بیست و ششمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و دوازدهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه خوارزمی،
تهران، ایران.
۱۵-۱۶ بهمن ۱۳۹۸

ساخت و مشخصه یابی آشکارساز نوری مبتنی برصفحات MoS_2

مهسا رشیدی فر[۱]، سارا درباری[۱] و یاسر عبدی[۲]

دانشگاه تربیت مدرس[۱]، دانشگاه تهران[۲]

چکیده - ویژگی های منحصر به فرد الکتریکی و نوری Transition Metal Dichalcogenide ها تنها تعداد معدودی از خواص برجسته ی TMD است که منجر به تحقیق وعلاقه ی بسیاری در این موضوع شده است. در اینجا ما از MoS_2 در آشکارساز نوری استفاده کردیم. صفحات MoS_2را ابتدا روی بسترSi / SiO_2به روش CVD رشد و سپس روی الکترود های نیکل به صورت ، - Ni MoS_2¬–Ni انتقال دادیم. از این ساختار برای آشکار سازی نور سبز استفاده کردیم. برای افزایش حساسیت نوری با توجه به خاصیت پیزوالکتریک MoS_2 به آن کشش اعمال کردیم و شاهد افزایش حساسیت آشکارساز نوری بودیم.

کلید واژه- مواد دوبعدی،TMD ها، پیزوالکتریک، انتقال، مولیبدن دی سولفاد

Fabrication and characterization of MoS_2 sheets for application in photodetector

M. Rashidifar, and S. Darbari* And Y. Abdi

rashidifarmahsa@gmail.com S.darbari@modares.ac.ir

Abstract- Electrical and optical properties of Transition Metal Dichalcogenide (TMD)s are just a few among the many extraordinary properties of the TMDs which led to the huge research and interest on this topic. In this paper MoS_2 is used for fabrication of a photodetector. to Achieve this goal, the MoS_2 sheets are synthesized on SiO_2/Si substrate using Chemical Vapor Deposition (CVD) and then the synthesized sheet is transferred subsequently on the prepared nickel electrodes.This structure is utilized for photodetection of green light.Then, to enhance the photodetection efficiency, we have applied an external strain to the MoS_2 sheets. Owing to the piezoelectric property of the MoS2 sheets, we have observed an enhancement in the output sensitivity of the strained structure.

Keywords: two-dimensional materials, piezoelectricity, MoS_2, transfer,TMDs

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

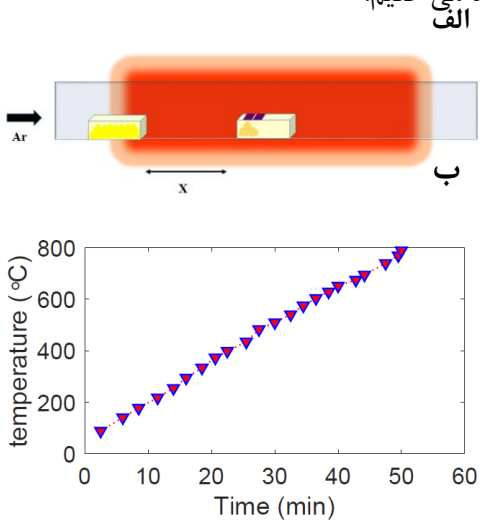
[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-19]

مقدمه

حسگر های نوری که توانایی تبدیل نور به سیگنال الکتریکی را دارند کاربرد های وسیعی در تصویر برداری ، حسگری و ارتباطات دارند. مواد نیمه هادی یکی از مهمترین اجزا برای حسگرهای نوری هستند که دامنه ی طیف قابل تشخیص آن ها بستگی به گاف انرژی نیمه هادی دارد[۱].در دهه ی اخیر به دلیل ویژگی های منحصر به فرد تک لایه ی گرافن، مواد دو بعدی در افزاره های اکترونیکی و الکترونیک نوری مورد توجه قرار گرفته اند[۲]. در میان نانو ذرات دو بعدی تحقیقات زیادی در مورد Transition Metal Dichalcogenides (TMDs) شده است، که پتانسیل استفاده در افزاره هایی نظیر فتوولتاژها ، آشکارساز های نوری و ترانزیستورهای اثر میدان را دارند [۳]. مولیبدن دی سولفاد (MoS_2) که زیر مجموعه ی TMD ها قرار دارد، شامل سه ساختار مختلف به اسم های 1T، 2H و 3R است که فراوان ترین آن ها 2H است. هر لایه ی MoS2 شامل دسته هایی از سه اتم S-Mo-S است[۴]. پشته ی MoS_2 جزو TMD های غیر مستقیم با گاف انرژی ۱/۲ الکترون ولت است در حالیکه تک لایه ی MoS_2 جزو TMD های مستقیم با گاف انرژی ۱/۸ الکترون ولت است. به دلیل جذب بالا در طیف مرئی، به صورت گسترده ای از MoS_2 در کاتالیزگر های نوری و حسگرهای نوری استفاده می کنند[۵]. در این کار ما از روش Chemichal Vapor Deposition (CVD) برای رشد ورقه های MoS_2 استفاده کردیم .از MoS_2 به عنوان ماده ی حساس به نور دراین افزاره استفاده کردیم و حساسیت افزاره را نسبت به توان های مختلف نور مورد بررسی قرار دادیم.

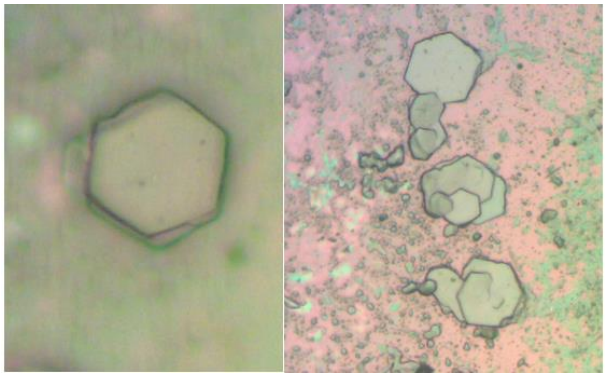
ساخت و مشخصه‌یابی حسگر

برای رشد MoS_2 از روش CVD استفاده می کنیم. ابتدا ویفر SiO_2 / Si با روش RCA تمیز می کنیم. از دو ماده ی اولیه مولیبدن تری اکسید (MoO_3) و گوگرد (S) به مقدار به ترتیب ۱/ . گرم و ۷/ . گرم استفاده می کنیم. در شکل ۱-الف نمای کوره برای رشد نشان داده شده است .به دلیل اختلاف دمای تبخیر بین دو ماده ، MoO_3 را در وسط کوره قرار می دهیم و S را با ۳۰ سانتی متر فاصله از آن قرار می دهیم. ویفر را رو به پایین روی بوته ی سرامیکی و MoO_3 قرار می دهیم. از گاز بی اثر آرگون به مقدار ۲۰۰ میلی لیتر بر دقیقه، برای حمل بخار گوگرد به سمت بستر استفاده می کنیم.



شکل ۱: الف- نمای کوره برای رشد MoS_2، ب-نمودار تغییرات دما بر حسب زمان در وسط کوره

در شکل۱- ب تغییرات دما بر حسب زمان برای رشد MoS_2 نشان داده شده که ده دقیقه ی پایانی زمان نشستن MoS_2 روی بستر است. شکل۲ تصاویر میکروسکوپ نوری از MoS_2 را نشان می دهد.

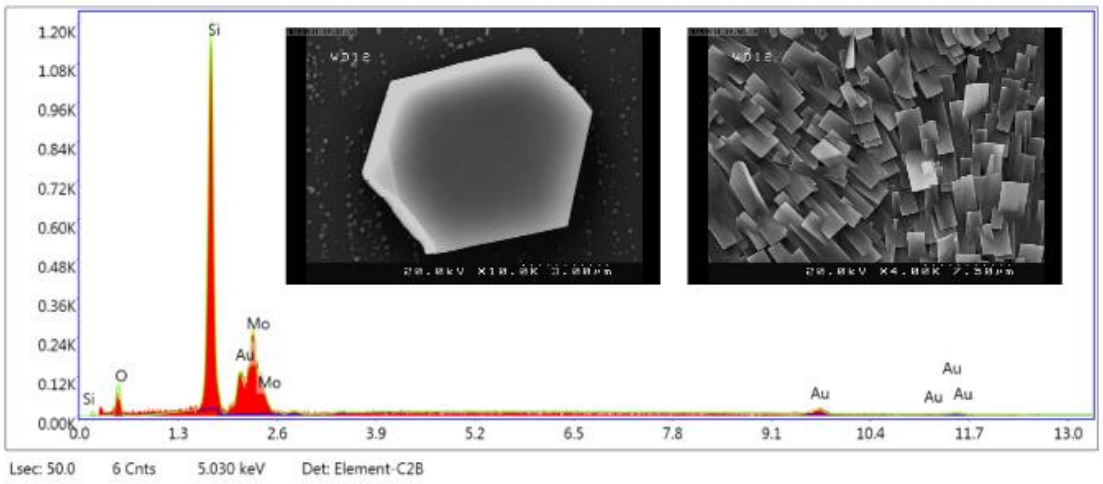


شکل۲: تصاویر میکروسکوپ نوری از صفحات MoS_2

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

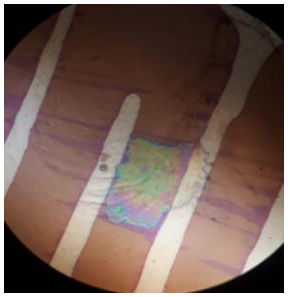
[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-19]

استفاده کردیم. با اعمال ولتاژ بایاس ۳/. ولت به دو سر



شکل۳: تصاویر میکروسکوپ روبشی و edx از ورقه های MoS_2

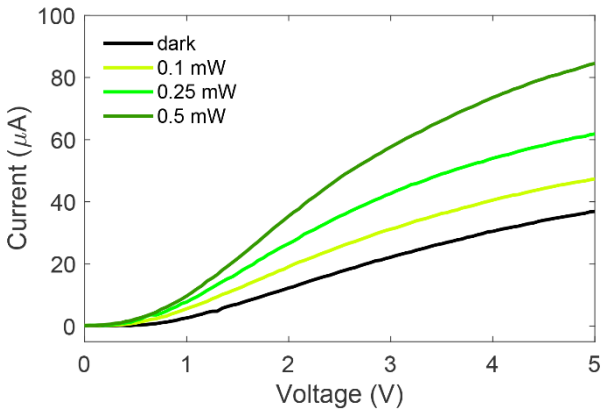
شکل۳ تصاویر میکروسکوپ روبشی را برای ساختار رشد پیدا کرده را نشان می دهد.از روش طرح نگاری نوری برای الگو دهی الکترود های شانه ای از جنس نیکل روی بستر SiO_2 / Si استفاده می کنیم. برای انتقال MoS_2 از روی بستر رشد یافته به روی الکترودها، ابتدا ویفر را داخل بشری که مقدار یک میلی لیتر اتانول دارد قرار می دهیم و سپس آن را در حمام آلتروسونیک قرار داده و بعد به روش غوطه ور کردن ویفری که الکترود شانه ای دارد داخل اتانول فرو کرده و بعد بیرون می آوریم. شکل۴ تصویر میکروسکوپی انتقال MoS_2 بر روی الکترودهای شانه ای را نشان می دهد.



شکل۴ : تصویر میکروسکوپ لایه MoS_2 بین الکترودهای نیکل

بررسی و نتایج

برای دیدن مشخصات پاسخ آشکارساز مبتنی بر MoS_2 ، از توان های مختلف طول موج نوری ۵۲۵ نانومتر (نور سبز) الکترود های شانه ای، در شکل۵ نمودار تغییرات جریان بر حسب تغییرات ولتاژ نشان داده شده است. برای تاباندن نورسبز از دیود نوری استفاده کردیم. همانطور که مشخص است با افزایش توان تابشی نور، به دلیل تولید بیشتر حامل ها به ازای ولتاژ های ثابت، جریان بیشتر می شود. وقتی نمونه در معرض تابش نور قرار می گیرد، نمودار جریان ولتاژش از حالت تاریکی فاصله می گیرد.

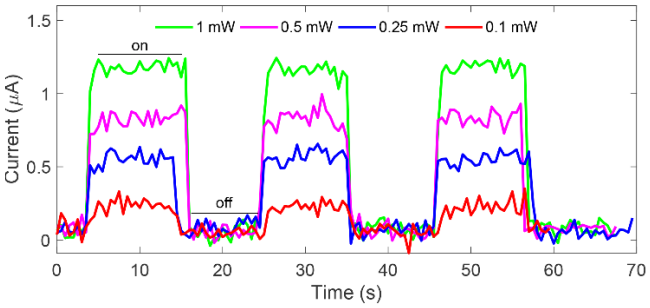


شکل۵: نمودار تغییرات جریان بر حسب تغیرات ولتاژ در حضور توان های مختلف طول موج ۵۲۵ نانومتر

در شکل۶ مقدار جریان نمونه را برای دو حالتی که به ترتیب نور تابشی وصل و قطع است اندازه گیری شده است. با توجه به شکل هرچه توان نوری بیشتر می شود، اختلاف جریان نسبت به حالت تاریکی نیز بیشتر می شود.

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-19]

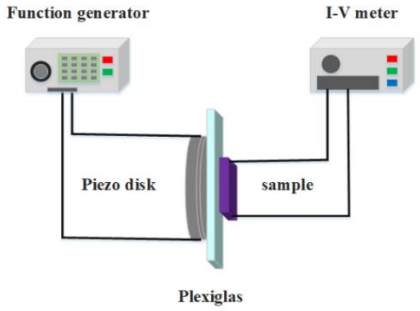


شکل۶: نمودار تغییرات جریان بر حسب زمان در حضور و عدم حضور توان های مختلف طول موج ۵۲۵ نانومتر

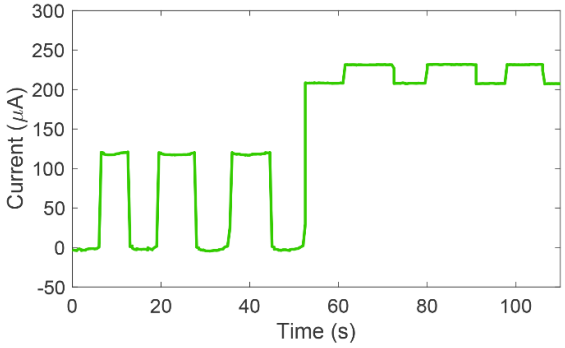
یکی دیگر از ویژگی های MoS_2 خاصیت پیزوالکتریک آن است. وقتی ضخامت لایه های MoS_2 کم می شود و به سمت تک لایه ی MoS_2 می رویم، به دلیل آنکه ساختار، عدم تقارن مرکزی پیدا می کند خاصیت پیزوالکتریک قابل توجهی را از خود نشان می دهد[۶]. با اعمال کشش به لایه های MoS_2 به دلیل جاذبه ی نسبی کاتیون ها و آنیون ها از مرکز، دوقطبی تولید می شود، که مقدار پتانسیل پیزوالکتریک بر گرفته از این دوقطبی هاست[۷]. برای بالا بردن حساسیت نوری افزاره از خاصیت پیزوالکتریک MoS_2 استفاده کردیم. مطابق شکل۷ با نزدیک کردن دیسک پیزو به ویفر در فرکانس ۹۰ کیلو هرتز، به نمونه کشش (۰/۱۲٪)اعمال کرده و در شکل۸ تغییرات جریان را هنگامی که نور می تابانیم در دو حالت روشن بودن دیسک پیزو و خاموش بودن آن نشان داده است. که در حالتی که روشن است، تغییرات جریان نسبت به نور بیشتر است و حساسیت آشکارساز نوری نیز بیشتر است.

نتیجه‌گیری

در این پروژه ما آشکارساز نوری مبتنی بر MoS_2 را با ساختار Ni -MoS2– Ni را در دوحالت اعمال کشش و نبودن کشش در معرض تابش نور سبز قرار دادیم. همانطور که در نمودار ها مشخص است حساسیت نوری در زمان اعمال کشش بیشتر شده است.



شکل۷: نمای ساختار برای اعمال کشش به لایه ی MoS_2



شکل ۸ :تغییرات جریان با تابش نور سبز با توان ۳/۵ میلی وات برای دو حالت دیسک پیزو روشن و خاموش

مرجع‌ها

[1] Z. Huang *et al.*, "Amorphous MoS2Photodetector with Ultra-Broadband Response," 2019.

[2] X. Wang *et al.*, "Ultrasensitive and broadband MoS2photodetector driven by ferroelectrics," vol. 27, no. 42, pp. 6575-6581, 2015.

[3] A. Alharbi, P. Zahl, and D. J. A. P. L. Shahrjerdi, "Material and device properties of superacid-treated monolayer molybdenum disulfide," vol. 110, no. 3, p. 033503, 2017.

[4] I. Song, C. Park, and H. C. J. R. A. Choi, "Synthesis and properties of molybdenum disulphide: from bulk to atomic layers," vol. 5, no. 10, pp. 7495-7514, 2015.

[5] T.-S. Ko, Y.-J. Huang, D.-Y. Lin, C.-F. Lin, B.-S. Hong, and H.-Z. J. J. J. o. A. P. Chen, "Photoresponse properties of large area MoS2metal–semiconductor–metal photodetectors," vol. 57, no. 4S, p. 04FP12, 2018.

[6] J. Qi *et al.*, "Piezoelectric effect in chemical vapour deposition-grown atomic-monolayer triangular molybdenum disulfide piezotronics," *Nature communications*, vol. 6, p. 7430, 2015.

[7] Y. Peng *et al.*, "Progress in piezotronic and piezo-phototronic effect of 2D materials," *2D Materials*, vol. 5, no. 4, p. 042003, 2018.

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-19]