اولین کنفرانس ملی حسگرهای فیبرنوری- ۶ آبان ۱۴۰۰
ICOFS 2021
1st Iranian Conference on Optical Fiber Sensors
October 28, 2021
پژوهشکده لیزر و پلاسما

آشکارسازی قطرات در تراشه اپتوفلوئیدیک با استفاده از فیبرنوری‌باریک شده

فیروزه قانعی*[۱]، امیدرضا رنجبر نائینی[۱]، ندا امین‌الرعایا[۱]، محمدرضا صالحی‌مقدم[۱]، امیرحسین پرندوش[۱]،حمید لطیفی[۱،۲]

[۱]تهران، اوین، دانشگاه شهیدبهشتی، پژوهشکده لیزر و پلاسما
[۲]تهران، اوین، دانشگاه شهیدبهشتی، دانشکده فیزیک

چکیده: در این مقاله یک تراشه اپتوفلوئیدیک تک لایه طراحی و ساخته شد که درساختار آن از یک فیبر نوری باریک شده غیرآدیاباتیک به قطر کمره ۱۲ میکرون، جهت تشخیص زمان واقعی فرکانس قطرات آب تشکیل شده در تراشه میکروسیالی استفاده شده است. در پژوهش حاضر با استفاده از روش دی مدولاسیون شدت طیف خروجی فیبر نوری باریک شده، تولید قطرات در فرکانس های ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳کیلوهرتز در زمان واقعی تشخیص و تاثیر تغییر نرخ جریان سیال در تغییر فرکانس تشکیل قطرات آشکارسازی شد.

کلید واژگان: فیبر نوری باریک شده؛ قطرات؛ زمان واقعی؛ اپتوفلوئیدیک

Detection of droplets in the optofluidic chip by using a tapered optical fiber

Firoozeh Ghaneie[1], O.R. Ranjbar-Naeini[1], Neda Aminolroaya[1], Mohammadreza Salehi Moghaddam[1],Amir Hosein Parandvash[1], Hamid Latifi[1,2]

[1] Laser & Plasma Research Institute, Shahid Beheshti University, 1983963113, Evin, Tehran, Iran
[2]Department of Physics, Shahid Beheshti University, 1983963113, Evin, Tehran, Iran

Abstract- In this paper, a single-layer optofluidic chip was designed and fabricated in which a non-adiabatic tapered optical fiber with a diameter of 12 microns was used to detect the real-time frequency of water droplets. This experiment carried out the microfluidic chip. In this study, by using the intensity-based demodulation the output spectrum of the tapered optical fiber was investigated. The droplet formation frequency at 0.1, 0.2, and 0.3 kHz was detected in real-time. Finally, the effect of changing the fluid flow rate on the droplet formation frequency was detected as well.

Keywords: tapered optical fiber; droplets; real-time; Optofluidic

* gfirooze@yahoo.com

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت http://opsi.ir/ قابل دسترسی باشد.

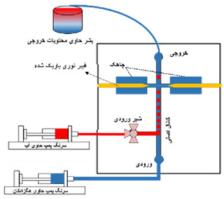
[Downloaded from opsi.ir on 2025-12-18]

۱- مقدمه

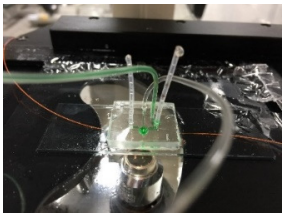
فرآیندهای میکروسیال دو فازی که توسط دو سیال غیر قابل امتزاج یا میکروذرات پراکنده درسیال با غلظت مشخص ایجاد می‌شوند، در بسیاری از تحقیقات شیمیایی و بیولوژیکی رایج هستند. انتخاب روش‌ها و فناوری‌های تشخیص وکنترل سیالات بیولوژیکی و شیمیایی در میکروکانال‌ها، یک مسئله مهم در طراحی تراشه‌های میکروسیالی برای آزمایشگاه‌های روی تراشه است[۱].تاکنون روش‌های تشخیص متفاوتی در این زمینه مورد استفاده قرار گرفته که روش‌های نوری به دلیل حساسیت، مقیاس‌پذیری به ابعاد ریز بیش‌ترین کاربرد را دارند[۲]. در میان روش‌های تشخیصی نوری، میکروسکوپ نوری یکی از پرکاربردترین ابزار برای پایش قطرات وحباب‌ها در تراشه میکروسیالی است. اما نمونه‌های آزمایشی با کنتراست پایین در تجزیه و تحلیل‌های بیوشیمیایی با نور مرئی، به راحتی قابل‌تشخیص نیستند. بر این اساس، تصاویر با کیفیت بالا باید با برچسب زدن ترکیب بیوشیمیایی خاص با استفاده از معرف‌های فلورسنت بدست آیند. با این وجود، زمان نوردهی طولانی برای ایجاد فلورسانس مورد نیاز است تا نسبت سیگنال به نویز را افزایش دهد. این امر فرکانس تحلیل را به حدود ۱۰ هرتز محدود می‌کند [۳]. همچنین اندازه‌گیری ضریب شکست که یکی از خواص اساسی در تشخیص نوع ماده است،از کمیت‌های مهم در آزمایش‌های شیمیایی و بیولوژیکی است. Polynkin و همکاران با استفاده از میدان میراشونده یک فیبر نوری باریک شده که در زیرکانال میکروفلوئیدیک واقع شده بود، ضریب شکست یک جریان تک فاز را اندازه گیری کردند. این روش پتانسیل‌های زیادی را برای استفاده از میکرو فیبر نوری برای اندازه‌گیری با حساسیت بالا، واکنش سریع وهزینه کم نشان داده‌است. با این وجود، فرآیند ساخت با استفاده از این روش به آسانی قابل تکرار نیست، زیرا تعبیه دقیق میکرو فیبر نوری در زیر کانال بسیار دشوار است[۴]. از جمله مزایای این طرح می‌توان به ساخت تراشه کوچک و قابل حمل اشاره کرد که به منظور غلبه بر کاهش رزولوشن مکانی، فیبرنوری باریک‌شده به صورت متعامد بر کانال اصلی میکروسیالی تعبیه شد که علاوه بر کاهش هزینه‌های آزمایش ، آشکارسازی قطرات در زمان واقعی و بدون نیاز به برچسب‌گذاری را فراهم می‌آورد.

۲-طراحی و ساخت

در این پژوهش، تراشه اپتوفلوئیدیک به صورت تک لایه‌ای طراحی شد تا عناصر اپتیکی و کانال میکروفلوئیدیک به طور همزمان بر روی یک تراشه قرار گیرند. همانطورکه درشکل۱–الف نشان داده‌شده‌است تراشه دارای بخشی با شکل هندسه اتصال T برای تولید قطرات است که دارای سطح مقطع مستطیلی به ابعاد ($۳۶۰\times۳۰۰\mu m^۲$) و دربردارنده فاز گسسته می‌باشد. همچنین در این طراحی به منظور مجتمع‌سازی میکروفیبرنوری با تراشه میکروفلوئیدیک، مکانی برای قرارگیری آن تعبیه شده‌است. این مکان عمود بر کانال اصلی تراشه میکروفلوئیدیک است که به منظورجلوگیری از تماس میکروفیبرنوری با کف کانال و کاهش ارتعاشات آن، شامل دو چاهک است که از فاز پیوسته پر می‌شوند. کانال اصلی دارای سطح مقطع مستطیلی به ابعاد ($۵۰۰\times۳۰۰\mu m^۲$) است که حامل فاز پیوسته است.



(الف)



(ب)

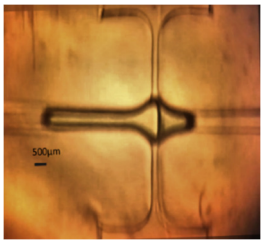
شکل۱- (الف)شماتیکی از نحوه عملکرد تراشه اپتوفلوئیدیک (ب) تراشه اپتوفلوئیدیک ساخته شده

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت http://opsi.ir/ قابل دسترسی باشد.

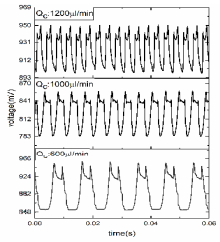
[Downloaded from opsi.ir on 2025-12-18]

۳-آزمایش و نتایج تجربی

جهت ارزیابی عملکرد تراشه در تشخیص و آشکارسازی قطره و میکروسیال دوفازی، در این آزمایش لیزر DFB قابل تنظیم به عنوان منبع نوری مورد استفاده قرار گرفت و طول موج این لیزر بر روی نقطه یک چهارم[1] طیف نوری فیبر نوری باریک شده در طول موج ۱۵۵۸/۵۴ نانومتر تثبیت شد. سپس لیزر به ورودی فیبر نوری باریک‌شده هدایت وخروجی میکروفیبر نوری به آشکارساز نوری متصل شد. سیگنال حاصل از آشکارساز نوری توسط کارتDAQ با فرکانس داده برداری $100\frac{kS}{s}$ نمونه‌برداری و در رایانه ثبت شد. در پژوهش حاضر کمینه آشکارسازی ضریب شکست توسط این فیبر نوری باریک شده غیرآدیاباتیک و دستگاه اندازه‌گیری 1×10^{-4}RIU محاسبه شد. با ثابت نگه‌داشتن نرخ جریان سیال آب رنگی در مقدار $\frac{\mu l}{min}$ ۶۰۰ و تغییر نرخ جریان سیال هگزادکان در نرخ‌های جریان$\frac{\mu l}{min}$۱۰۰۰،$\frac{\mu l}{min}$۶۰۰ و $\frac{\mu l}{min}$۱۲۰۰ فرکانس تشکیل قطرات در تراشه با استفاده از پاسخ زمانی فیبر نوری باریک شده به عبور قطرات اندازه گیری شد و همزمان با ثبت داده، با استفاده از میکروسکوپ و دوربین، عبور قطرات و برهمکنش آن با فیبر نوری باریک شده در تراشه مشاهده شد.



(الف)



(ب)

شکل ۲-(الف)عبور قطره از کمره فیبر نوری باریک شده در تراشه اپتوفلوئیدیک (ب)آشکار سازی قطرات و تشخیص فرکانس قطرات در نرخ جریان سیال آب رنگی$\frac{\mu l}{min}$ ۶۰۰ و نرخ جریان سیال هگزادکان $\frac{\mu l}{min}$۶۰۰، $\frac{\mu l}{min}$۱۰۰۰و $\frac{\mu l}{min}$۱۲۰۰

۴-نتیجه گیری

در این پژوهش یک تراشه اپتوفلوئیدیک تک لایه از جنس PDMS طراحی و ساخته شد که با استفاده از فیبرنوری باریک‌شده غیر-آدیاباتیک موجود در ساختار آن و اختلاف ضریب شکستی دوسیال هگزادکان و آب دی یونیزه، قطرات آب تشکیل شده در فاز حامل هگزادکان آشکارسازی و فرکانس تولید قطرات تشخیص داده‌شد. نتایج این آزمایش نشان می‌دهد عوامل مختلفی منجر به تغییر سطح ولتاژ می‌شود. این عوامل عبارتند از: تغییر ضریب شکست به دلیل وجود دو فاز سیالی متفاوت، تغییر طول موثر برهمکنش قطره با کمره فیبر نوری باریک شده به دلیل تغییر در ابعاد قطرات ،کرنش واتلاف توان. کرنش می‌تواند به سبب تکانه‌ای باشد که قطرات بر فیبر نوری باریک شده وارد می‌کنند و اتلاف توان می‌تواند به سبب خمش فیبر نوری باریک شده در تراشه باشد.

مراجع:

1. P. C. Li, *Fundamentals of microfluidics and lab on a chip for biological analysis and discovery*, CRC Press, 2010
2. Gai *et. al*. **Microfluidics**, pp 171-201, (2011)
3. Hsieh *et. al*. **Sensors and Actuators B** : Chemical 237, pp 841-848, (2016)
4. P. Polynkin, Opt. Lett., 30 (2005), pp. 1273-1275

[1] Quadrature point

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت http://opsi.ir/ قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2025-12-18]