بیست و هفتمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و سیزدهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه سیستان و بلوچستان،
زاهدان، ایران.
۱۴-۱۶ بهمن ۱۳۹۹

کد مقاله : ۱-۲۵۵۱-۱۰-A

اندازه گیری پروفایل فازی فیبر نوری نازک شده با روش میکروسکوپ فازی هیلبرت

نفیسه حدیدی، محمدرضا جعفرفرد و محمد واحدی

دانشکده فیزیک دانشگاه علم و صنعت ایران

hadidi.n.28107@gmail.com; mr_jafarfard@yahoo.com; mvahedi@iust.ac.ir*

چکیده - در این مقاله اطلاعات فازی یک فیبر نوریتک مد نازک شده در قسمت غیر نازک و نازک شده آن توسط میکروسکوپ فازی هلیبرت اندازه گیری شده است.در این میکروسکوپ به دلیل توانایی اندازه گیری فاز، تفاوت بین هسته فیبر و غلاف فیبر به طور واضح قابل مشاهده و اندازه گیری می‌باشد. نتایج اندازه گیری فیبر نازک شده نشان می دهد که در فرآیند نازک سازی فیبر، هسته از بین رفته و تمام فیبر ضریب شکست ثابت غلاف را خواهد داشت.

کلید واژه- تبدیل هیلبرت، فیبر نوری، فیبر نوری نازک شده، میکروسکوپ فازی، میکروسکوپ فازی هیلبرت.

Taperedoptical fiber phase profile characterization by Hilbert phase microscopy

N. Hadidi، MR. Jafarfard، and M. Vahedi

School of Physics، Iran University of Science and Technology (IUST)،Narmak، Tehran

hadidi.n.28107@gmail.com; mr_jafarfard@yahoo.com; mvahedi@iust.ac.ir

Abstract- In this paper، the phase information of a tapered single-mode optical fiber in the non-tapered and tapered parts is measured by a Hillbert phase microscope. In this microscope، the difference between the fiber core and the fiber cladding can be clearly seen and measured. The results of tapered single-mode optical fiber measurements show that in the process of fiber tapering، the core is lost and the whole fiber will have a constant refractive index equal to that of the cladding.

Keywords: Hilbert transform، Optical fiber،Tapered optical fiber،Phase microscopy،Hilbert phase microscopy.

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.

مقدمه

با توجه به گسترش روزافزون کاربردهای فیبر نوری و گستره وسیع این کاربردها، اندازه گیری دقیق مشخصات فیبر نوری بیش از پیش اهمیت پیدا کرده است.

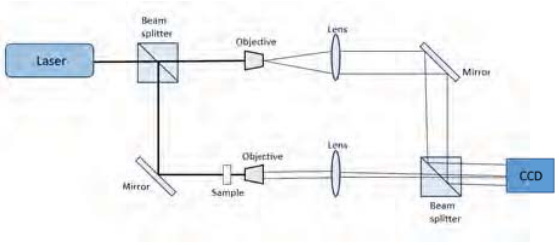
درحال حاضر روش های متعددی نظیر روش کانونی،بررسی نورپراکنده شده از فیبر،روش RNF (شکست میدان نزدیک)، میکروسکوپ روبشی نوری میدان نزدیک و میکروسکوپ هم کانون روبشی ساده فیبر نوریبرای این مهم به کار میرود[7-1].از معایب این روش ها سرعت کم و تخریب فیبر در هنگام اندازه گیری است. در این میان تکنیک های تداخل سنجی[8] به موجب برخورداری از دقت و سرعت بالا و همچنین غیر مخرب بودن روش سودمندی به حساب می آیند.

در تصویربرداری معمولی قسمت فاز حذف شده و تنها دامنه ثبت میشود،بنابراین در اندازه گیری یک فیبر نوری تک مد به وسیله میکروسکوپ های معمولی تفاوتی بین هسته فیبر و غلاف فیبر مشاهده نمی گردد. پس برای تصویربرداری از اجسام شفاف نظیر فیبرهای نوری باید از تکنیک هایی استفاده کرد که در آن فاز نمونه ثبت شود.

از جمله (شامل تک فاز[1-2] کمی) تکنیک تداخل سنجی روش HPM (میکروسکوپ فازی هیلبرت) است که در این روش، بر اساس رابطه هیلبرت بین قسمت حقیقی و موهومی یک سیگنال تحلیلی مختلط، اطلاعات فازی اجسام به صورت عددی استخراج میشوند[9].

در این مقاله اطلاعات فاز مربوط به یک فیبر نازک شده توسط سیستم تداخل سنجی ماخ_زندر ثبت شده و با به کارگیری رابطه هیلبرت فاز آن استخراج شده است.

نتایج به دست آمده به خوبی نشان میدهد که در فرایند نازک سازی فیبر،هسته فیبر از بین می رود.



شکل۱: چیدمان آزمایشگاهی میکروسکوپ فازی هیلبرت

کارهای تجربی

در شکل۱ چیدمان آزمایشگاهی میکروسکوپ فازی هیلبرت نمایش داده شده است که در آن یک لیزر هلیوم-نئون به عنوان منبعی برای تصویربرداری تداخل سنج ماخ-زندر استفاده میشود. در هر بازوی تداخل سنج، دو سیستم تلسکوپی یکسان وجود دارد. جهت ثبت فاز یک نمونه، کافیست نمونه را بین یکی از بازوهای تداخل سنج قرار دهیم. در این‌صورت فاز موج الکترومغناطیسی با عبور از نمونه تغییر خواهد کرد و بنابراین فاز نمونه در رابطه تابندگی برای تداخل بین دو موج نمایان خواهد شد. اگر موجی که بدون گذشتن از جسم به CCD می رسد را موج مرجع و موجی که پس از گذشتن از جسم به CCD می‌رسد را موج شیء بنامیم دراینصورت می توان تابع تابندگی را به صورت زیر بازنویسی کرد:

$$I(x) = I_R + I_S(x) + 2\sqrt{I_R I_S}\cos(qx + \varphi(x))$$

در رابطه فوق I_S و I_R به ترتیب توزیع تابندگی موج شیء و موج مرجع می باشند. q فرکانس فضایی فریزها و $\varphi(x)$ نیز فاز حاصل از شیء است، پارامتری که میخواهیم آن را به دست آوریم.

با اعمال تبدیل فوریه و با به کارگیری فیلتر مناسب میتوان ترم سینوسی $u(x) = 2\sqrt{I_R I_s}\cos[qx + \varphi(x)]$ را حفظ نمود. سیگنال تحلیلی مختلط مرتبط با تابع حقیقی $u(x)$ توسط رابطه زیر به دست می آید:

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.

$z(x)$:

قسمت موهومی رابطه فوق در حقیقت تبدیل هیلبرت تابع u(x)است. به این ترتیب فاز مربوط به سیگنال تحلیلی مختلط به صورت

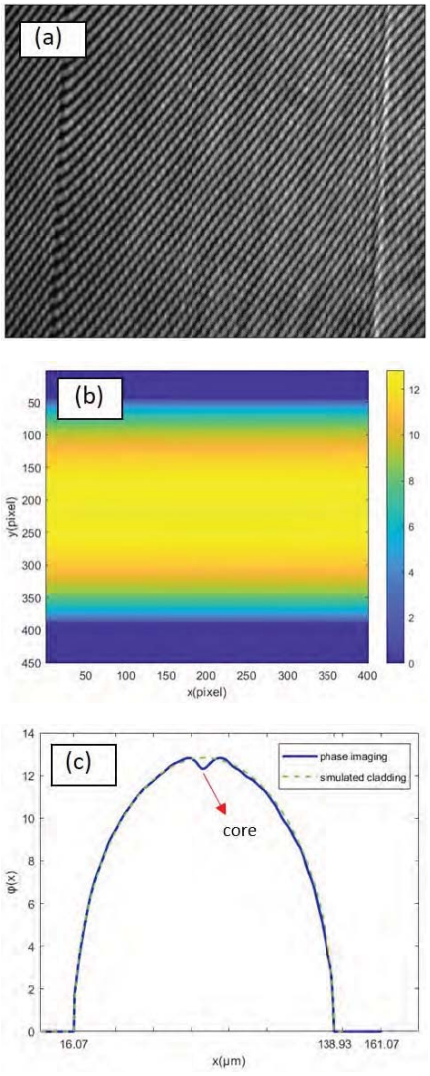
$\phi(x)$

به دست می آید. فاز ϕبه دست آمده بینπ و π- است و باید مرحله واپیچی روی آن انجام شود. فاز شیء با رابطه $\varphi(x) = \phi(x) - qx$ استخراج میشود[9].

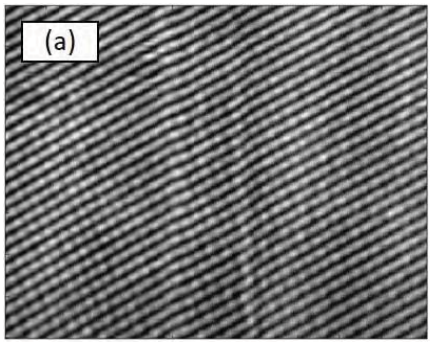
کارهای محاسباتی

با به کارگیری روش فوق در محیط برنامه نویسی MATLAB،طرح تداخلی ثبت شده یک فیبر نوری تک مد نازک شده در قسمت غیر نازک (شکل2a) و نازک شده آن(شکل3a)را پردازش کردیم (جزئیات روش در مرجع[10]آمده است). نتایج به دست آمده به شرح زیر میباشد:

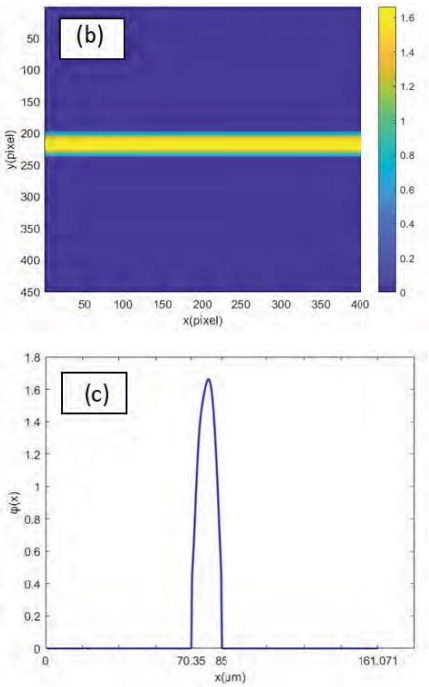
شکل2b نشان دهنده فاز استخراج شده قسمت غیر نازکاست که در شکل2cیک برش عرضی(cross section) از این فاز را مشاهده میکنیم. گودی نمایش داده شده در این شکل نشان دهنده وجود هسته است که به دلیل تفاوت ضریب شکست باعث عقب ماندن فاز درآن قسمت می گردد. شکل 3b نمایانگر فاز به دست آمده قسمت نازک شده میباشد که در شکل 3cیک برش عرضی (cross section) از آن نمایش داده شده است. همانگونه که مشاهده می شود اثر هسته و یا عقب ماندگی فاز در تصویر دیده نمی شود. بنابراین می توان نتیجه گرفت که فرایند نازک سازی فیبر باعث از بین رفتن هسته آن می شود.



شکل ۲ : (a) طرح تداخلی ثبت شده قسمت غیر نازک فیبر نوری تک مد نازک شده توسط میکروسکوپ فازی هیلبرت (b) فاز استخراج شده قسمت غیر نازک (c) برش عرضی از فاز استخراج شده قسمت غیرنازک .



این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.



شکل ۳: (a) طرح تداخلی ثبت شده قسمت نازک شده فیبر نوری تک مد نازک شده توسط میکروسکوپ فازی هیلبرت.(b) فاز استخراج شدهقسمت نازک شده .(c) برش عرضی از فاز استخراج شده قسمت نازک شده.

لازم به ذکر است که وضوح مکانی میکروسکوپ فازی هیلبرت به کار گرفته شده در اینجاμm 2.5میباشد.

استفاده از عدسی شیئ با بزرگنمایی بیشتر و دریچه عددی(NA)بزرگتر، در افزایش وضوح مکانی این سیستم موثر خواهد بود.

نتیجه گیری

در این مقاله قابلیت روش میکروسکوپ فازی هیلبرت (HPM) در اندازه گیری دقیق مشخصات اجسام شفاف با استخراج اطلاعات فاز مربوط به یک فیبر نوری تک مد نازک شده در قسمت غیر نازک و نازک شده آن(موجود در طرح تداخلی ثبت شده از این فیبر توسط میکروسکوپ فازی هیلبرت) با به کارگیری رابطه هیلبرت نشان داده شد. نتایج به دست آمده در اینجا به خوبی نشان میدهد که به وسیله میکروسکوپ فازی، تفاوت بین هسته فیبر و غلاف فیبردر قسمت غیر نازک به طور واضح قابل مشاهده و اندازه گیری میباشد. در حالیکه در قسمت نازک شده اثری از هسته دیده نمی شود.

مرجع‌ها

[۱]Y. Park, N.H. Seong, Y. Youk, D.Y. Kim, “Simple scanning fiber-optic confocal microscopy for the refractive index profile measurement of an optical fibre”, Meas. Sci. Technol. 13 ,PP.695–699, 2002.

[۲]D. Marcuse, “Refractive index determination by the focusing method”, Appl. Opt. 18 ,PP.9–13, 1979.

[۳] D.J. Butler, K.A. Nugent, A. Roberts, “Characterisation of optical fibres using near-field scanning optical microscopy”, J. Appl. Phys. 75, PP.2753–2756, 1994.

[٤]M. Tateda, “Single mode fiber refractive index profile measurement by reflection method”, Appl. Opt. 17, PP. 475–478, 1978.

[٥]K.I. White, “Practical application of refracted near-field technique for the measurement of optical fibre refractive index profile”, Opt. Quant. Electron.11 ,PP.185–196, 1979.

[٦]L. McCaughan, E.E. Bergmanne, “Index distribution of optical waveguides from their Mode profile”, J. Lightwave Technol. 1, 1983.

[7] C. Saekeang, P.J. Chu, “Nondestructive determination of refractive index profile of an optical fiber”: backward light scattering method, Appl. Opt. 18, 1979.

[8]G. A. Dunn and D. Zicha, in Cell Biology: A LaboratoryHandbook, 2nd ed., J. Celis, ed. (Academic, San Diego,1997), Calif., pp. 44–53.

[9] R.Dasari and M.S.Feld, G.Popescu, “Hilbert phase microscopy for investigating fast dynamics in transparent system,” Opt. Lett. ,30(10), pp. 1165-1167, 2005.

[10]M.R.Jafarfard and M.H. Mahdieh, “Characterization ofoptical fiber profile usingdual-wavelength diffraction phase microscopy and filteredback projection algorithm”,Optik, 168,pp.619–624,2018.

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.