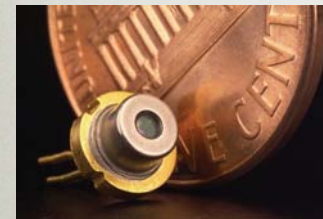
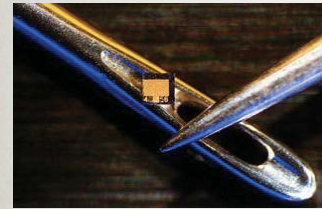


LÉZER

ALAPOK, TULAJDONSÁGOK, ALKALMAZÁSOK

LÉZEREK MINDENÜTT



5 mW diódlézer
néhány mm



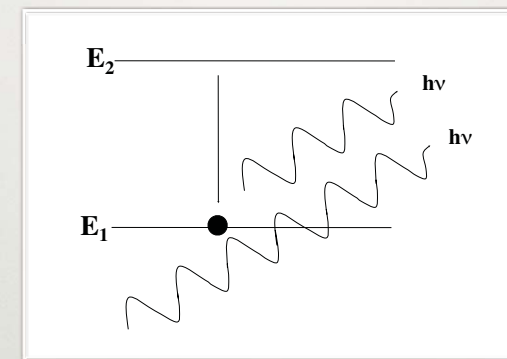
Terawattos NOVA lézer - Lawrence Livermore Laboratories
Futballpálya méret

LÉZER

1. Mi a lézer?
2. Rövid lézertörténet
3. A lézerműködés alapjai
4. A lézerfény tulajdonságai
5. A lézerek típusai
6. A lézer orvosi és biológiai alkalmazásai

LÉZER:

“LIGHT Amplification by Stimulated Emission of Radiation”



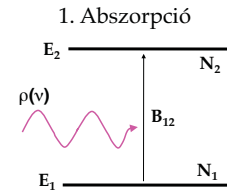
MASER: Microwave Amplification by Stimulated Emission of
Radiation

LÉZERTÖRTÉNET DIÓHÉJBAN



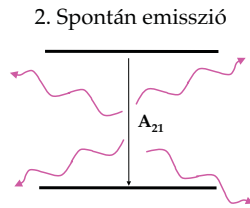
- 1917 - *Albert Einstein*: indukált emisszió elméleti predikciója.
- 1946 - *G. Meyer-Schwickerath*: első szemműtét fénnnyel.
- 1950 - *Arthur Schawlow és Charles Townes*: az emittált fotonok a látható tartományba eshetnek.
- 1954 - *N.G. Basow, A.M. Prochorov, és C. Townes*: ammónia mérő
- 1960 - *Theodore Maiman*: első lézer (rubin lézer)
- 1964 - *Basow, Prochorow, Townes (Nobel-díj)*: kvantum elektronika
- 1970 - *Arthur Ashkin*: lézercsipesz
- 1971 - *Gábor Dénes (Nobel-díj)*: holográfia
- 1997 - *S. Chu, W.D. Phillips és C. Cohen-Tanoudji (Nobel-díj)*: lézeres atomhűtés.
- 2013. október 8 - *NIF (National Ignition Facility, USA)*: magfúzió beindítása 192 lézernyalábbal, pozitív energiamérleg.

A LÉZER ALAPJAI I. INDUKÁLT EMISSZIÓ



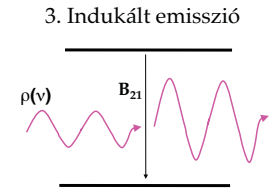
Átmenet gyakorisága:
 $n_{12} = N_1 B_{12} Q(\nu)$

$\Delta E = E_2 - E_1 = h\nu$
energiakvantum elnyelések.



Átmenet gyakorisága:
 $n_{21} = N_2 A_{21}$

$E_2 - E_1$ fotonok egymástól függetlenül a tér minden irányába.



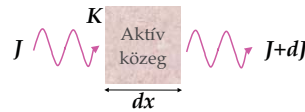
Átmenet gyakorisága:
 $n_{21} = N_2 B_{21} Q(\nu)$

Külső sugárzási tér hatására. Sugárzási tér energiája nő. Emittált és külső fotonok fázisa, iránya, frekvenciája megegyezik.

Magyarázat: kétállapotú atomi vagy molekuláris rendszer
 E_1, E_2 : energianívók, $E_2 > E_1$
 $Q(\nu)$: sugárzási tér spektrális energiasűrűsége
 N_1, N_2 : adott energianívón levő atomok, molekulák száma
 B_{12}, A_{21}, B_{21} : energianívók közötti átmeneti valószínűségek (Einstein-féle együtthatók), $B_{12} = B_{21}$

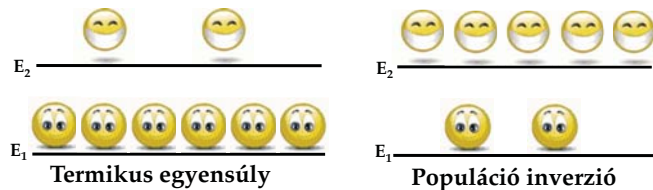
A LÉZER ALAPJAI II. POPULÁCIÓ INVERZIÓ

Fényerősítés az energianívók relatív betöltöttségétől függ

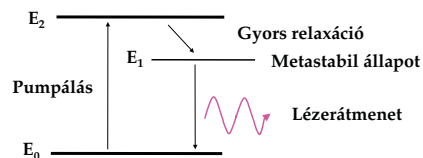


$$dJ = JK(N_2 - N_1)dx$$

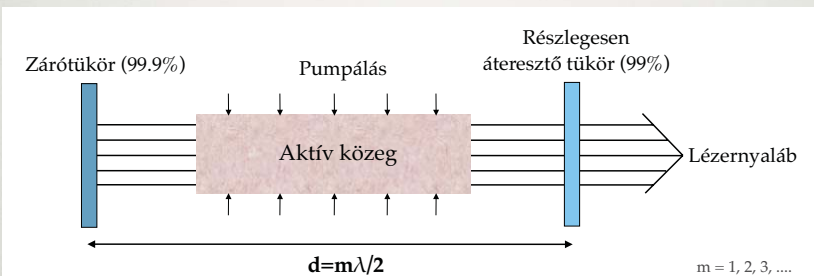
J = energiadram-sűrűség
 K = állandó
 x = fény által a közegben megtett út
 N_1, N_2 = atomok száma az energianívón



- Populáció inverzió csak többállapotú rendszerben!
- Pumpálás: elektromos, optikai, kémiai energia



A LÉZER ALAPJAI III. OPTIKAI REZONANCIA



Rezonátor:

- két párhuzamos sík (vagy homorú) tükör
- a kimenő fénytjelcsítmény egy részét visszacsatolja a közegbe
- pozitív visszacsatolás -> öngerjesztés -> rezonancia

• Optikai zár a rezonátorban: Q-csatolás, impulzus üzemmód

A LÉZERFÉNY TULAJDONSÁGAI I.

1. Kis divergencia

Párhuzamos nyaláb

2. Nagy teljesítmény

Folytonos üzemmódban több tíz, akár száz W (pl. CO₂ lézer)

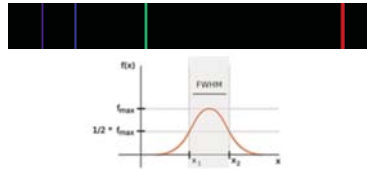
Q-csatolású üzemmódban a pillanatnyi teljesítmény hatalmas (GW)

Kis divergencia miatt óriási térbeli teljesítménysűrűség

3. Kis spektrális sáv szélesség

“Monokromaticitás”

Nagy spektrális energiasűrűség



4. Polarizáltság

5. Rendkívül rövid impulzusok lehetősége

ps, fs

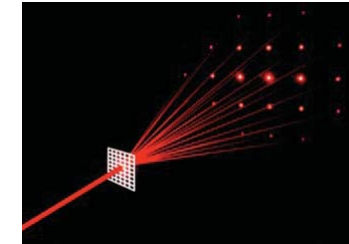
A LÉZERFÉNY TULAJDONSÁGAI II.

6. Koherencia

fázisazonosság, interferenciaképesség

Időbeli koherencia (különböző időpontokban emittált fotonok fázisazonossága)

Térbeli koherencia (nyalábkeresztmetszet menti fázisazonosság)



Alkalmazás: holográfia

LÉZERTÍPUSOK

Fényerősítő közeg alapján:

1. Szilárdtest lézerek

Kristályokba v. üvegyanyagokba bevitt fémszennyeződések; Rubin, Nd-YAG, Ti-zafir

Vörös-infravörös spektrális tartomány; Folytonos, Q-kapcsolású üzemmód, nagy teljesítmény

2. Gázlézerek

Legismertebb: He-Ne lézer (10 He/Ne). Kis energia, Széleskörű használat

CO₂ lézer: CO₂-N₂-He keverék; λ~10 μm; Óriási teljesítmény (100 W)

3. Festéklézerek

Szerves festékek (pl. rodamin, kumarin) híg oldata; Pumpálásra más lézer használt

Nagy teljesítmény (Q-kapcsolt módban); Hangolható

4. Félvezető lézerek

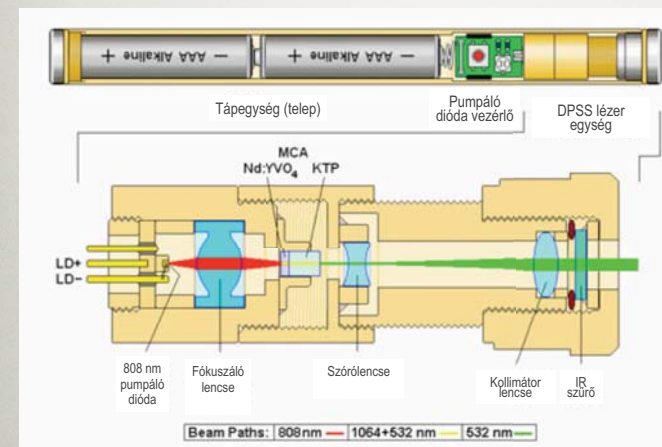
Összefekvő p- és n-típusú, szennyezett félvezetők határán.

Rezonátor tükrökre nincs szükség (belső visszaverődés)

Vörös, IR spektrális tartomány. Nagy kontinuus üzemmódú teljesítmény (akár 100W)

Nyalábkarakterisztika nem túl jó. Kis méret miatt széleskörű alkalmazás.

A ZÖLD LÉZERMUTATÓ



Lépések:

1. Diódalézer (808 nm) pumpál
2. Szilárdtest-lézer (Nd:YVO₄: neodimiummal szennyezett yttrium-vanadát) 1064 nm-es fényt állít elő
3. KTP (kálium titánil-foszfát) kristály frekvenciát dupláz (hullámhosszt felezi): 532 nm (zöld)

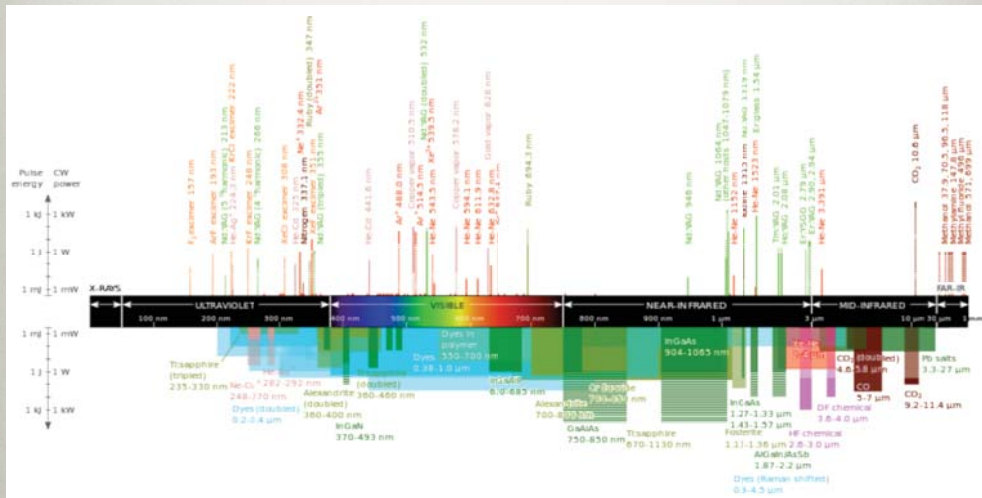
*Megjegyzések:

DPSS: diode-pumped solid state

MCA: multiple crystal assembly

LD: laser diode

LÉZEREK, SPEKTRÁLIS VONALAK ÉS SÁVOK



LÉZEREK ALKALMAZÁSA

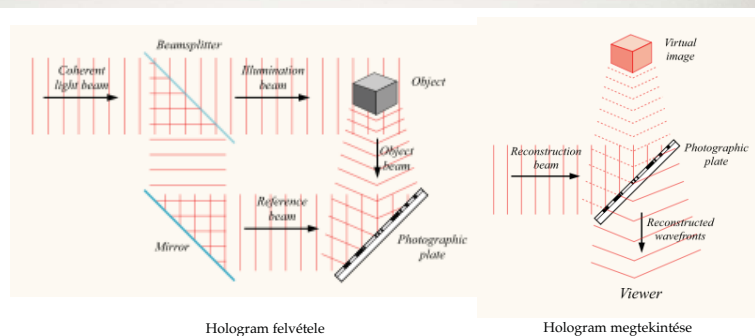
TELJESÍTMÉNY ALAPJÁN

- 5 mW – CD-ROM meghajtó
- 5–10 mW – DVD lejátszó vagy DVD-ROM meghajtó
- 100 mW – Nagysebességű CD-RW író
- 250 mW – DVD-R író
- 1–20 W – szilárdtest-lézer mikromegmunkálásra
- 30–100 W – sebészeti CO₂ lézer
- 100–3000 W – ipari CO₂ lézer (lézervágó)
- 1 kW – 1 cm diódalézer rúd

HOLOGRÁFIA



Gábor Dénes
(1900–1979)



Hologram fotolemez felülete

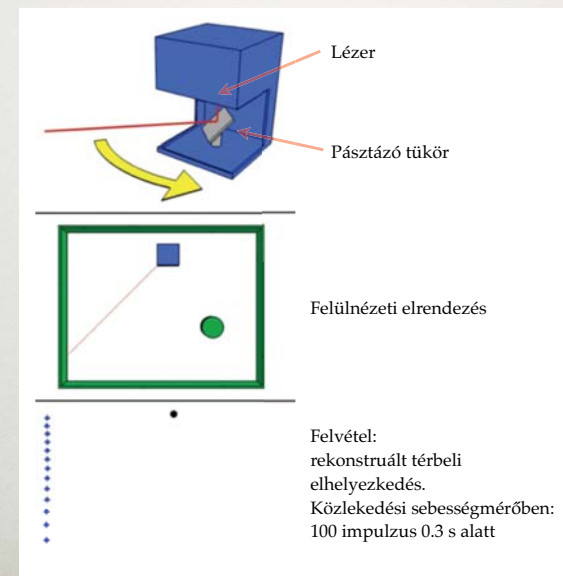


Hologramok



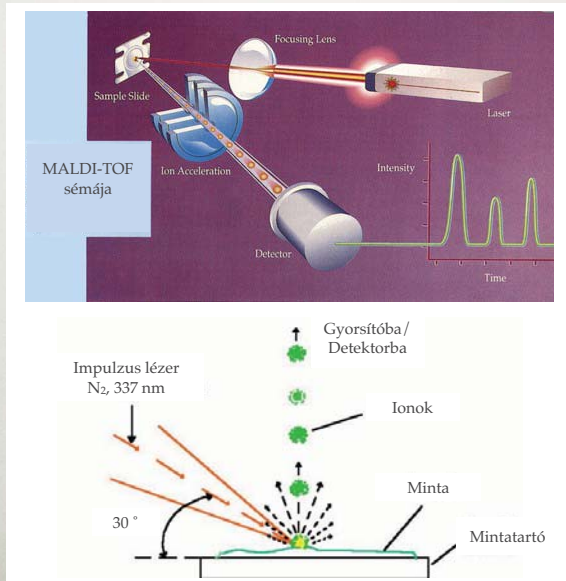
SEBESSÉGMÉRÉS LÉZERREL

LIDAR: “LIGHT DETECTION AND RANGING”

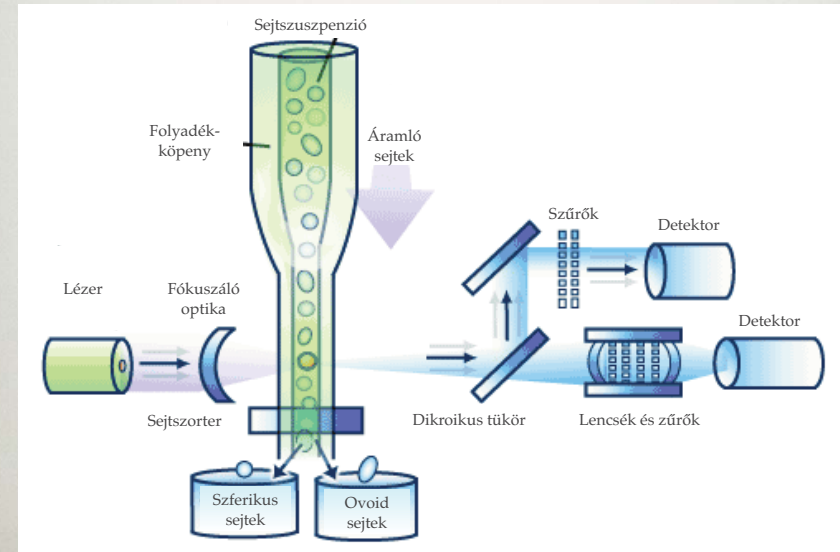


MALDI-TOF:

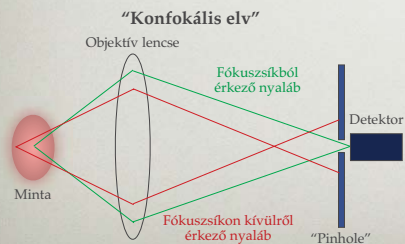
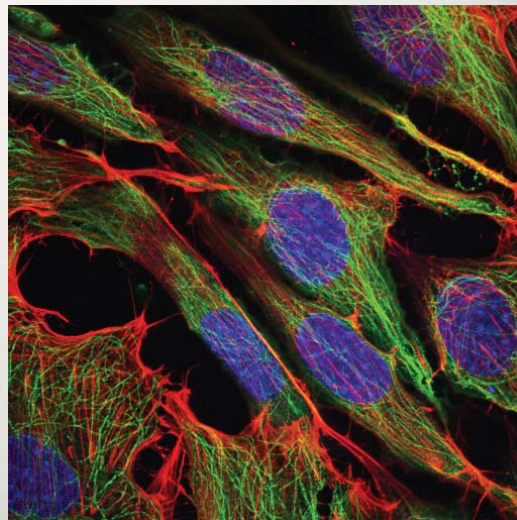
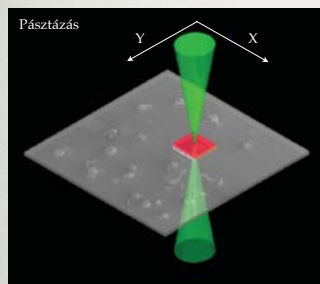
MATRIX-ASSISTED LASER DESORPTION/IONIZATION
TIME OF FLIGHT MASS SPECTROMETRY



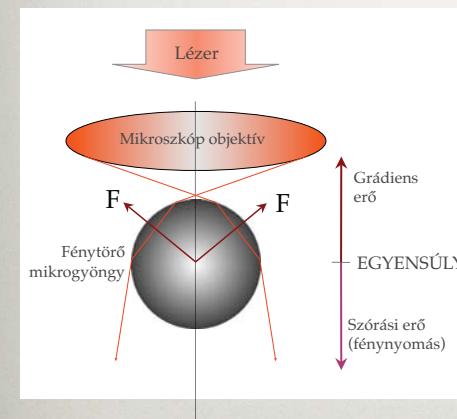
FLUORESCENCE ACTIVATED CELL SORTER (FACS)



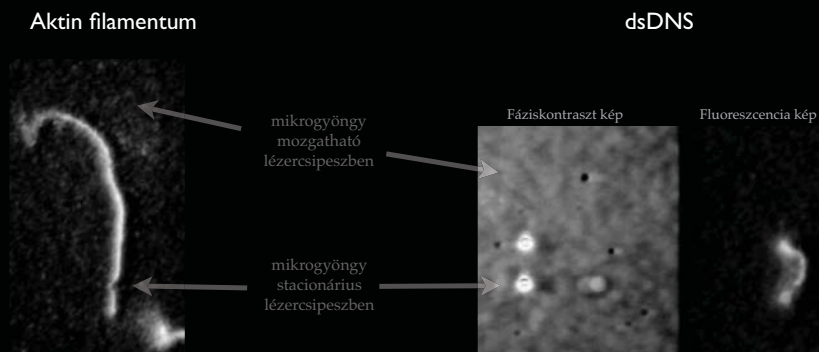
LÉZER PÁSZTÁZÓ KONFOKÁLIS MIKROSKÓP



LÉZERCSIPESZ



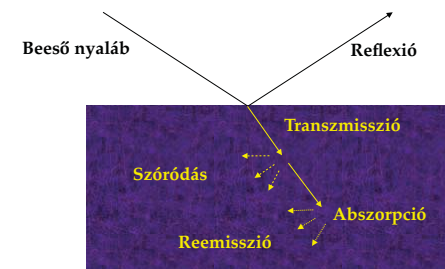
Csomókötés biomolekuláris fonálra lézercsippessel



A LÉZER ORVOSI ALKALMAZÁSAI I.

Alapelvek:

1. Fény kölcsönhatása a biológiai mintával



2. A lézernyaláb tulajdonságai:

Fókuszálhatóság, kiválasztott hullámhossz, teljesítmény

3. A biológiai minta tulajdonságai:

Transzmittivitás, abszorbanca, fényindukált reakciók

A LÉZER ORVOSI ALKALMAZÁSAI II.

Sebészeti szakmák: "lézerszike", koaguláció, vérzés nélküli operáció. Daganateltávolítás, tetoválás-eltávolítás. CO₂ és Nd:YAG lézer.

Bőrgyógyászat: rendkívül kiterjedt alkalmazás.

Fogászat: szuvas részek preferáltan abszorbeálóknak.

Photodynamiás tumorterápia: fotoszenzitív, tumor által preferáltan felvett kémiai anyagok aktiválása lézerrel.

Szemészet: Retinaleválás, szemfenék fotokoagulációja, glaucoma, fotorefraktív keratektomia (PRK).

BŐRGYÓGYÁSZATI ALKALMAZÁSOK:

1. SZEMPONTOK

1. Alkalmazott hullámhossz:

- Argon: 488 or 514.5 nm
- Ruby: 694 nm
- Alexandrite: 755 nm
- Pulsed diode array: 810 nm
- Nd:YAG: 1064 nm

2. Impulzusszélesség

3. Megvilágított terület nagysága (8-10 mm átmérő)

4. Energiasűrűség (J/cm²)

5. Repetíciós ráta (akkumulációs hatások)

6. Epidermális hűtés (gélek, folyadékok, spray-k, levegő)

BŐRGYÓGYÁSZATI ALKALMAZÁSOK:

2. LÉZERES SZŐRTELENÍTÉS

Phototricholysis, photoepiláció

Alapja: szelektív photothermolysis
chromophorok általi szelektív abszorpció

Alkalmazott chromophorok:

1. Szén (exogén, széntartalmú kenőcsök)
2. Hemoglobin (endogén)
3. Melanin (endogén)



Kezelés előtt

Kezelés után

BŐRGYÓGYÁSZATI ALKALMAZÁSOK:

3. TETOVÁLÁS ELTÁVOLÍTÁS

Q-kapcsolású Nd:YAG lézer (1064 nm)

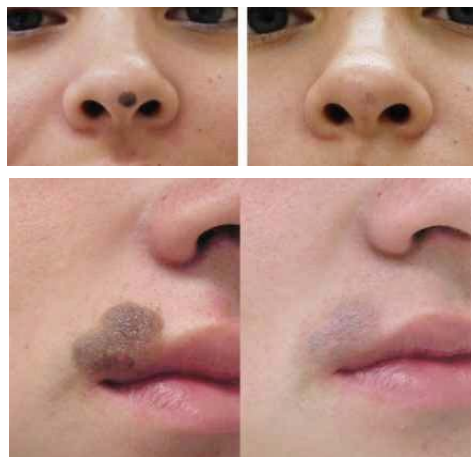


Kezelés előtt

Kezelés után

BŐRGYÓGYÁSZATI ALKALMAZÁSOK:

4. ANYAJEGY ELTÁVOLÍTÁS

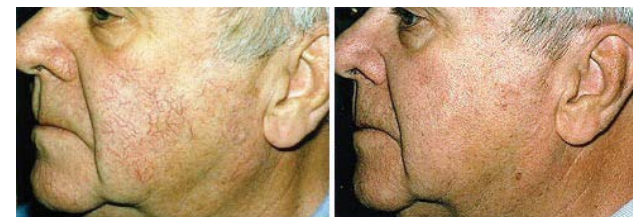


Kezelés előtt

Kezelés után

BŐRGYÓGYÁSZATI ALKALMAZÁSOK:

5. FELÜLETES EREK, VÉNÁK ELTÁVOLÍTÁSA



Kezelés előtt

Kezelés után



Kezelés előtt

2 évvel a kezelés után

BŐRGYÓGYÁSZATI ALKALMAZÁSOK: 6. BŐR FELÜLETI MÓDOSÍTÁSA (“RESURFACING”)

1993. Adrian
CO₂, Erbium:YAG lézer



Ráncalanítás



Napkárosítás



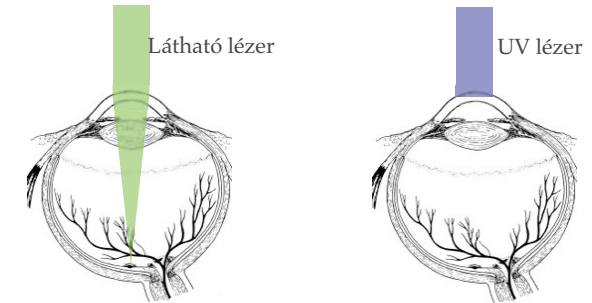
Rhinophyma



Szisztémás epidermális naevusok

SZEMÉSZETI ALKALMAZÁSOK: 1. ALAPELVEK

Az optikai közegek transzmittivitása hullámhossz-függő



SZEMÉSZETI ALKALMAZÁSOK: 2. LASIK

“Laser-assisted In Situ Keratomileusis”

A refraktív lézer-szemsebészet egy fajtája

Történet:

Jose Barraquer, 1970: microkeratome építése, mellyel a corneába lézerrel hasadékokat vágott és lemezeket alakított ki (keratomileusis).

Lucio Buratto (Olasz) és Ioannis Pallikaris (Görög), 1990: keratomileusis és photorefraktív keratektomia kombinálása.

Thomas and Tobias Neuhann (Németo), 1991: automatizált microkeratome.

Lépések:

1. Kontaktlencse eltávolítása (7-10 nappal a beavatkozás előtt)
2. Lézeres letapogatás (kis teljesítmény): a cornea topográfiájának megvizsgálása
3. Cornea felületéről egy lemez felhajítása (fs lézerrel)
4. Stroma anyagából eltávolítás (néhány 10 mikrométer vastagságban). Excimer lézer (193 nm).

Photorefraktív keratektomia (PRK)

A refraktív lézer-szemsebészet egy másik fajtája.

Nincs lemez kialakítás, kisebb a felületi átalakítás mértéke.

DE: fájdalmasabb, a regeneráció lassabb.

FOTODINÁMIÁS TERÁPIA

Photodynamiaiás terápia (PDT):

Roswell Park Cancer Institute 1970-es évek.

Háromkomponensű tumorterápiás módszer:

1. Fotoszenzitizáló ágens, 2. Fény, 3. Oxigén.

Lépések:

1. Fotoszenzitizáló prekursor beadása (aminolevulinsav, ALA).
2. Néhány órás inkubációs idő. Ez alatt az ALA protoporphyrin IX-é alakul.
3. A célterület megvilágítása diódlézerrel (néhány perc).
4. Protoporphyrin abszorbeál -> gerjesztett szinglett állapot -> triplett állapot -> energiatranszfer triplett oxigénnel -> gerjesztett, reaktív oxigén -> szöveti reakció
5. Néhány napon belül a terület elhal, leválik.

LÉZER: KULCSSZAVAK

Mi kell a lézerműködéshez?

- Kényszerített emisszió
- Populáció inverzió
- Pumpálás
- Optikai rezonancia

Milyen a lézerfény?

- Monokromatikus
- Koherens
- Nagy teljesítményű