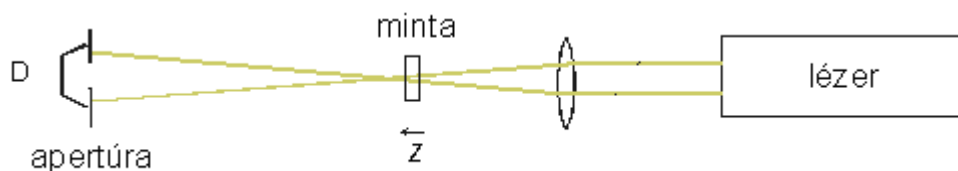


Nemlineáris optikai kristályok karakterizálása

Elméleti háttér:

Léteznek anyagok, melyek törésmutatója a fényintenzitás hatására $n(I) = n_0 + n_2 I$ szerint megváltozik, ahol n_0 a lineáris, n_2 a nemlineáris törésmutató, I pedig a fény intenzitása. Ilyen típusú anyagokban a nagyintenzitású Gauss-nyaláb transzverzális törésmutató változást indukál, ami kvalitatíve egy optikai lencséhez teszi hasonlóvá a közeget; $n_2 > 0$ esetén szóró, $n_2 < 0$ esetén pedig gyűjtőlencseként viselkedik. Fókuszált Gauss-nyaláb fókuszsíkjának környezetében az optikai tengellyel párhuzamosan (z irány) pásztázva a nemlineáris törésmutatóval rendelkező mintát a longitudinálisan változó intenzitás miatt a mintához társítható fókusztávolság a mintapozíció függvényében változik. Ennél fogva változást tapasztalunk a távoli zónában elhelyezett, a nyaláb apertúrával kiválasztott középső részének teljesítményét mérő D detektor jelében (lásd 1. ábra).



1. ábra

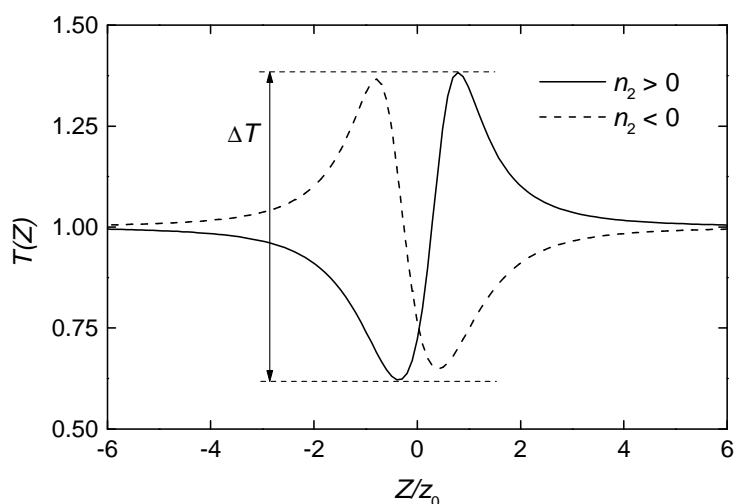
Ezen alapul, a szakirodalomban z -scan-ként hivatkozott érzékeny módszer, mellyel MW/cm^2 -es intenzitású esetén akár $10^{-5} - 10^{-4}$ -es törésmutató változás kimutatható. Ha az

A LiNbO_3 olyan különleges optikai anyag, melyben ilyen intenzitású alapvetően két típusú, különböző eredetű nemlineáris effektus okoz törésmutató változást: a pozitív n_2 -vel jellemezhető termo-optikai effektus és a negatív n_2 -vel jellemezhető fotorefrakció. Ez előbbinek oka az anyag abszorpcióján keresztül történő melegedésből fakadó törésmutató változás, míg az utóbbi esetben a mintában létrejövő töltésátrendeződésnek hatására létrejövő elektromos tér által indukált törésmutató változás. A kristálynövesztés során szennyező anyag(ok)kal történő adalékolás kémiai összetétele, koncentrációja dönti el, hogy melyik effektus válik dominánssá.

Az 1. ábra szerinti elrendezésben a detektor által a mintapozíció (z) függvényében mért transzmisszió a fókusztávolságtól legtovábbi pontban mért transzmisszióval lenormálva a következő formulával közelíthető:

$$T(z) = 1 - \frac{\pi P n_2}{\lambda^2} \ln \left(\frac{9 + \left(\frac{z-L}{z_0}\right)^2}{1 + \left(\frac{z-L}{z_0}\right)^2} \cdot \frac{1 + \left(\frac{z}{z_0}\right)^2}{9 + \left(\frac{z}{z_0}\right)^2} \right), \quad (1)$$

ahol P a lézernyaláb összteljesítménye, λ a hullámhossza, z_0 a Rayleigh-hossz, L a minta vastagsága, n_2 pedig a nemlineáris törésmutató. Pozitív és negatív n_2 -vel rendelkező mintákhoz tartozó tipikus transzmisszió görbéket a 2. ábrán láthatunk

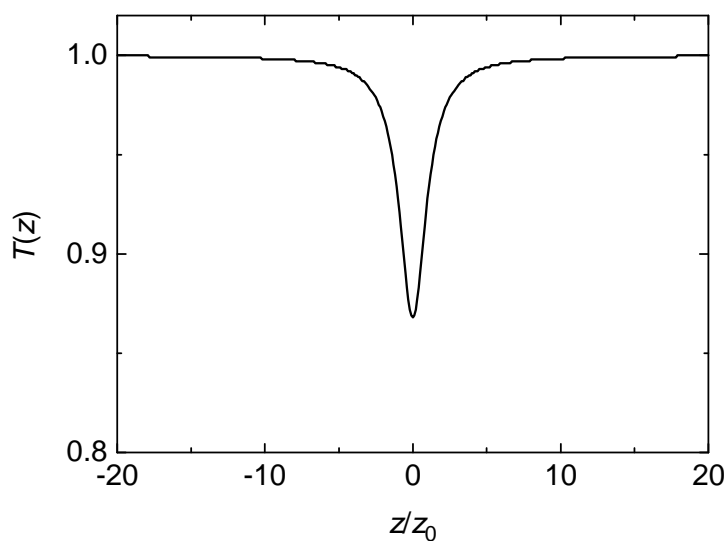


2. ábra

A mérések során tehát a D detektor teljesítményét kell leolvasni a mintapozíció függvényében. Az apertúra kinyitásával a teljes nyaláb teljesítménye detektálható lehetővé téve az anyag nemlineáris abszorpciós együtthatója értékének meghatározását, mely a következő formula alapján történik:

$$T(z) = \frac{1}{q_0(z)} \ln(1 + q_0(z)), \quad (2)$$

Ahol $q_0(z) = \beta I_0 L / (1 + z^2 / z_0^2)$, melyben β a nemlineáris abszorpciós együttható, illetve $I_0 = \frac{2P}{\lambda z_0}$ a lézernyaláb csúcsintenzitása a fókusz síkban. Tipikus nyitott apertúras z-scan görbét mutat a 3. ábra



3. ábra

Felhasznált eszközök, anyagok, softwarek:

- Coherent-Innova Ar⁺-ion lézer (folytonos Gauss-nyaláb forrás)
- Teljesítménymérő fotodióda
- SCIENTECH típusú termikus detektor
- CCD kamera
- x-y-z transzlátor
- Lencse (tipikusan 10cm fókusztávolsággal)
- Nemlineáris minták (Hf, Mg és Zr adalékolású LiNbO₃ minták)
- Laptop
- Origin software
- Beam Star software

A mérés menete:

Helyezze a mintát a mintatartóba úgy, hogy a hosszabb éle függőleges legyen! A transzlátor mikrométercsavarját állítsa a 0 pozícióra! Nyissa meg a lézer vízűtéséhez a vízcsapot! Ellenőrizze, hogy a lézer vezérlőegységén a „light” és a „current” feliratú csavarok az óramutatóval ellentétes irányban ütközésig le legyenek csavarva! A falon lévő háromfázisú főkapcsolókat állítsa „ON” állásra, a három kapcsolót kapcsolja fel! Indítsa el a lézert a START gombbal! Ezután a nyalábkép CCD monitorozása mellett a lézerrezonátor kicsatoló tükrét pozícionálja a maximális kijövő lézerteljesítmény és a lehető legszimmetrikusabb nyalábkép elérése érdekében! Ezután állítsa be a kívánt lézerteljesítményt, melyet a vezérlőn leolvashat! Ügyeljen, hogy a lézer végig „power” üzemmódban legyen! Tanulmányozza a z-scan elrendezést! Ellenőrizze a sugármenetek alapján a beállítást! Ha szükséges az egyes elemek utánállítást tegye meg!

A mintát mm-enként pásztázza az eltoló segítségével, és jegyezze fel a detektor által mutatott teljesítményértékeket, melyek relatív egységben értendők! A normálást úgy kell majd elkészíteni, hogy a szélső (0 vagy 50 mm-es állás) pozíciókhoz tartozó értékekkel leosztjuk az adatsort. Ha a 0 és 50 mm-hez tartozó értékek különböznek, akkor ezek számtani középértékével normáljunk!

Mérési feladatok:

0. Feladat: Az elrendezés beállítása, ellenőrzése, tesztelése. A lézer beüzemelése és a kívánt működési hullámhossz/összvonala kiválasztása után a nyalábkép CCD monitorozása mellett a lézerrezonátor kicsatoló tükrének pozícionálása a maximális kijövő lézerteljesítmény és a lehető legszimmetrikusabb nyalábkép elérése érdekében. Ezután kis teljesítmény mellett, ha szükséges a z-scan elrendezés egyes elemeinek utánaállítása tegye meg!

Az alábbi feladatoknál (1-3) mintánként 3 – 5 szkennelést végezzen, ezeket átlagolja. Ügyeljen, hogy a mintapozíciók reprodukálhatóak legyenek! Az egyes szkennelések befejeztével a mintát a nyalábra merőleges irányban kissé mozdítsuk el, hogy ne mindig ugyan azon pontján menjen át a lézernyaláb! A szkenneléseket növekvő és csökkenő mikrométer állásokkal is végezzük el!

1. Feladat: A fotorefrakció vizsgálata. Az előző fejezetben leírtaknak megfelelően vegye fel a fotorefraktív érzékeny 1 mol% Hf tartalmú LiNbO₃ minta különböző mintapozícióihoz (mm-enként) tartozó transzmisszió értékeket 10 mW lézerteljesítmény mellett!

2. Feladat: Fényindukált törésmutató változás (termo-optikai effektus) vizsgálata nemfotorefraktív LiNbO_3 esetén. Vegye fel a 0,63 mol% Y + 2 mol% Zr tartalmú kettős adalékolású LiNbO_3 minta különböző mintapozícióihoz (mm-enként) tartozó transzmisszió értékeket 2 W lézerteljesítmény mellett!

3. Feladat: Nemlineáris abszorpció vizsgálata nemfotorefraktív LiNbO_3 esetén. Nyissa ki az apertúrát úgy, hogy a teljes fény mennyiség áthaladjon rajta! Cserélje ki az eddig használt detektort (fotodiódát) termikus detektorra! Vegye fel a 0,63 mol% Y + 2 mol% Zr tartalmú kettős adalékolású LiNbO_3 minta különböző mintapozícióihoz (mm-enként) tartozó transzmisszió értékeket 2 W lézerteljesítmény mellett!

4. Feladat: Végezze el az adatsorokon a normálást! Készítse el a grafikonokat a 2. ábrán látható módon: vízszintes tengelyen a mintapozíció/Rayleigh-hossz, függőleges tengelyen a normált transzmisszió szerepeljen! Illessze az 1 és 2 feladathoz tartozó görbéket az (1), a 3. feladathoz tartozó görbét a (2) formulával. 10 mW esetén $\delta = 480$ nm, 2 W esetén $\delta = 514$ nm. Illesztési paraméterek az 1. és 2 feladatban z_0 és n_2 , a 3. feladatban pedig z_0 és β . Adja meg az illesztési paraméterek értékeit!

Szakirodalom:

- [1] B. D. Guenther, *Modern Optics* ISBN 0-471-60538-7, Wiley-VCH, January 1990
- [2] Joseph T. Verdeyen, *Laser Electronics* ISBN 013706666X, Prentice Hall, Jul 1994
- [3] Saleh B.E.A., Teich, *Fundamentals of Photonics* ISBN 0471839655, Wiley, 1991
- [4] M. Sheik-Bahae, A. A. Said, T. H. Wei, D. J. Hagan, E. W. Van Stryland, *IEEE J. Quantum Electr.*, **26** 760 (1990)
- [5] J. A. Hermann, R. G. McDuff, *J. Opt. Soc. Am B*, **10** 2056 (1993)