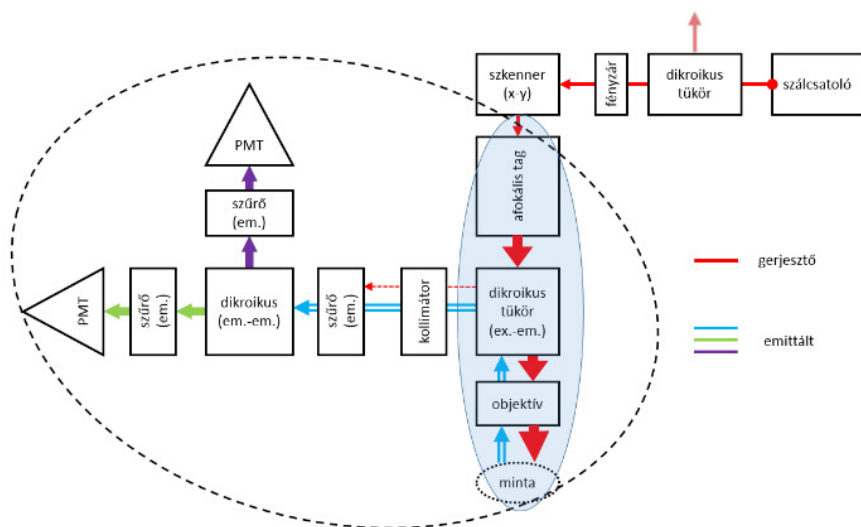


FIBERSCOPE PÁSZTÁZÓ NEMLINEÁRIS MIKROSKÓP OPTIKAI RENDSZERÉNEK TERVEZÉSE

Csákányi Attila, Szipócs Róbert

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

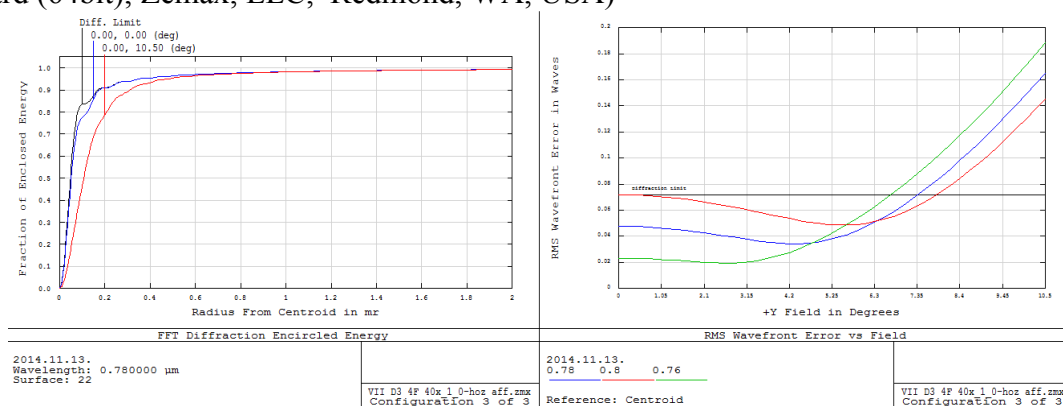
Az orvosi diagnosztika, gyógyszeripar, a kozmetika területén új távlatokat nyithatnak a kis méretű, olcsó, kézben tartható nemlineáris (pl. 2P, SHG, CARS) mikroszkópok. Bár készültek kisméretű nemlineáris mikroszkópok, de ezek inkább csak technológiai demonstrációs céllal jöttek létre [1-3]. Célunk egy kisméretű, relatíve olcsó, de teljes értékű lézerpásztázó mikroszkóp megtervezése volt, melyben impulzusüzemű fényforrásként egy változtatható ismétlési frekvenciával rendelkező, többfokozatú Yb-erősítővel és egyéb speciális száloptikai elemekkel [4] kiegészített, stabil, kiszajú módusszinkronizálást működést biztosító, teljesen szálintegrált, saját fejlesztésű Yb-szállézer oszcillátort használunk [5,6]. Legfontosabb követelmény a készülék kézben tarthatósága volt, ezért a súlyát 2 kg-ban maximalizáltuk. Emiatt fontos volt még a készülék mérete is, ezt a legfontosabb eleme, az afokális tag hosszának 150 mm-be történő maximalizálásával kényszerítettük. A készülék működési elvét tekintve a nemlineáris pásztázó mikroszkópok (2PF, 3P, SHG, THG) közé tartozik, és kis módosítással CARS mikroszkópiás méréseket is lehetővé tesz. A mintából érkező jeleket két különálló csatornán kívánjuk detektálni. A berendezést egy EC Plan-Neofluar 40x/0.75 objektívre (Zeiss) alapoztuk. Ez egy széles körben elterjedt, nem immerziós, 0,17 mm-es fedőlemezre korrigált objektív.



1. ábra A FiberScope nemlineáris pásztázó mikroszkóp optikai rendszerének blokkvázlata a gerjesztő és emissziós fényutakkal. Szaggatott vonallal bekarikázott rész: az optika tervezés által érintett egységek. Árnyalt terület: az afokális optikai leképező rendszer tervezésénél figyelembe vett egységek.

Az első ábrán látható a mikroszkóp elvi felépítése. A lézerefény a szálbecsatolóból egy dikroikus tükrön keresztül a pásztázó egységre jut, ez felelős a nyaláb eltérítéséért. A már eltérített nyaláb keresztülhalad az afokális leképező tagon, ami a mikroszkópjelölő objektív belépő ablakára továbbítja a fényt. Felépítését tekintve az afokális leképező rendszer öt lencsét tartalmaz, két csoportba rendezve. Funkciója kettős: egyrészt a pásztázó („scanner”) egységről kilépő 3 mm-es nyalábot az objektív 8,9 mm-es hátsó aperturájához illeszti, tehát nyalábtágítóként funkcionál, másrészt a „scanner” tükröket az objektív hátsó aperturájára képezi le. Az afokális leképező rendszer optikai hossza (a scannertől az objektív hátsó aperturájáig) 135 mm, mechanikai hossza (az első lencsétől az utolsóig) 101 mm. A most bemutatásra kerülő leképező rendszer ~780 nm-es működési hullámhosszra lett optimalizálva. Követelmény szerint a teljes szkennelési

tartományban diffrakciókorlátozottak kellene lenni, de a szigorú követelmények és a rendelkezésre álló optikai elemek figyelembe vételével itt kompromisszumos megoldásként csak a szkennelési tartomány 2/3-ában teljesíti ezt az elvárást. A másik kényszer a szkennelés felépítésére vezethető vissza. A szkennelés x és y pásztázáshoz egy-egy tükröt tartalmaz, amik adott távolságra (4,8 mm) helyezkednek el. Az afokális tag viszont csak egy síkból képez le ideálisan az objektív hátsó apertúrájára, ezen kívüli síkoknál romlanak a leképezési jellemzők. Az afokális tag a nyalábot nem pont az objektív hátsó apertúrájára képezi le, hanem a szkennelési szög függvényében a folt vándorolni fog. A szkennelési-afokális-objektív távolságok úgy kerültek megválasztásra, hogy ez a hiba x és y irányban kiegyenlítetten jelentkezzen. Számszerűsítve: az objektív legrosszabb esetben 74%-ban lesz kivilágítva az ideális állapothoz képest. Az afokális rendszer teljesíti azt a szigorú követelményt, hogy az afokális első felülete előtt kell 9 mm hely a szkennertükrök miatt, utána pedig 25 mm, hogy a cserélhető osztóköcska elférjen. Az afokális rendszerből kilépő fény keresztülhalad egy nyalábosztó dikroikus tükrön, majd az objektív lefókuszálja a mintába. A mintában keletkező emittált fényt, a hasznos jelet a mikroszkópjelölő gyűjti össze és irányítja visszafelé. Innen az emittált fényt dikroikus tükrön választja le és továbbítja a detektorok felé. Egy kollimátor lencse illeszti a nyalábot a detektorok 8 mm-es felszínéhez, majd egy újabb dikroikus tükrön szétválasztja hullámhossz szerint két csatonára a fényt, ami ezután a detektorfelületekre esik és feldolgozásra kerül. Az emittált fény útja során több optikai szűrőn is keresztülhalad, ennek célja az optikai háttérzaj eltávolítása. Az optikai tervezést és kiértékelést Zemax programmal végeztük (Zemax release 13 SP 2 Standard (64bit); Zemax, LLC, Redmond, WA, USA)



2. ábra

A második ábrán az afokális leképező rendszer két legfontosabb optikai paramétere látszik. A baloldali grafikon a nyalábdivergenciát/nyaláb-kollimáltságot szemlélteti. Ez a paraméter befolyásolja a fókuszfolt méretét. A jobb oldali grafikon az afokális rendszerből kilépő nyaláb hullámfront hibáját szemlélteti hullámhosszonként a pásztázási szög (relatív képtér) függvényében. Ez a fókusztul ultrarövid lézertükrök időbeli hosszára van hatása.

[1] H. Bao, J. Allen, R. Pattie, R. Vance, and M. Gu, *Opt. Lett.* 33, 1333-1335 (2008).
 [2] D.M. Huland, Ch.M. Brown, D.G. Ouzounov, I. Pavlova, D.R. Rivera, W.W. Webb, and Ch. Xu, "Compact & Portable In Vivo Multiphoton GRIN Endoscope", *Technical Digest of Biomedical Optics and 3D Imaging (OSA)* paper BTu3A.42 (2012)
 [3] B. A. Flusberg, J.C. Jung, E.D. Cocker, E.P. Anderson, and M.J. Schnitz, *Opt. Lett.* 17, 2272 (2005)
 [4] Z. Várallyay, R. Szipőcs, "Stored Energy, Transmission Group Delay and Mode Field Distortion in Optical Fibers," *IEEE J.STQE* 20, 0904206 (2014)
 [5] J. Fekete, A. Cserteg, R. Szipőcs, All-fiber, all-normal dispersion ytterbium ring oscillator, *Laser Physics Letters* 6, 49-53 (2009)
 [6] D. Csáti, R. Szipőcs, Noise Characterization of a Mode-Locked, All-Fiber, All-Normal-Dispersion Ytterbium Ring Oscillator Using Two-Channel Polarization Control by a Computer *Technical Digest of Fiber Lasers and Applications (OSA)*, Paper FTh3.1A.1 (2012)