بیست و یکمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران
و هفتمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
۲۳ تا ۲۵ دی ماه ۱۳۹۳، دانشگاه شهید بهشتی

# آشکارساز فرابنفش بر اساس ساختار نا همجنس گرافن- نانوسیم های اکسید روی

لیدا شفیعی[۱] ، سارا درباری[۱]

۱.دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تربیت مدرس ، جلال آل احمد، پل نصر ، تهران

**چکیده - در این مقاله، ساخت آشکارساز فرابنفش بر اساس ساختار ناهمجنس گرافن- نانوسیمهای اکسیدروی را گزارش می‌کنیم.در اینجا نانوسیم های اکسید روی بر روی صفحات اکسید گرافن کاهش یافته بوسیله یک فرایند ساده هیدروترمال رشد می یابند. صفحات اکسید گرافن توسط بمباران یونهای هیدروژن کاهش می یابد.در می یابیم که کیفیت بالایی از نانو سیم های اکسید روی با قطر متوسط ۷۰ نانومتر به خوبی بر روی سطح اکسید گرافن رشد می یابد و چگالی نانو سیم ها مطلوب است.آشکارساز ساخته شده از ساختار نا همجنس اکسید گرافن کاهش یافته-نانو سیم های اکسید روی یک پاسخ نوری عالی برای تابش فرابنفش را نشان می دهد.**

کلید واژه- آشکارساز فرابنفش،اکسیدگرافن کاهش یافته،ساختار نا همجنس،.نانو سیم اکسیدروی

# Ultraviolet Photodetector Fabricated with ZnONanowires-graphene Hybrid Structures

Lida Shafiei [1], Sara Darbari [1]

1. Department of Electrical and Computer Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran

Abstract- In this paper, we report, fabrication of ultraviolet photodetector based on rGO–ZnO nanowires hybrid nanostructure. Herein, ZnO nanowires (NWs) grown onto the reduced graphene oxide (RGO) sheet by simple hydrothermal process. graphene oxide (GO) sheets reduced by Bombardment of hydrogen. It is found that the high-quality of ZnO NWs with the average diameter of 70 nm are well grown on the RGO surface, and the density of ZnO NWs are desirable. The photodetector fabricated with this ZnO Nws-RGO hybrid structure demonstrates an excellent photoresponse for the UV radiation.

Keywords:

ZnO nanowire, Reduced graphene oxide, Hybrid structure, UV photodector

[ Downloaded from opsi.ir on 2026-11-02 ]



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

## ۱- مقدمه

آشکارسازهای فرابنش کابردهای گسترده ای در زمینه های گوناگون دارند. ازآنجا که در ساخت آشکارسازهای فرابنفش مواد نیمه هادی با گاف انرژی پهن،مانند ZnO(۳.۳۷ eV) به کار میرودآشکارسازهای UV متنوعی با استفاده از نانو ساختارهای ZnO، گزارش شده است.

همچنین گرافن یک لایه با ضخامت اتمی و دو بعدی است که آنرا به عنوان یک ماده مناسب برای انتقال عالی الکترون درافزاره های اپتوالکترونیک به کار می رود.

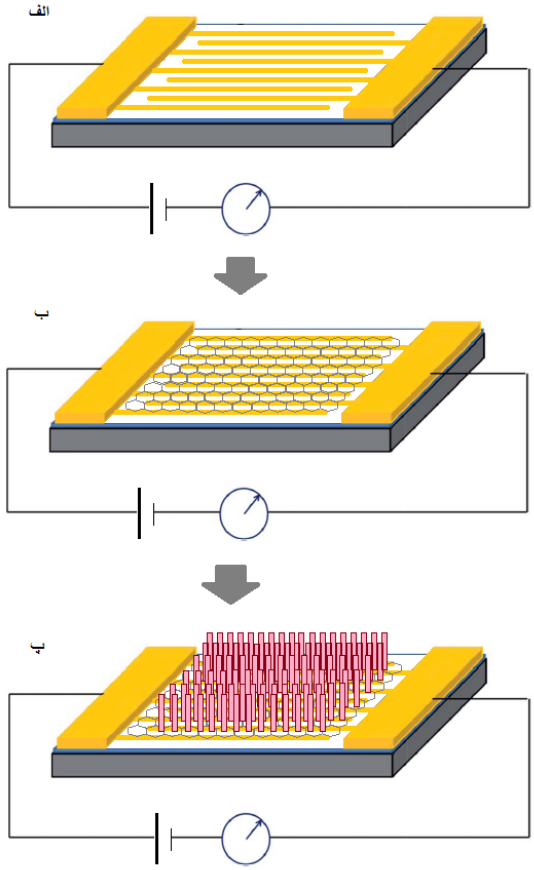
اخیرااستفاده از نانوساختارهای هیبرید درآشکارسازهای نوری،به واسطه نسبت سطح به حجم بالای آنها یک موضوع پژوهش ایجاد کرده است. برای مثال یانگ و همکارانش یک آشکارساز فرابنفش با استفاده از ساختار اکسید گرافن کاهش یافته-نانوذرات اکسید روی( ZnO NPs-RGO)گزارش دادند[۱].

در این کار ما یک آشکارساز فرابنفش با استفاده از ساختار ناهمجنس اکسید گرافن کاهش یافته-نانوسیم های اکسید روی(ZnO NWs-RGO) گزارش دادیم که نسبت به نانوذرات،نانو سیم های اکسید روی سطح موثر بیشتری در برابر تابش نور دارند و جدایش الکترون-حفره بیشتری در آنها صورت می گیرد همچنین سطح اتصال موثرتری با صفحه گرافن برقرار می کنند و انتقال الکترون راحت تر صورت می گیرد.

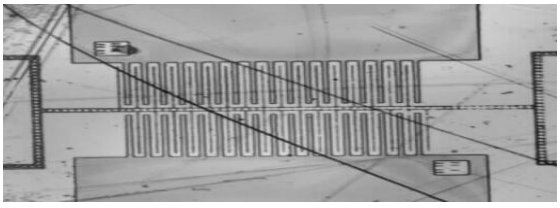
## ۲- مراحل ساخت

### ۲-۱- ساخت الکترود ها

شماتیک شکل ۱ مراحل ساخت و بسته بندی آشکارساز را نشان می‌دهد. ابتدا بستر شیشه ای تمیز کاری و یک لایه طلا به ضخامت ۱۰۰ نانومتر بر روی آن لایه نشانی می شود سپس الگوی الکترود های شانه ای طلا به روش لیتوگرافی بر روی بستر شیشه ای نگاشته می شود .شکل ۲ تصویر میکروسکوپ نوری از الگوی مورد نظر را نشان می دهد.فاصله بین الکترودهای شانه ای ۱۶.۵ µm است.




شکل ۱: مراحل ساخت آشکارساز فرابنفش با استفاده از ساختار ZnO NWs-RGO (الف)لیتوگرافی الکترودهای طلا بر روی بستر شیشه (ب)قراردادن صفحه اکسید گرافن بر روی الکترودها(پ)رشد نانو سیم های ZnO بر روی گرافن



شکل۲:تصویر لیتوگرافی الکترودهای طلا با میکروسکوپ نوری

### ۲-۲- سنتز و احیای اکسید گرافن

در اینجا اکسید گرافن از پودر گرافیت به روش Hummers تهیه می شود و نانو صفحات اکسید گرافن بر روی الکترود ها قرار می گیرد.نانو صفحات اکسید گرافن رسانایی کمی دارند برای افزایش رسانایی این صفحات از بمباران یونهای هیدروژن استفاده می شود . این بمباران در شار ۰.۱ سی سی بر دقیقه و ولتاژ حدود ۳۰۰ ولت و جریان ۲۰ میلی آمپر انجام می شود.شکل ۴ منحنی های جریان-ولتاژ و کاهش مقاومت صفحات



[ Downloaded from opsi.ir on 2026-11-02 ]

اکسید گرافن را نشان می دهد.

### ۲-۳- رشد نانو سیمهای اکسیدروی

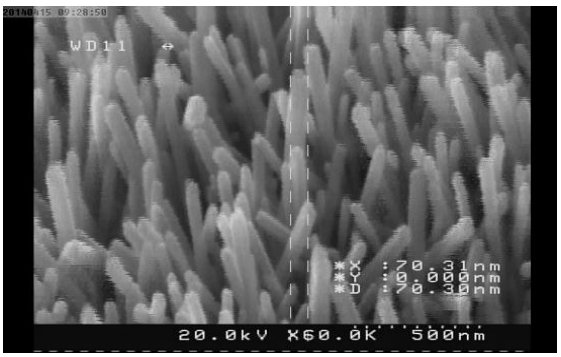
ابتدا یک لایه اکسیدروی به عنوان دانه‌گذاری برای رشد نانوسیمها، به روش شیمیایی پوشش داده می شود. نتایج نشان می‌دهد اگر بستر قبل از رشد دانه گذاری شود، نانوسیم های اکسیدروی به صورت عمودی و با هم‌ترازی بیشتر رشد می‌کنند. در این روش دانه‌گذاری، از تجزیه و هیدرولیز زینک‌استات استفاده می‌کنیم. در ابتدا بستر را در محلول زینک‌استات و اتانول پوشش دهی کرده و سپس بستر پوشش داده شده را در دمای ۲۰۰ تا ۴۰۰ درجه سانتی گراد بازپخت می‌کنیم[۲]. دمای بازپخت یکی از پارامترهای مهم برای رشد هم‌تراز است، طوری که اگر دمای بازپخت پایین باشد، رشد هم تراز و عمود به خوبی رخ نمی‌دهد.

سپس نانوسیم ها به روش هیدروترمال روی بستر رشد داده می‌شوند.در این مرحله بستر دانه‌گذاری شده به مدت ۳ ساعت در دمای ۹۰ درجه، در محلول آبی ۰.۰۲ مولار زینک نیترات[$Zn(NO_3)$] و ۰.۰۲ مولار هگزامتیل ترامین ($C_6H_{12}N_4$) قرار داده می‌شود.[۳]

## ۳- نتایج و بحث

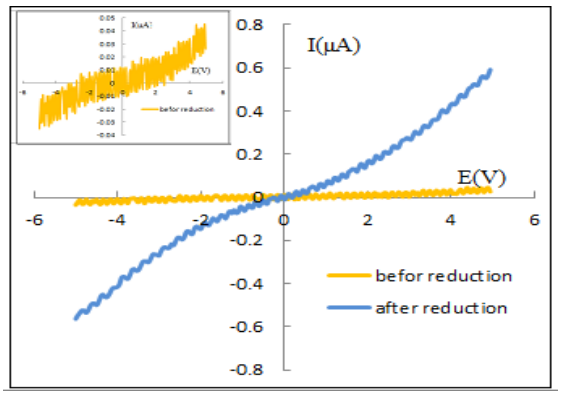
### ۳-۱- مشخصه یابی ساختار هیبرید rGo-ZnO

شکل ۳ تصویر SEM از نانو سیم های اکسید روی که بر روی گرافن رشد داده شده را نشان می دهد. همانطور که در تصویر مشاهده می‌کنیم، رشد یکنواخت و هم‌تراز از نانوسیم های اکسیدروی را داریم.




شکل ۳: تصویر SEM از نانو سیم های اکسید روی رشد داده شده بر روی اکسید گرافن احیا شده.

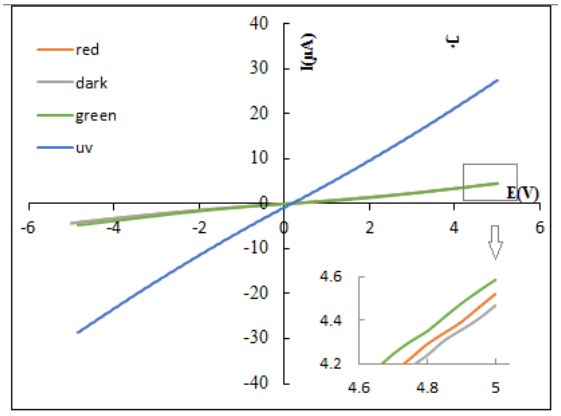
صفحات اکسید گرافن رسانایی کمی دارند(شکل ۴). برای افزایش رسانایی آنها، صفحات اکسید گرافن بوسیله بمباران هیدروژن احیا و رسانایی آنها افزایش می یابد همانطور که در شکل ۴ دیده می شود منحنی جریان-ولتاژ آن مشخصه خطی تری نسبت به قبل از احیا پیدا می کند.




شکل ۴: منحنی جریان-ولتاژ اکسید گرافن قبل و بعد از فرایند احیا

### ۳-۲- رفتار نوری

نانو ساختارهیبرید rGO-ZnO NWs که بر روی بستر شیشه ای ساخته شده است تحت تست های نوری قرار گرفت. در اینجا از لیزر های UV، قرمز و سبز به ترتیب با طول موج های ۴۰۵، ۶۵۸ و ۵۶۰ نانومتر با چگالی توان ۲۰ میلی وات بر سانتی متر مربع استفاده شده است که به صورت عمودی بر سطح نمونه تابانده می شود پاسخ نوری ساختار مورد نظر در شکل ۵ نشان داده شده است.




شکل 5: پاسخ نوری آشکارساز ساخته شده با ZnO NWs-RGO (منحنی جریان-ولتاژ برای طول موج های مختلف)

همانطور که در شکل ۵ دیده می شود آشکارساز مورد نظر پاسخ خوبی در برابر تابش فرابنفش نشان می دهد،و

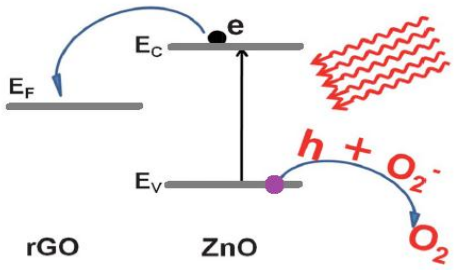


[ Downloaded from opsi.ir on 2026-11-02 ]

میزان حساسیت آشکارساز ۶ است.

مکانیسم این پاسخ به این صورت است که در برابر تابش UV که در حدود گاف انرژی ZnO است در نانوسیم های اکسید روی الکترون ها برانگیخته شده و جدایش الکترون-حفره رخ می دهد.همانطور که در شکل نشان داده شده حفره ها با یونهای اکسیژن ترکیب شده،و الکترونها به خاطر رسانایی بالای گرافن بسرعت به سمت الکترودها منتقل می شود.(شکل ۶)

همانطور که در شکل ۵ دیده می شود این ساختار به تابش های ۶۵۸ و ۵۶۰ نانومتر هم حساسیت کمی نشان می دهد که به این صورت توضیح داده می شود که در مرحله رشد نانوسیم ها، اکسید گرافن احیا شده که بر روی آن دانه گذاری ZnO انجام شده در دمای ۳۵۰ درجه حرارت داده می شود که یک سری ترازهای میانی در گاف انرژی ZnO ایجاد می کند.




شکل ۶: مکانیزم جذب اکسیژن توسط حفره ها و جدایش الکترون-حفره.

## نتیجه‌گیری

آشکارساز UV ساخته شده با نانو ساختار هیبرید-rGO ZnO NWsحساسیت بالایی نسبت به تابش فرابنفش نشان می دهد که نسبت به آشکارساز های بر پایه گرافن و ZnO به تنهایی بهبود قابل ملاحظه ای را در پاسخ نوری نشان می دهد.

## مراجع


[1] Liu, Jin-yang, et al. *"High Performance Ultraviolet Photodetector Fabricated with ZnO Nanoparticles-graphene Hybrid Structures."* **Chinese Journal of Chemical Physics** 26.2 (2013): 225-230.

[2] [۶] L. E. Greene,., et al. *"General route to vertical ZnO nanowire arrays using textured ZnO seeds."* **Nano Letters** 5.7 (2005): 1231-1236.

[3] Chitanu, E., and Gh Ionita. *"HYDROTHERMAL GROWTH OF ZNO NANOWIRES*

[4] Zhan, Zhaoyao, et al. *"Self-powered, visible-light photodetector based on thermally reduced graphene oxide–ZnO (rGO–ZnO) hybrid nanostructure."***Journal of Materials Chemistry** 22.6 (2012): 2589-2595

[5] Kwon, Junggou, Bhupendra K. Sharma, and Jong-Hyun Ahn. *"Graphene Based Nanogenerator for Energy Harvesting."* **Japanese Journal of Applied Physics**52.6S (2013): 06GA02

[6] Kumar, Brijesh, et al. *"Controlled growth of semiconducting nanowire, nanowall, and hybrid nanostructures on graphene for piezoelectric nanogenerators."* **ACS nano** 5.5 (2011): 4197-4204.




[ Downloaded from opsi.ir on 2026-11-02 ]