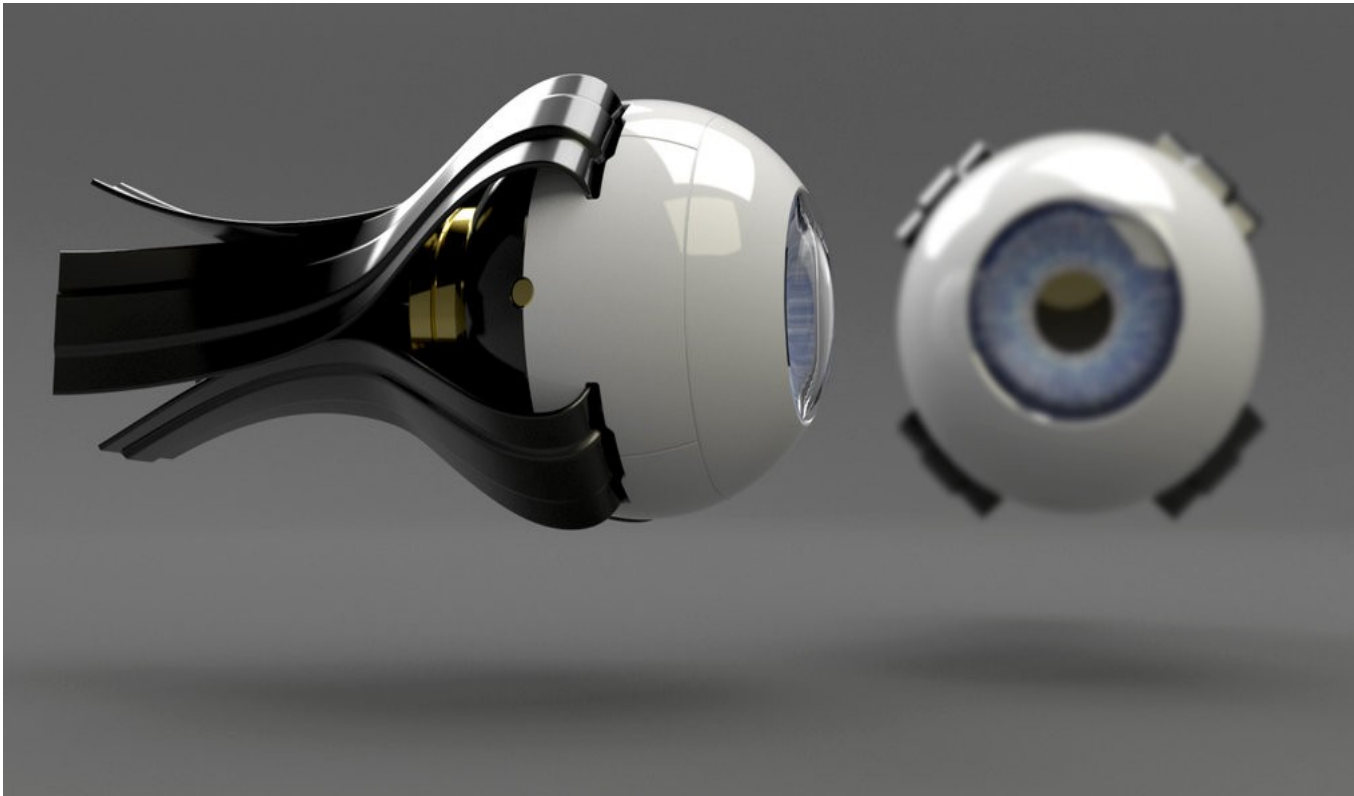


# Vláknová endoskopie - Fibroskopy

- umožňují odebírat vzorky tkání a provádět drobné chirurgické výkony.
- lze vyšetřovat i části těla nepřístupné pro endoskopy s pevnými tubusy. Délka 130 - 140 cm.
- V ohebném kabelu endoskopu se nacházejí:
  - 3 svazky optických vláken (2 pro osvětlení, 1 pro přenos obrazu),
  - trubice pro vodu a/nebo vzduch,
  - kanál pro zavádění chirurgických nástrojů a
  - ovládací táhla umožňující pohyb distálního konce endoskopu s objektivem, jenž poskytuje ostrý obraz ze vzdálenosti 3 - 100 mm.
- Proximální konec endoskopu je vybaven okulárem nebo kamerou zabudovanou do tuhé části endoskopu. Zde se nachází ovládací zařízení pro manipulaci s distálním koncem endoskopu.
- Kamera a zdroj světla také často bývají na distálním konci endoskopu.
- Součástí zařízení je též výkonný zdroj světla, vzduchový kompresor, vodní čerpadlo a vývěva.



# Oční implantáty



JC Denton's eye (Deus Ex)



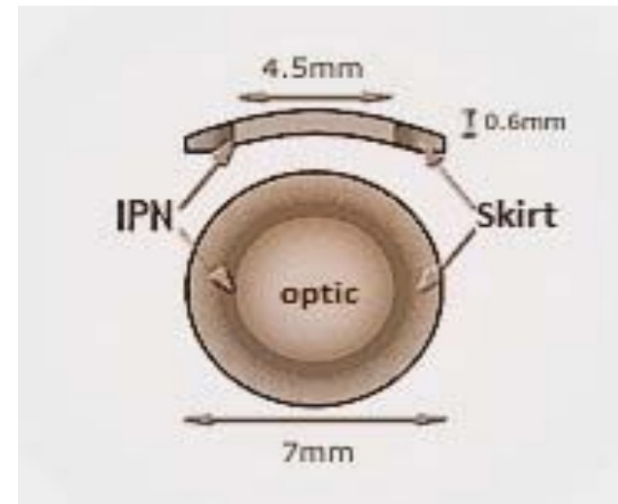
Rob Spencer - „Eyeborg“ Man

# Oční implantáty

- k náhradě poškozeného nebo úplně ztraceného zraku
- umělé výrobky, které mají nahradit nefunkční tkáň oka
  - náhrady oční rohovky
  - náhrady čočky (šedý zákal v pokročilém stadiu)
  - náhrady poškozené sítnice v oku – retinální implantáty.

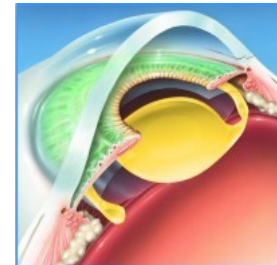
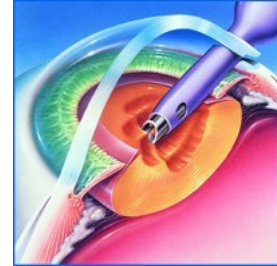
# Náhrady oční rohovky - Keratoprotéza

- Umělá rohovka AlphaCor:
  - 1990, tým profesora Chirily (Lions Eye Institute of Western Australia)
  - poly-2-hydroxyethylmethakrylát (PHEMA)
  - neporézní či mikroporézní transparentní polymer
  - disk o průměru 7,0 mm a tloušťka je 0,6 mm.
  - centrální část 4,5 mm, periferní část disku (skirt) neprůhledný, porézní, bíle zbarvený a slouží k fixaci implantátu do lůžka
  - dvě varianty keratoprotézy AlphaCor: AlphaCor-A +58 dioptrií (D) a AlphaCor-P +42 D
- Umělá rohovka KeraKlear:
  - začátek 21. století, Yichieh Shiuey
  - Certifikováno v Evropě CE (European Conformity), není schválena FDA k použití v USA
  - KeraKlear je měkká, ohebná a implantuje se intralamelárně injektorem.
  - průměr 7 mm vytvořeno z ohebného a pevného patentovaného akrylového kopolymeru
  - průhledná optická část o průměru 4 mm a průhledná periferní část obsahující 18 otvorů pro stehy
  - optická mohutnost +44D



# Náhrady čočky

- Tvrdé akrylátové
  - Polymetylmetakrylát PMMA, lehký polymer, indexem lomu 1,49 a obsahem vody pod 1 %, výborné optické vlastnosti, kvalitní hydrofobní povrch, ale není elastický,
- Měkké akrylátové
  - hydrofilní a hydrofobní
  - Hydrofilní akrylát
    - Polyhydroxyetylmetakrylát, 38 % vody a byly velmi
    - 2-hydroxyetylmetakrylát s hydrofobním metakrylátem, obsah vody v rozmezí 18 % až 38 % a indexem lomu 1,47
  - Hydrofobní akrylát
    - dobrá mechanická stabilita a biokompatibilita, menší elasticita, vysoká bioadhezivita, křehkost a náchylnost k poškrábání
    - obsahem vody menším než 1 %, index lomu 1,44 – 1,55
- Silikon
  - polydimethylsiloxan (PDMS), biologicky inertní materiál, pružný, lze implantovat pomocí injektoru, index lomu 1,41 – 1,47
- Collamer®
  - směs kolagenu, UV absorbujících chromoforů a poly-HEMA kopolymeru
  - obsah vody zhruba 40 %, index lomu 1,44, vysoká biokompatibilita
- Expandibilní materiály
  - hydrofilní akrylátový polymer Acrifil CQ (poly-HEMA, vinylpyrolidon, metylmetakrylát a UVA/UVB filtr
  - index lomu 1,41, obsah vody 73,5 %.
- Memory Lens
  - termoplastické vlastnosti
  - 59 % hydroxyetylmetakrylát, 16 % metylmetakrylát, 4 % 4-metakryloxy 2-hydroxy benzofenonu (absorbent UV ), a 1% etylenglykoldimetakrylátu
- Fotosenzitivní IOL
  - technologicky nejvyspělejší implantáty
  - změna optických parametrů při expozici UV světla (365 nm)



# Retinální náhrady

- léčba degenerace žluté skvrny, retinitis pigmentosa
- nutno - zachovaná funkčnost nervového a cévního systému v sítnici.
- nelze použít u lidí, kteří jsou slepí od narození - není dostatečně vyvinuto zrakové centrum v mozku
- optický nerv bývá často poškozen záněty - nemožno použít retinální implantát → implantát do mozku – do zrakového centra, převod zrakové informací z kamery v elektrické impulsy stimulující příslušnou mozkovou tkáň → není vyřešeno kódování vizuální informace.

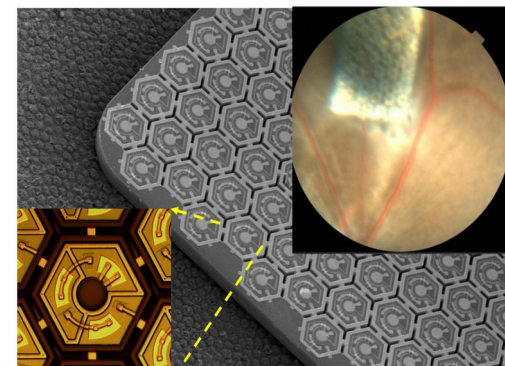
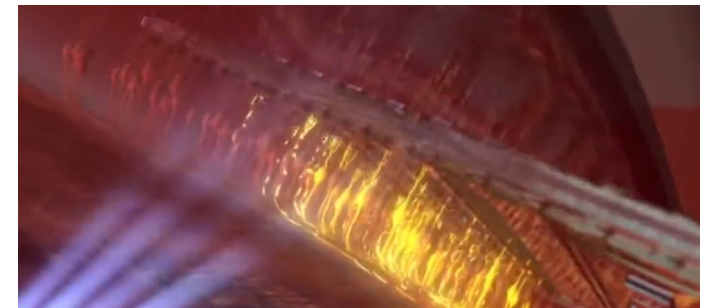
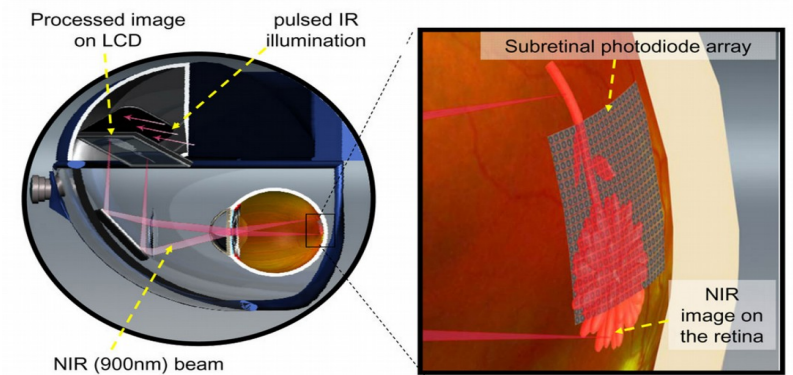
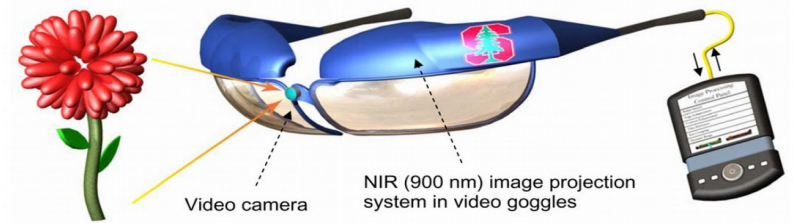
# Retinální náhrady

- fotoreceptory:
  - tyčinky, 650-700 nm, 130 milionů
  - čípky, absorpční maximuma – modrá, zelená a žlutá, 7 milionů
- informace z fotoreceptorů je předávána bipolárním a gangliovým nervovým buňkám, předzpracování informací a komprese z 137 milionů vláken na 1 milion.
- první implantáty:
  - aplikovány přímo na povrch sítnice kde měly stimulovat nervové buňky
  - neefektivní, implantát je limitován počtem 16ti elektrod
  - pro zrakový vjem nedostatečné, více elektrod vede k nadměrnému zahřívání sítnice



# Retinální náhrady

- implantát vložitelný pod povrch sítnice
  - na pozici nefunkčních fotoreceptorů
  - nervové buňky jsou schopné svými axony samy navázat na elektrody
  - pacient má na hlavě obroučky od brýlí s miniaturní kamerou a mikročipem
  - obraz je převeden na laserové pulsy mířící na implantát v oku
  - implantát obsahuje:
    - mikročip, který dekóduje laserové pulzy
    - elektrodové pole které stimuluje nervové buňky





# Citovaná literatura

LASIK, [online], <http://en.wikipedia.org/wiki/LASIK>

LASIK, [online], <http://www.webmd.com/eye-health/lasik-laser-eye-surgery>

LASIK, [online], <http://www.gemini.cz/zakroky/operace-oci-laserem/>

[online], <http://www.biolase.com/Pages/Dental-Lasers.aspx>

W. Drexler, M. Liu, A. Kumar, T. Kamali, A. Unterhuber, R. A. Leitgeb, „Optical coherence tomography today: speed, contrast, and multimodality“, *Journal of Biomedical Optics* 19(7), 071412 (July 2014)

V. Mornstein: „Přednášky z lékařské biofyziky“, Biofyzikální ústav Lékařské fakulty, Masarykova univerzita, Brno

# Citovaná literatura

P. N. Prasad: „Introduction to Biophotonics”, John Wiley & Sons, Inc., 2003.

Biosenzory, ČVUT, [online],

<https://www.fbmi.cvut.cz/files/predmety/30/public/OPTICK%C3%89%20%20BI OSENZORY.pdf>

Oční implantáty, Š. Beneš, ČVUT, [online],

[http://gerstner.felk.cvut.cz/biolab/X33BMI/referaty/2005\\_2006\\_ZS/streda\\_18\\_00/Benes\\_Ocni\\_implantaty\\_resease.pdf](http://gerstner.felk.cvut.cz/biolab/X33BMI/referaty/2005_2006_ZS/streda_18_00/Benes_Ocni_implantaty_resease.pdf)

M. Burova, : „Implantace umělých rohovek AlphaCor a KeraKlear u pacientů s těžkým postižením rohovky: dlouhodobé výsledky“, Faculty of Medicine in Hradec Králové, Department of Ophthalmology,

<https://is.cuni.cz/webapps/zzp/detail/112069/?lang=en>

P. Župková: „Umělé nitrooční čočky“, bakalářská práce, MUNI, 2012

D. Palanker, K. Mathieson, J. Loudin, Y. Mandel, G. Goetz, D. Lavinsky, L. Wang, R. Smith, P. Huie, T. Kamins, J. Harris, A. Sher: „Restoring sight to the blind“, 2012, SPIE Newsroom. DOI: 10.1117/2.1201207.004385