

1. Bevezetés

A lézerek alkalmazásának egyik legizgalmasabb, leglátványosabb területe a holográfia. A pénzek hologramcsíkjaitól és más holografikus védjegyektől a művészi hologramkiállításokon át a tudományos alkalmazásokig sok helyen találkozhatunk vele. Az emberek többségének nagy élményt jelent, hogy a fény valami megfoghatatlan test térbeli képét rajzolja a szemük elé.

A holográfia olyan képrögzítő eljárás, amellyel a tárgyról tökéletes térhatású, vagyis háromdimenziós kép hozható létre. A hagyományos fényképezés során a tárgy képét lencserendszerrel képezzük le a film síkjára, és így a filmen a tárgyról kiinduló fény intenzitásának megfelelően az egyes pontokban feketedés jön létre. Ennek az eljárásnak a során azonban - mivel a feketedés mértéke csak a fény erősségétől (vagyis amplitúdójától) függ, és független a fényhullám másik jellemzőjétől, a fázistól -, minden információ, amit a fázis hordoz (s ami a hullám rezgésállapotára jellemző), elvesz. A tárgynak minden egyes pontja ugyanabba a síkba képződik le, a kép kétdimenziós lesz. A holográfia lényege éppen ennek a hiányosságnak a kiküszöbölése: a hologramon - voltaképpen egy sík lemezen - az intenzitás mellett a hullám fázisát is sikerül rögzíteni, így lehetségessé válik a teljes információ felvétele és tárolása. (Innen ered a holográfia elnevezés is: görögül a „holosz” teljést, a „grapho” pedig írást jelent.)

Az eljárás ötletét Gábor Dénes magyar származású tudós vetette fel és dolgozta ki 1947-ben. Bár az elmélet jó volt, az első hologram elkészítésére csak 1961-ben kerülhetett sor, mert addig - a lézer megjelenéséig - nem állt rendelkezésre olyan fényforrás, amely az interferencia előállításához szükséges koherenciát biztosítani tudta volna. Gábor Dénes munkáját 1971-ben Nobel-díjjal ismerték el.

A mérés elméleti alapjainak leírása megtalálható [1]-ben megtalálható, rövid összefoglalót olvashatunk [2]-ben.

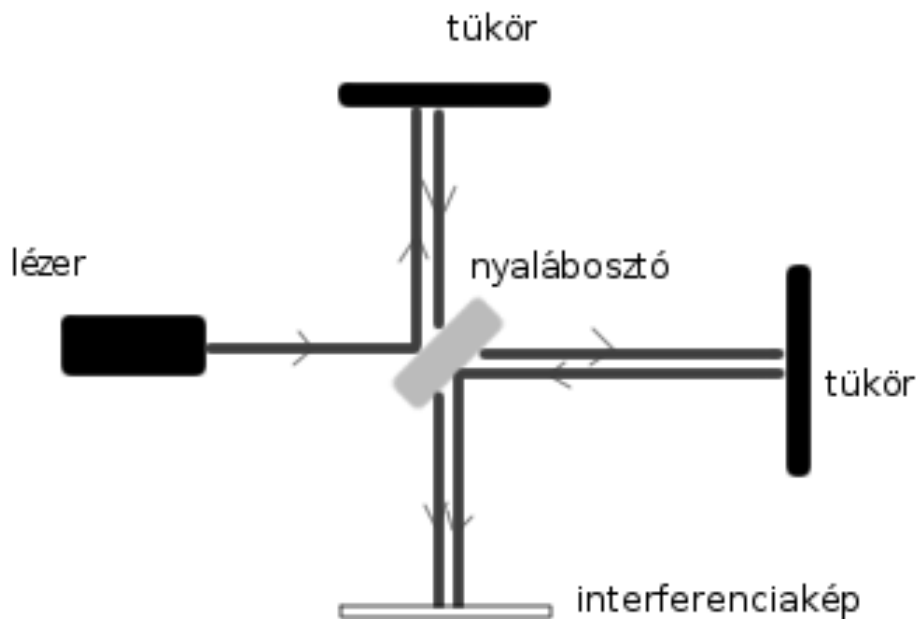
2. Mérési eszközök

A mérés során a következő eszközöket használtuk:

- 2 mW névleges teljesítményű *He – Ne* lézer, térfrekvencia-szűrő a nyaláb egyenletesebbé tételéhez,
- 0 – 1 s-ig állítható exponáló zárszerkezet,
- féligáteresztő tükör,
- hagyományos tükrök,
- szűrők, melyek tizedére és harmadára csökkentik az intenzitást,
- kb. 10x6 cm-es fotolemez, amelynek színérzékenysége: 600 – 700 nm-nél maximális, 480 nm-nél (zöld) minimális,
- előhívó és rögzítő vegyszerek,
- Szilvi híres gyurmaelefántja és a mi általunk készített gyurmadinó.

3. Rezgésmentesség vizsgálata

Mivel az expozíció hosszú ideig tart, ezért ahhoz, hogy hologramot készíthessünk szükség van a rezgésmentesség vizsgálatára, így kerüljük el az elmosódottságot. Ahhoz, hogy az elrendezést jó közelítéssel rezgésmentesnek tekinthessük arra van szükség, hogy az interferencia mintázatának maximum és minimum helyei közötti távolság negyedénél ne legyen nagyobb a bizonytalanság. Ha az optikai úthosszakat $\frac{\lambda}{8}$ pontossáig rögzítetten tartjuk, akkor ez elégséges feltétel. A vizsgálatot Michelson-féle interferométerrel végeztük. A kezdeti - a tükör feszítettségéből adódó - tranziens rezgések lecsengése után a távoli ernyőn megfelelően stabil mintázatot találtunk. A zavaró tényezők hatását ezen az elrendezésen vizsgáltuk. A vizsgálat eredménye az, hogy mind a beszéd, mind az asztal megnyomása eltorzítja az interferenciaképet. Úgy találtuk, hogy akár a kiáltásnál is nagyobb zavart okozhat egy egyszerű lépés az elrendezés közelében, így különösen ügyelni kellett arra, hogy ne járjunk az expozíció ideje alatt. Természetesen egy-egy hologram készítése közben megengedhető, hogy néhány tizedmásodpercre szétessen az interferenciakép, ez nem okoz látható hibát.



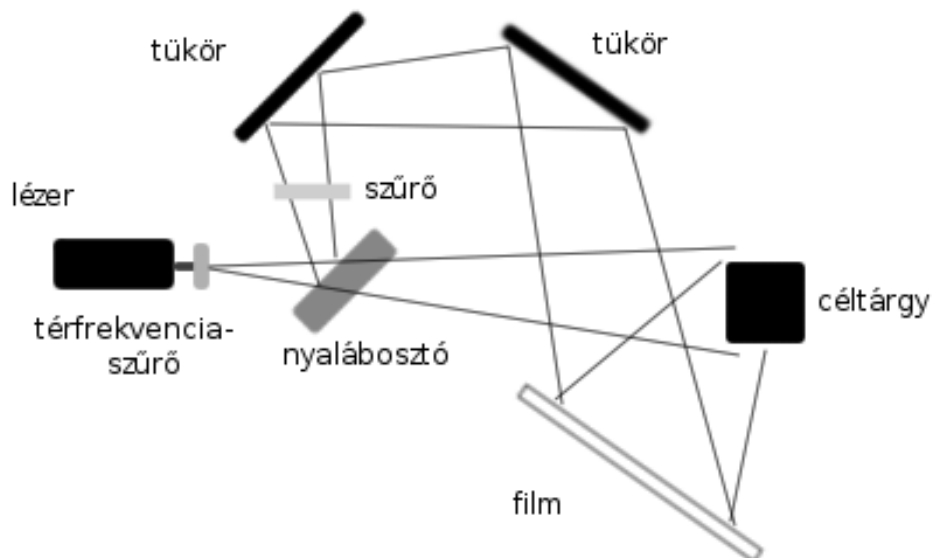
1. ábra. Michelson-féle inhterferométer

4. A legegyszerűbb mérési elrendezés, az elefántos hologram

A $He - Ne$ lézer fényét, amelyet a térfrekvencia szűrő tett irány szerint egyenletesebbé, miután áthaladt az exponáló zárszerkezeten a féligáteresztő tükör segítségével kettéosztottuk. A referencianyaláb intenzitását a 30%-os szűrő segítségével csökkentettük. A referencianyaláb két tükrön visszaverődve jutott el a fotolemezhez, míg a nyaláb másik része közvetlenül a tárgyra jutott, amelyről szóródva kialakult az interferenciakép a fotolemez helyén. A tükrök finombeállításával egyszerűen el tudtuk érni az 1 : 4 intenzitásarányt, amely a fotolemezhez van optimalizálva.

A 105 s-osra tervezett expozíciós idő után a filmet az előhívó folyadékban mostuk át, a feketedést a szintén a fotolemezhez optimalizált zöld fényben a 30%-os szűrővel összehasonlítva követtük nyomon. Amikor elértük a kívánt feketedést, az előhívót lemostuk, majd a stop-fixírben vártuk a kifehéredést. Ezután gondosan átmostuk folyóvíz alatt, majd megszárogattuk az előhívott filmet. Ekkor már az ajtót is résre nyithattuk.

Megítélésünk szerint nagyon jó hologramot készítettünk. Szilvi elefántja a nemes ormány miatt eléggé térbeli objektumnak tekinthető, a hologramon nagyon jól követhető, ahogy először az egyik majd a másik fekete gombszemlet takarja el az ormány. Az elefánt farkát, amelyet Máté biggyesztett rá azonban nem sikerült leképezni. Ennek legfőbb oka az lehet, hogy túl kicsiny felületét használtuk ki a filmnek, a referencia-nyaláb eléggé inhomogénean világította meg a fotolemezt. Ezért új leképezéssel próbálkoztunk.

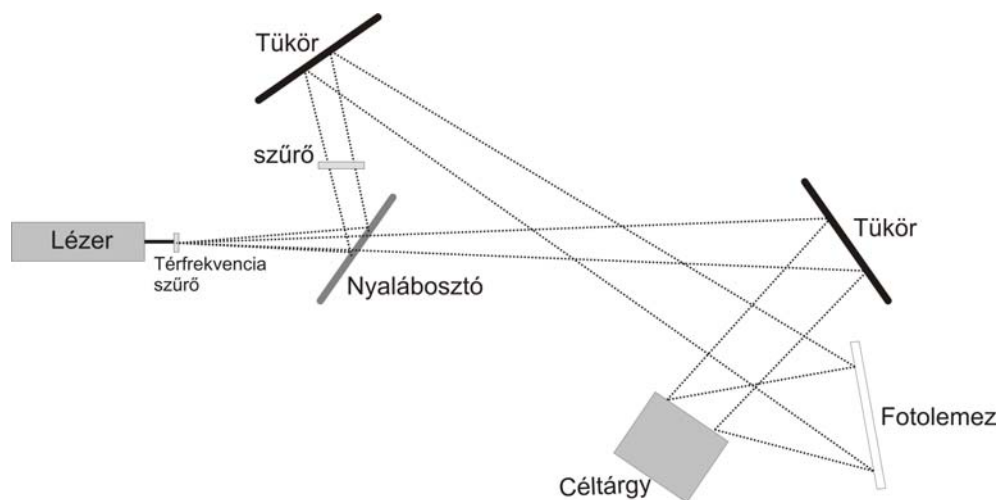


2. ábra. Az elefántos hologram

5. Egy bonyolultabb mérési elrendezés, a dinós hologramok

Tárgyunk ezúttal egy dinó lett, amelyet a folyosón készítettünk el, fehér gyurmából. Ő is eléggé térbeli alakzatnak számít, hosszú farkával, és a nyakon elforduló vérszomjas fejjel. Az elrendezést a koherenciahossz figyelembevételével alakítottuk ki. Arra kellett odafigyelnünk, hogy a referencianyaláb ne szóródjék a tárgyon, valamint, hogy a tükrözés ellenére elég erős nyaláb jusson a dinóra. A helyes intenzitásarányt, amelyet szemünk 1 : 2 arányának kell hogy érzékeljen a 10%-os szűrővel gondoltuk elérni, és abban is hibáztunk, hogy a fotolemezt túl messze helyeztük el a tárgytól. Így hiába exponáltunk 140 s-ig, ez kevésnek bizonyult, az előhívás során sokáig arra gyanakodtunk, hogy fordítva helyeztük be a fotolemezt, de végül az ellenőrzésnél felbukkant a dinó feje, ám inkább látszott egy gyámoltalan kisállatnak, mint vérszomjas ragadozónak (úgy elmosódott). (Az ábránkhöz képest a mérési elrendezés a felső tükör jobbra mozdításával nyerhető, valamint az ernyőt is kicsit messzebb állítottuk.)

Az elrendezésen az optikai úthosszkülönbség kiegyenlítésével és a fotolemez közelebbvitelével segítettünk. Ezúttal a hologramról sajnos lemaradt a dinónk feje, ám végre sikerült kihasználnunk a film egy jelentős hányadát.



3. ábra. A dinós hologram

Azt a következtetést vonhatjuk le, hogy az elefántos hologramnál sikerült a legszebb képet elérnünk, míg a bonyolultabb elrendezéssel ugyan kihasználtuk a film egy nagy területét, ám nem sikerült tökéletesre a leképezés, ehhez nem voltunk elég ügyesek.

Hivatkozások

- [1] *Modern fizikai laboratórium*
- [2] *Budó-Mátrai: Kísérleti fizika III.*
- [3] *<http://www.mozaik.info.hu/MozaWEB/Feny>*
- [4] *Kempelen Farkas Hallgatói Információs Központ - <http://www.hik.hu/>*