

# FOTONIKUS KRISTÁLY SZERKEZETŰ ÉS BRAGG OPTIKAI SZÁLAK DISZPERZIÓJÁNAK NAGYPONTOSSÁGÚ MÉRÉSE

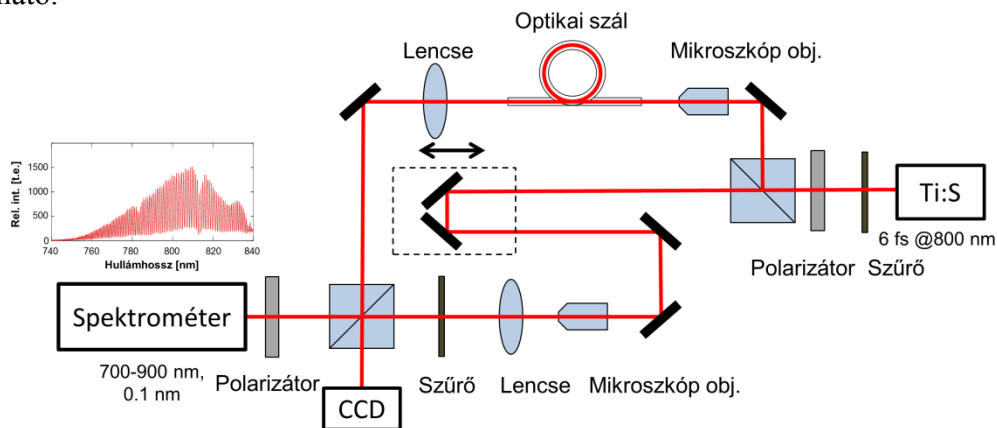
Grósz Tímea<sup>1</sup>, Csonti Katalin<sup>1</sup>, Gulyás Lénárd<sup>1</sup>, Kovács Attila Pál<sup>1</sup>, Szipócs Róbert<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi és Informatikai Kar, Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék, 6720 Szeged, Dóm tér 9.

<sup>2</sup>MTA Wigner FK, Szilárdtestfizikai és Optikai Intézet, Alkalmazott és Nemlineáris Optika Osztály, 1121 Budapest, Konkoly Thege út 29-33.

Napjainkban az optikai szálak alkalmazása igen elterjedt, nem csak a telekommunikációban, hanem az orvostudományban, az optikában, valamint különböző szenzorokként is felhasználásra találhatnak. A 90-es évek közepén megjelent, finoman strukturált, Bragg illetve fotonikus kristály szerkezetű optikai szálak gyorsan az érdeklődés középpontjába kerültek, hiszen számos tulajdonságuk elvileg tetszőlegesen alakítható a szálgeometria megfelelő változtatásával, így például a diszperziójuk, kettőstörésük és nemlineáris tulajdonságaik is [1,2]. A geometria bonyolultságából adódóan a legyártott optikai szál nem feltétlenül a modellezés során megtervezett paraméterekkel rendelkezik, így optikai tulajdonságai is eltérhetnek a tervezettől; fontos tehát ezeket kísérleti úton is minél pontosabban meghatározni.

Üvegek, gázok diszperziójának meghatározására egyik bevált módszer a spektrális interferometria. Ahhoz, hogy a felvett spektrálisan bontott interferogramokból a szükséges fázisinformációt kinyerjük, több kiértékelési eljárást használhatunk, például az ún. állandó fázisú pont meghatározásán, a minimum-maximumok leolvasásán, a koszinusz-függvény illesztésén vagy a Fourier-transzformáción alapuló módszert. Méréseink során először egy Bragg típusú, fotonikus tiltott sávval rendelkező („photonic bandgap”) optikai szál diszperziós tulajdonságait vizsgáltuk meg [3]. A megépített kísérleti elrendezés és egy felvett spektrális interferogram az 1. ábrán látható.

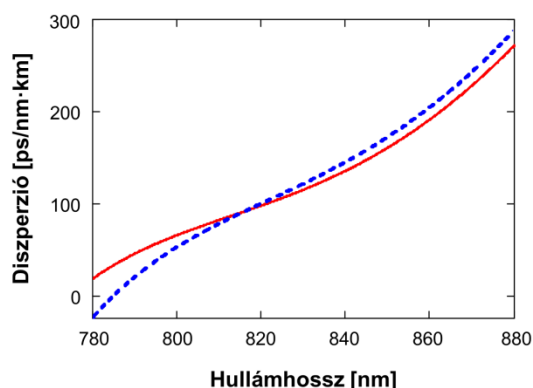


1. ábra Spektrálisan bontott Mach-Zehnder interferométer a mérendő optikai szállal.

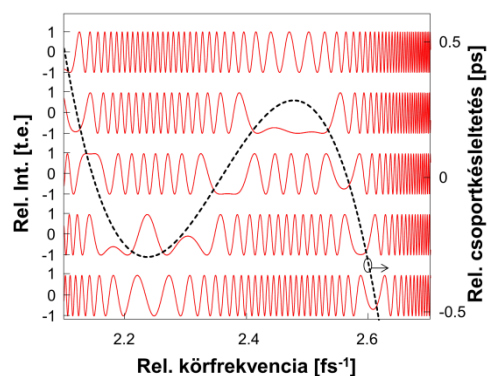
Megállapítottuk, hogy a fent említett eljárások közül a Fourier-transzformáción alapuló módszer adja a legnagyobb pontosságot magasabb rendű diszperzió jelenléte esetén, és egyben alkalmas a szápra szisztematikus gyártási hibák előfordulása esetén jellemző nemkívánatos rezonanciák okozta fázisugrások kimutatására is. Kimutattuk, hogy a vizsgált szál diszperziós koefficiensei ötödrendig jelentősek, valamint hogy a másodrendű diszperziója (GDD) csökkentett a harmadrendű (TOD) pedig domináns, ami két állandó fázisú pont megjelenéséhez vezet.

Ezen eredményekből kiindulva vizsgálni kezdtünk egy légmagos, HC-800 típusú fotonikus kristályszálat is. Tekintve, hogy az optikai szál használata közben különböző fizikai

hatásoknak lehet kitéve, megvizsgáltuk hogyan változnak a diszperziós tulajdonságok a szál kifeszített, feszítetlen illetve felcsavart helyzetében. Mivel ezen szálak gyártása igen költséges, olyan mérési eljárást kerestünk, mely alkalmas rövid (<1m) optika szálak diszperziójának pontos



**2. ábra** A gyors (folytonos vonal) és a lassú (szaggatott vonal) polarizációs irányhoz tartozó mért diszperziós görbék kifeszített fotonikus optikai szál esetén.



**3. ábra** Szomszédos relatív késleltetéshez tartozó szimulált normált interferogramok és a relatív csoportkésleltetés (szaggatott vonal).

meghatározására. Továbbá, mivel a jelenlegi gyártási technológiák nem feltétlenül tudják biztosítani ezen méhsejt szerkezetű optikai szálak állandó falvastagságát illetve tökéletesen szimmetrikus szerkezetét a szál teljes hossza mentén, megvizsgáltuk, hogy az így kapott eredményekből következtethetünk-e néhány méteres szálak tulajdonságaira is. Megállapítottuk, hogy a vizsgált szál az elméletileg kapott értékeknél lényegesen nagyobb kettőtöréssel rendelkezik, illetve hogy a diszperzió additív és kevésbé függ a szál helyzetétől. A polarizációs irányok közötti átszűrődés függ az alaktorzulás következtében fellépő feszültségektől és a szál hosszától. A vizsgált szál GDD-je negatív, negyedrendje (FOD) pozitív, TOD-domináns, a magasabb rendek szintén ötödrendig jelentősek. A szál két polarizációs irányához tartozó Fourier-transzformációs kiértékeléssel meghatározott diszperziós görbéi a 2. ábrán láthatók.

Korábbi vizsgálatainkra alapozva az ún. állandó fázisú pont módszerének alkalmazását is tovább teszteltük magasabb rendű domináns diszperziók kimutatására [4]. Ehhez szimulációkat készítettünk, majd további méréseket végeztünk a korábban vizsgált Bragg-szálon. Kimutattuk, hogy az állandó fázisú pont módszere alkalmas magasabb rendű diszperziók meghatározására, ha besűrűsödik az interferencia csíkrendszer, és a spektrométer véges felbontóképessége miatt a láthatóság drasztikusan lecsökken. Az állandó fázisú pontok mozgásából és számából következtetni lehet a magasabb rendű diszperzió jelenlétére, a koefficiensek meghatározása azonban szükséges az egyértelműség biztosításához. A 3. ábrán látható néhány szimulált interferogram 400, 180, -40, -260 és -480 fs relatív késleltetéseknél (alulról felfelé) GDD = 3600 fs<sup>2</sup>, FOD = -500,000 fs<sup>4</sup>, és TOD = QOD = 0 esetén 2.355 fs<sup>-1</sup>-nál. Ez esetben néhány késleltetésnél három állandó fázisú pont jelenik meg.

Jelen kutatási eredmények megjelenését „Impulzuslézerek alkalmazása az anyagtudományban és a biofotonikában” című, TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0060 azonosítójú projekt támogatja. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg. Ezt a munkát a Kutatási és Technológiai Innovációs Alap a TECH-09-A2-2009-0134 azonosítójú projektje és az R&D Ultrafast Lasers Kft. támogatta.

Felhasznált irodalom:

- [1] P. Yeh, A. Yariv and E. Marom, J. Opt. Soc. Am. **68**, 1196 (1978).
- [2] P. St. J. Russell, J. Lightwave Technol. **24**, 4729 (2006).
- [3] T. Grósz, A. P. Kovács, M. Kiss and R. Szipőcs, Appl. Optics **53**, 1929 (2014)
- [4] T. Grósz, A. P. Kovács, K. Mecseki, L. Gulyás and R. Szipőcs, Opt. Commun. **338**, 229 (2015).