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

اندازه‌گیری نوری ضخامت لایه‌های نیمه هادی

پدرام رضایی سیروس، سعید باطبی

گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه دانشگاه گیلان، رشت، ایران

چکیده: با توسعه فناوری نانو، نیاز به ساخت و توسعه ابزارهای اندازه‌گیری جز لاینفک تحقیقات بشمار می‌رود. در این پژوهش به طراحی و ساخت سیستم اندازه‌گیری نوری غیرتماسی ضخامت لایه‌های نیمه هادی پرداخته شده است. با استفاده از یک لیزر قرمز با طول موج ۶۳۲,۸ نانومتری(توان ۲ میلی وات)، طراحی اپتیکی مناسب و چیدمان تداخل‌سنج فابری پرو فریزهای تداخلی بدست می‌آیند. فریزهای کروی بدست آمده با تغییر ضخامت سطحی بصورت مداوم تغییر می‌نمایند، و با شمارش این خطوط ضخامت لایه بدست می‌آید. با چیدمان مناسب اپتیکی، تشکیل این خطوط، طراحی مدار الکتریکی و استفاده از هوش مصنوعی ضخامت لایه نیمه هادی را با با چندین روش مختلف اندازه گرفته شده است. در این بین به بررسی هر روش پرداخته و در آخر با استفاده از فتودیود Tsl 250 و استفاده از تحلیل ویدیو بهترین نتیجه و حداقل اندازه گیری ۶۰۰ نانومتر ثبت شد.

کلید واژگان: میکروسکوپ نوری؛ تداخل‌سنج فابری‌پرو؛ اندازه‌گیری ضخامت نیمه‌هادی

Optical measurement of semiconductor layer

Pedram Rezaee Sirous, Saeed Batebi

Dept. of Physics, Faculty of Basic Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran

Abstract- One of the requirements of research in the field of Nanotechnology is making and developing equipment for observing and measuring. In this study, a non-contact optical system is designed and made for measurement of semiconductor layer thickness. A red laser with a 632.8 nm wavelength (power of 2 mW), a proper optical design and arrangement of Fabry Perot interferormeter are used for interference fringes. As the thickness of semiconductor layer varies, the fringe spherical interference constantly changes as well. Then, the thickness of layers can be gauged by counting the lines. The variations are measured through several methods by a suitable optical set up, forming spherical lines, designing integrated circuit and using artificial intelligence. Meanwhile, the measurement methods were investigated. Finally, the best result and minimum measurement of 600 nm was recorded using image and video analysis by MATLAB program and utilizing photodiode Tsl 250.

Keywords: **: Optical microscope; Fabry Perot interferometer; measurement of semiconductor layer**

[Downloaded from www.opsi.ir on 2025-12-21]

Rezaei@ncl.sharif.edu

۱- مقدمه

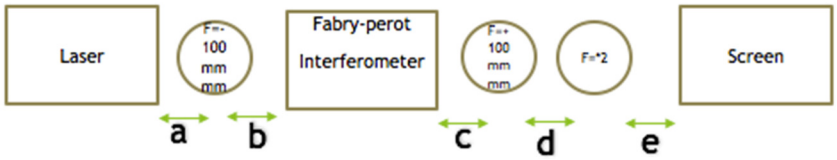
با توسعه فناوری‌های جدید اعم از نانو، فیبر نوری، فتونیک و ... ، نیاز به ساخت و توسعه ابزارهای مشاهده و اندازه‌گیری جز جدا نشدنی تحقیقات بشمار می‌رود. در این رابطه انواع میکروسکوپ‌ها اعم از میکروسکوپ نیروی اتمی گرفته تا میکروسکوپ نوری نقش محوری در این نوع تحقیقات را بر عهده دارند. اندازه گیری ضخامت با دقت نانومتری برای کابردهای متنوعی نظیر لایه‌نشانی فیلم های اپتیکی، قطعات نیمه هادی، لایه‌های نازک، ابزارآلات فتونیکی و سلول‌های خورشیدی اهمیت بسزایی دارد. بدست آوردن ضخامت و تکستایل سطح توسط دستگاه‌های متنوعی انجام می‌شود، اما به منظور تسهیل کار در روند پژوهش، استفاده از دستگاه‌های آنلاین و ساده بیشتر مورد استقبال قرار می‌گیرد[۱]. برای این هدف میکروسکوپ‌های نوری با ستاپ‌های مختلف وجود دارند. استفاده از تداخل‌سنج فابرو پرو چیدمان مناسبی برای اندازه گیری ضخامت است[۲]. در این بین با طراحی و انتخاب‌های مختلف سرعت، قیمت و دقت ابزار اندازه‌گیری متفاوت خواهد بود. بطور مثال هرچه شدت نور هر فریز بیشتر شود و هر خط محوتر می‌شود. اما فاصله ی بین فریز ها کمتر می‌شوند و این موضوع اندازه‌گیری را سخت‌تر و محدودتر می‌کند[۳].

۲- انجام پژوهش

برای اندازه گیری ابتدا بایستی فریزهای تداخلی شکل گیرند. با ا ستفاده از یک لیزر قرمز با طول موج ۶۳۲,۸ نانومتری(توان ۲ میلی‌وات) و طراحی چیدمان اپتیکی و با استفاده از تداخل سنجی فابری پرو خطوط کروی(فریزها) ایجاد شدند.

۲-۱. چیدمان آزمایش

اساس این آزمایش و پژوهش مطابق با اصول تداخل سنج فابری پرو چیده می‌شود. با تغییر فواصل مشخص شده و موقعیت لایه مورد نظر برای اندازه‌گیری نتایج مختلف ثبت شده است.



شکل ۱) چیدمان پژوهش

حال با تغییر ضـــخامت لایه نیمه هادی خطوط کروی بطور پیوســـته تغییر می‌کنند. برای اندازه گیری تغییرات این خطوط از از دو روش الکتریکی و تصویری استفاده شده است.

۲-۲. نتایج

در روش اول با طراحی یک مدار الکتریکی قابل برنامه نویسی و فتودیود اندازه گیری تغییرات انجام شده ا ست. در روش دوم با ا ستفاده از سیستم تحلیل تصویر و ویدیو در برنامه متلب اقدام به شمارش خطوط تداخلی شد. در روش اول فریزها بر روی پرده‌ای که فتودیودها بر روی آن نصب هستند، تشکیل می‌شود. از یک نمایشگر هم برای تبدیل و خواندن کاربر از تغییرات فریزها استفاده شده است. در این بین از دو مدل مختلف فتودیود Tsl1401 وTsl 250 ا ستفاده شد. که سنسور Tsl 250 نتایج بهتری را رقم زد. و در روش دوم فریزها برروی پرده

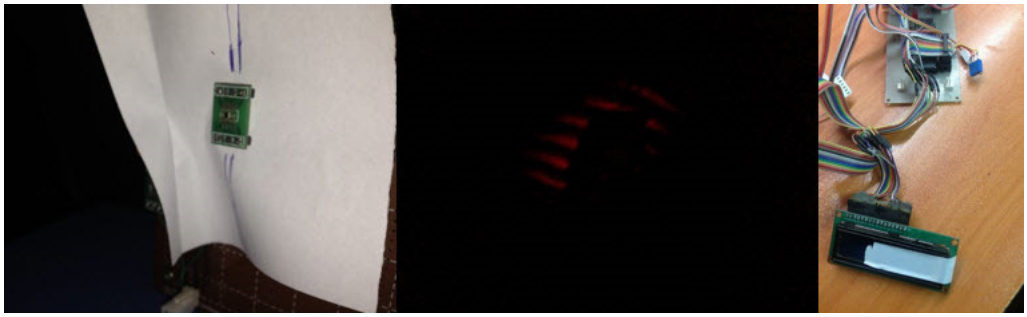
این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت http://opsi.ir/ قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2025-12-21]

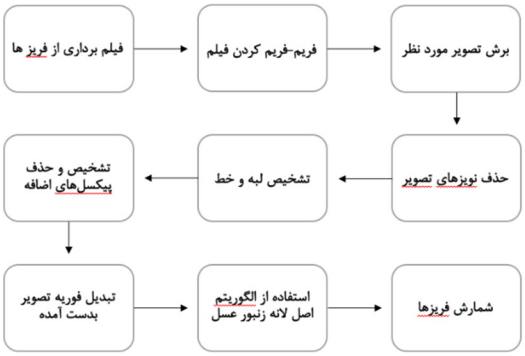
تشکیل شده و توسط یک دوربین از تغییرات فریزها تصویربرداری می‌شود. دو روش را در سه حالت مختلف بررسی می شود. در حالت اول فریز های تداخلی بطور آهسته تغییر می‌نمایند، در روش دوم فریزهای تداخلی با سرعت معمول تغییر می‌نمایند، و در حالت سوم فریزها با سرعت بالا تغییر می‌نمایند. با استفاده از سنسور نوری در صد خطای شمارش فریزهای تداخلی به ترتیب ۹، ۲۱ و ۱۵۰ در صد است. و با استفاده از روش پردازش تصویر درصد خطای شمارش فریز ها به ترتیب ۱۲،۴ و ۲۵ درصد است.

۳-۲. نتیجه‌گیری

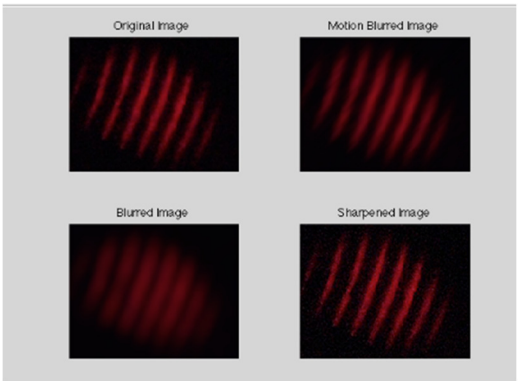
روش تحلیل تصویر و ویدیو صحت شمارش و اندازه‌گیری بهتری نسبت به روش سنسور نوری دارد. در این روش در ابتدا تصویر برداری از فریزها صورت می‌گیرد و با توجه به الگوریتم‌های نوشته شده در برنامه‌ی متلب فریزها شمارش می‌شوند. همینطور در این روش امکان بهینه‌سازی و حداقل رساندن خطا نیز میسر می‌باشد. از الگوریتم‌های نوشته شده برای تحلیل ویدیو در این کار می‌توان به حذف نویزها به روش‌های مختلف اعم از فوریه معکوس گرفتن از تصویر و استفاده از الگوریتم کرم شب تاب نام برد.



شکل۲) تصویر مدارالکتریکی ساخته شده(سمت راست)، قرار فریزهای تداخلی گیری روی فتودیود (وسط)، موقعیت فتودیود بر روی پرده بدون تابش لیزر(سمت چپ)



شکل ۳) فلوجارت کلی پردازش ویدیو انجام شده برای فریزها



شکل ۴) فریزهای تشکلیل شده و تغییرات برای وضوح بیشتر

مراجع

۱. طراحی و ساخت پالایه ی تداخلی فلز-دی الکتریک با پهنای عبور چند نانومتر به روش تراگسیل القایی در گستره ی فروسرخ نزدیک با استفاده از سیستم ضخامت سنجی اپتیکی. زابلیان, حسین. اصفهان : دانشگاه اصفهان, ۱۳۸۶.

2. KLAUS BETZLER, FACHBEREICH PHYSIK" *Fabry-Perot Interferometer"* , UNIVERSITAT OSNABRUCK, ۲۰۱۲

3. Ismail, Nur Izzati, et al *,"Resolution Improvement in Fabry-Perot Displacement Sensor Based on Fringe Counting Method* ",TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control) , (۲۰۱۴)

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

[Downloaded from www.opsi.ir on 2025-12-21]