

UKRAJNA OKTATÁSI ÉS TUDOMÁNYOS MINISZTERIUMA
ÁLLAMI FELSŐOKTATÁSI INTÉZMÉNY
„UNGVÁRI NEMZETI EGYETEM”
UKRÁN-MAGYAR OKTATÁSI-TUDOMÁNYOS INTÉZET
FIZIKA ÉS MATEMATIKA TANSZÉK

Petki Katalin, Sáfrányos Miroszláv, Turóci-Sütő Jolán

Laboratóriumi munkák optikából

Módszertani segédeszköz az Ungvári Nemzeti Egyetem
második évfolyamos fizika szakos hallgatói részére

Ungvár
2023

УДК 53(07)
ББК 22.3я73
K56

Petki Katalin, Sáfrányos Miroszláv, Turóci-Sütő Jolán. Laboratóriumi munkák optikából (Szak: „Fizika”). – Ungvár, 2023. – 58 old.

Recenzensek:

Prof. Mikla Viktor, a fizika és matematika tudományok doktora, Fizika és Matematika Tanszék

dr. Szuhovija Mária, a szilárdtest elektronika és információbiztonság tanszék docense

Kiadását ajánlotta:

- a Fizika és Matematika Tanszék (2023. június 23-i ülésén, 11. sz. jegyzőkönyv)
- az Ukrán-Magyar Oktatási-Tudományos Intézet Módszertani Bizottsága (2023. június 27-i ülésén, 2. sz. jegyzőkönyv)
- az Ukrán-Magyar Oktatási-Tudományos Intézet Tudományoss Tanácsa (2023. június 30-i ülésén, 10. sz. jegyzőkönyv)

© Petki Katalin, Sáfrányos Miroszláv, Turóci-Sütő Jolán
©Ungvári Nemzeti Egyetem, 2023.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ УЖГОРОДСЬКИЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНСЬКО-УГОРСЬКИЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
КАФЕДРА ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН

**Петкі Катерина Петрівна, Шафраньош Мирослав Іванович,
Туровці-Шютев Йолана Менґертівна**

Лабораторні роботи з оптики

Методичні розробки для студентів другого курсу спеціальності 6. 014.08
Середня освіта. Фізика

Ужгород
2023

УДК 53(07)
ББК 22.3я73
К56

Петкі К.П., Шафраньош М.І., Туровці-Шютев Й.М. Лабораторні роботи з оптики. / Методичні розробки для студентів другого курсу спеціальності 6.014.08 Середня освіта. Фізика. – Ужгород, 2023 – 58 ст.

Рецензенти:

Мікла В.І., доктор фізико-математичних наук, професор кафедри фізико-математичних дисциплін Українсько-угорського навчально-наукового інституту «УжНУ».

Суховія М.І., доцент кафедри твердотільної електроніки та інформаційної безпеки Фізичного факультету «УжНУ».

Рекомендовано до друку Кафедрою фізико-математичних дисциплін Українсько-угорського навчально-наукового інституту ДВНЗ «УжНУ» (протокол № 11 від 23 червня 2023 року).

Рекомендовано до друку Методичною комісією Українсько-угорського навчально-наукового інституту ДВНЗ «УжНУ» (протокол № 2 від 27 червня 2023 року).

Рекомендовано до друку Вченою радою Українсько-угорського навчально-наукового інституту ДВНЗ «УжНУ» (протокол № 10 від 30 червня 2023 року).

© Петкі К.П., Шафраньош М.І., Туровці-Шютев Й.М.
©Ужгородський Національний Університет, 2023.

Tartalom

Előszó	6
1. számú laboratóriumi munka <i>A lencse fókusz távolságának meghatározása különböző módszerek segítségével.....</i>	7
2. számú laboratóriumi munka <i>A monokromátor kalibrálása. A gázok sugárzási spektrumának tanulmányozása és elemzése spektroszkóp segítségével.....</i>	12
3. számú laboratóriumi munka <i>A fotoeffektus alapvető törvényeinek tanulmányozása.....</i>	15
4. számú laboratóriumi munka <i>A mikroszkóp tanulmányozása és lineáris nagyításának meghatározása.....</i>	20
5. számú laboratóriumi munka <i>A fény polarizációjának tanulmányozása. A Brewster-szög meghatározása.....</i>	24
6. számú laboratóriumi munka <i>A lencse görbületi sugarának és a fény hullámhosszának meghatározása a Newton-gyűrűk segítségével.....</i>	27
7. számú laboratóriumi munka <i>A diffrakció jelenségének tanulmányozása.....</i>	30
8. számú laboratóriumi munka <i>Az optikai szál hajlítása által okozott csillapítás meghatározása.....</i>	33
9. számú laboratóriumi munka <i>Az optikai szál vizsgálata dinamométer segítségével.....</i>	39
10. számú laboratóriumi munka <i>Az átviteli érzékelő működési elvének tanulmányozása.....</i>	45
11. számú laboratóriumi munka <i>Hangjel továbbítása optikai kábel segítségével.....</i>	51
Irodalomjegyzék	56

Előszó

A módszertani segédlet az „Optika” című tantárgy laboratóriumi munkáinak elméleti alapjait tartalmazza. A fő figyelmet a törvényszerűségek és jelenségek tanulmányozására, a fizikai mennyiségek meghatározásának módszereire és elveire, valamint a laboratóriumi munkák elvégzésének technikájára fordítják.

A laboratóriumi munkák optikából célja a hallgatók elméleti ismereteinek elmélyítése, a lézerfizika egyes kérdéseinek, fejezeteinek részletes tanulmányozásának elősegítése, a kísérleti berendezések és kutatási módszerek megismertetése, a fizikai mennyiségek helyes mérésének ismeretete, a kapott eredmények feldolgozása, valamint a fő hibaforrások és értékelésük módszereinek elemzése.

A segédlet tizenegy laboratóriumi munkát tartalmaz. A munkák kiválasztása úgy történt, hogy a hallgatók kísérleti úton reprodukálhassák a tantárgyban vizsgált jelenségek nagy részét, és a gyakorlatban ellenőrizhessék az ezekből adódó fizikai törvényszerűségeket és következményeket.

Minden laboratóriumi munka elején megfogalmazódik a munka célja, amely lehetővé teszi, hogy megtudjuk, mi a legfontosabb ebben a munkában. Ezután a munka elvégzéséhez elengedhetetlen eszközök, illetve azok az elméleti kérdések felsorolása következik, amelyek szükségesek a laboratóriumi munka elvégzéséhez.

A munka egy kiterjesztett elméleti résszel egészül ki, amelyben a vizsgált jelenségeket és azok főbb jellemzőit tekinthetjük át. A tantárgyból származó tudást és információkat a kísérleti feladatokhoz kapcsolódó további kérdések egészítik ki és mélyítik el. Ez a szemlélet egyrészt lehetővé teszi a hallgatók számára, hogy egyetlen forrásban összegyűjtött elméleti anyagot használjanak, másrészt hozzájárul az ismeretek elmélyítéséhez, rendszerezéséhez.

Az elméleti ismeretek és a kísérleti berendezés leírása után a közvetlen mérések során a munka menetét szabályozó feladatok kerülnek feltüntetésre. A leírás végén minden munkához mellékletként az ellenőrző kérdések listáját és az ajánlott irodalomjegyzéket láthatjuk.

Minden egyes munka végrehajtásáról részletes forgatókönyv készül. A szerzők felhívják a figyelmet a fő hibaforrások elemzésére, figyelembevételezésük módszereire és a végeredményre gyakorolt hatás csökkentésére.

Megjegyzendő, hogy a fő hibaforrások elemzése, mérlegelésük módszerei, és a végeredményre gyakorolt hatás csökkentése a hallgatók előtt már ismertek, ezért csak a laboratóriumi munkavégzés során kell azokat ügyesen alkalmazni.

1. számú laboratóriumi munka

Téma: A lencse fókusz távolságának meghatározása különböző módszerek segítségével

A munka célja: Megismerkedni a különböző típusú lencsékkel, azok jellemzőivel; a gyűjtő és szórólencsék fókusz távolságának meghatározása.

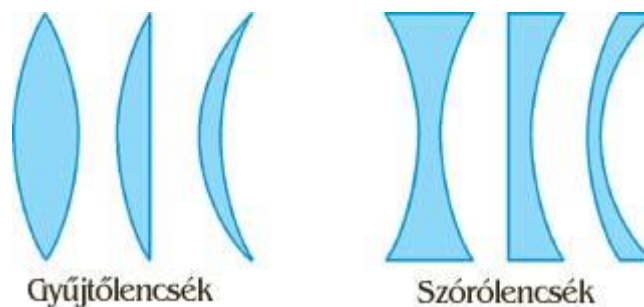
Eszközök: optikai pad, fényforrás, ernyő, gyűjtő és szórólencsék.

Elméleti kérdések, amelyek szükségesek a laboratóriumi munka elvégzéséhez:

1. A geometriai optika, mint a hullámoptika egy típusa. Ferma-elv.
2. A változó törésmutatójú sugár terjedése a közegben.
3. A fénysugár fogalma. Fénytörés szférikus felületen. Abbe módszere. A szférikus felület fókuszai.
4. Optikai kép. Az optikai rendszer kardinális elemei. Vékony lencse. A lencse egyenlete. Vékony lencsék rendszere.

Elméleti tudnivalók

Az optikai lencsék gömbfelületdarabokkal, esetleg egyik oldalán síkkal határolt átlátszó testek. A lencsét két fő csoportra oszthatjuk: gyűjtőlencsék és szórólencsék (lásd 1.1. ábra).



1.1. ábra: A lencsék típusai

Azt az egyenest, amely keresztülhalad a lencse szférikus felületének görbületi középpontján, fő optikai tengelynek nevezzük. Azokat a pontokat, amelyeknél a fő optikai tengely és a szférikus felület metszi egymást, a lencse csúcsainak nevezzük. A lencse csúcsai közötti távolságot a lencse vastagságának nevezzük.

Azokat a lencsét, amelyeknek a vastagsága elhanyagolható a felület görbületi sugarához képest, vékony lencséknek nevezzük. Ezek esetében úgy tartják, hogy a csúcsai egy pontban vannak, amelyet a lencse optikai középpontjának neveznek. Akármelyik fénysugár, amely áthalad a lencse optikai középpontján, nem törik meg.

A lencsét gyűjtőnek nevezzük, ha megtöri a fénysugarakat az optikai tengelyhez, és szórónak, ha eltéríti a sugarakat az optikai tengelytől.

A lencse főfókusz a pont, ahol összegyűlnék a fő optikai tengelyhez párhuzamos sugarak. A lencse optikai középpontjától a fő fókuszig való távolságot a

lencse fő fókusz távolságának nevezzük. Azt a felületet, amely áthalad a fő fókuszon és merőleges a fő optikai tengelyre, a lencse fokális felületének nevezzük. A párhuzamos sugarak nyalábját, amely valamilyen szög alatt esik a fő optikai tengelyre, a fokális felület valamely pontjában fókuszálódik.

Azt a mennyiséget, amely fordítottan arányos a lencse fő fókusz távolságával, a lencse optikai erejének nevezzük, mértékegysége a dioptria. Annak a lencsének, melynek optikai ereje 1 dioptria, a fókusz távolsága 1 méter.

A vékony lencse optikai erejét meghatározhatjuk a következő kifejezés segítségével:

$$D = \frac{1}{f} = \left(\frac{n_l}{n_k} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (1.1)$$

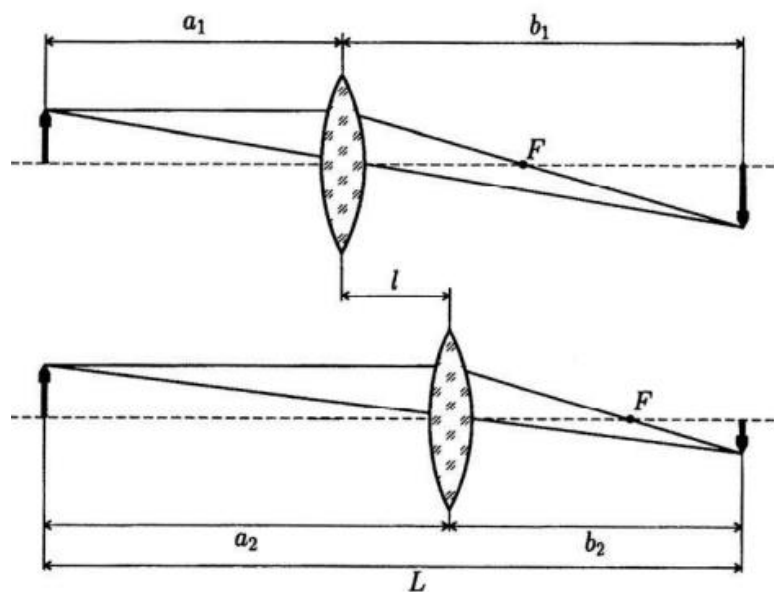
ahol f – a lencse fókusz távolsága, n_l és n_k a lencse és a közeg törésmutatói, R_1 és R_2 – a lencse törési felületeinek görbületi sugarai.

A lencse optikai középpontjától az a tárgyig, valamint a b képig való távolságok a következő kifejezéssel vannak összeköttesben:

$$\frac{l}{f} = -\frac{l}{a} + \frac{l}{b} \quad (1.2)$$

Az (1.1.) és (1.2) képletek használhatóak a gyűjtő és szórólencsék esetében akármilyen távolságra legyen elhelyezve a tárgy és a fókusz. Azonban figyelembe kell venni az a , b , R_1 és R_2 előjeleit. Pozitívak lesznek, ha a lencsétől jobbra vannak elhelyezve, és negatívak, ha balra.

Mivel a lencse optikai középpontját nem mindig lehet pontosan megállapítani, ezért a gyűjtőlencse fókusz távolságát nem az a és b távolságok alapján számítják ki, hanem a lencsék átrendezésének módszerével (Bessel módszere). Ehhez a tárgy és az ernyő között megtalálják a lencsék két olyan helyzetét, amikor az ernyőn egy pontos világos kép keletkezik: egyik esetben nagyított, míg a másik esetben kicsinyített. Legyenek a_1 és b_1 megfelelően a tárgy és a lencse, valamint az ernyő és a lencse közötti távolságok a lencse első helyzetében; a_2 és b_2 pedig megfelelő távolságok a lencse második helyzetében (lásd 1. 2. ábra).

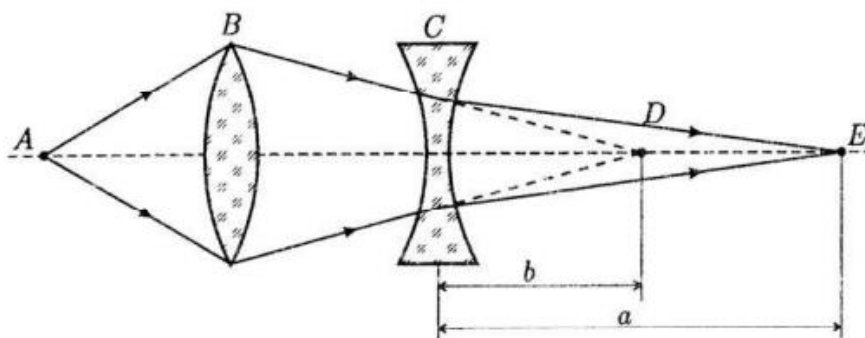


1.2. ábra: A fókusz távolság meghatározása Bessel módszerével

A lencse fő fókusz távolságának meghatározására alkalmazható képlet a következő:

$$f = \frac{L^2 - l^2}{4L} \quad (1.3)$$

A szórólencsék fókusz távolságának meghatározása estében figyelembe kell venni azt, hogy a szóró lencse nem ad valós képet az ernyőn. Ezért a szóró lencsét olyan gyűjtő lencsék segítségével tanulmányozzák, amelyeknek optikai ereje nagyobb, mint a tanulmányozandó szórólencse optikai ereje. A lámpából (tárgy) érkező sugarak útjába gyűjtő lencsét helyeznek el (lásd 1.3. ábra) úgy, hogy az ernyőn pontos világos képet kapjanak (1. helyzet). Aztán a gyűjtőlencse és az ernyő közé elhelyezik a tanulmányozandó szórólencsét. A kép, amit a gyűjtő lencse ad, a szóró lencsének tárgy lesz, így a távolság tőle a szórólencséig lesz az a . Ha az ernyőt a 2. helyzetbe tesszük, akkor megjelenik a pontos kicsinyített kép, amelyet a szórólencse ad. A keletkezett képtől a szórólencséig lévő távolság lesz a b .



1.3. ábra: A gyűjtőlencse fókusz távolságának meghatározása

A munka menete

1. feladat. *A gyűjtőlencse fókusz távolságának meghatározása a tőle a tárgyig és a képig való távolság alapján.*

1. Az optikai padon helyezze el a fényforrást, amely a tárgy szerepét fogja játszani, valamint a gyűjtő lencsét és az ernyőt!
2. Mozgatva a lencsét, keresse meg a lámpa pontos világos képét az ernyőn és jegyezze fel a forrás, a lencse és az ernyő helyzetét!
3. Keressen a lencsének olyan új helyzetet, amikor öt vagy az ernyőt addig mozgatja, amíg az ernyőn meg nem jelenik a tárgy képe! (Feltétel, hogy a kép nagyított vagy kicsinyített legyen)
4. A mérések alapján (nem kevesebb, mint 10) határozza meg a (1.2) képlet alapján a lencse fókusz távolságát!

2. feladat. *A gyűjtőlencse fókusz távolságának meghatározása Bessel módszerével.*

1. A fényforrást (tárgy) és az ernyőt $L > 4f$ távolságra helyezze el!
2. A lencsét mozgatva találja meg az ernyőn a világos nagyított, majd a kicsinyített képet! A lencse helyzetének különbségéből határozza meg az l mennyiségét!
3. A mérést ismétlje meg 5 alkalommal és az (1.3) képlet segítségével számítsa ki a lencse fókusz távolságát!

3. feladat. *A szórólencse fókusz távolságának meghatározása a tőle a tárgyig és a képig való távolságból.*

1. Az optikai padon helyezze el a fényforrást (tárgy), a gyűjtőlencsét, az ernyőt, és találja meg a világos képet az ernyőn!
2. Helyezze el a padon a gyűjtőlencsét és határozza meg a közte és az ernyő közötti távolságot! (a)
3. Mozgatva az ernyőt, találjon meg egy új világos képet, amelynek a távolsága a lencséig lesz a b távolság! A mérést ismétlje meg 10 alkalommal!
4. Az a és $a b$ értékeit behelyettesítve a (1.2) képletbe, számítsa ki a szórólencse fókusz távolságát!

4. feladat. *A gyűjtőlencse fókusz távolságának meghatározása látcső segítségével.*

1. Az optikai padon helyezze el a fényforrást, a lencsét és a látcsőt, amelyet előzőleg végtelenre állított!
2. Mozgatva a lencsét, találja meg a világos képet a látcsőben!

3. Mérje le a lencse és a fényforrás közötti távolságot, amely egyben a lencse keresett fókusz távolsága lesz! A mérést ismételje meg 5 alkalommal!

Ellenőrző kérdések

1. Milyen képlet segítségével határozható meg a lencse optikai ereje?
2. Mi az optikai középpont, a fő optikai tengely, a fő fókusz távolság, a lencse fokális felülete?
3. A szórólencse ad-e valós képet?
4. A gyűjtőlencse ad-e látszólagos képet?
5. Milyen kapcsolat van a lencse lineáris és szögnagyítása között?
6. Hogyan változik a gyűjtőlencse optikai ereje a vízben?

2. számú laboratóriumi munka

Téma: A monokromátor kalibrálása. A gázok sugárzási spektrumának tanulmányozása és elemzése spektroszkóp segítségével

A munka célja: Megismerkedni a monokromátor felépítésével és kalibrálásával; néhány kémiai elem sugárzási spektrumának tanulmányozása gáz halmazállapotban.

Eszközök: monokromátor, neon és higany lámpák.

Elméleti kérdések, amelyek szükségesek a laboratóriumi munka elvégzéséhez:

1. A spektrális műszerek lineáris és szögdiszperziója. A spektrális műszerek felbontása.
2. Prizma rendszerű spektrális műszerek. Prizmák típusai. A prizmák diszperziója és felbontása.
3. Az abszolút fekete test sugárzása. Kirchoff, Stefan-Boltzmann és Wien törvényei.
4. Energia eloszlás az abszolút fekete test spektrumában. Rayleigh-képlet. Az ultraibolya katasztrófa problémája. Planck-hipotézis. Planck-képlet.

Elméleti tudnivalók

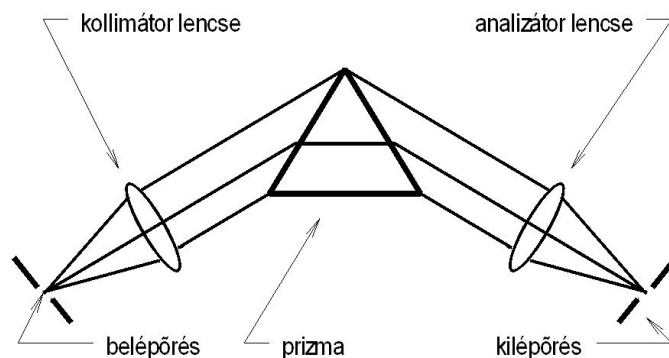
Spektrális emissziós elemzéshez olyan atomok és ionok sugárzásainak spektrumait használják, amelyek szabad gázhalmazállapotban vannak. A spektrum felépítése összeköttetésben áll az atomok és kémiai elemek ionjainak az energiaszint felépítésével.

Az atom spektrumainak gerjesztése elektromos szikrák segítségével történik. Ez lehetőséget ad elemezni az anyagot nemcsak gázhalmazállapotban, de sűrített (kondenzált) állapotban is. A szilárd anyagok atomjai és ionjai elpárolognak és elektród közti szakadékba érkeznek, ahol egy részük gerjesztődik.

Megkülönböztetünk mennyiségi és minőségi spektrumelemzést. Az adott anyagban meglévő minden kémiai elem teljes mennyiségi elemzése fölöttébb bonyolult. Ezért inkább az adott elem mennyiségi vagy minőségi tartalmát elemzik.

A spektrális műszerek többségénél a sugárzás szétrakásához a spektrumban üveg vagy kvarc prizmákat használnak. Ha a műszer arra alkalmazható, hogy a spektrumból elkülönítse annak keskeny sávját vagy egy bizonyos spektrum vonalat, akkor monokromátornak nevezzük. Alapvető részei: belépő rés, kollimátor lencse, prizma, analizátor lencse, kilépőrés (lásd 2.1. ábra).

Prizmás monokromátor elve



2.1. ábra: A kollimátor felépítése

Ha a kilépő részt felcseréljük szemlencsével, a kilépő cső látcső lesz és a monokromátor átalakul spektroszkóppá. A spektroszkópokban a spektrumok megfigyelése vizuálisan történik a szem segítségével. Ha a spektrumok fotolemezek segítségével rögzítődnek, akkor az ilyen készüléket spektrográfnak nevezzük.

A spektrális műszerek alapvető jellemzői a szög és lineáris diszperzió, valamint a felbontás. A prizmás műszereknél ezeket a paramétereket arra az esetre állapítják meg, amikor a prizma a párhuzamos sugarak irányára van elhelyezve a legkisebb kitérési szögben. A prizma ilyen elhelyezése megengedi, hogy pontos képet kapjunk a spektrumról. Így a prizma szögdiszperziója a következő képlet segítségével számítható ki:

$$D_{\varphi} = \frac{2 \sin \frac{\alpha}{2}}{\sqrt{1 - n^2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}}} * \frac{\delta n}{\delta \lambda}, \quad (2.1)$$

ahol α – a prizma törési szöge, n – a prizma anyagának törésmutatója, $\frac{\delta n}{\delta \lambda}$ – a prizma anyagának diszperziója, ami a Cowsy-képlet alapján határozható meg:

$$n = A + \frac{B}{\lambda^2}, \quad (2.2)$$

ahol A és B – állandók.

A lineáris diszperzió összeköttetésben van a szögdiszperzióval:

$$D_l = f D_{\varphi}, \quad (2.3)$$

ahol f – a kilépő objektív fókusztávolsága.

A prizma spektroszkóp felbontása függ a prizma diszperziós anyagától és alapjának hosszától:

$$R = b \left(\frac{\delta n}{\delta \lambda} \right). \quad (2.4)$$

A kvarcprizma diszperziós tartománya, vagyis a spektrális intervallum szélessége 1840 – 10000 Å között van, az üvegprizmáé 3500 – 10000 Å, míg a NaCl prizmaé 15µm-ig.

A munka menete

1. feladat. A monokromátor kalibrálása.

A spektrális műszer kalibrálása annyit jelent, hogy be kell állítani, milyen hullámhosszaknak felelnek meg a dob skálájának beosztásai. Ehhez fel kell építeni a kalibrálási grafikont, amely kifejezi, hogyan függ a dob skálájának beosztása a fény hullámhosszától: $N=n(\lambda)$, ahol N – a skála beosztásainak száma. A kalibrálást higany-kvarc lámpa segítségével kell véghezvinni. Kapcsolja be a lámpát és érje el a legjobb spektrum élességet a szemlencsében! A dob forgatásával helyezze át a spektrumot a mutatóhoz viszonyítva, feljegyezve azokat az értékeket, amikor a spektrum vonalak egybeesnek a mutatóval. Jegyezze fel a hullámhosszakokat! Ehhez használja fel a higany spektrumvonalainak hullámhosszait tartalmazó táblázatot! A méréseket végezze el a fényhullámok látható tartományában (4000 – 7600 Å)! Építse fel a grafikont, melynek abszcisszáján tüntesse fel a hullámhosszakokat, míg ordinátáján a beosztásokat!

2. feladat. A neon atom sugárzási spektrumának megfigyelése.

Kapcsolja be a neon lámpát és jegyezze fel a neon legélénkebb spektrumvonalait! A felépített grafikon alapján határozza meg a hullámhosszait! A kapott eredményeket hasonlítsa össze a táblázati értékekkel!

Ellenőrző kérdések

1. Miben nyilvánul meg a spektrumelemzés?
2. A spektrális műszerek alapvető jellemzői.
3. Miben rejlik a Relay-kritérium a felbontás esetében?
4. Miben különbözik a monokromátor a spektroszkóptól és a spektrográf a spektrométertől?
5. Hogyan érhető el, hogy a fénysugarak a prizmára párhuzamos nyalábként essenek?

3. számú laboratóriumi munka

Téma: A fotoeffektus alapvető törvényeinek tanulmányozása

A munka célja: a fotoeffektus törvényeinek tanulmányozása, a Planck-állandó meghatározása és az elektronok kilépési munkájának meghatározása.

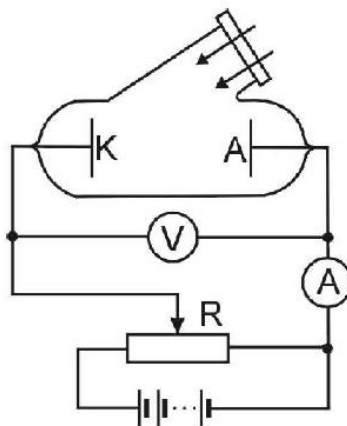
Eszközök: vákuumos fotoelemen, állandó feszültségforrás, ampermérő, monokromátor vagy interferáló filterek.

Elméleti kérdések, amelye szükségesek a laboratóriumi munka elvégzéséhez:

1. A fotoeffektus alapvető kísérleti törvényszerűségei és magyarázatuk.
2. A Planck-állandó meghatározása a fotoeffektusból.

Elméleti tudnivalók

A Planck-hipotézis megerősítést nyert a fotoelektromos hatás jelenségének megmagyarázásában. Fotoeffektusnak nevezzük az elektronok kilépését az anyagból elektromágneses sugárzás hatására. Megkülönböztetünk külső – elektronok kibocsátása az anyagból – és belső – szabad töltés párok keletkezése (elektronok és lyukak) – fotoeffektust. A fotoelektromos hatást 1887-ben fedezte fel Hertz, később részletesebben Stoletov tanulmányozta. A kísérleti berendezésének sémája az 3.1. ábrán látható.



3.1. ábra: A kísérleti berendezés

A fény áramlik az anódon (A) keresztül és esik a katódra (K). Kiüti belőle az elektronokat, amelyek az anód felé haladnak és bezárják a kört. A galvanométer méri a fotoáramot. A vákuumcsőben az R potenciálmérő segítségével módosíthatjuk a feszültséget az anód (A) és a katód (K) között. Besugározva a katódot különböző hullámhosszúságú fényvel, Stoletov felállította a fotoeffektus következő alapvető törvényeit:

1. Az áram ereje, amely fény hatása alatt jön létre, egyenesen arányos az intenzitással.

2. Minden egyes anyag esetében a fotoeffektusnak létezik egy bizonyos „vörös határa”, azaz egy minimális ν_0 frekvencia, amely alatt a fotoeffektus nem jön létre.

3. A fotoelektronok maximális kinetikus energiája nem függ a beeső fény intenzitásától és lineárisan nő a sugárzás frekvenciájával.

1905-ben a fotoeffektus jelenségének megmagyarázására Einstein javasolta a fotoeffektus kvantumelméletét, amely szerint a fény terjed a térben és bizonyos adagokban szivódik fel az anyagban, ún. kvantokkal (fotonokkal), melyeknek energiái:

$$\varepsilon = h\nu. \quad (3.1)$$

Ennek értelmében minden egyes kvant (foton) egy elektron formájában nyelődik el. Innen következik a fotoeffektus első törvénye. A beeső foton energiája a kilépési munka (A) elvégzésére és a kirepülő fotoelektron kinetikus energiájára fordítódik:

$$h\nu = A + \frac{mv_{\max}^2}{2}. \quad (3.2)$$

Ez Einstein egyenlete a belső fotoeffektusra, amelyből a fotoeffektus második és harmadik törvénye következik. Így, a fototelektronok maximális kinetikus energiája lineárisan nő a beeső fény frekvenciájának növekedésével (3. törvény). A frekvencia csökkenésével pedig a fotoelektronok kinetikus energiája csökken a nulláig:

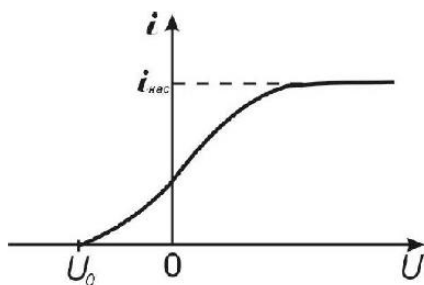
$$h\nu_0 = A. \quad (3.3)$$

Ezért:

$$\nu_0 = \frac{A}{h} \quad (3.3.a)$$

a fotoeffektus vörös határa egy adott anyagra.

A kísérlet (lásd 3.2. ábra) megadja a fotoeffektus volt-ámer jellemzőjét, vagyis a fotoáram függését a katód és az anód közötti potenciálkülönbségtől.



3.2. ábra: A fotoeffektus volt-ámer jellemzője

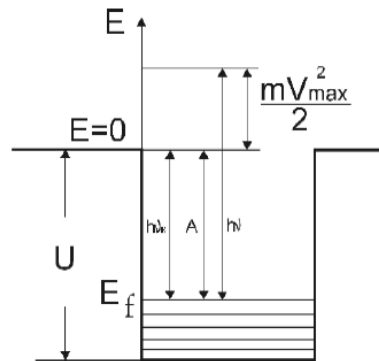
Az U növekedésével a fotoáram fokozatosan nő. $U=0$ -nál a fotoáram nem tűnik el, hanem az elektronok, amelyek kilépnek a katódból, rendelkeznek egy bizonyos kezdeti sebességgel, ami lehetővé teszi számukra, hogy elérjék az anódot. Ahhoz, hogy a fotoáram 0 legyen, alkalmazni kell egy U_0 feszültséget, amelyet megmérve, meg lehet határozni a fotoelektronok maximális sebességét és kinetikus energiáját:

$$\frac{mv_{\max}^2}{2} = qU_0. \quad (3.4)$$

Az elektronokat a szilárd testekben úgy lehet tekinteni, mintha egy potenciális gödörben lennének, melynek mélysége U (lásd 3.3. ábra).

A fémek kvantumelmélete szerint, a potenciális gödörben lévő szabad elektronok betöltik az energiaszintek diszkrét sorát.

Alacsony hőmérsékleten ($T \rightarrow 0$) az összes alacsony szint betöltődik az E_f szintig, amelyet Fermi-szintnek nevezünk.

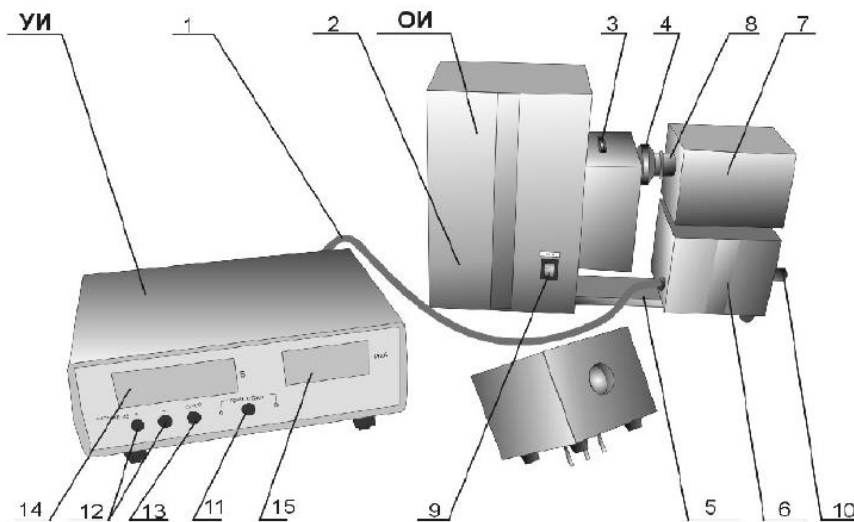


3.3. ábra: Potenciális gödör

Azt a minimális energiát, amely elegendő ahhoz, hogy az elektron a Fermi-szintről elhagyja a potenciális gödröt, kilépési munkának (A) nevezzük. Ez a mennyiség függ a szilárd test kristályrácsának és a fém felületének tulajdonságaitól.

Műszerek és berendezések

A kísérleti berendezés a kutatás objektumából és a mérési műszerből áll (lásd 3.4. ábra).



3.4. ábra: Kísérleti berendezés

A kutatás objektumában található a megvilágító (spektrális higany lámpa) tápegységgel ellátva, interferáló fényszűrő (3) és a megvilágítás szabályozására szolgáló eszköz (4). A fényszűrő „0” helyzetét az integrális volt-ámpér jellemző

rögzítésére lehet használni. Az (5) kar segítségével rögzíteni lehet a fotoáram erősítőjét (6).

A kutatási objektum előlapján található a hálózati kapcsoló (9), a hátlapján pedig a földelés. Az oldalán található a megvilágító (8) kilépési ablaka és az interferáló fényszűrők (3) váltására szolgáló készülék, valamint a megvilágítás szabályozója (4).

A mérőeszköz előlapján a következő indikációk találhatóak:

- EGYENES – FORDÍTOTT gomb (11) – az egyenes és fordított mérési rendszerek kapcsolására szolgál;
- „+” és „-” (12) gombok, valamint TÖRLÉS (13) gomb – a feszültség szabályozására vagy lenullázására szolgálnak;
- V (14) és μA (15) kijelzők.

A mérőkészülék hátlapján található a hálózati kapcsoló, valamint a földelés.

A munka menete

1. A kutatás objektumán állítsa be a fényérzékelőt (7)!

2. Kapcsolja be a mérőeszközt a hálózati kapcsoló segítségével! Ekkor világítania kell a FORDÍTOTT, a V és a μA kijelzőknek. 5 perces bemelegítő után a (10) karral állítsa be 0 értéket a kutatás objektumán!

3. Kapcsolja be a kutatás objektumát az előlapon található hálózati kapcsoló segítségével!

4. Várjon, míg a lámpa legalább 15 percig bemelegszik!

5. Az EGYENES – FORDÍTOTT gomb segítségével állítsa be a megfelelő rendszert!

6. Állítsa be a fényszűrőt!

7. Változtassa a feszültség értékeit a „+” és „-” gombok segítségével és olvassa le a fotoáramot a (15) jelzőről!

8. Ismételje meg a mérést más fényszűrőkkel!

Megjegyzés. A (4) gyűrű segítségével lehet változtatni a fotoelem megvilágítottságát.

9. A mérés elvégzése után kapcsolja ki a kutatás objektumát és a mérőkészüléket!

10. Építse fel a volt-amper jellemzőt!

11. Határozza meg azon fotoelektronok számát, amelyek egységnyi idő alatt lökődnek ki!

$$n = \frac{i_n}{e}, \quad (3.5)$$

ahol $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Cu}$.

12. Értékelje a Planck-állandót a meghatározott késési potenciálok esetében a λ megfelelő két értékére a következő képlet alapján:

$$h = \frac{e(U_1 - U_2)}{c\left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2}\right)}. \quad (3.6)$$

13. Ismétélje meg a számítást a λ más értékeire is! Értékelje a hibákat!

Ellenőrző kérdések

1. Miben nyilvánul meg a belső fotoeffektus jelensége?
2. Mit jelent a fotoeffektus „vörös határa”?
3. A fotoeffektus törvényei.
4. A fotoeffektus második és harmadik törvényének kivezetése Einstein egyenlete alapján.
5. Mit nevezünk a fotoelemenek spektrális és integrális érzékenységének? Milyen jellemzői vannak még a fotoelemeknek?

4. számú laboratóriumi munka

Téma: A mikroszkóp tanulmányozása és lineáris nagyításának meghatározása

A munka célja: Megismerkedni a mikroszkóp felépítésével és elsajátítani, hogyan határozható meg annak lineáris nagyítása.

Eszközök: mikroszkóp, objektív mikrométer, milliméter beosztású vonalzó, rajzoló eszköz.

Elméleti kérdések, amelyek szükségesek a laboratóriumi munka elvégzéséhez:

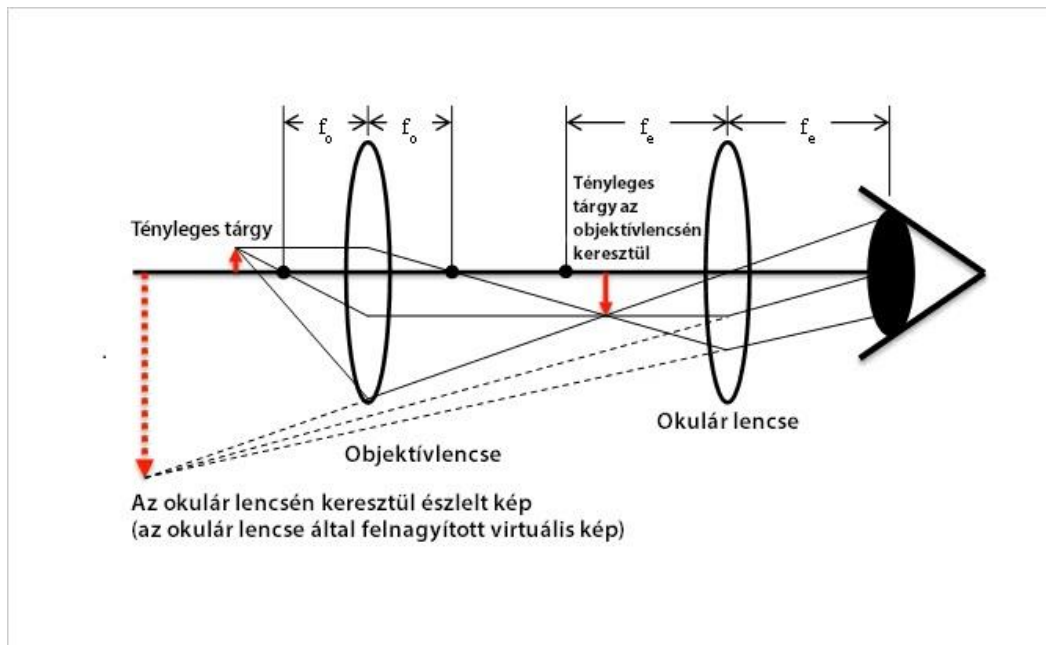
1. Optikai kép. Az optikai rendszer kardinális elemei. Vékony lencse. A lencse egyenlete. Vékony lencsék rendszere.
2. A kép felépítése az optikai rendszerekben.
3. Optikai eszközök. A szem, mint optikai rendszer. Nagyító lencse. Fényképező gép. Mikroszkóp. Látcső. Vetítő eszközök.
4. A teleszkóp objektívének felbontása.
5. A mikroszkóp objektívének felbontása koherens és nem koherens megvilágításnál.

Elméleti tudnivalók

Kis objektumok optikai vizsgálatára szolgálnak a mikroszkópok, míg a makroszkopikus, vagy távoli objektumok vizsgálatára a látcsövek (teleszkópok).

A korszerű mikroszkópokban két részt lehet elkülöníteni: mechanikait és optikait. Az optikai részben a legfontosabb az objektív és az okulár. Az objektív magába foglal egy összetett többlencsés optikai rendszert (12-13 lencse). Ahhoz, hogy nagyított képet kapjunk, a legfőbb szerepet az első, ún. frontális lencse játsza. A többi a kép hátrányainak kiküszöbölésére szolgál, így őket korrigáló lencséknek nevezik. A mikroszkóp objektíve rövid fókusz távolságú (1,5 mm és több). Az okulár magába foglal egy összetett nagyító lencsét, ami két lencséből áll, melyből egyik a szemmel való megfigyelésre szolgál. A lencsék egymástól olyan távolságra vannak elhelyezve, hogy az fókusz távolságuk fél összegével legyen egyenlő. Az okulárok 0,85-12 cm fókusz távolságúak. Az objektívek és okulárok különböző megválasztásaival széles keretek között lehet változtatni a mikroszkóp nagyítását.

A kép felépítését a mikroszkópban az 4.1. ábra szemlélteti. A tárgy nem messze a fókuszponttól helyezik el. Az objektív fordított, nagyított, valós képet ad az objektív kétszeres fókusz távolságán kívül. Az okulárt úgy helyezik el, hogy a tényleges tárgy az optikai középpontja és fókusza közé essen. A végső kép látszólagos, fordított és nagyított lesz.



4.1. ábra: A nagyított kép megfigyelésének alapelve biológiai mikroszkóppal

A mikroszkóp nagyítása a következő képlettel határozható meg:

$$k = k_1 \cdot k_2 = L \cdot \delta / F_1 \cdot F_2 \quad (4.1)$$

ahol $k_1 = \frac{h_1}{h} = |O_1B_1|/|O_1B|$ - az objektív nagyítása;

$k_2 = \frac{h_2}{h_1} = |O_2B_2|/|O_2B_1|$ - az okulár nagyítása;

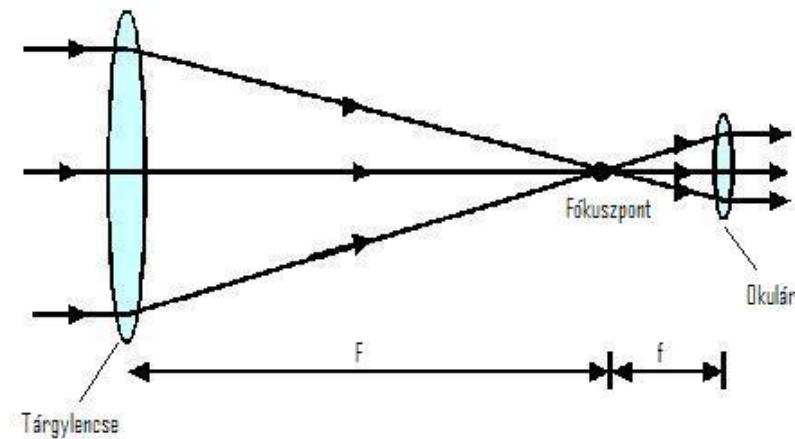
$L = |B_2O_2|$ - a „legjobb látó távolság” (az egészséges szemre 25 cm);

δ - az objektív és okulár fő fókuszai közötti távolság.

Azokat az optikai műszereket, amelyek lehetőséget adnak arra, hogy olyan tárgyakat tanulmányozhassunk, amelyek nagy távolságokra vannak, azokat teleszkópoknak nevezzük. A teleszkópos rendszerek abban különböznek más optikai rendszerektől, hogy a sugarak párhuzamos nyalábok alakjában mennek be és távoznak a rendszerből.

A legegyszerűbb teleszkópos rendszer két elemből áll: objektív és okulár. A sugarak párhuzamosságát a tárgy és a kép terében csak akkor lehet elérni, amikor az objektív hátsó fókusza és az okulár első fókusza nagyon közel vannak. Az ilyen rendszer optikai hossza az objektív és okulár fókusz távolságainak összegével egyenlő.

Ha az okulárban negatív lencsét vagy lencserendszert használnak, akkor az ilyen optikai rendszert Galilei-rendszernek nevezzük. Alapvető felhasználása a binokulár. Ez egyenes képet ad, amely kis látómezővel jellemezhető. Az ilyen rendszer előnye, hogy az egész rendszer optikai hosszát lerövidíti.



4.2. ábra: A tévcső felépítése

A tévcső (lásd 4.2. ábra) tárgylencséből és okulárból áll. Az objektív valós, fordított és kicsinyített képet ad. Az okulár játsza a nagyító lencse szerepét és valós, egyenes és nagyított képet ad. A végső kép a legjobb látótávolságnál helyezkedik el (~25 cm).

A látcső szögnagyítása:

$$N = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta} = \frac{F_1}{F_2}, \quad (4.2)$$

ahol α – az a szög, amely alatt a tárgy képét figyeljük meg a látcsőben, β – az a szög, amely alatt a tárgy látható.

A munka menete

1. Helyezze el az asztalon a mikroszkópot és az objektív mikrométert (üveg lemez, amely fel van skálázva)! Addig fókuszáljon a mikroszkóppal, míg meg nem kapja a skála beosztásának éles képét!
2. Tegye az okulárra a rajzoló eszközt, 2,5 cm-re a mikroszkóp tengelyétől párhuzamosan helyezze el a milliméteres beosztású vonalzó! A rajzoló eszköz tükörétől visszavert kép (vonalzó beosztása) a megfigyelő szemébe jut és keveredik az objektív mikrométer képével.
3. Ha az objektív mikrométert a mikroszkópon keresztül tanulmányozzák, akkor a képe k -szor nagyított lesz. Határozza meg a mikroszkóp nagyítását a következő képlet alapján:

$$k = \frac{N_2 \cdot b}{N_1 \cdot a}, \quad (4.3)$$

ahol N_1 – az objektív mikrométer beosztásai, N_2 – a vonalzó beosztásai, a – a beosztás értéke az N_1 -nél, b – a beosztás értéke az N_2 -nél.

4. Határozza meg a k_1 , k_2 , k_3 értékeit három objektívra! Számítsa ki a hibát!

Ellenőrző kérdések

1. Milyen teleszkópos rendszereket ismer? Miben hasonlók és miben különböznek?
2. Az optikai rendszerek lineáris és szögnagyítása.
3. Hogyan határozható meg a teleszkóp és a mikroszkóp objektívjeinek felbontása?
4. Hogyan lehet növelni a mikroszkóp felbontását?
5. Miben nyilvánul meg az ultramikroszkópia?
6. Milyen fizikai elven működik az elektromos mikroszkóp?

5. számú laboratóriumi munka

Téma: A fény polarizációjának tanulmányozása. A Brewster-szög meghatározása.

A munka célja: megismerkedni a lineárisan polarizált fény előállításának módszereivel, leellenőrizni a Brewster-törvényt.

Eszközök: fényforrás, polarizátor, analizátor, tükör és üveg lemez.

Elméleti kérdések, amelyek szükségesek a laboratóriumi munka elvégzéséhez:

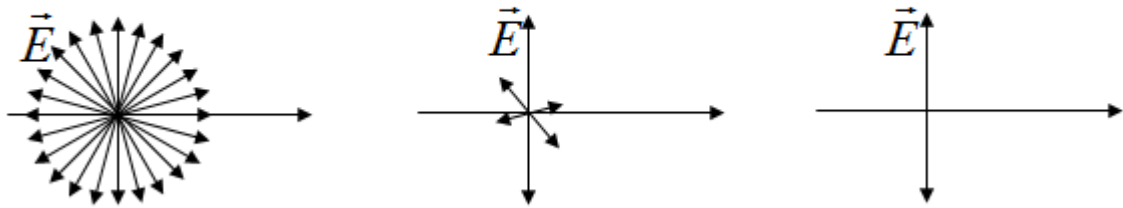
1. Elektromágneses hullámok polarizációja. A polarizáció típusai.
2. Kör és elliptikus polarizációjú hullám, mint lineáris polarizációjú hullámok szuperpozíciója; lineárisan polarizált hullám, mint kör polarizációjú hullámok szuperpozíciója.
3. Visszavert és megtört hullám polarizációja. Brewster-törvény.
4. Egy- és kéttengelyű kristályok. Sugarak kettős törése. Természetes és nem természetes sugarak.
5. Huygens elve a sugarak megtörésének különböző eseteire a kristály felszínén.
6. Polarizáció a sugarak kettős törésénél. Polaroidok. Polarizációs prizmák.

Elméleti tudnivalók

A fény polarizációja jellemezhető az elektromos és mágneses vektorok tér-idő orientálásával. Megkülönböztetünk lineáris, elliptikus és körpolarizációt. Azt a fényt, amelyben az elektromos és mágneses vektorok rezgési iránya a tér bármely pontjában változatlan marad, lineárisan polarizáltnak nevezzük. Azt a síkot, amely áthalad az elektromos vektoron és az elektromágneses hullám terjedési irányán, polarizációs síknak nevezzük. Azt a fényt, amelyben az elektromos és mágneses vektorok a tér bármely pontjában úgy forognak, hogy a végük ellipszist (vagy kört) ír le, azt elliptikusan polarizáltnak (vagy kör polarizáltnak) nevezzük. Az 5.1. ábrán láthatóak az elektromos vektor helyzetei a természetes (a), a részben polarizált (b) és a lineárisan polarizált (c) fénynek. A sugár terjedési iránya minden esetben merőleges a rajz síkjára.

A fény polarizációja alatt magát a polarizált fény előállítását is értik. A gyakorlatban a legjobban elterjedt a részlegesen polarizált fény. A következőképpen lehet elképzelni. A síkban, amely merőleges a fénysugár terjedési irányára, kiválasztunk egy ortogonális XOY koordináta rendszert és levetítjük a tengelyekre az elektromos vektorokat az adott időpillanatban. Az x és y komponenseket összegezzük. A természetes fény esetében a koordinátarendszer bármilyen orientációjánál:

$$\sum x_i = \sum y_i.$$



5.1. ábra: a természetes (a), a részben polarizált (b) és a lineárisan polarizált (c) fény elektromos vektor helyzetei

A részlegesen polarizált fény esetében $\sum x_i \neq \sum y_i$. A részlegesen polarizált fényt a polarizáció fokával lehet jellemezni:

$$P = \left(\frac{I_y - I_x}{I_y + I_x} \right) \cdot 100\%, \quad (5.1)$$

ahol I_x – az x komponensek intenzitása, míg I_y – az y komponenseké.

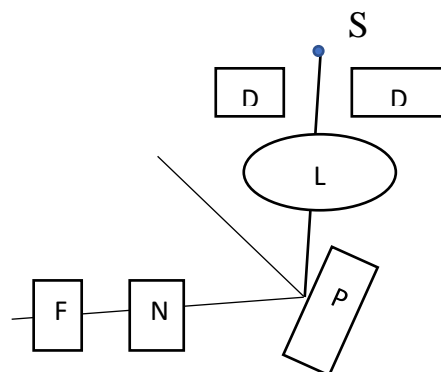
A lineárisan polarizált fény estében $P=100\%$, a természetes fény esetében pedig $P=0$. Tehát, a részlegesen polarizált fény olyan fény, amely természetes és polarizált összetevőkből áll.

Ismert, hogy a részleges polarizáció a dielektrikumoktól való visszaverődés során jön létre. Ha részlegesen polarizált fényt engedünk át egy analizátoron, akkor az analizátor forgatásakor a fény intenzitásának iránya körül, ami átmegy rajta, az intenzitás változik I_{\max} -tól I_{\min} -ig.

A teljes polarizáció feltétele:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\sin \alpha}{\sin(90^\circ - \alpha)} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \tan \alpha. \quad (5.2)$$

Ez a képlet kifejezi Brewster törvényét, ahol α -t Brewster-szögnek nevezzük. Vagyis, a dielektrikum határára a Brewster szög alatt visszavert fény lehetőséget ad, hogy lineárisan polarizált fényt kapjunk, az intenzitása nem nagy (az üvegre pl. 15%), így a törött hullám irányába terjed, ami részlegesen polarizált.



5.2. ábra: Kísérleti berendezés

A Brewster-szög meghatározásához az 5.2. ábrán lévő berendezés használható. A fény az S fényforrástól a D diafragmán át halad, amit az L lencse fókuszál. Majd a P lemezre esik. A lemeztől való visszaverődés után az F fotoelemre esik, ami regisztrálja a fény intenzitását. A fotoáram, ami arányos az intenzitással, milliamperekben mérődik.

A munka menete

1. Állítsa be a 0 beesztást a fény lemezre esésének 0 beesési szögénél!
2. Mérje le a visszavert fény intenzitásának a beesési szögtől való függését külön az I_p és I_s komponensekre a milliampere mérő segítségével! A méréseket végezze el 45° - 85° -os intervallumban (5° -ként változtatva)!
3. A mérések alapján állapítsa meg az I_p minimális értékeinek intervallumát! Mérje meg az $I_p=f(\alpha)$ függőséget minden 1° - 2° -nál! Határozza meg a Brewster-szöget és a lemez törésmutatóját a (5.2) képlet alapján! Számítsa ki a dielektrikum áteresztőképességét az $\varepsilon=n^2$ képlet alapján!
4. Állapítsa meg a teljes beesési szöget! Forgatva a polaroidot, határozza meg a visszavert fény maximális és minimális intenzitását!
5. Az adatok alapján határozza meg a visszavert fény polarizációs fokát! Rajzolja meg a következő függvénnyel megadott grafikont: $P=f(\alpha)$!

Ellenőrző kérdések

1. Malus-törvény.
2. Milyen fényt nevezünk természetesnek, részlegesen polarizáltnak és lineárisan polarizáltnak?
3. Jellemezze a polarizált fény előállításának alapvető módszereit!
4. Hogyan lehet megkülönböztetni a polarizált fényt a természetestől?

6. számú laboratóriumi munka

Téma: A lencse görbületi sugarának és a fény hullámhosszának meghatározása a Newton-gyűrűk segítségével

A munka célja: megismerkedni az interferencia kép előállításának lehetőségeivel a lencse-plánparalel lemez rendszerben és meghatározni a lencse görbületi sugarát, valamint a fény hullámhosszát.

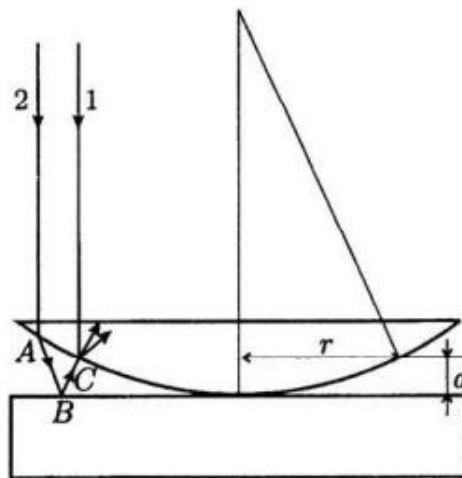
Eszközök: mikroszkóp, nagy görbületi sugarú sík-domború lencse, plánparalel lemez, fényszűrők.

Elméleti kérdések, amelyek szükségesek a laboratóriumi munka elvégzéséhez:

1. Kétsugaras interferencia, amely az amplitúdó feloszlással valósul meg. Két monokromatikus hullám intenzitása szuperpozíciókor.
2. Nem monokromatikus fény interferenciája. Az interferencia kép láthatósága.
3. Soksugaras interferencia. Farbi-Peró interferométer. Az interferenciakép intenzitás eloszlása. Interferenciagyűrűk. Euri-képletek.
4. Interferencia vékony rétegekben. A réteg vastagságának, a forrás méreteinek és monokromatikuságának szerepe.
5. Newton-gyűrű. Interferenciaszűrők. Az interferencia felhasználása.

Elméleti tudnivalók

Ha a plán paralel lemezre nagy görbületi sugarú (néhány méter) domború síklencsét helyezünk (lásd 6.1. ábra) és megvilágítjuk monokromatikus fényvel, akkor sok koncentrikus sötét és világos gyűrűt figyelhetünk meg, vagy ha fehér fényvel világítjuk meg, akkor pedig szivárványos gyűrűket. Ezeket a gyűrűket nevezzük Newton-gyűrűknek.



6.1. ábra: Newton gyűrűk kísérlet

A Newton-gyűrűk keletkezésének oka az 1 és 2 sugarak interferenciája a C pontban. A sugarak, amelyek a lemeztől az F pontba és a lencse alsó felületéről a C pontba verődnek vissza, kölcsönös erősítése vagy gyengítése függ az optikai útkülönbségtől, amely a következő kifejezés segítségével határozható meg:

$$\Delta = 2d_m + \frac{\lambda}{2}, \quad (6.1)$$

ahol $d_m = |DM|$ - a levegőréteg vastagsága a lencse alsó felszíne és a lemez között, $\lambda/2$ - fél hullám veszteség az első hullámnak a lemez felületéről való visszaverődéskor.

Felhasználva az interferencia maximumok és minimumok feltételeit, meg lehet határozni a légréteg vastagságát a lencse és a lemez között: a világos gyűrűkre

$$d_m = \frac{(m - \frac{1}{2})\lambda}{2}; \quad (6.2)$$

és a sötét gyűrűkre

$$d_m = \frac{m\lambda}{2}. \quad (6.3)$$

Az m mennyiség a megfelelő gyűrű sorszámát jelöli.

Ahhoz, hogy meghatározzuk a világos és sötét Newton-gyűrűk sugarait, használhatjuk a következő kifejezéseket:

Világos gyűrűk:
$$r_m = \sqrt{\left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda R}; \quad (6.4)$$

Sötét gyűrűk:
$$r_m = \sqrt{m\lambda R}. \quad (6.5)$$

Ezekből a kifejezésekből látható, hogy ahhoz, hogy meghatározzuk a lencse görbületi sugarát és a hullámhosszt, meg kell mérni az r_m -ik gyűrűt. Azonban ez nem teljesen lehetséges, mert nem tudjuk pontosan meghatározni a kör középpontját. Ezért a gyakorlatban a gyűrűk középpontjától eltávolodó átmérőket mérik meg m_1 és m_2 számmal. Tehát:

$$R = \frac{D_{m_2}^2 - D_{m_1}^2}{4\lambda(m_2 - m_1)} \quad (6.6)$$

$$\lambda = \frac{D_{m_2}^2 - D_{m_1}^2}{4R(m_2 - m_1)}. \quad (6.7)$$

Ezt felírhatjuk még a következőképpen is:

$$R = \frac{|AA_1|^2 - |BB_1|^2}{4\lambda(m_2 - m_1)} \quad (6.8)$$

$$\lambda = \frac{|AA_1|^2 - |BB_1|^2}{4R(m_2 - m_1)} \quad (6.9)$$

A munka menete

1. Kapcsolja be a fényforrást és állítsa be az egyik fényszűrőt! Fókuszálja a mikroszkópot, míg meg nem találja a Newton-gyűrűk éles képét!
2. Az okuláris mikrométer segítségével határozza meg a 4-6. és utolsó éles sötét gyűrű átmérőjét!
3. Az első esetben (6.6) képlet segítségével, míg a második esetben a (6.8) képlet segítségével adott λ mellett számítsa ki a lencse görbületi sugarát! A mérést ismételje meg 5 alkalommal!
4. Cserélje ki az ismert hullámhosszú fényszűrőt olyanra, melynek nem ismert a hullámhossza! Megismételve a 2. pontban leírtakat, és felhasználva a 3. pontban kapott R -t, a (6.7) és (6.9) képletek segítségével számítsa ki a λ -t! A méréseket ismételje meg 5 alkalommal!
5. Az adatokat és a kapott eredményeket foglalja táblázatba, számítsa ki a hibát és értékelje azt!

Ellenőrző kérdések

1. Miben nyilvánul meg az interferencia jelenség?
2. Mi történik, amikor a hullám egy olyan közegtől verődik vissza, melynek az optikai sűrűsége kisebb vagy nagyobb?
3. Milyen módon állíthatóak elő a Newton-gyűrűk?
4. Milyen esetben lesz a Newton-gyűrűk középpontja egy világos folt?

7. számú laboratóriumi munka

Téma: A diffrakció jelenségének tanulmányozása

A munka célja: megismerkedni a diffrakció jelenségével; a diffrakciós rács tanulmányozása, kiszámítani a fényforrás hullámhosszát!

Eszközök: fényforrás, optikai pad, ernyő, diffrakciós rács, milliméteres papír, vonalzó.

Elméleti kérdések, amelyek szükségesek a laboratóriumi munka elvégzéséhez:

1. Fraunhofer-féle diffrakció. Fraunhofer-féle diffrakció résen. Intenzitás eloszlás. Hogyan hat a rés szélessége és a forrás mérete a diffrakció képre?
2. Fraunhofer-féle diffrakció négyszög és kör alakú résen. Intenzitás eloszlás.
3. Diffrakciós rács. Intenzitás eloszlás.

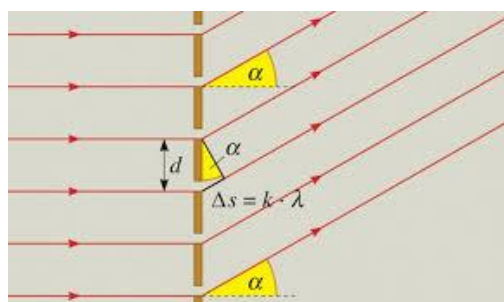
Elméleti tudnivalók

Amikor a fénynyaláb eltér az egyenes vonalú terjedésétől valamilyen akadály hatására, létrejön a diffrakció, vagyis a fény elhajlása. Megkülönböztetünk Fraunhofer-féle és Fresnel-féle diffrakciót. A Fresnel-féle diffrakciónál nem párhuzamos sugarak diffrakciója jön létre, míg a Fraunhofer-féle diffrakciónál párhuzamos sugarak által jön létre a diffrakció.

Az optikai rács párhuzamos rések sorozata, melyet úgy készítenek, hogy üveglemezt nagyon sűrűn párhuzamos vonalakkal megkarcolnak (1 mm-en több mint száz karcolás van). A rések sokaságát a karcolatok közötti átlátszó sima csíkok alkotják. Ha az R rés helyére optikai rácsot helyezünk, sokkal szélesebb, fényesebb sávokat látunk, és a köztük lévő távolság is sokkal nagyobb.

A rés és a rács elhajlási képe nem folytonosan halványodó, hanem sötét és világos sávokból áll. Ez azzal magyarázható, hogy a rés különböző pontjaiból kiinduló elemi hullámok az ernyő egyes pontjaiban találkozáva interferálnak is egymással, s így kioltás és erősítés is létrejön.

Fontos jellemzője a rácsállandó, ami a milliméterenkénti (vagy méterenkénti) osztások számát adja meg. Pl: ha milliméterenként 200 beosztás van, akkor a rácsállandó $d=1/200 \text{ mm}=0.005 \text{ mm}$.



7.1. ábra: AZ optikai rács tulajdonságai

Az 7.1. ábráról leolvasható a két szomszédos hullám közötti útkülönbség:

$$\Delta = d \cdot \sin\alpha \quad (7.1)$$

Az erősítés feltétele:

$$\Delta = k \cdot \lambda \quad (7.2)$$

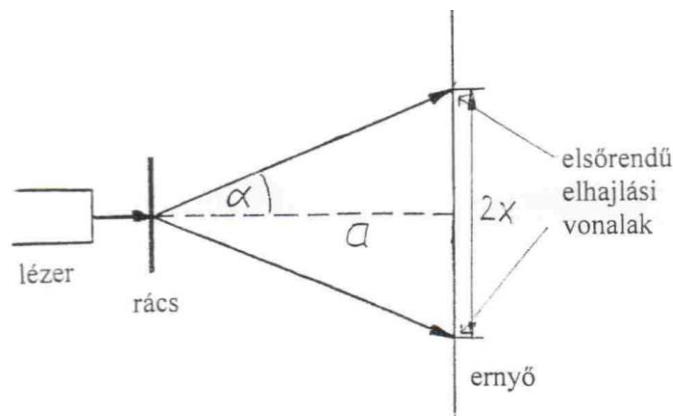
A rács lehet transzmissziós rács, amikor az elhajlási kép a rács mögött keletkezik, vagy lehet reflexiós, amikor a rács előtt.

1845-ben Jedlik Ányos 1 mm-re 1200 karcolatot tudott készíteni.

Mivel az eltérítés függ a hullámhossztól, ezért ha a rácsra összetett fény érkezik, akkor azt a rács színeire bontja.

A hullámhossz meghatározása optikai ráccsal.

A fényforrás (lézer) elé, a fénysugarakra merőleges síkú rácsot helyezünk (lásd 7.2. ábra). A fényelhajlás következtében, a képernyőn megjelenő, két pont távolságát (az egyenes fénysugár és elhajlott fénysugár távolságát) és a lézer és képernyő távolságát lemérjük.



7.2. ábra: A hullámhossz meghatározása optikai ráccsal

Az (7.1) és (7.2) számú képletekből:

$$d \cdot \sin\alpha = k \cdot \lambda \quad (7.3)$$

A mi esetünkben $k=1$, így

$$\lambda = d \cdot \sin\alpha \quad (7.4)$$

Az α elhajlási szög a rajzból:

$$\sin\alpha = \frac{x}{x^2+a^2} \quad (7.5)$$

A munka menete

1. Kapcsolja be a fényforrást és figyelje meg az ernyőn kapott diffrakciós képet!
2. Mérje le az ernyő és a rács közötti távolságot, valamint az elsőrendű elhajlási vonalak közötti távolságot! A mérést végezze el 5 alkalommal, változtatva az ernyő és a rács közötti távolságot!

3. A mérési eredményeket jegyezze fel a táblázatba!

N _o	a (cm)	2x (cm)	x (cm)	sin α	d (cm)	$\lambda_{\text{számított}}$ (nm)	$\lambda_{\text{átlag}}$ (nm)	$\Delta\lambda$ (nm)	$\lambda_{\text{lézer}}$ (nm)	ε (%)
1										
2										
3										
4										
5										

4. Ha van rá lehetőség, ismételje meg a méréseket más diffrakciós ráccsal is!

5. A mérési adatok alapján számítsa ki az elhajlási szöget az (7.5) számú képlet alapján, majd a fényforrás hullámhosszát a (7.4) képlet segítségével!

6. A kapott eredményeket hasonlítsa össze a fényforrás ismert hullámhosszával!

7. Elemezze a hibákat!

Ellenőrző kérdések

1. Miben különbözik a Fresnel-féle diffrakció a Fraunhofer-féle diffrakciótól?
2. Milyen feltételek szükségesek ahhoz, hogy megfigyeljük a diffrakció jelenségét?
3. Hogyan határozható meg az elhajlási szög?
4. Hogyan határozható meg a fényforrás hullámhossza?

8. számú laboratóriumi munka

Téma: Az optikai szál hajlítása által okozott csillapítás meghatározása

A munka célja: megismerkedni az optikai szálak felépítésével és működésével; meghatározni az optikai szál hajlítása által okozott csillapítást.

Eszközök: fő adó panel, fő vevő panel, analóg adó, analóg vevő, feszültségmérő, miliméter, optikai szál, hengerek.

Elméleti kérdések, amelyek szükségesek a laboratóriumi munka elvégzéséhez:

1. Optoelektronika eszközei.
2. Az optikai szálak előnyei és hátrányai.
3. Az optikai szálak működése és felépítése.
4. Az optikai szálak típusai.

Elméleti tudnivalók

Az optoelektronika az információ továbbítását és tárolását elektromos és optikai úton megalósító technika. Elektromos-fény és fényelektromos átalakítókat tartalmaz. Az optoelektronika eszközei (fotodióda, fototranzisztor, fényemissziós dióda, lézerdióda stb.) ma már túlnyomórészt félvezető alapanyagból készülnek.

Fotodióda – fény érzékelésére használt p-n átmenet. A fotodiódát záróirányban feszítik elő. A kiürített rétegben a beeső fotonok hatására lyuk-elektron párok keletkeznek. Az ott lévő térerő a lyukakat és elektronokat ellentétes irányba sodorja, így fotoáram keletkezik. Ezen áram mérésével mérhető a beeső fény. A fotodióda anyagától függően bizonyos hullámhossz-tartományba eső fényt képes indikálni.

Fototranzisztor – fény érzékelésére használható tranzisztor. A kollektor-bázis-átmenet - fotodiódaként működik, így rajta keresztül fotoáram keletkezik. Ezt a fotoáramot mint bázisáramot a tranzisztor felerősíti, így a kollektoráram a fotoáram felerősített értékét tartalmazza. Ezért a fototranzisztor érzékenyebb, mint a fotodióda.

Fényemissziós dióda (LED=Light Emitting Diode) – fénykibocsátásra alkalmas félvezető dióda. Alapanyaga valamilyen intermetallikus vegyület, legtöbbször galliumarzenid vagy gallium-foszfid. A nyitóirányban előfeszített fényemissziós diódában - töltéshordozók (lyukak, elektronok) rekombinációjakor felszabaduló energia fotonok formájában lép ki a diódából. A kibocsátott fény lehet koherens (azonos fázisú), ekkor a fényemissziós diódát lézerdiódnak nevezik. A fényemissziós dióda felhasználható különböző kijelzésekre, fényelektromos erősítő alkatrészeként stb.

A multimédiás alkalmazások manapság magukba foglalják a többcsatornás hang-, és videójel átvitelt. És ezek számára muszáj az elérhető legnagyobb sávszélességet biztosítani. Ugyanez érvényes a digitális hálózatokra is. Az optikai

kábelek két fő erénye az elképesztően alacsony csillapítás, és a hatalmas sáv szélesség. Ezeken kívül számos további előnyük van a réz alapú kábelekkel szemben, de természetesen rendelkeznek hátrányokkal is.

Alapvetően a "fényhajlítást" az 1840-es évek elején ismerték fel. Daniel Collandon és Jaques Baguet egy párizsi kiállításon tartott bemutatót egy a vízsugárból ki nem lépő fénynyalábbal. Később az 1900-as évek közepén az orvostechikában kezdték el használni. Az 50-es években készítettek orvosi műszereket, melyek optikai úton továbbították a képeket. 1956-ban készült el az első gasztroszkóp. De túl nagy volt a csillapítása a kábelnek, így elég kis távolságra korlátozódott az átvitel. Később rájöttek, hogy kisebb veszteségű alapanyagok használatával növelhetik az átviteli távolságot. Charles K. Kao és kollégája George A. Hockham megállapították, hogy ha az optikai szálak csillapítását 20dB/km alá sikerül szorítani akkor alkalmasak nagyobb távolságok áthidalására. 1966-ban már tisztított kvarcüvegből készítettek kábeleket, de a bűvös 20dB/km határt a 70-es években sikerült áttörni. És ettől kezdve nincs megállás. Ahogy a gyártástechnológia finomodott, úgy vált egyre olcsóbbá, jobbá, és elérhetővé az optikai jelátvitel.

Előnyök:

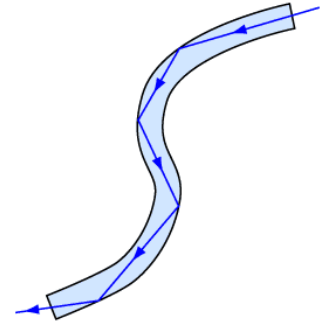
- Nagy adatátviteli sebesség, és sáv szélesség;
- Érzéketlenek az elektromágneses zavarokra (mobiltelefon, rádióadók...stb.);
- Az adó és a vevő galvanikusan le van választva;
- Abszolút nincs áthallás a vezetékek között;
- Kis kábelátmérő;
- Könnyűek.

Hátrányok:

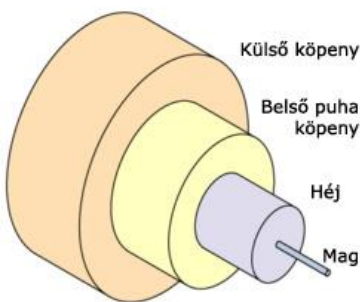
- Az optikai kábelek különösen érzékenyek a mechanikai igénybevételre;
- A por, és pizok a csatlakozókon nagyon le tudja rontani az átvitel minőségét, és akár maradandó károsodást is okozhat;
 - Magas technikai felkészültség, drága precíz gyártósor szükséges a gyártáshoz;
 - Precíz, drága műszerek kellenek a teszteléshez, hibakereséshez, átviteli mérésekhez;
- Az aktív hálózati elemek ára drága;
- Tápfeszültséget nem képesek továbbítani.

Működési elv

A teljes visszaverődést használják ki a kábelek. A fény egy valamilyen n_1 törésmutatójú közegben haladva amint elér annak a határához, ha ott egy n_2 törésmutatójú anyaggal találkozik, és fennáll, hogy $n_1 > n_2$ akkor teljes visszaverődés következik be, ami által a fénysugár a belső közegben marad. Ha a belső közeg csillapítása igen csekély, akkor a fénysugár nagy távolságokat képes megtenni, és nem számít, hogy közben hányszor, vagy milyen irányba hajlítjuk a kábelt. A visszaverődések száma függ a fény hullámhosszától. Multi módusú szálak esetén 850 és 1300 nm-es hullámhosszú, mono módusú szálak esetén pedig 1310 és 1550nm-es lézert használnak. Ezeknél az értékeknél a legjobb az átvitel.



Felépítés

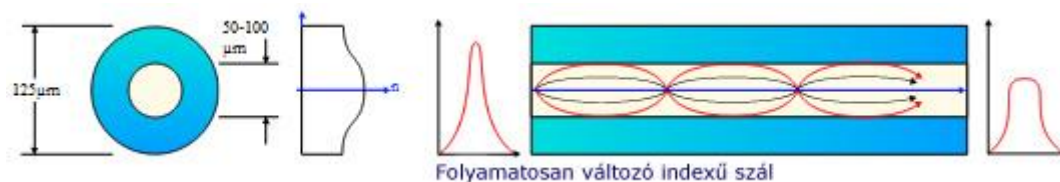


Minden kábelben van egy mag. Amely nagy tisztaságú üvegszál 9-62.5 μm -es átmérővel. Ebben halad a fénysugár. Ez körbe van véve egy 125 μm -es átmérőjű kisebb törésmutatójú "héj"-jal. Majd mindezt beburkolja a belső köpeny. A héj és a mag határán következik be a visszaverődés. A belső köpeny általában valamilyen akril alapú anyag 245 μm átmérővel. Szerepe, hogy védje a belső magot, és a héjat a külső szennyeződésektől, és a mechanikai hatásoktól. Ebben a rétegben találhatóak az aramid szálak is, illetve felépítése elég változatos attól függően, hogy a kábelt milyen területre szánták. Ezt burkolja kívülről a külső köpeny, amely tartást ad a kábelnek, és plusz védelmet. Ennek alapanyaga, illetve tulajdonságai szintén eltérőek a különböző típusú kábeleknél.

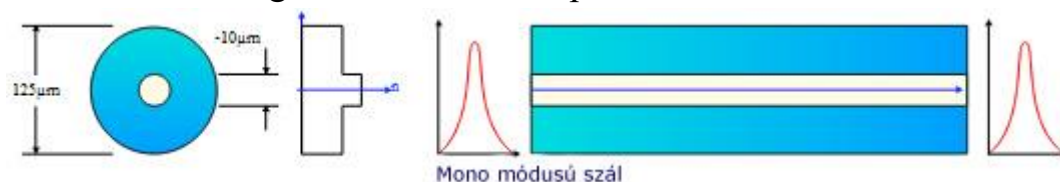
Típusok

Felépítés szerint alapvetően két féle fajtájuk létezik. Az egymódusú (mono módusú) vagy Single Mode, illetve a többmódusú (multi módusú) Multi Mode.

Multi Módusú. A multimódusú szálak magátmérője relatíve "nagy". Ez 50 vagy 62.5 μm -t jelent. A mag törésmutatója parabolikusan csökken a szélek felé. Így a jel nem egyszerűen visszaverődik, hanem elhajlik, ahogy a szélek felé közeledik. Tehát a mag tengelyén lassabban halad a fény, mint a szélein. Ezt rétegeléssel oldják meg. A különböző hullámhosszú fényimpulzusok relatíve ugyanannyi idő alatt érnek át a kábel másik végére. Ennél a típusnál olcsóbb adó, illetve vevő elektronikák, lézer-diódák használhatók.



Mono módusú. A mono módusú szálak tényleg vékonyak. Mindössze $9\ \mu\text{m}$ átmérőjűek. Ez a “vastagság” csak arra elegendő, hogy egyetlen fénysugara továbbítson. És karcsúsága miatt a fény a tengely mentén halad végig. Ebből következik, hogy nagyobb távolságok áthidalásakor szokták ezt a fajta felépítésű kábelt használni. Sávszélessége is nagyobb, mint a multimódusú szálaké. Maga a szál olcsóbb, mint a multi módusú, de a csatlakozók, illetve egyéb szükséges eszközök jobban drágítják. És a használt lézer típusa is erősebb kell, hogy legyen. Telekommunikációban, gerinchálózatok telepítésekor találkozunk vele.



Alapanyag szerint lehetnek üveg alapúak, melyeknek átmérője és csillapítási értékei alacsonyabbak műanyag alapú (POF: Plastic Optical Fiber) társaiknál. POF kábelek használati köre gyakorlatilag a kommerszebb területeken jelentős, illetve hangstúdiókban találkozhatunk velük. Az egyes berendezések között az S/PDIF, AES, vagy ADAT jeleket továbbítják viszonylag kicsi (pár méteres) távolságokra. Illetve a CD, DVD lejátszók digitális hang kimenete gyakran Toslink aljzat, és a házimozsi erősítő közvetlenül tudja fogadni a belőlük érkező hangjelet, hogy az ő profibb A/D konverterével alakítsuk vissza analógra.

A kábel kialakítása szerint:

- **Beltéri használatra.** Ezek a kábelek elsődlegesen fix installációknál rackekben patch kábelek, illetve falban húzott változatok. Ahol egyszer kell csatlakoztatni, aztán ottmarad. Az optikai szálak mellé ezekben a kábelekben aramid szálakat használnak, hogy megóvják a kábelt a hirtelen erőbehatásoktól. Köpenyük pedig halogénmentes, és egyes típusoknál tűzálló. Végükre bármilyen csatlakozó tehető, jellemzően az SC, LC, ST -t szokták használni.

- **Kültéri használatra.** Ezen kábelek nagy része a föld alá van temetve. Ezért tervezéskor ezekre a tényezőkre figyeltek oda a mérnökök. A köpenyük általában dupla rétegű a rétegek között szigetelővel, amely védi a szálakat a nedvességtől, rágcsálóktól. Extrém körülmények között páncélozott gégecsőben fektetik le a kábelt, mely a mechanikai hatások ellen növeli a védettséget.

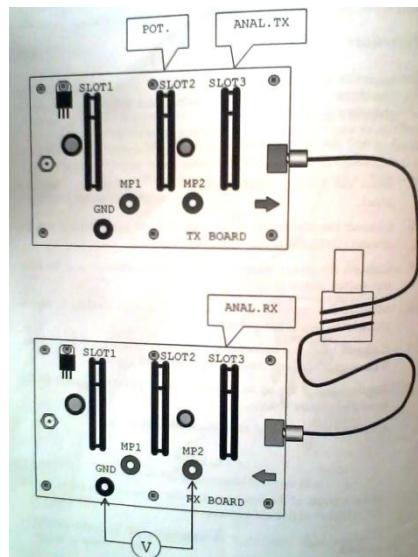
- **Univerzális.** Ezek a kábelek egyaránt alkalmasak a az épületen belüli kábelezésekre, valamint a mobil alkalmazások során. Alapvetően tartalmazznak

fémmentes rágcsálók elleni réteget szőtt üvegszálakból, és halogénmentes köpenyt, amely tűzálló. A csatlakozójuk mellé pedig érdemes porvédő sapkát használni.

- Mobil alkalmazásokhoz. A mobil alkalmazások a legmegpróbáltatottabb körülmények, amelyekbe egy optikai kábel kerülhet élete során. Ezért nem ritka a kevlár erősítésű köpeny, sőt van, hogy ezt meg is duplázzák. PUR köpenyű változatok rendkívül hajlékonyak, és ellenállóak a szélsőséges hőmérsékleti viszonyoknak. Míg a kevlár szálak segítik túlélni a mechanikai igénybevételt. A csatlakozókon minden esetben kötelező a por, és nedvességálló sapka használata, amikor a kábel nincs csatlakoztatva. Jellemzően ezeket a kábeleket egyedileg készítik a gyárak. A felhasználóknak körültekintően kell dolgozniuk ezekkel a kábelekkel.

A munka menete

1. Helyezze az analóg adót a Slot3-ba, a feszültségmérőt pedig a Slot2-be a fő adó panelen, ahogy az a 8.1. ábrán látható!



8.1. ábra: Kísérleti berendezés

2. Kapcsolja össze a fő adó panelt a fő vevő panellel optikai szál segítségével!
3. Helyezze az analóg vevőt a fő vevő panel Slot3jába!
4. Kapcsolja a multimétert a fő vevő panelhez!
5. Mérje le a kibocsátott energiát (P_0)!
6. Hajlítsa az optikai szálát az 1 cm, 1,5 cm, 2 cm és 2,5 cm átmérőjű cylinder köré és mérje le az átszállított energiát (P_x)! Ismételje meg ezt legfeljebb 5 hajlításig! Az optikai szálát szorosan kell a cylinder köré tekerni.
7. Számítsa ki a gyengítést a következő képlet segítségével:

$$A = \log \frac{P_0}{P_x}$$

8. Készítsen grafikont, hogyan függ a gyengítés a henger sugarától!

Hajlítások száma	P_0	P_x	A	$A_{\text{átlag}}$

Ellenőrző kérdések

1. Hogyan befolyásolja a hajlítások száma a gyengítést?
2. Hogyan befolyásolja a henger sugara a gyengítést?
3. Optoelektronika eszközei.
4. Az optikai szálak előnyei és hátrányai.
5. Az optikai szálak működése és felépítése.
6. Az optikai szálak típusai.

9. számú laboratóriumi munka

Téma: Az optikai szál vizsgálata dinamométer segítségével

A munka célja: megismerkedni az optikai szálak felépítésével és működésével; megvizsgálni az optikai szálakat dinamométer segítségével.

Eszközök: fő adó panel, fő vevő panel, analóg adó, analóg vevő, feszültségmérő, miliméter, optikai szál, dinamométer.

Elméleti kérdések, amelyek szükségesek a laboratóriumi munka elvégzéséhez:

1. Optoelektronika eszközei.
2. Az optikai szálak előnyei és hátrányai.
3. Az optikai szálak működése és felépítése.
4. Az optikai szálak típusai.

Elméleti tudnivalók

Az optoelektronika az információ továbbítását és tárolását elektromos és optikai úton megvalósító technika. Elektromos-fény és fényelektromos átalakítókat tartalmaz. Az optoelektronika eszközei (fotodióda, fototranzisztor, fényemissziós dióda, lézerdióda stb.) ma már túlnyomórészt félvezető alapanyagból készülnek.

Fotodióda – fény érzékelésére használt p-n átmenet. A fotodiódát záróirányban feszítik elő. A kiürített rétegben a beeső fotonok hatására lyuk-elektron párok keletkeznek. Az ott lévő térerő a lyukakat és elektronokat ellentétes irányba sodorja, így fotoáram keletkezik. Ezen áram mérésével mérhető a beeső fény. A fotodióda anyagától függően bizonyos hullámhossz-tartományba eső fényt képes indikálni.

Fototranzisztor – fény érzékelésére használható tranzisztor. A kollektor-bázis-átmenet - fotodiódaként működik, így rajta keresztül fotoáram keletkezik. Ezt a fotoáramot mint bázisáramot a tranzisztor felerősíti, így a kollektoráram a fotoáram felerősített értékét tartalmazza. Ezért a fototranzisztor érzékenyebb, mint a fotodióda.

Fényemissziós dióda (LED=Light Emitting Diode) – fénykibocsátásra alkalmas félvezető dióda. Alapanyaga valamilyen intermetallikus vegyület, legtöbbször galliumarzenid vagy gallium-foszfid. A nyitóirányban előfeszített fényemissziós diódában - töltéshordozók (lyukak, elektronok) rekombinációjakor felszabaduló energia fotonok formájában lép ki a diódából. A kibocsátott fény lehet koherens (azonos fázisú), ekkor a fényemissziós diódát lézerdiódnak nevezik. A fényemissziós dióda felhasználható különböző kijelzésekre, fényelektromos erősítő alkatrészeként stb.

A multimédiás alkalmazások manapság magukba foglalják a többcsatornás hang-, és videójel átvitelt. És ezek számára muszáj az elérhető legnagyobb sávszélességet biztosítani. Ugyanez érvényes a digitális hálózatokra is. Az optikai

kábelek két fő erénye az elképesztően alacsony csillapítás, és a hatalmas sáv szélesség. Ezeken kívül számos további előnyük van a réz alapú kábelekkel szemben, de természetesen rendelkeznek hátrányokkal is.

Alapvetően a "fényhajlítást" az 1840-es évek elején ismerték fel. Daniel Collandon és Jaques Baguet egy párizsi kiállításon tartott bemutatót egy a vízsugárból ki nem lépő fénynyalábbal. Később az 1900-as évek közepén az orvostechikában kezdték el használni. Az 50-es években készítettek orvosi műszereket, melyek optikai úton továbbították a képeket. 1956-ban készült el az első gasztroszkóp. De túl nagy volt a csillapítása a kábelnek, így elég kis távolságra korlátozódott az átvitel. Később rájöttek, hogy kisebb veszteségű alapanyagok használatával növelhetik az átviteli távolságot. Charles K. Kao és kollégája George A. Hockham megállapították, hogy ha az optikai szálak csillapítását 20dB/km alá sikerül szorítani akkor alkalmasak nagyobb távolságok áthidalására. 1966-ban már tisztított kvarcüvegből készítettek kábeleket, de a bűvös 20dB/km határt a 70-es években sikerült áttörni. És ettől kezdve nincs megállás. Ahogy a gyártástechnológia finomodott, úgy vált egyre olcsóbbá, jobbá, és elérhetővé az optikai jelátvitel.

Előnyök:

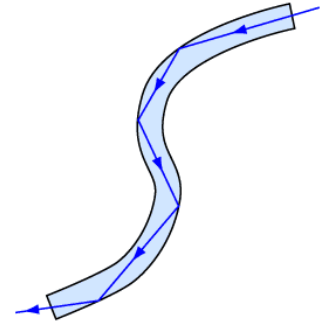
- Nagy adatátviteli sebesség, és sáv szélesség;
- Érzéketlenek az elektromágneses zavarokra (mobiltelefon, rádióadók...stb.);
- Az adó és a vevő galvanikusan le van választva;
- Abszolút nincs áthallás a vezetékek között;
- Kis kábelátmérő;
- Könnyűek.

Hátrányok:

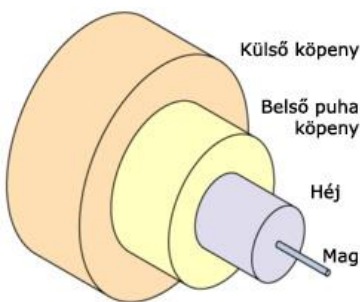
- Az optikai kábelek különösen érzékenyek a mechanikai igénybevételre;
- A por, és pizok a csatlakozókon nagyon le tudja rontani az átvitel minőségét, és akár maradandó károsodást is okozhat;
 - Magas technikai felkészültség, drága precíz gyártósor szükséges a gyártáshoz;
 - Precíz, drága műszerek kellenek a teszteléshez, hibakereséshez, átviteli mérésekhez;
- Az aktív hálózati elemek ára drága;
- Tápfeszültséget nem képesek továbbítani.

Működési elv

A teljes visszaverődést használják ki a kábelek. A fény egy valamilyen n_1 törésmutatójú közegben haladva amint elér annak a határához, ha ott egy n_2 törésmutatójú anyaggal találkozik, és fennáll, hogy $n_1 > n_2$ akkor teljes visszaverődés következik be, ami által a fénysugár a belső közegben marad. Ha a belső közeg csillapítása igen csekély, akkor a fénysugár nagy távolságokat képes megtenni, és nem számít, hogy közben hányszor, vagy milyen irányba hajlítjuk a kábelt. A visszaverődések száma függ a fény hullámhosszától. Multi módusú szálak esetén 850 és 1300 nm-es hullámhosszú, mono módusú szálak esetén pedig 1310 és 1550nm-es lézert használnak. Ezeknél az értékeknél a legjobb az átvitel.



Felépítés

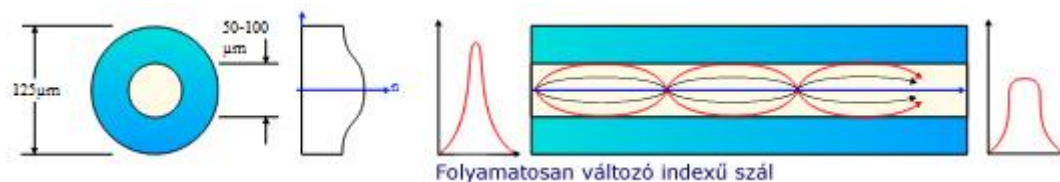


Minden kábelben van egy mag. Amely nagy tisztaságú üvegszál 9-62.5 μm -es átmérővel. Ebben halad a fénysugár. Ez körbe van véve egy 125 μm -es átmérőjű kisebb törésmutatójú "héj"-jal. Majd mindezt beburkolja a belső köpeny. A héj és a mag határán következik be a visszaverődés. A belső köpeny általában valamilyen akril alapú anyag 245 μm átmérővel. Szerepe, hogy védje a belső magot, és a héjat a külső szennyeződésektől, és a mechanikai hatásoktól. Ebben a rétegben találhatóak az aramid szálak is, illetve felépítése elég változatos attól függően, hogy a kábelt milyen területre szánták. Ezt burkolja kívülről a külső köpeny, amely tartást ad a kábelnek, és plusz védelmet. Ennek alapanyaga, illetve tulajdonságai szintén eltérőek a különböző típusú kábeleknél.

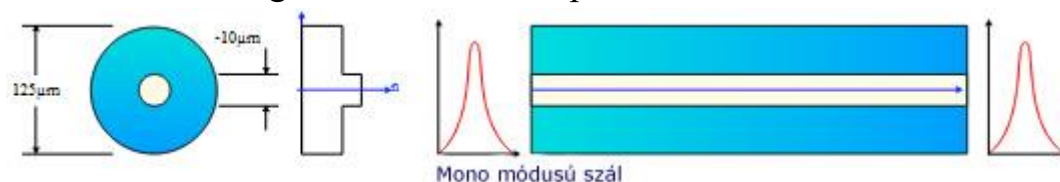
Típusok

Felépítés szerint alapvetően két féle fajtájuk létezik. Az egymódusú (mono módusú) vagy Single Mode, illetve a többmódusú (multi módusú) Multi Mode.

Multi Módusú. A multimódusú szálak magátmérője relatíve "nagy". Ez 50 vagy 62.5 μm -t jelent. A mag törésmutatója parabolikusan csökken a szélek felé. Így a jel nem egyszerűen visszaverődik, hanem elhajlik, ahogy a szélek felé közeledik. Tehát a mag tengelyén lassabban halad a fény, mint a szélein. Ezt rétegeléssel oldják meg. A különböző hullámhosszú fényimpulzusok relatíve ugyanannyi idő alatt érnek át a kábel másik végére. Ennél a típusnál olcsóbb adó, illetve vevő elektronikák, lézer-diódák használhatók.



Mono módusú. A mono módusú szálak tényleg vékonyak. Mindössze $9\ \mu\text{m}$ átmérőjűek. Ez a “vastagság” csak arra elegendő, hogy egyetlen fénysugara továbbítson. És karcsúsága miatt a fény a tengely mentén halad végig. Ebből következik, hogy nagyobb távolságok áthidalásakor szokták ezt a fajta felépítésű kábelt használni. Sáv szélessége is nagyobb, mint a multimódusú szálaké. Maga a szál olcsóbb, mint a multi módusú, de a csatlakozók, illetve egyéb szükséges eszközök jobban drágítják. És a használt lézer típusa is erősebb kell, hogy legyen. Telekommunikációban, gerinchálózatok telepítésekor találkozunk vele.



Alapanyag szerint lehetnek üveg alapúak, melyeknek átmérője és csillapítási értékei alacsonyabbak műanyag alapú (POF: Plastic Optical Fiber) társaiknál. POF kábelek használati köre gyakorlatilag a kommerszebb területeken jelentős, illetve hangstúdiókban találkozhatunk velük. Az egyes berendezések között az S/PDIF, AES, vagy ADAT jeleket továbbítják viszonylag kicsi (pár méteres) távolságokra. Illetve a CD, DVD lejátszók digitális hang kimenete gyakran Toslink aljzat, és a házimozsi erősítő közvetlenül tudja fogadni a belőlük érkező hangjelet, hogy az ő profibb A/D konverterével alakítsuk vissza analógra.

A kábel kialakítása szerint:

- **Beltéri használatra.** Ezek a kábelek elsődlegesen fix installációknál rackekben patch kábelek, illetve falban húzott változatok. Ahol egyszer kell csatlakoztatni, aztán ottmarad. Az optikai szálak mellé ezekben a kábelekben aramid szálakat használnak, hogy megóvják a kábelt a hirtelen erőbehatásoktól. Köpenyük pedig halogénmentes, és egyes típusoknál tűzálló. Végükre bármilyen csatlakozó tehető, jellemzően az SC, LC, ST -t szokták használni.

- **Kültéri használatra.** Ezen kábelek nagy része a föld alá van temetve. Ezért tervezéskor ezekre a tényezőkre figyeltek oda a mérnökök. A köpenyük általában dupla rétegű a rétegek között szigetelővel, amely védi a szálakat a nedvességtől, rágcsálóktól. Extrém körülmények között páncélozott gégecsőben fektetik le a kábelt, mely a mechanikai hatások ellen növeli a védettséget.

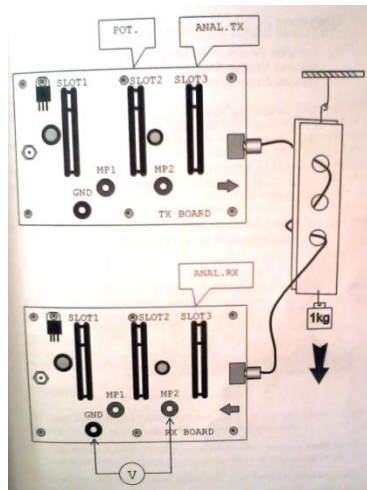
- **Univerzális.** Ezek a kábelek egyaránt alkalmasak a az épületen belüli kábelezésekre, valamint a mobil alkalmazások során. Alapvetően tartalmazznak

fémmentes rágcsálók elleni réteget szőtt üvegszálakból, és halogénmentes köpenyt, amely tűzálló. A csatlakozójuk mellé pedig érdemes porvédő sapkát használni.

- Mobil alkalmazásokhoz. A mobil alkalmazások a legmegpróbáltatóbb körülmények, amelyekbe egy optikai kábel kerülhet élete során. Ezért nem ritka a kevlár erősítésű köpeny, sőt van, hogy ezt meg is duplázzák. PUR köpenyű változatok rendkívül hajlékonyak, és ellenállóak a szélsőséges hőmérsékleti viszonyoknak. Míg a kevlár szálak segítik túlélni a mechanikai igénybevételt. A csatlakozókon minden esetben kötelező a por, és nedvességálló sapka használata, amikor a kábel nincs csatlakoztatva. Jellemzően ezeket a kábeleket egyedileg készítik a gyárak. A felhasználóknak körültekintően kell dolgozniuk ezekkel a kábelekkel.

A munka menete

1. Helyezze az analóg adót a Slot3-ba, a feszültségmérőt pedig a Slot2-be a fő adó panelen, ahogy az a 9.1. látható!



9.1. ábra: Kísérleti berendezés

2. Helyezze az analóg vevőt a fő vevő panel Slot3jába!
3. Alaposan fűzze az optikai szálát az erőlemez réseibe (lásd 9.1. ábra)!
4. Kapcsolja a fő vevő panelt a fő adó panelhez az optikai szál segítségével!
5. Kapcsolja a multimétert a fő vevő panelhez!
6. Mérje le a kibocsátott energiát (P_0)!
7. Akassza fel az egyik erőlemez egy oldalát és helyezzen egy súlyt a másik erőlemezre! Mérje le a kibocsátott P_x energiát!
8. Számítsa ki az energiakülönbséget a P_x és a P_0 között! Végezze el a kísérletet különböző súlyokkal!

Súlyok	P_0	P_x	$P_x - P_0$	$(P_x - P_0)_{\text{átlag}}$

Ellenőrző kérdések

1. Hogyan végezte el a méréseket?
2. Milyen szerepet játszanak a súlyok az adott kísérletben?
3. Optoelektronika eszközei.
4. Az optikai szálak előnyei és hátrányai.
5. Az optikai szálak működése és felépítése.
6. Az optikai szálak típusai.

10. számú laboratóriumi munka

Téma: Az átviteli érzékelő működési elvének tanulmányozása

A munka célja: az átviteli érzékelő működési elvének tanulmányozása, mivel ez megkönnyíti az optikai szál változásainak kimutatását két elkülönített optikai vég között.

Eszközök: fő adó panel, fő vevő panel, analóg adó, analóg vevő, feszültségmérő, multiméter, optikai szál.

Elméleti kérdések, amelyek szükségesek a laboratóriumi munka elvégzéséhez:

1. Optoelektronika eszközei.
2. Az optikai szálak előnyei és hátrányai.
3. Az optikai szálak működése és felépítése.
4. Az optikai szálak típusai.

Elméleti tudnivalók

Az optoelektronika az információ továbbítását és tárolását elektromos és optikai úton megvalósító technika. Elektromos-fény és fényelektromos átalakítókat tartalmaz. Az optoelektronika eszközei (fotodióda, fototranzisztor, fényemissziós dióda, lézerdióda stb.) ma már túlnyomórészt félvezető alapanyagból készülnek.

Fotodióda – fény érzékelésére használt p-n átmenet. A fotodiódát záróirányban feszítik elő. A kiürített rétegben a beeső fotonok hatására lyuk-elektron párok keletkeznek. Az ott lévő térerő a lyukakat és elektronokat ellentétes irányba sodorja, így fotoáram keletkezik. Ezen áram mérésével mérhető a beeső fény. A fotodióda anyagától függően bizonyos hullámhossz-tartományba eső fényt képes indikálni.

Fototranzisztor – fény érzékelésére használható tranzisztor. A kollektor-bázis-átmenet - fotodiódaként működik, így rajta keresztül fotoáram keletkezik. Ezt a fotoáramot mint bázisáramot a tranzisztor felerősíti, így a kollektoráram a fotoáram felerősített értékét tartalmazza. Ezért a fototranzisztor érzékenyebb, mint a fotodióda.

Fényemissziós dióda (LED=Light Emitting Diode) – fénykibocsátásra alkalmas félvezető dióda. Alapanyaga valamilyen intermetallikus vegyület, legtöbbször galliumarzenid vagy gallium-foszfid. A nyitóirányban előfeszített fényemissziós diódában - töltéshordozók (lyukak, elektronok) rekombinációjakor felszabaduló energia fotonok formájában lép ki a diódából. A kibocsátott fény lehet koherens (azonos fázisú), ekkor a fényemissziós diódát lézerdiónak nevezik. A fényemissziós dióda felhasználható különböző kijelzésekre, fényelektromos erősítő alkatrészeként stb.

A multimédiás alkalmazások manapság magukba foglalják a többcsatornás hang-, és videójel átvitelt. És ezek számára muszáj az elérhető legnagyobb

sávszélességet biztosítani. Ugyanez érvényes a digitális hálózatokra is. Az optikai kábelek két fő erénye az elképesztően alacsony csillapítás, és a hatalmas sávszélesség. Ezeken kívül számos további előnyük van a réz alapú kábelekkel szemben, de természetesen rendelkeznek hátrányokkal is.

Alapvetően a “fényhajlítást” az 1840-es évek elején ismerték fel. Daniel Collandon és Jaques Baguet egy párizsi kiállításon tartott bemutatót egy a vízsugárból ki nem lépő fénynyalábbal. Később az 1900-as évek közepén az orvostechikában kezdték el használni. Az 50-es években készítettek orvosi műszereket, melyek optikai úton továbbították a képeket. 1956-ban készült el az első gasztroszkóp. De túl nagy volt a csillapítása a kábelnek, így elég kis távolságra korlátozódott az átvitel. Később rájöttek, hogy kisebb veszteségű alapanyagok használatával növelhetik az átviteli távolságot. Charles K. Kao és kollégája George A. Hockham megállapították, hogy ha az optikai szálak csillapítását 20dB/km alá sikerül szorítani akkor alkalmasak nagyobb távolságok áthidalására. 1966-ban már tisztított kvarcüvegből készítettek kábeleket, de a bűvös 20dB/km határt a 70-es években sikerült áttörni. És ettől kezdve nincs megállás. Ahogy a gyártástechnológia finomodott, úgy vált egyre olcsóbbá, jobbá, és elérhetővé az optikai jelátvitel.

Előnyök:

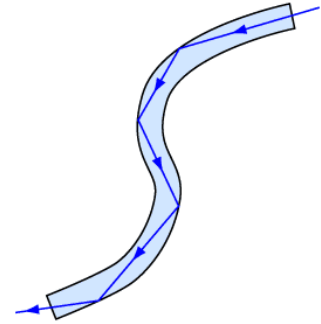
- Nagy adatátviteli sebesség, és sávszélesség;
- Érzéketlenek az elektromágneses zavarokra (mobiltelefon, rádióadók...stb.);
- Az adó és a vevő galvanikusan le van választva;
- Abszolút nincs áthallás a vezetékek között;
- Kis kábelátmérő;
- Könnyűek.

Hátrányok:

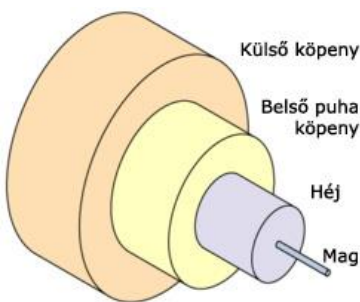
- Az optikai kábelek különösen érzékenyek a mechanikai igénybevételre;
- A por, és pizok a csatlakozókon nagyon le tudja rontani az átvitel minőségét, és akár maradandó károsodást is okozhat;
- Magas technikai felkészültség, drága precíz gyártósor szükséges a gyártáshoz;
- Precíz, drága műszerek kellenek a teszteléshez, hibakereséshez, átviteli mérésekhez;
- Az aktív hálózati elemek ára drága;
- Tápfeszültséget nem képesek továbbítani.

Működési elv

A teljes visszaverődést használják ki a kábelek. A fény egy valamilyen n_1 törésmutatójú közegben haladva amint elér annak a határához, ha ott egy n_2 törésmutatójú anyaggal találkozik, és fennáll, hogy $n_1 > n_2$ akkor teljes visszaverődés következik be, ami által a fénysugár a belső közegben marad. Ha a belső közeg csillapítása igen csekély, akkor a fénysugár nagy távolságokat képes megtenni, és nem számít, hogy közben hányszor, vagy milyen irányba hajlítjuk a kábelt. A visszaverődések száma függ a fény hullámhosszától. Multi módusú szálak esetén 850 és 1300 nm-es hullámhosszú, mono módusú szálak esetén pedig 1310 és 1550nm-es lézert használnak. Ezeknél az értékeknél a legjobb az átvitel.



Felépítés

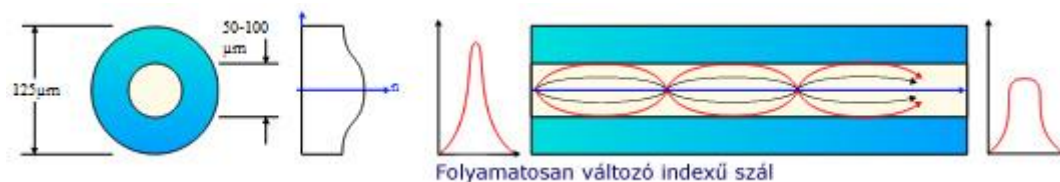


Minden kábelben van egy mag. Amely nagy tisztaságú üvegszál 9-62.5 μm -es átmérővel. Ebben halad a fénysugár. Ez körbe van véve egy 125 μm -es átmérőjű kisebb törésmutatójú "héj"-jal. Majd mindezt beburkolja a belső köpeny. A héj és a mag határán következik be a visszaverődés. A belső köpeny általában valamilyen akril alapú anyag 245 μm átmérővel. Szerepe, hogy védje a belső magot, és a héjat a külső szennyeződésektől, és a mechanikai hatásoktól. Ebben a rétegben találhatóak az aramid szálak is, illetve felépítése elég változatos attól függően, hogy a kábelt milyen területre szánták. Ezt burkolja kívülről a külső köpeny, amely tartást ad a kábelnek, és plusz védelmet. Ennek alapanyaga, illetve tulajdonságai szintén eltérőek a különböző típusú kábeleknél.

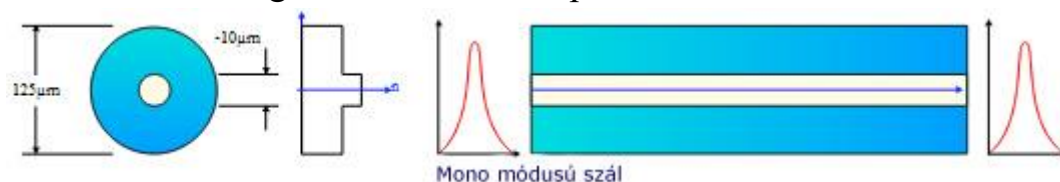
Típusok

Felépítés szerint alapvetően két féle fajtájuk létezik. Az egymódusú (mono módusú) vagy Single Mode, illetve a többmódusú (multi módusú) Multi Mode.

Multi Módusú. A multimódusú szálak magátmérője relatíve "nagy". Ez 50 vagy 62.5 μm -t jelent. A mag törésmutatója parabolikusan csökken a szélek felé. Így a jel nem egyszerűen visszaverődik, hanem elhajlik, ahogy a szélek felé közeledik. Tehát a mag tengelyén lassabban halad a fény, mint a szélein. Ezt rétegeléssel oldják meg. A különböző hullámhosszú fényimpulzusok relatíve ugyanannyi idő alatt érnek át a kábel másik végére. Ennél a típusnál olcsóbb adó, illetve vevő elektronikák, lézer-diódák használhatók.



Mono módusú. A mono módusú szálak tényleg vékonyak. Mindössze $9\ \mu\text{m}$ átmérőjűek. Ez a “vastagság” csak arra elegendő, hogy egyetlen fénysugara továbbítson. És karcsúsága miatt a fény a tengely mentén halad végig. Ebből következik, hogy nagyobb távolságok áthidalásakor szokták ezt a fajta felépítésű kábelt használni. Sáv szélessége is nagyobb, mint a multimódusú szálaké. Maga a szál olcsóbb, mint a multi módusú, de a csatlakozók, illetve egyéb szükséges eszközök jobban drágítják. És a használt lézer típusa is erősebb kell, hogy legyen. Telekommunikációban, gerinchálózatok telepítésekor találkozunk vele.



Alapanyag szerint lehetnek üveg alapúak, melyeknek átmérője és csillapítási értékei alacsonyabbak műanyag alapú (POF: Plastic Optical Fiber) társaiknál. POF kábelek használati köre gyakorlatilag a kommerszebb területeken jelentős, illetve hangstúdiókban találkozhatunk velük. Az egyes berendezések között az S/PDIF, AES, vagy ADAT jeleket továbbítják viszonylag kicsi (pár méteres) távolságokra. Illetve a CD, DVD lejátszók digitális hang kimenete gyakran Toslink aljzat, és a házimozsi erősítő közvetlenül tudja fogadni a belőlük érkező hangjelet, hogy az ő profibb A/D konverterével alakítsuk vissza analógra.

A kábel kialakítása szerint:

- **Beltéri használatra.** Ezek a kábelek elsődlegesen fix installációknál rackekben patch kábelek, illetve falban húzott változatok. Ahol egyszer kell csatlakoztatni, aztán ottmarad. Az optikai szálak mellé ezekben a kábelekben aramid szálakat használnak, hogy megóvják a kábelt a hirtelen erőbehatásoktól. Köpenyük pedig halogénmentes, és egyes típusoknál tűzálló. Végükre bármilyen csatlakozó tehető, jellemzően az SC, LC, ST -t szokták használni.

- **Kültéri használatra.** Ezen kábelek nagy része a föld alá van temetve. Ezért tervezéskor ezekre a tényezőkre figyeltek oda a mérnökök. A köpenyük általában dupla rétegű a rétegek között szigetelővel, amely védi a szálakat a nedvességtől, rágcsálóktól. Extrém körülmények között páncélozott gégecsőben fektetik le a kábelt, mely a mechanikai hatások ellen növeli a védettséget.

- **Univerzális.** Ezek a kábelek egyaránt alkalmasak a az épületen belüli kábelezésekre, valamint a mobil alkalmazások során. Alapvetően tartalmazznak

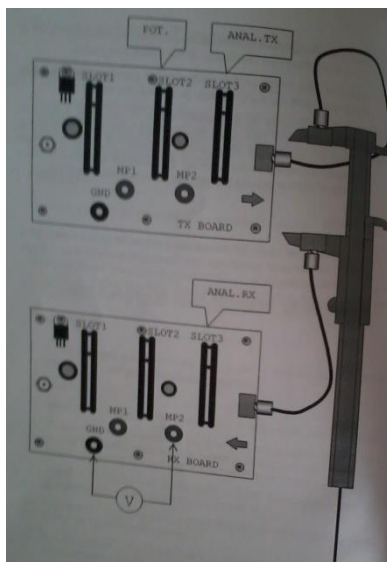
fémmentes rágcsálók elleni réteget szőtt üvegszálakból, és halogénmentes köpenyt, amely tűzálló. A csatlakozójuk mellé pedig érdemes porvédő sapkát használni.

- Mobil alkalmazásokhoz. A mobil alkalmazások a legmegpróbáltatottabb körülmények, amelyekbe egy optikai kábel kerülhet élete során. Ezért nem ritka a kevlár erősítésű köpeny, sőt van, hogy ezt meg is duplázzák. PUR köpenyű változatok rendkívül hajlékonyak, és ellenállóak a szélsőséges hőmérsékleti viszonyoknak. Míg a kevlár szálak segítik túlélni a mechanikai igénybevételt. A csatlakozókon minden esetben kötelező a por, és nedvességálló sapka használata, amikor a kábel nincs csatlakoztatva. Jellemzően ezeket a kábeleket egyedileg készítik a gyárak. A felhasználóknak körültekintően kell dolgozniuk ezekkel a kábelekkel.

A munka menete

1. sz. kísérlet

1. Szerelje össze a berendezést az 10.1. ábrán látható módon!



10.1. ábra: Kísérleti berendezés

2. Helyezze az optika szál végeit 5 mm-re egymástól és a potenciálmérővel állítsa be a megfelelő jelszintet!

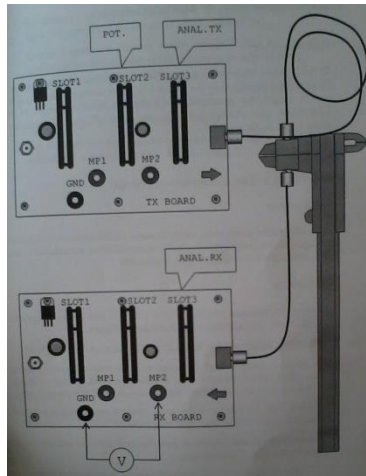
3. Helyezzen egy membránt az elkülönített végek közé, míg az átszállított energia változását figyeli!

4. Kapcsolja ki az „energiát” a fő vevő panelen! Helyezze az analóg vevőt a fő vevő panelre!

5. Állítsa a fő adó panelen a potenciálmérőt 0 jelzésre (a sárga dióda ilyenkor világít), amikor a membrán az optikai szálak között van, és 1 jelzésre, amikor nincs köztük!

2. sz. kísérlet

1. Szerelje össze a berendezést a 10.2. ábrán látható módon!



10.2. ábra: Kísérleti berendezés

2. Fokozatosan közelítse az optikai szálakat egymás felé, megmérve az átviteli energiát, a P_x -t minden mm-es intervallumban!

3. Mérje meg a P_0 -t, amikor az optikai szálak nincsenek elválasztva!

4. Számítsa ki a gyengítést a következő képlet segítségével:

$$A = 10 \log \frac{P_0}{P_x}.$$

5. Készítsen grafikon, hogyan függ a gyengítés az optika szálak közötti távolságtól!

Ellenőrző kérdések

1. Hogyan végezte el a méréseket?

2. Hogyan számítjuk ki a gyengítést?

A készített grafikon alapján elemezze, hogyan függ a gyengítés az optika szálak közötti távolságtól!

3. Optoelektronika eszközei.

4. Az optikai szálak előnyei és hátrányai.

5. Az optikai szálak működése és felépítése.

6. Az optikai szálak típusai.

11. számú laboratóriumi munka

Téma: Hangjel továbbítása optikai kábel segítségével

A munka célja: a hangjel továbbításának megfigyelése optikai kábel segítségével, és annak gyakorlati felhasználása.

Eszközök: fő adó panel, fő vevő panel, analóg adó, analóg vevő, alacsony frekvencia generátor, feszültségmérő, multiméter, optikai szál, mikrofon-erősítő, oszcilloszkóp

Elméleti kérdések, amelyek szükségesek a laboratóriumi munka elvégzéséhez:

1. Optoelektronika eszközei.
2. Az optikai szálak előnyei és hátrányai.
3. Az optikai szálak működése és felépítése.
4. Az optikai szálak típusai.

Elméleti tudnivalók

Az optoelektronika az információ továbbítását és tárolását elektromos és optikai úton megvalósító technika. Elektromos-fény és fényelektromos átalakítókat tartalmaz. Az optoelektronika eszközei (fotodióda, fototranzisztor, fényemissziós dióda, lézertióda stb.) ma már túlnyomórészt félvezető alapanyagból készülnek.

Fotodióda – fény érzékelésére használt p-n átmenet. A fotodiódát záróirányban feszítik elő. A kiürített rétegben a beeső fotonok hatására lyuk-elektron párok keletkeznek. Az ott lévő térerő a lyukakat és elektronokat ellentétes irányba sodorja, így fotoáram keletkezik. Ezen áram mérésével mérhető a beeső fény. A fotodióda anyagától függően bizonyos hullámhossz-tartományba eső fényt képes indikálni.

Fototranzisztor – fény érzékelésére használható tranzisztor. A kollektor-bázis-átmenet - fotodiódaként működik, így rajta keresztül fotoáram keletkezik. Ezt a fotoáramot mint bázisáramot a tranzisztor felerősíti, így a kollektoráram a fotoáram felerősített értékét tartalmazza. Ezért a fototranzisztor érzékenyebb, mint a fotodióda.

Fényemissziós dióda (LED=Light Emitting Diode) – fénykibocsátásra alkalmas félvezető dióda. Alapanyaga valamilyen intermetallikus vegyület, legtöbbször galliumarzenid vagy gallium-foszfid. A nyitóirányban előfeszített fényemissziós diódában - töltéshordozók (lyukak, elektronok) rekombinációjakor felszabaduló energia fotonok formájában lép ki a diódából. A kibocsátott fény lehet koherens (azonos fázisú), ekkor a fényemissziós diódát lézertiódának nevezik. A fényemissziós dióda felhasználható különböző kijelzésekre, fényelektromos erősítő alkatrészeként stb.

A multimédiás alkalmazások manapság magukba foglalják a többcsatornás hang-, és videójel átvitelt. És ezek számára muszáj az elérhető legnagyobb

sávszélességet biztosítani. Ugyanez érvényes a digitális hálózatokra is. Az optikai kábelek két fő erénye az elképesztően alacsony csillapítás, és a hatalmas sávszélesség. Ezeken kívül számos további előnyük van a réz alapú kábelekkel szemben, de természetesen rendelkeznek hátrányokkal is.

Alapvetően a “fényhajlítást” az 1840-es évek elején ismerték fel. Daniel Collandon és Jaques Baguet egy párizsi kiállításon tartott bemutatót egy a vízsugárból ki nem lépő fénynyalábbal. Később az 1900-as évek közepén az orvostechikában kezdték el használni. Az 50-es években készítettek orvosi műszereket, melyek optikai úton továbbították a képeket. 1956-ban készült el az első gasztroszkóp. De túl nagy volt a csillapítása a kábelnek, így elég kis távolságra korlátozódott az átvitel. Később rájöttek, hogy kisebb veszteségű alapanyagok használatával növelhetik az átviteli távolságot. Charles K. Kao és kollégája George A. Hockham megállapították, hogy ha az optikai szálak csillapítását 20dB/km alá sikerül szorítani akkor alkalmasak nagyobb távolságok áthidalására. 1966-ban már tisztított kvarcüvegből készítettek kábeleket, de a bűvös 20dB/km határt a 70-es években sikerült áttörni. És ettől kezdve nincs megállás. Ahogy a gyártástechnológia finomodott, úgy vált egyre olcsóbbá, jobbá, és elérhetővé az optikai jelátvitel.

Előnyök:

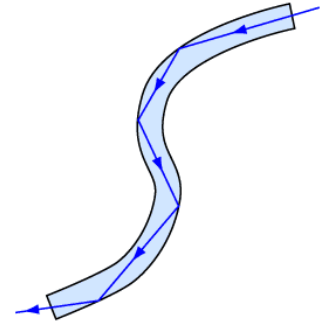
- Nagy adatátviteli sebesség, és sávszélesség;
- Érzéketlenek az elektromágneses zavarokra (mobiltelefon, rádióadók...stb.);
- Az adó és a vevő galvanikusan le van választva;
- Abszolút nincs áthallás a vezetékek között;
- Kis kábelátmérő;
- Könnyűek.

Hátrányok:

- Az optikai kábelek különösen érzékenyek a mechanikai igénybevételre;
- A por, és pizok a csatlakozókon nagyon le tudja rontani az átvitel minőségét, és akár maradandó károsodást is okozhat;
 - Magas technikai felkészültség, drága precíz gyártósor szükséges a gyártáshoz;
 - Precíz, drága műszerek kellenek a teszteléshez, hibakereséshez, átviteli mérésekhez;
- Az aktív hálózati elemek ára drága;
- Tápfeszültséget nem képesek továbbítani.

Működési elv

A teljes visszaverődést használják ki a kábelek. A fény egy valamilyen n_1 törésmutatójú közegben haladva amint elér annak a határához, ha ott egy n_2 törésmutatójú anyaggal találkozik, és fennáll, hogy $n_1 > n_2$ akkor teljes visszaverődés következik be, ami által a fénysugár a belső közegben marad. Ha a belső közeg csillapítása igen csekély, akkor a fénysugár nagy távolságokat képes megtenni, és nem számít, hogy közben hányszor, vagy milyen irányba hajlítjuk a kábelt. A visszaverődések száma függ a fény hullámhosszától. Multi módusú szálak esetén 850 és 1300 nm-es hullámhosszú, mono módusú szálak esetén pedig 1310 és 1550nm-es lézert használnak. Ezeknél az értékeknél a legjobb az átvitel.



Felépítés

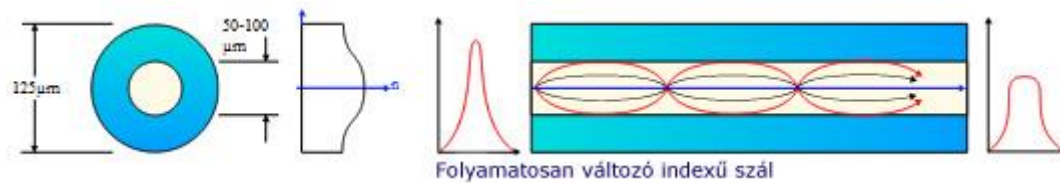


Minden kábelben van egy mag. Amely nagy tisztaságú üvegszál 9-62.5 μm -es átmérővel. Ebben halad a fénysugár. Ez körbe van véve egy 125 μm -es átmérőjű kisebb törésmutatójú "héj"-jal. Majd mindezt beburkolja a belső köpeny. A héj és a mag határán következik be a visszaverődés. A belső köpeny általában valamilyen akril alapú anyag 245 μm átmérővel. Szerepe, hogy védje a belső magot, és a héjat a külső szennyeződésektől, és a mechanikai hatásoktól. Ebben a rétegben találhatóak az aramid szálak is, illetve felépítése elég változatos attól függően, hogy a kábelt milyen területre szánták. Ezt burkolja kívülről a külső köpeny, amely tartást ad a kábelnek, és plusz védelmet. Ennek alapanyaga, illetve tulajdonságai szintén eltérőek a különböző típusú kábeleknél.

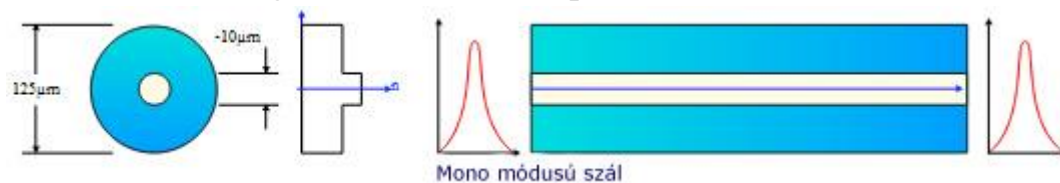
Típusok

Felépítés szerint alapvetően két féle fajtájuk létezik. Az egymódusú (mono módusú) vagy Single Mode, illetve a többmódusú (multi módusú) Multi Mode.

Multi Módusú. A multimódusú szálak magátmérője relatíve "nagy". Ez 50 vagy 62.5 μm -t jelent. A mag törésmutatója parabolikusan csökken a szélek felé. Így a jel nem egyszerűen visszaverődik, hanem elhajlik, ahogy a szélek felé közeledik. Tehát a mag tengelyén lassabban halad a fény, mint a szélein. Ezt rétegeléssel oldják meg. A különböző hullámhosszú fényimpulzusok relatíve ugyanannyi idő alatt érnek át a kábel másik végére. Ennél a típusnál olcsóbb adó, illetve vevő elektronikák, lézer-diódák használhatók.



Mono módusú. A mono módusú szálak tényleg vékonyak. Mindössze 9 μm átmérőjűek. Ez a “vastagság” csak arra elegendő, hogy egyetlen fénysugara továbbítson. És karcsúsága miatt a fény a tengely mentén halad végig. Ebből következik, hogy nagyobb távolságok áthidalásakor szokták ezt a fajta felépítésű kábelt használni. Sáv szélessége is nagyobb, mint a multimódusú szálaké. Maga a szál olcsóbb, mint a multi módusú, de a csatlakozók, illetve egyéb szükséges eszközök jobban drágítják. És a használt lézer típusa is erősebb kell, hogy legyen. Telekommunikációban, gerinchálózatok telepítésekor találkozunk vele.



Alapanyag szerint lehetnek üveg alapúak, melyeknek átmérője és csillapítási értékei alacsonyabbak műanyag alapú (POF: Plastic Optical Fiber) társaiknál. POF kábelek használati köre gyakorlatilag a kommerszebb területeken jelentős, illetve hangstúdiókban találkozhatunk velük. Az egyes berendezések között az S/PDIF, AES, vagy ADAT jeleket továbbítják viszonylag kicsi (pár méteres) távolságokra. Illetve a CD, DVD lejátszók digitális hang kimenete gyakran Toslink aljzat, és a házimozsi erősítő közvetlenül tudja fogadni a belőlük érkező hangjelet, hogy az ő profibb A/D konverterével alakítsuk vissza analógra.

A kábel kialakítása szerint:

- Beltéri használatra. Ezek a kábelek elsődlegesen fix installációknál rackekben patch kábelek, illetve falban húzott változatok. Ahol egyszer kell csatlakoztatni, aztán ottmarad. Az optikai szálak mellé ezekben a kábelekben aramid szálakat használnak, hogy megóvják a kábelt a hirtelen erőbehatásoktól. Köpenyük pedig halogénmentes, és egyes típusoknál tűzálló. Végükre bármilyen csatlakozó tehető, jellemzően az SC, LC, ST -t szokták használni.
- Kültéri használatra. Ezen kábelek nagy része a föld alá van temetve. Ezért tervezéskor ezekre a tényezőkre figyeltek oda a mérnökök. A köpenyük általában dupla rétegű a rétegek között szigetelővel, amely védi a szálakat a nedvességtől, rágcsálóktól.

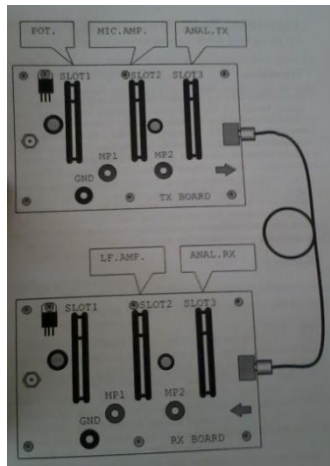
Extrém körülmények között páncélozott gégecsőben fektetik le a kábelt, mely a mechanikai hatások ellen növeli a védettséget.

- Univerzális. Ezek a kábelek egyaránt alkalmasak a az épületen belüli kábelezésekre, valamint a mobil alkalmazások során. Alapvetően tartalmaznak fémmentes rágcsálók elleni réteget szőtt üvegszálakból, és halogénmentes köpenyt, amely tűzálló. A csatlakozójuk mellé pedig érdemes porvédő sapkát használni.

- Mobil alkalmazásokhoz. A mobil alkalmazások a legmegpróbáltatóbb körülmények, amelyekbe egy optikai kábel kerülhet élete során. Ezért nem ritka a kevlár erősítésű köpeny, sőt van, hogy ezt meg is duplázzák. PUR köpenyű változatok rendkívül hajlékonyak, és ellenállóak a szélsőséges hőmérsékleti viszonyoknak. Míg a kevlár szálak segítik túlélni a mechanikai igénybevételt. A csatlakozókon minden esetben kötelező a por, és nedvességálló sapka használata, amikor a kábel nincs csatlakoztatva. Jellemzően ezeket a kábeleket egyedileg készítik a gyárak. A felhasználóknak körültekintően kell dolgozniuk ezekkel a kábelekkel.

A munka menete

1. Szerelje össze a berendezést az 11.1. ábrán látható módon!



11.1. ábra: Kísérleti berendezés

2. A jel időbeli változása az oszcilloszkópon látható!

3. A potenciálmérő szabályozásával meghatározható a kilépő feszültség! Állítsa a jelet a lineáris hatótávolság közepére a potenciálmérő segítségével.

Ellenőrző kérdések

1. Hogyan végezte el a méréseket?
2. Elemezze, mit látunk az oszcilloszkópon?
3. Mi az a kilépő feszültség?
4. Optoelektronika eszközei.
4. Az optikai szálak előnyei és hátrányai.
5. Az optikai szálak működése és felépítése.
6. Az optikai szálak típusai.

Irodalomjegyzék

1. Бушок Г.Ф., Венгер Є.Ф. Курс фізики: У 3 кн. Кн. 3. Оптика. Фізика атома та атомного ядра. Навчальний посібник. — К.: Вища школа, 2003. — 311 с.
2. Кучерук І.М., Горбачук І.Т. Загальна фізика. Оптика. Квантова фізика. — К.: Вища школа, 1999. — 464 с.
3. Студеняк І.П., Бенца В.М., Коперльос Б.М. Фізичний практикум. Оптика. — Ужгород, 2000, — 108 с.
4. Лабораторний практикум з оптики. Частина перша. / Укладачі: В.П. Пойда, В.П. Хижковий. — Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2008. — 85с.
5. Лабораторний практикум з оптики. Частина друга. / Укладачі: В.П. Пойда, В.П. Хижковий. — Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2008. — 72с.
6. Лабораторний практикум з оптики. Частина третя. / Укладачі: В.П. Пойда, В.П. Хижковий. — Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2015. — 97с.
7. Пойда В.П., Хижковий В.П. Методичні інструкції щодо виконання віртуальних лабораторних робіт з оптики. — Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2006. — 68 с.

Гарнітура Times New Roman. Папір офсетний.

Формат видання 60x84/16.

Умовн. друк. арк. 3,72 Наклад:100. Зам. №00.

Видавництво ПП «АУТДОР – ШАРК»

88000, м. Ужгород, Україна

пл. Жупанатська, 15/1.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи

до державного реєстру видавців, виготовників

і розповсюджувачів видавничої продукції.

Серія 3т № 40 від 29 жовтня 2012 року.