

Színes digitális hologram rekonstruálhatóságának vizsgálata különböző koherenciatulajdonságú fényforrások esetén

Nagy Benedek

Konzulensek: Dr. Tőkés Szabolcs (MTA SZTAKI), Dr. Erdei Gábor (BME Atomfizika Tsz.)

TDK konferencia

2010. 11. 17.

Optika Szekció

A kutatócsoport célja

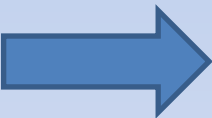
- Folyóvízben algák detektálása színes, digitális holografikus mikroszkóp segítségével.
- Ehhez szükséges:
 - Nagy rekonstruálható térfogat
 - Automatikus felvétel készítés, kiértékelés, felismerés, osztályozás

Feladatom

- Rekonstruálható mélység vizsgálata a mikroszkópban alkalmazott megvilágítás függvényében
- LED-es és lézeres megvilágítás vizsgálata
- Kísérleti elrendezések megépítése

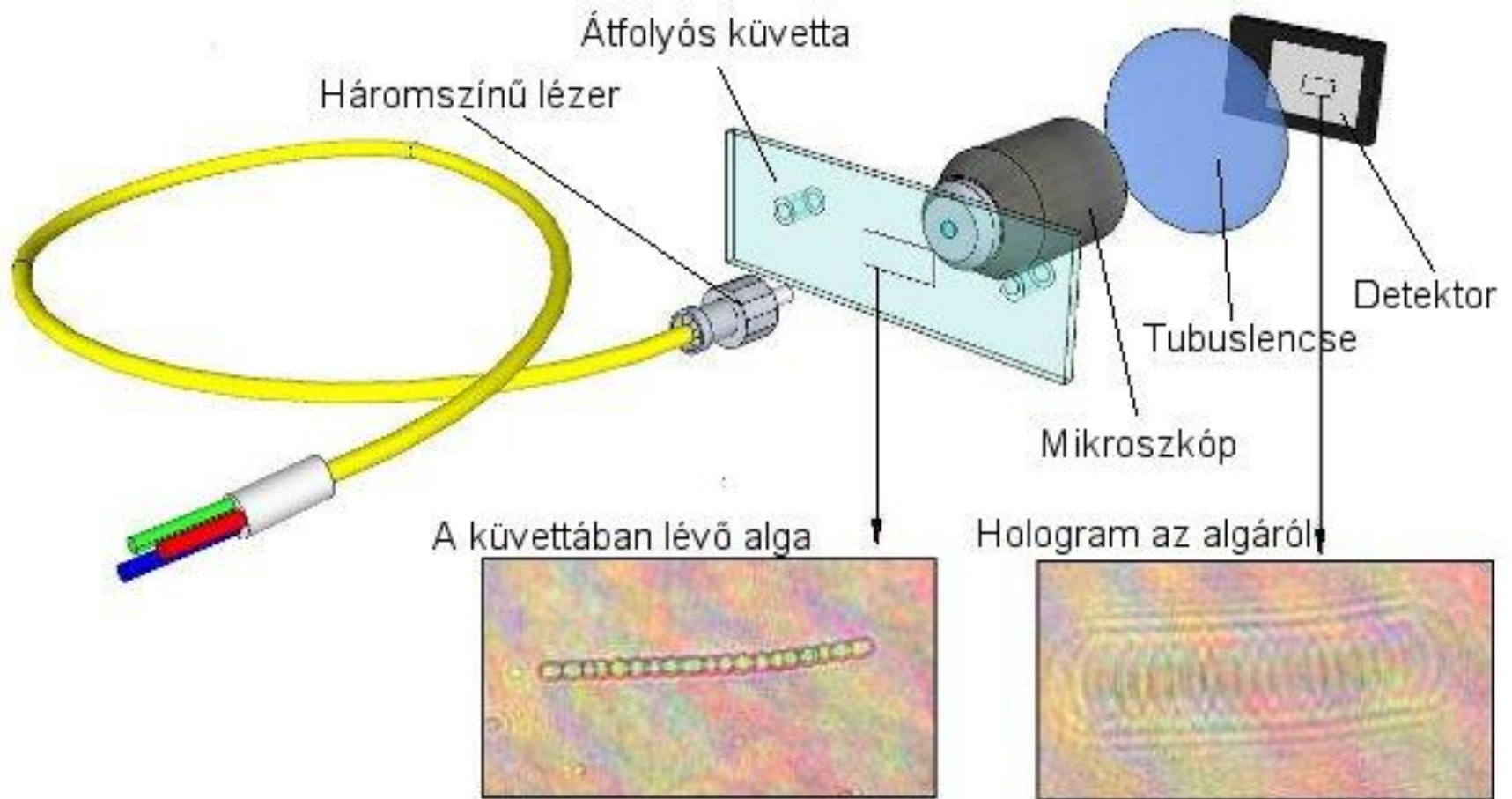
Digitális holografikus mikroszkóp (DHM)

- Digitális: elektronikus rögzítés, numerikus rekonstrukció
- Holografikus: hologram felvétele interferenciacsíkokkal (fázisinformáció)

 Rekonstrukció  Térfogat vizsgálata

- Mikroszkóp: nagyítás

A használt optikai rendszer



Rekonstrukció:

Szögspektrum szerinti síkhullámterjesztés

- Rayleigh-Sommerfeld diffrakciós integrálból (Maxwell-egyenletekből):

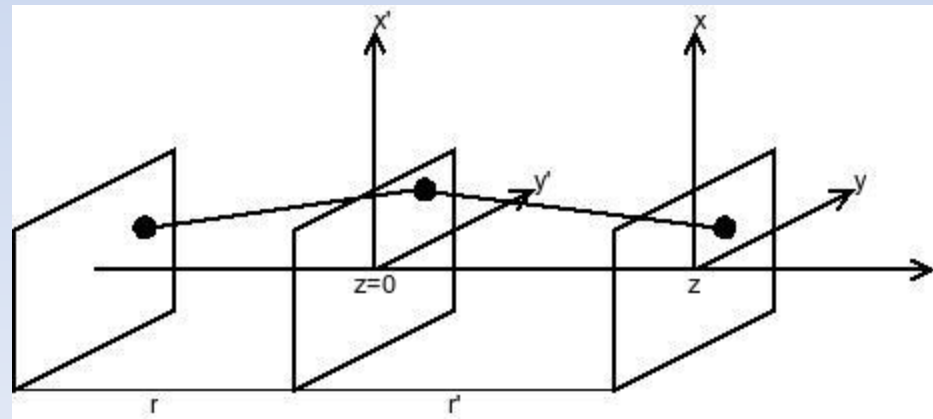
$$E(x, y, z) = \iint E(x', y', 0) \frac{e^{i\frac{2\pi}{\lambda}r'}}{r'} \frac{z}{r'} \left(\frac{1}{2\pi r'} + \frac{1}{i\lambda} \right) dx' dy'$$

- Fourier-transzformáció alapú terjesztési összefüggés:

$$E(x, y, z) = \mathcal{F}^{-1} \left\{ \mathcal{F} \{ E(x, y, 0) \} \cdot e^{i2\pi \cdot w(u, v) \cdot z} \right\}$$

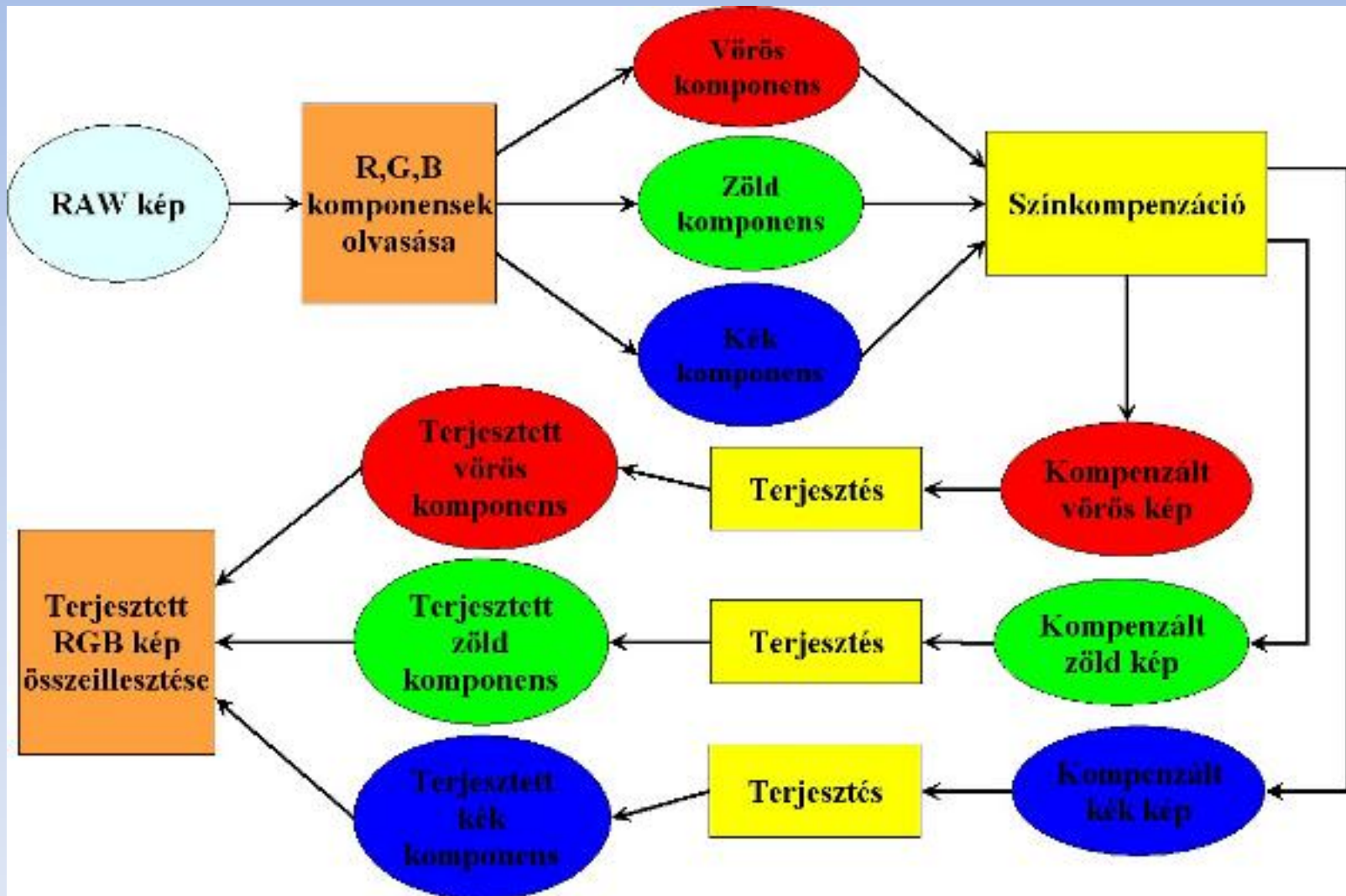
u, v, w a térfrekvenciák az x, y és z irányokba.

- Fourier-transzformáció gyorsan végrehajtható a fenti integrállal ellentétben.



Rekonstrukció

Az algoritmus



Rekonstrukció

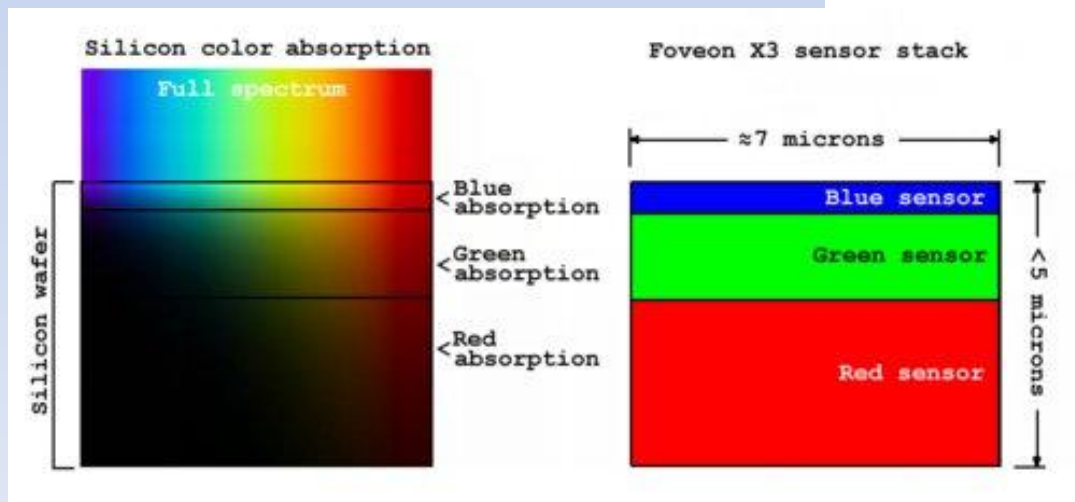
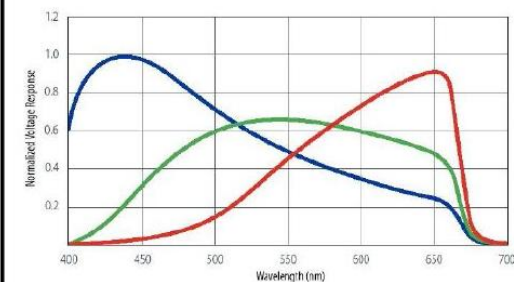
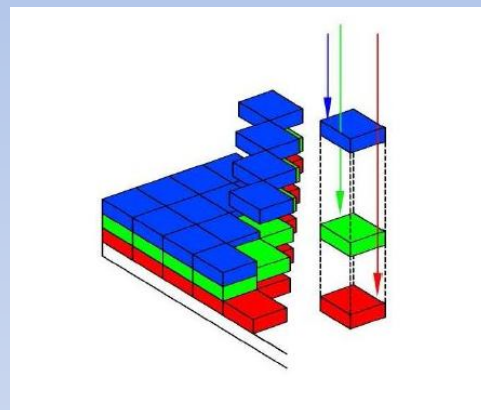
Hibakompenzációk

- Színáthallás kompenzáció
 - Színes hologram  Színes detektor 
Színáthallás
 - Detektor szerkezetétől és megvilágításkor használt hullámhossztól függ
- Ikerkép eltávolítás
 - In-line elrendezésből adódó szennyezés a hologramon: ikerkép és nulladrendű zaj

A használt detektorok

Foveon X3 CMOS érzékelő

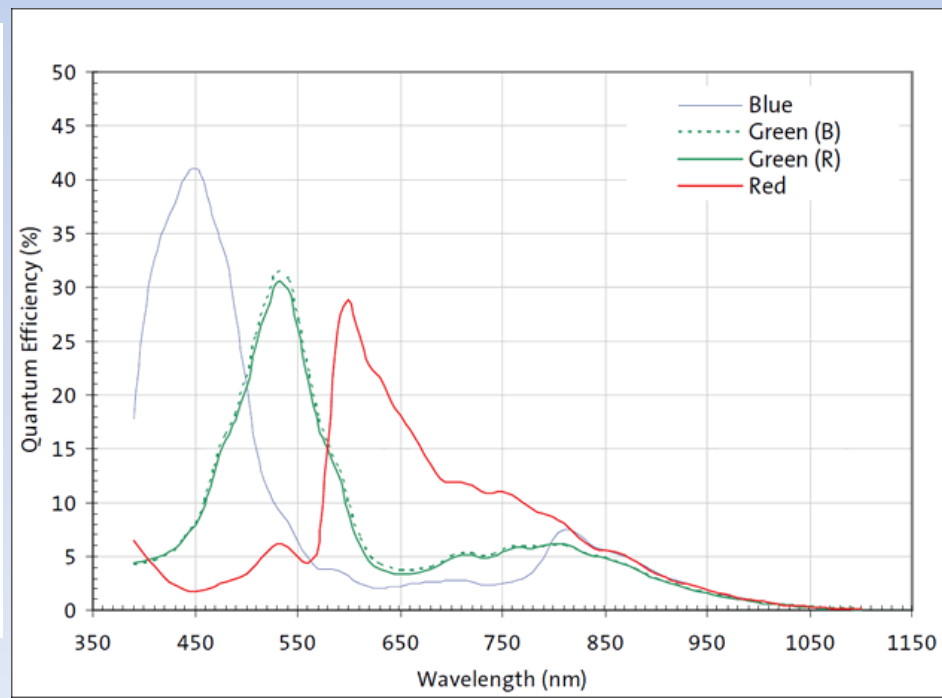
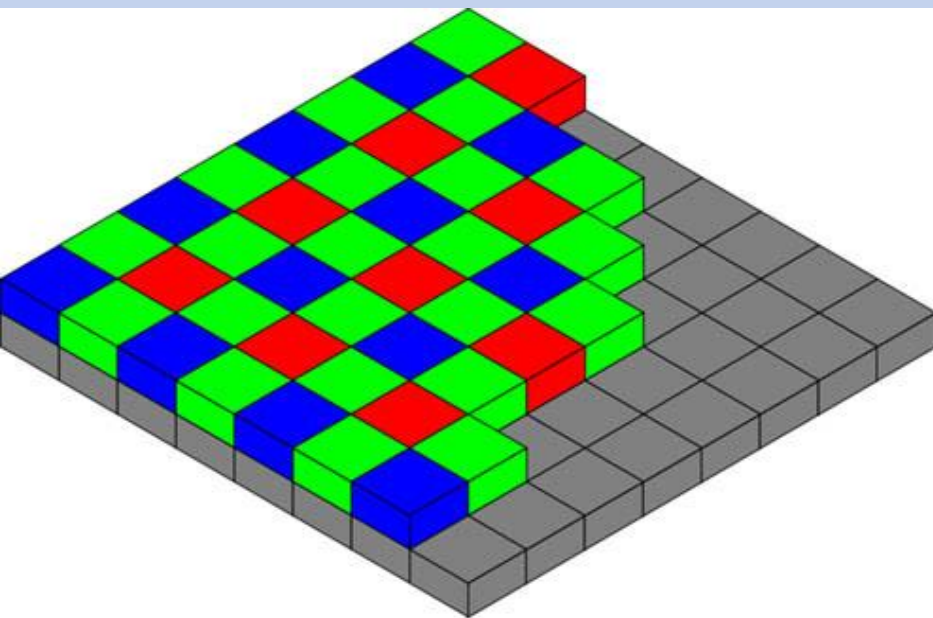
- Minden pixelen a teljes szín rögzítése
- Nagy színáthallás



A használt detektorok

MICRON CMOS érzékelő (MT9N001)

- Bayern-mintázat: színrögzítés külön pixeleken
- Kisebb színáthallás



Fényforrások

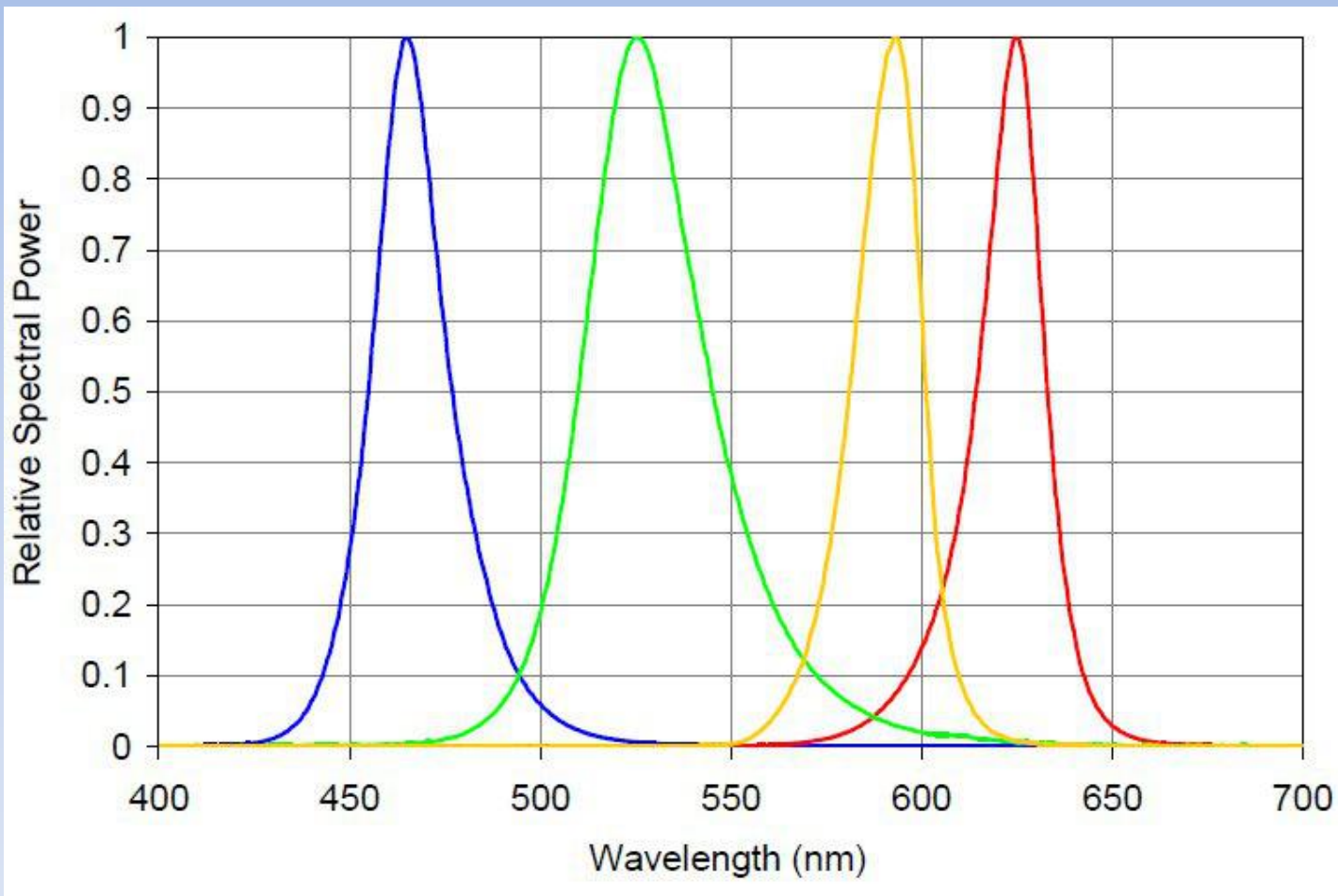
LED-es megvilágítás

- LEDENGIN LZ4/10
 - Kék 465 nm
 - Zöld 525 nm
 - Borostyán 590 nm
 - Piros 625 nm
- Optikai előtét alkalmazása a minél nagyobb hatásfokú működéshez
- $\sim 40\mu\text{m}$ koherenciahossz



Fényforrások

LED-es megvilágítás



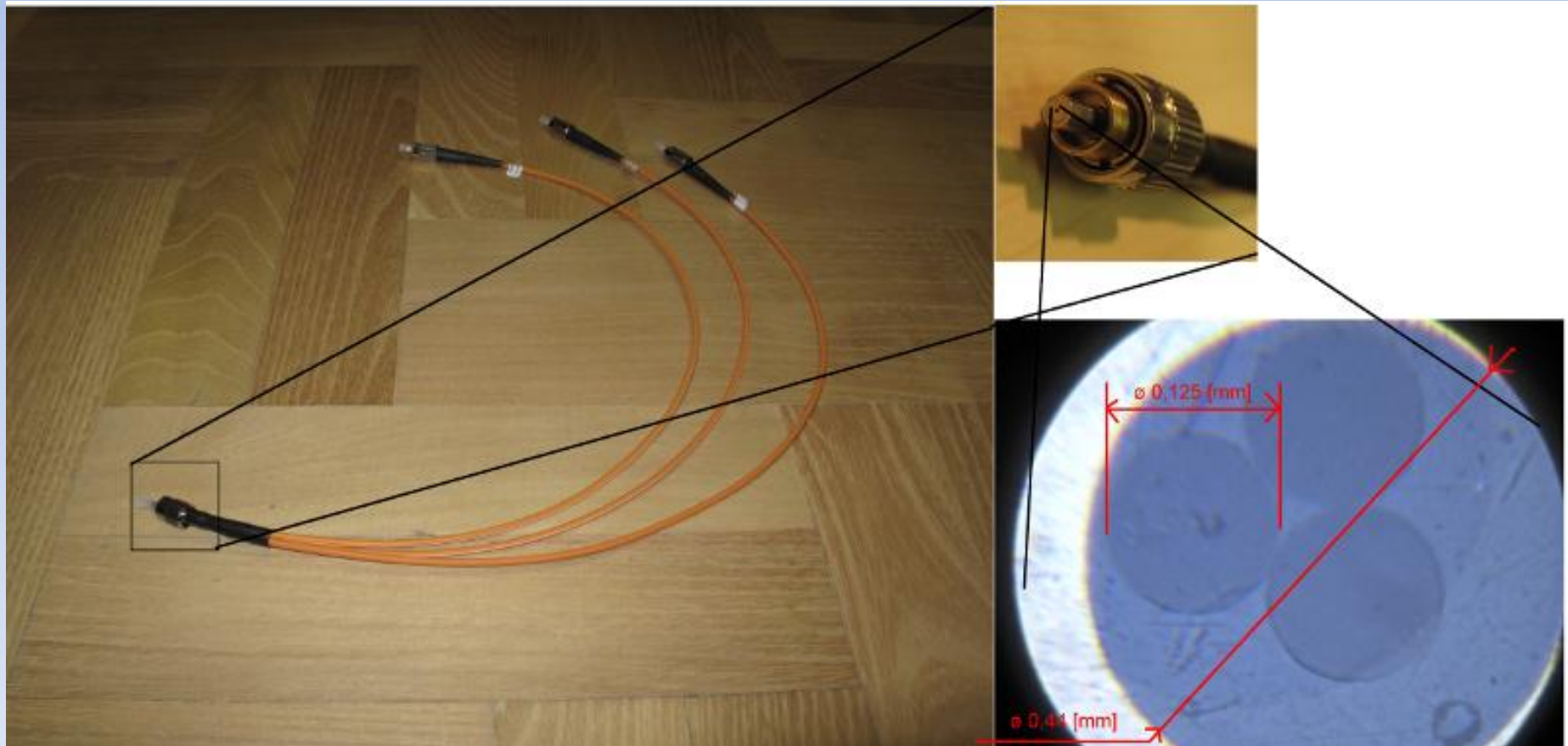
Fényforrások

Lézeres megvilágítás

- Három szálba csatolt lézer, közös csatlakozóban:
 - Kék 406nm
 - Zöld 532nm
 - Piros 650nm
- Szálak közel vannak egymáshoz, távoli megvilágítás esetén pontforrásnak felelnek meg.

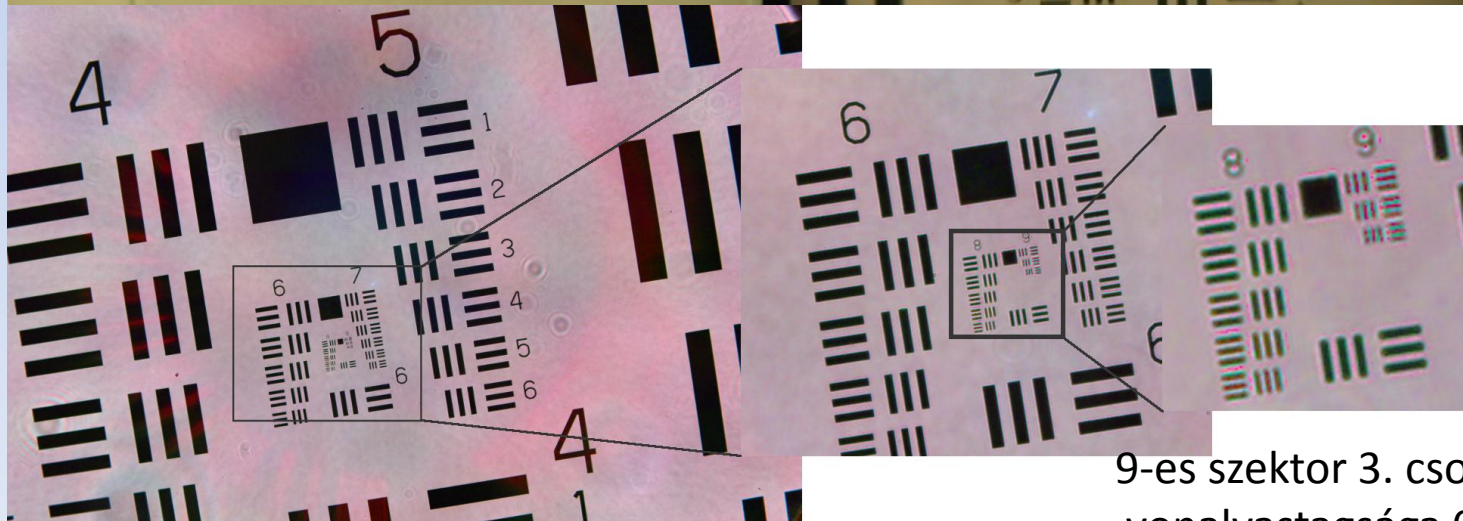
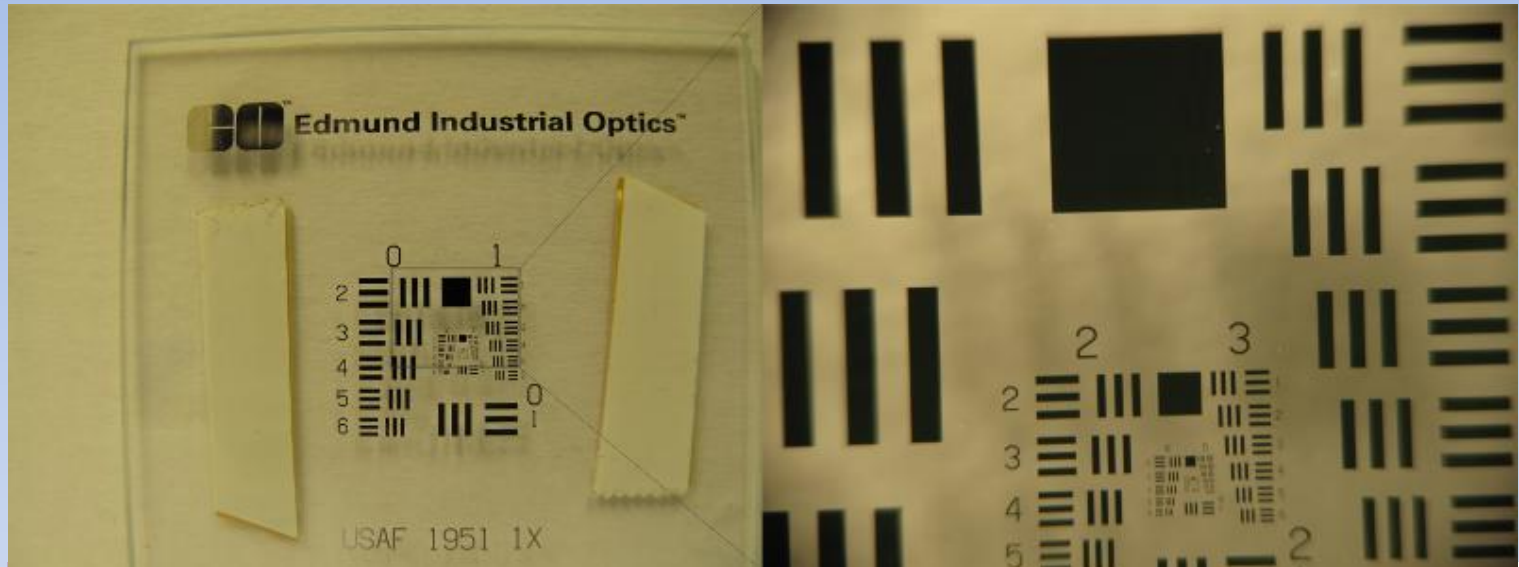
Fényforrások

Lézeres megvilágítás



Tesztárgy

USAF 1951



9-es szektor 3. csoportjának
vonalvastagsága $0,78\mu\text{m}$.

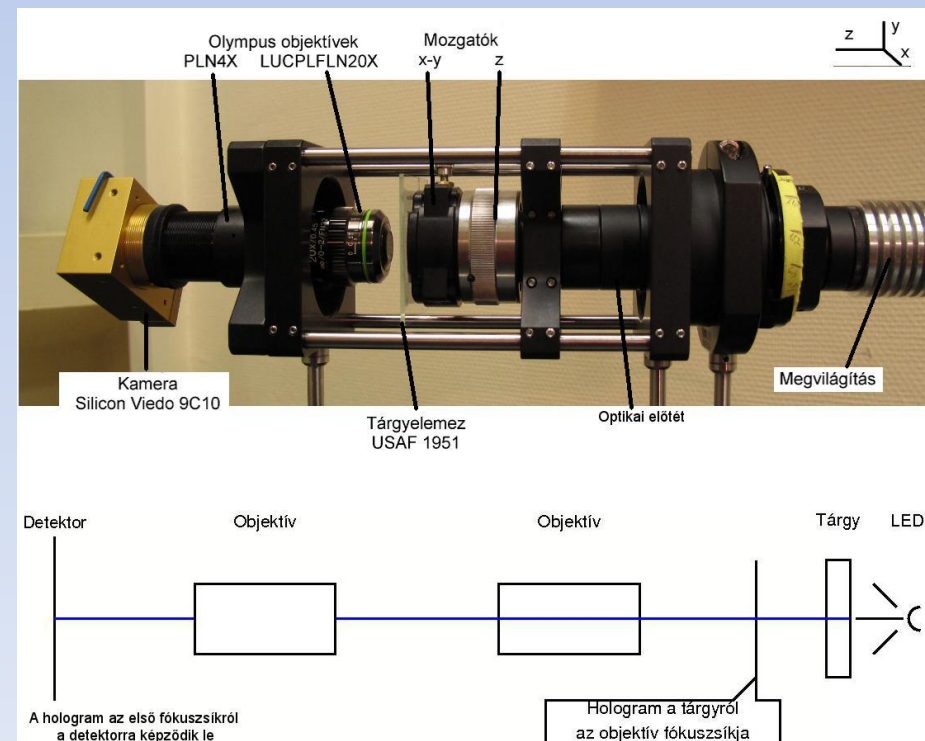
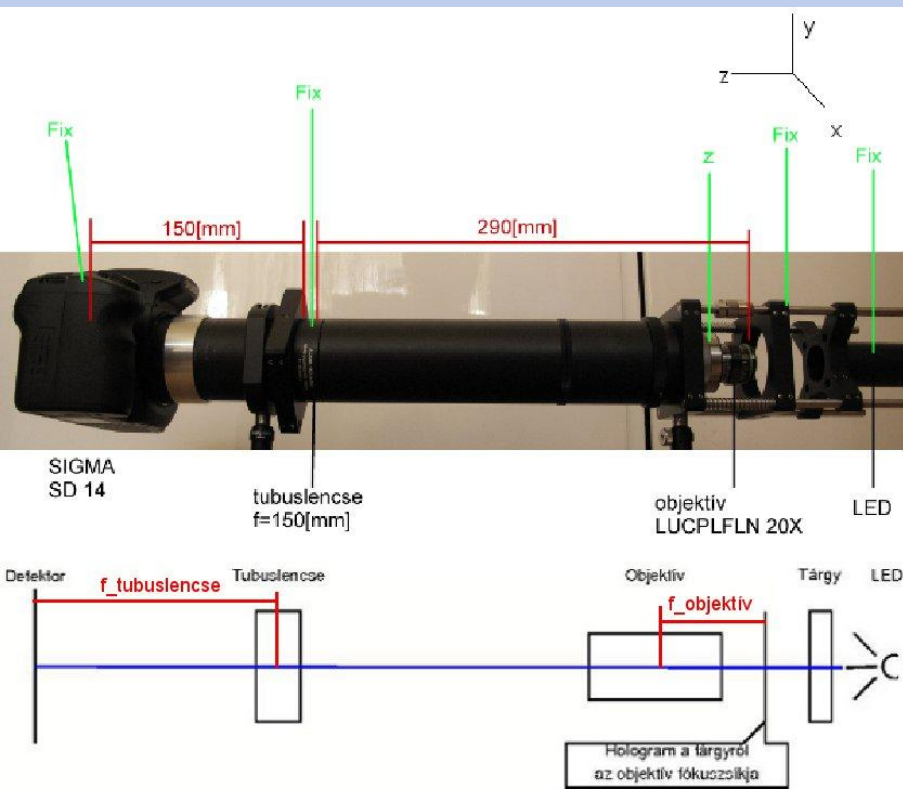
A mikroszkóp

- Több elrendezés, különböző nagyítások

Objektív és lencse

Objektív és objektív

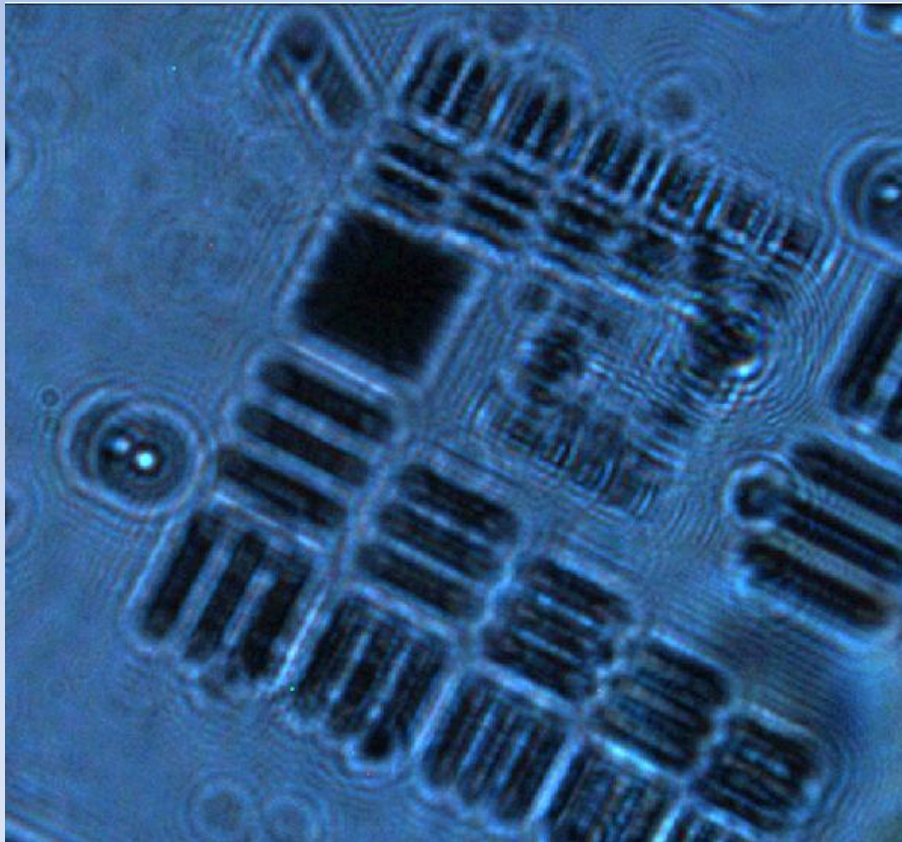
alkalmazása



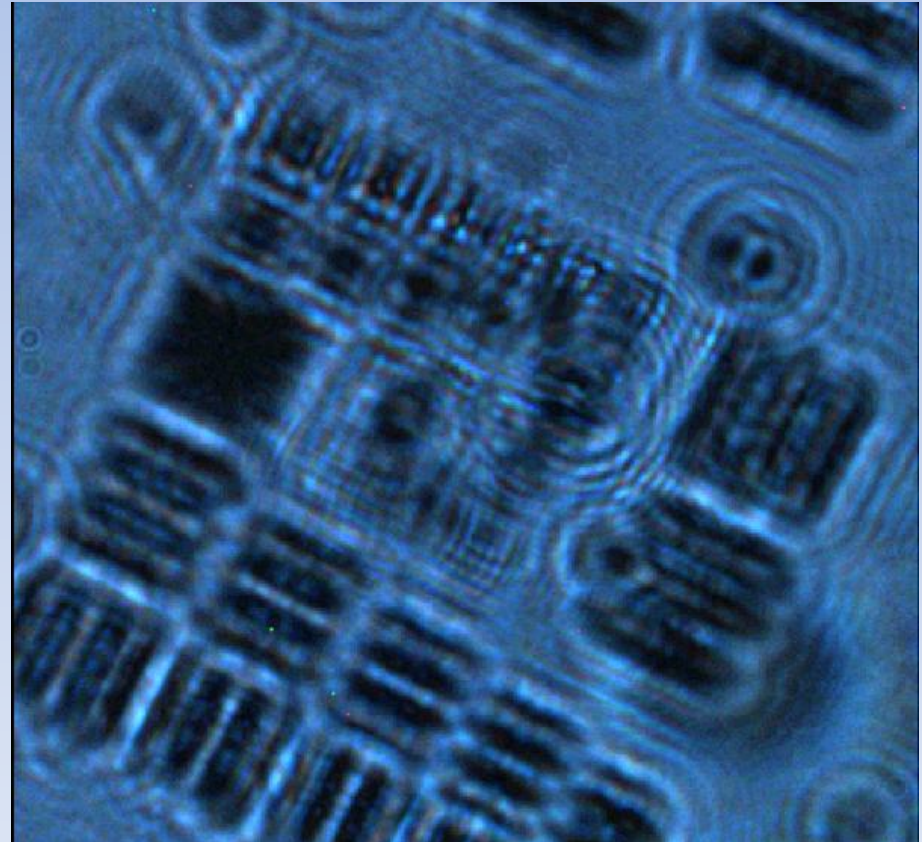
Eredmények

Hologramok és rekonstrukciók összehasonlítása

LED-es hologram 125 μm -re a
fókuszsíktól



LED-es hologram 250 μm -re a
fókuszsíktól

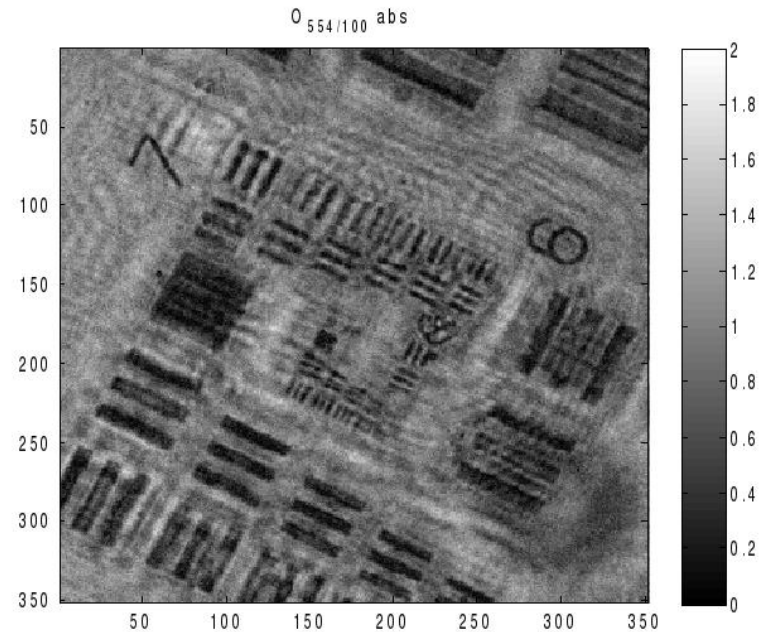
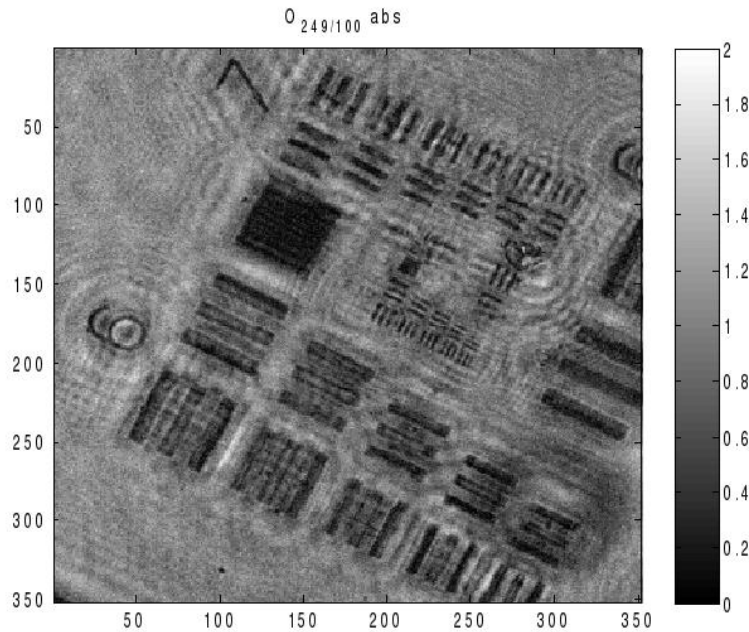


Eredmények

Hologramok és rekonstrukciók összehasonlítása

LED-es hologram rekonstrukciója
(125 μm -re a fókuszsíktól készült)

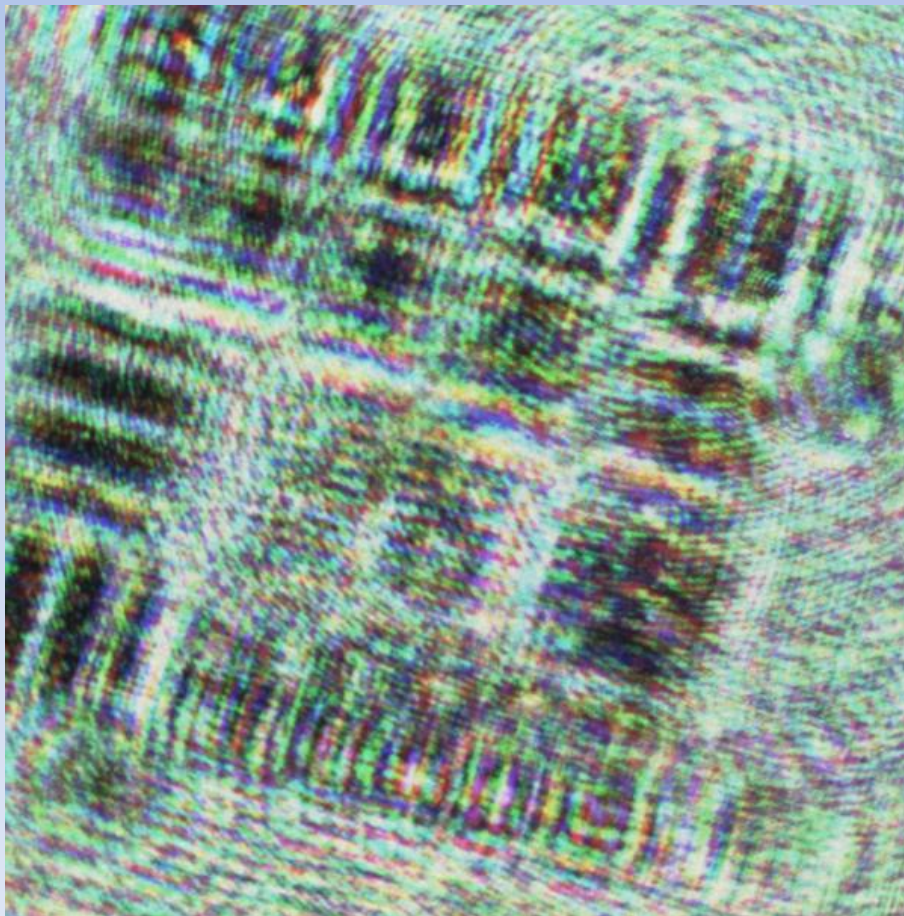
LED-es hologram rekonstrukciója
(250 μm -re a fókuszsíktól készült)



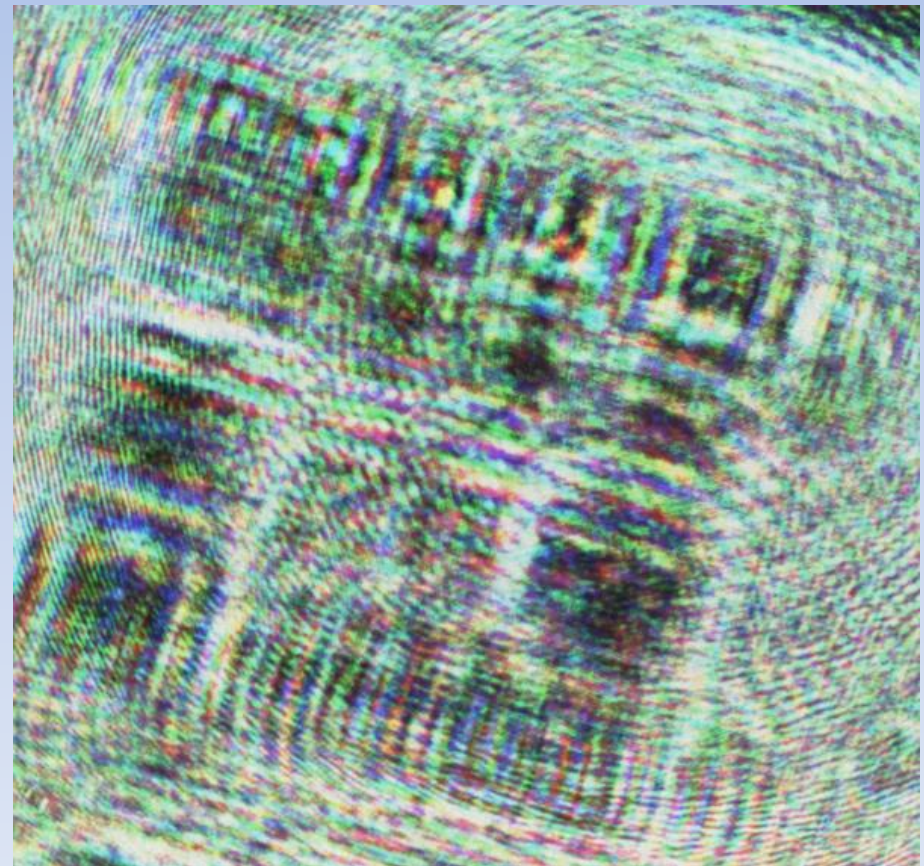
Eredmények

Hologramok és rekonstrukciók összehasonlítása

Lézeres hologram 480 μm -re a
fókuszsíktól



Lézeres hologram 760 μm -re a
fókuszsíktól

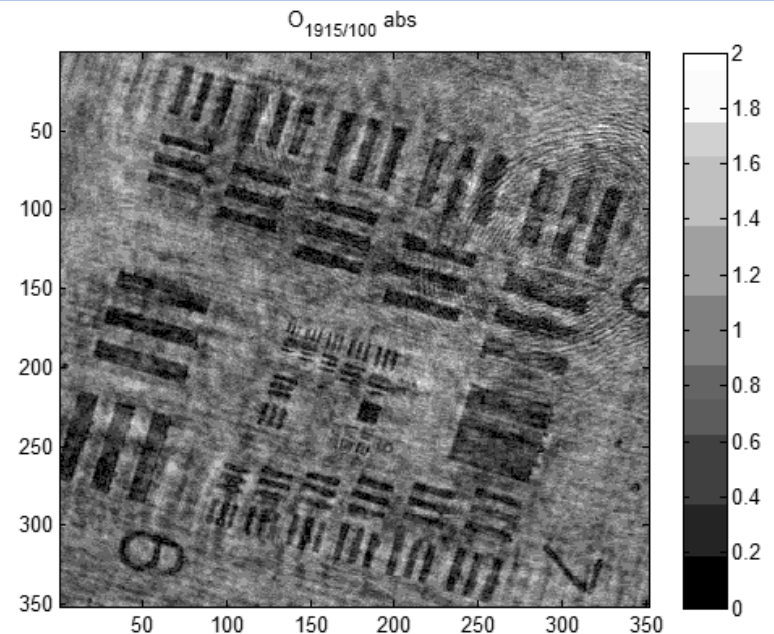
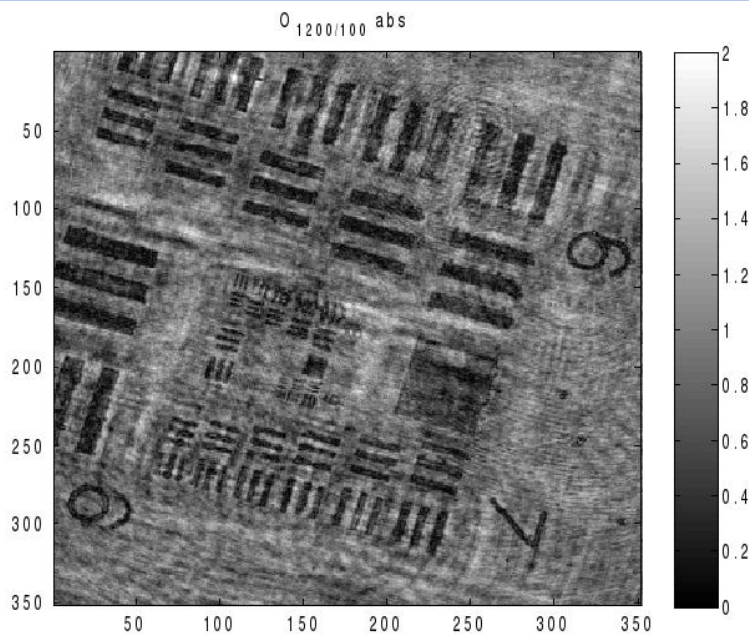


Eredmények

Hologramok és rekonstrukciók összehasonlítása

Lézeres hologram rekonstrukciója
(480 μm -re a fókuszsíktól készült)

Lézeres hologram rekonstrukciója
(760 μm -re a fókuszsíktól készült)



Eredmények

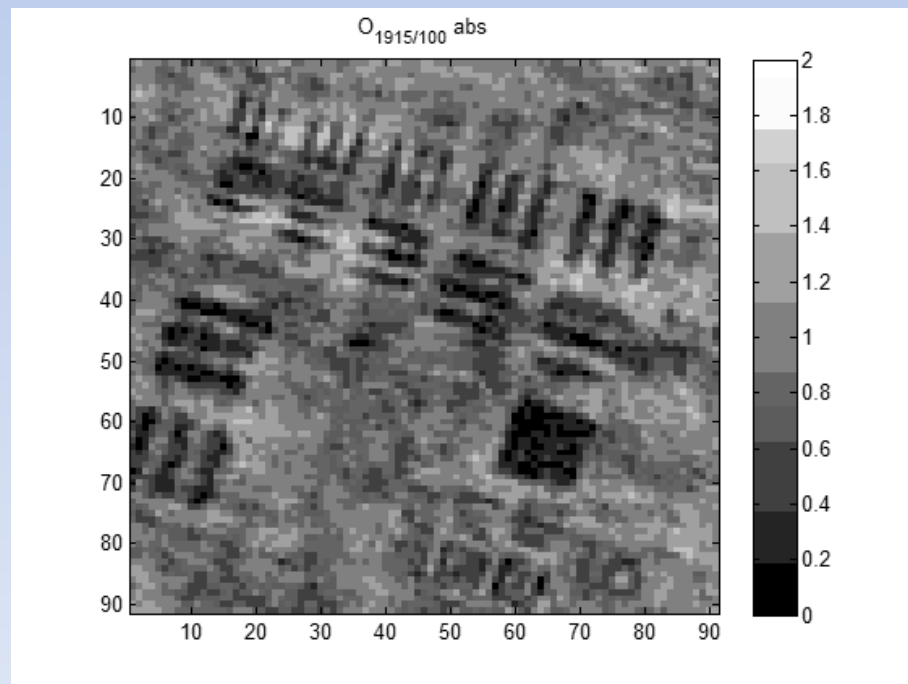
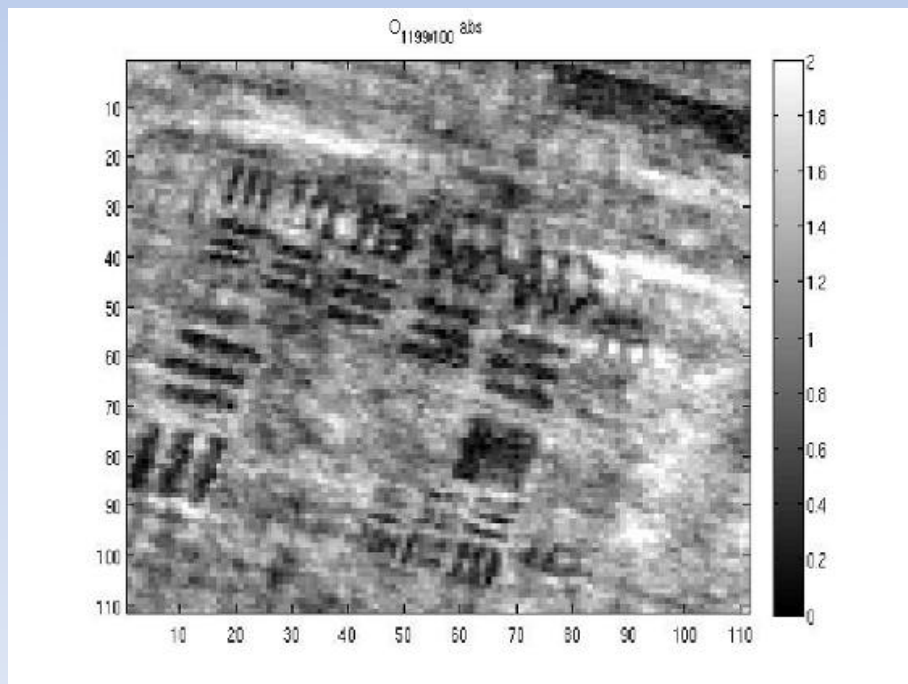
Hologramok és rekonstrukciók összehasonlítása

Lézeres hologram rekonstrukciója
(480 μ m-re a fókuszsíktól készült)

8-9 szektor

Lézeres hologram rekonstrukciója
(760 μ m-re a fókuszsíktól készült)

8-9 szektor



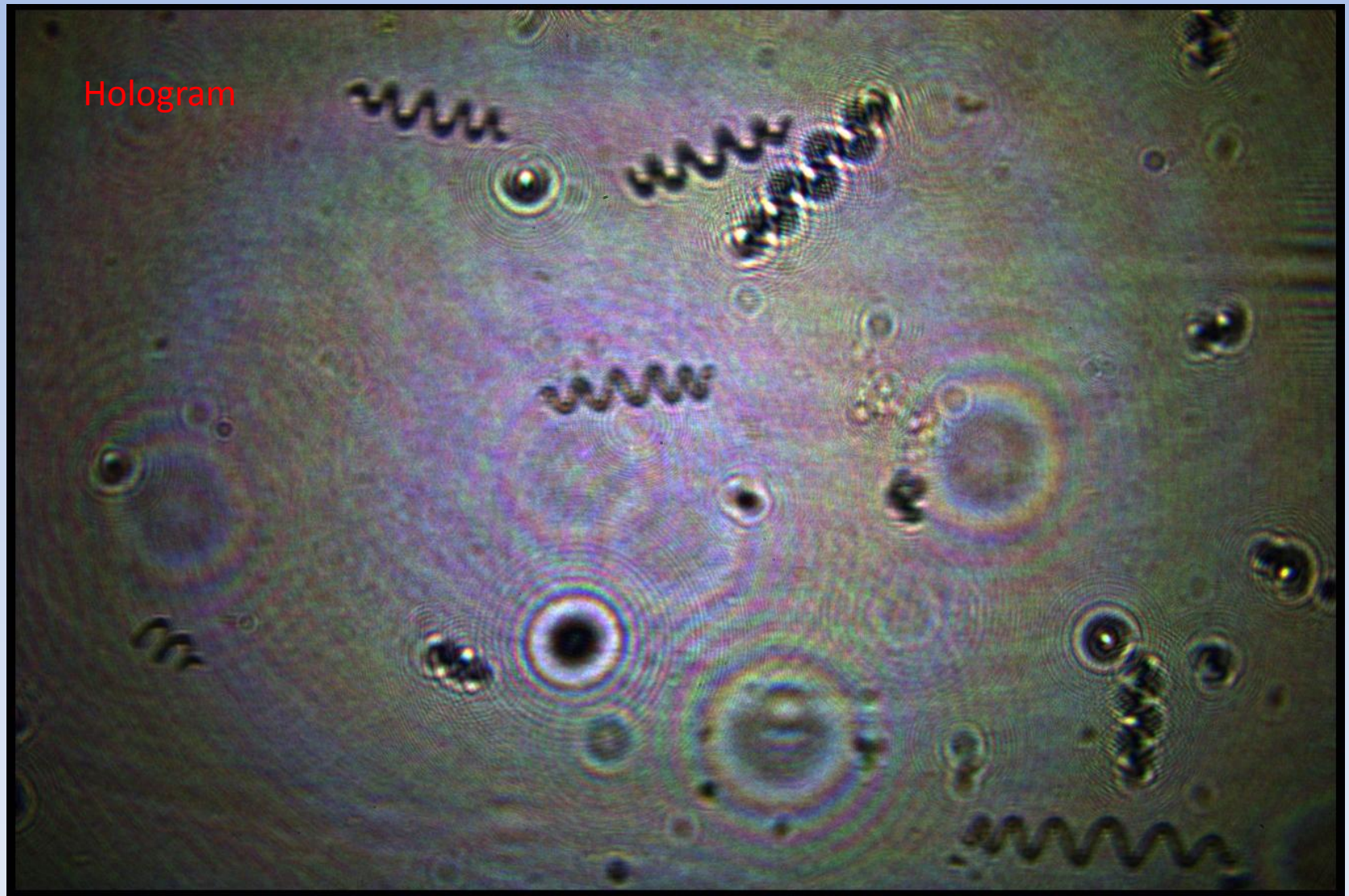
Konklúzió

Az egyes fényforrások felhasználhatósága

- LED-es megvilágítás
 - Rövidebb koherenciahossz, kisebb rekonstruálható mélység ($\sim 100\mu\text{m}$) – várható volt
 - Szemcsementesebb kép
- Lézeres megvilágítás
 - Nagyobb koherenciahossz, nagyobb rekonstruálható mélység ($\sim 1\text{mm}$)
 - Szemcsés kép

Konklúzió

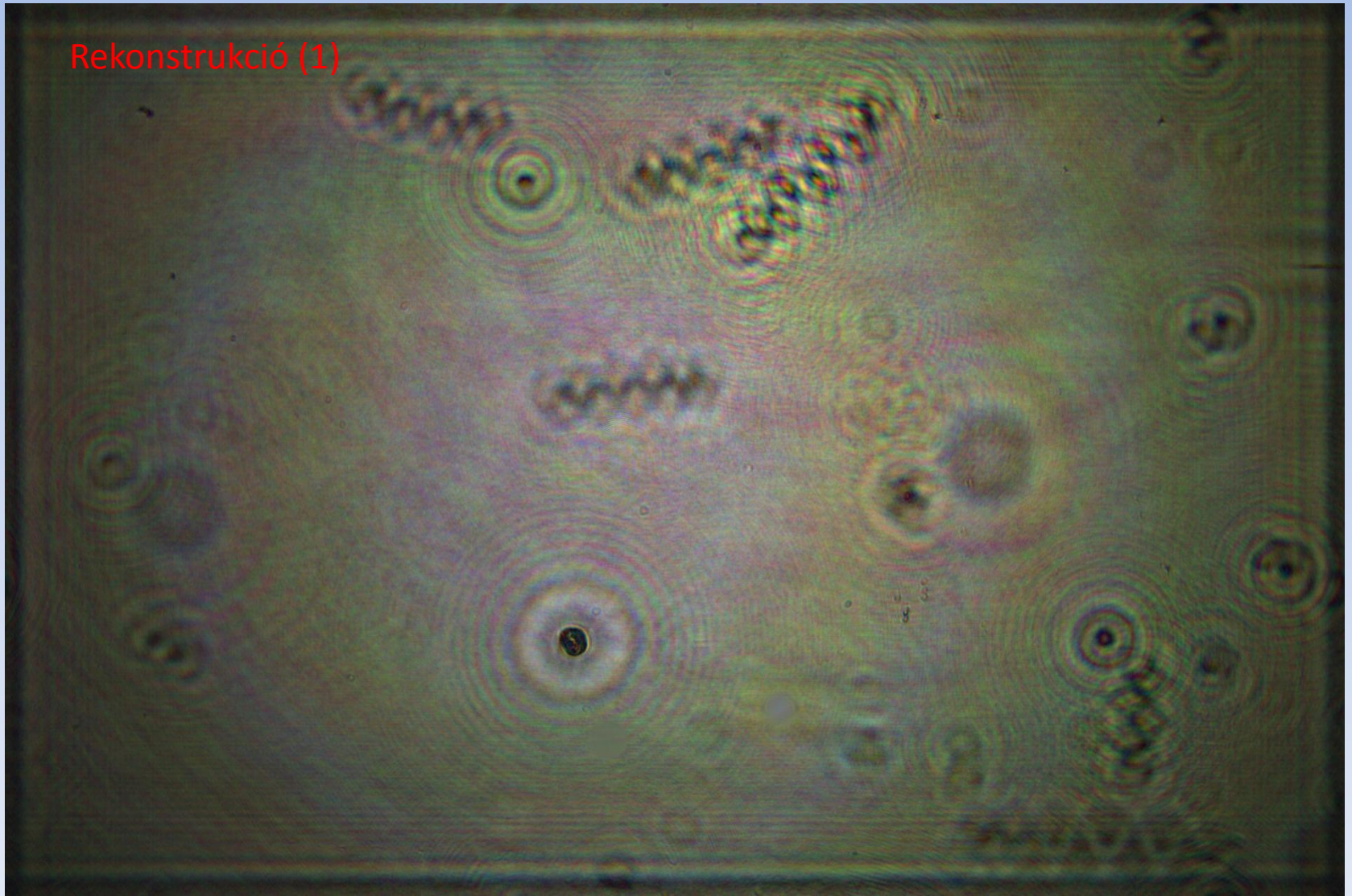
Példa a lézeres fényforrás felhasználhatósága



Konklúzió

Példa a lézeres fényforrás felhasználhatósága

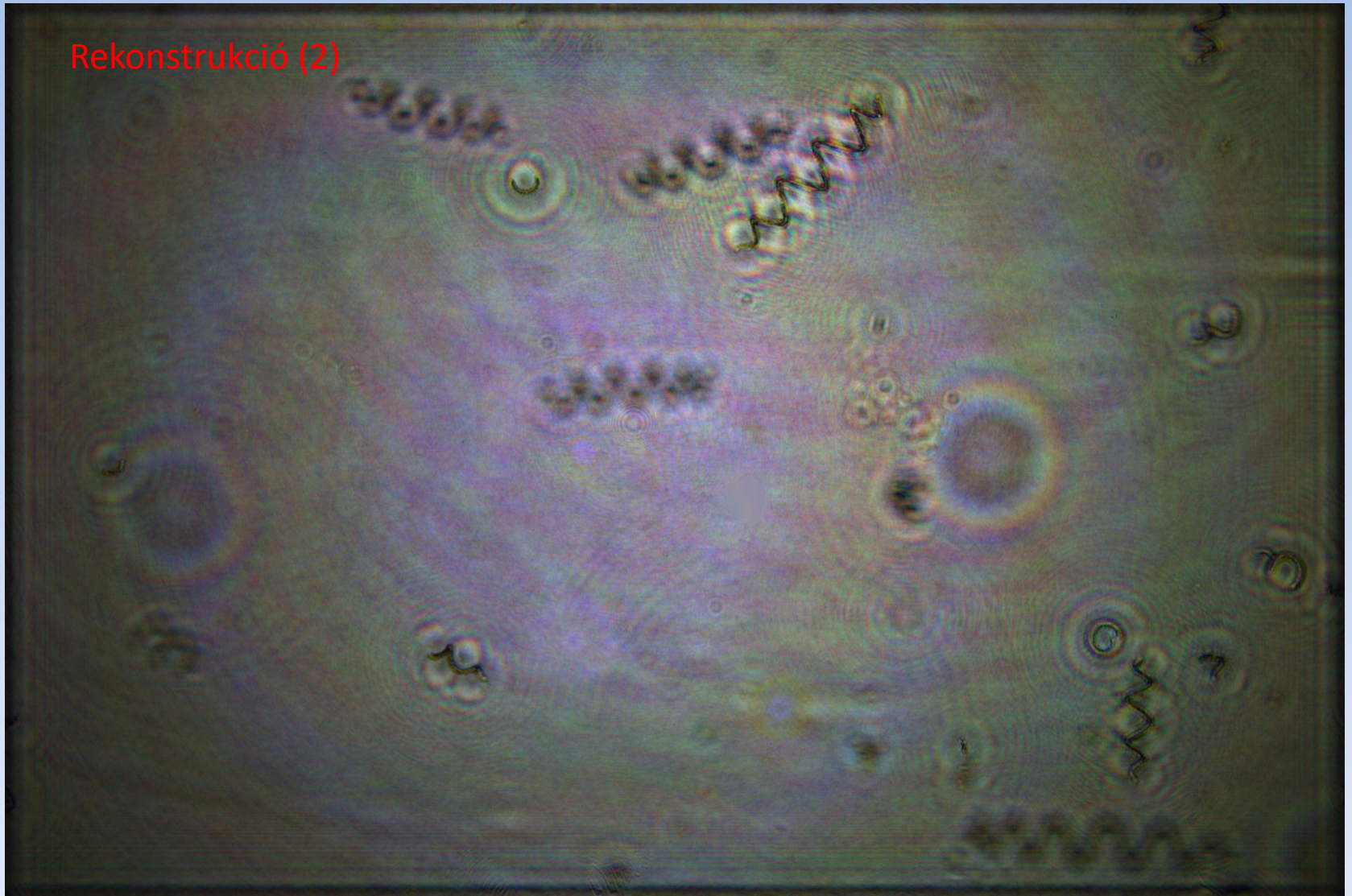
Rekonstrukció (1)



Konklúzió

Példa a lézeres fényforrás felhasználhatósága

Rekonstrukció (2)



Összegzés

- A rekonstrukció felbontása μm alatti
- Mi specifikációnknak a lézer felel meg
- Kis térfogat esetén LED használható, szebb képet ad

Köszönöm a figyelmet!