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 آشکارساز نوری بر اساس امواج آکوستیک سطحی

**امین یعقوبی، سارا درباری، عبدالرضا نبوی**

**چکیده – در این مقاله یک آشکارساز نوری بر اساس موج آکوستیک سطحی مورد بررسی قرار گرفته است. کارکرد این آشکارساز بر ا ساس پدیده آک ستوالکتریک می‌با شد؛ به این صورت که در اثر تابش نور آبی (طول موج ۴۵۰ نانومتر) با توان‌های مختلف، فرکانس مرکزی و همچنین میزان تلفات دامنه سیگنال خروجی دچار تغییر می‌شود. تعیین فرکانس مرکزی از طریق طراحی الکترودهای شانه‌ای انجام شده ا ست. موج آکو ستیک سطحی با اعمال ورودی متناوب به الکترودهای ورودی روی سطح پیزوالکتریک ایجاد می‌گردد. در این مقاله از ZnO به عنوان ماده پیزوالکتریک و همچنین لایه حساس به نور استفاده شده است. در افزاره ساخته شده فرکانس مرکزی ۸۹/۶ مگاهرتز و حساسیت آن برابر MHz/mW ۰/۳۷۵ و دارای خطای تقریبی ۴٪ می‌باشد.**

کلید واژه- پدیده آکوستوالکتریک، پیزوالکتریک، فرکانس مرکزی، موج آکوستیک سطحی

# Fabrication of a Surface Acoustic Wave Photodetector

Amin Yaghoobi*, Sara Darbari*, **Abdolreza Nabavi***

*Faculty of Electrical and Computer Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran,
seyedaminyaghoobi@modares.ac.ir
s.darbari@modares.ac.ir
abdoln@modares.ac.ir

Abstract- In this paper a surface acoustic wave photodetector is investigated. This photodetector works based on acousto-electric effect, which its resonance frequency and output signal amplitude change by exposure of blue light (450nm wavelength) with different powers. The resonance frequency is determined by Inter Digital Transducer (IDT) design. By applying AC signal to the input IDT, SAW can be created on the surface of piezo-electric layer. In this paper, ZnO is used as piezo-electric material and sensing layer. Resonance frequency of the fabricated device is about 89.6 MHz and its sensitivity is 0. 375 **MHz/mW** with the approximate error of 4%.

Keywords: Acousto-electric effect, Piezo-electric, Resonance frequency, SAW, Surface Acoustic Wave

[ Downloaded from www.opsi.ir on 2026-10-31 ]



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

## مقدمه

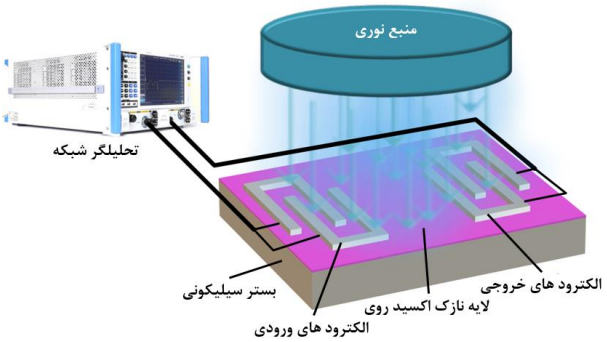
آشکارسازهای موج آکوستیک سطحی که مبتنی بر اندازه-گیری کمیت‌های فیزیکی، شیمیایی و تابش فرابنفش بر اساس لایه حساس ZnO هستند، در سال‌های اخیر به طور فزاینده‌ای مطالعه شده‌اند [۱]. این نوع آشکارسازها به دلیل حساسیت بالا، هزینه ساخت پایین، توان مصرفی پایین [۲]، اندازه کوچک و قابلیت استفاده از آن‌ها در سیستم‌های بی-سیم [۳] به صورت گسترده مورد توجه قرار گرفته‌اند.

در ادوات موج آکوستیک سطحی، موج بر روی سطح ماده پیزوالکتریک حرکت می‌کند [۴]. این ادوات معمولا روی بستر پیزوالکتریک مثل کوارتز و ویفر $LiNbO_3$ و یا روی لایه نازک پیزوالکتریک مثل ZnO و AlN که روی بستر شیشه یا ویفر سیلیکونی لایه‌نشانی شده‌اند، ساخته می-شوند[۵]. از جمله موادی که به عنوان ماده حساس به نور در ادوات موج آکوستیک سطحی استفاده می‌شود، می‌توان به ZnO اشاره کرد. برای لایه نشانی ZnO می‌توان از روش-های لایه‌نشانی استاندارد مثل روش کندوپاش استفاده کرد [۶]. به علاوه ZnO داری خاصیت پیزوالکتریک و ثابت تزویج خوبی است و می‌توان آن را روی بسترهای متنوعی از جمله ویفر سیلیکونی لایه‌نشانی کرد [۷]. از مزایای دیگر استفاده از ZnO در ادوات SAW می‌توان به قابلیت ایجاد پیوند بسیار خوب با بسترها به خصوص ویفر سیلیکونی، پایداری دمایی بالا و هزینه پایین لایه‌نشانی اشاره گردد [۷].

با رشد ادوات مبتنی بر اینترنت اشیا، استفاده از آشکارسازهای نوری مورد توجه بسیاری قرار گرفته است [۲]. در همین راستا در این پژوهش آشکارساز موج آکوستیک سطحی برای تشخیص نور آبی با طول موج ۴۵۰ نانومتر در توان‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است.

## طراحی و ساخت آشکارساز

شکل ۱ شمای کلی آشکارساز موج آکوستیک سطحی و سامانه آزمایشگاهی بررسی عملکرد آن را نشان می‌دهد. نکته قابل توجه در مورد منبع نوری این است که این منبع توسط یک پایه نگه دارنده در موقعیت بالای افزاره SAW ثابت شده است و برای تغییر توان نور تابانده شده هیچ برخوردی با افزاره نخواهد داشت. بنابراین هیچگونه تغییر موقعیتی در آن ایجاد نخواهد کرد و توان آن فقط از طریق افزایش ولتاژ DC اعمالی به منبع نوری تنظیم می‌گردد.




شکل۱: شمای کلی آشکارساز موج آکوستیک سطحی و سامانه آزمایشگاهی بررسی عملکرد آن

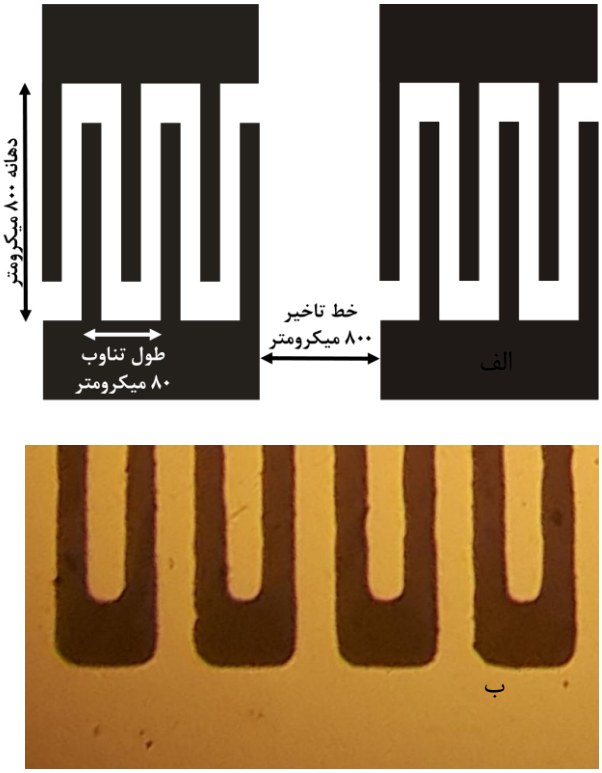
آشکارساز ساخته شده دارای الکترودهای شانه‌ای ورودی و خروجی می‌باشد و فاصله بین آن‌ها خط تاخیر نام دارد که موج آکوستیک سطحی از آنجا عبور می‌کند.

در شکل ۲-الف ابعاد آشکارساز طراحی شده نشان داده شده است. تعداد الکترودهای ورودی و خروجی یکسان و برابر با ۳۰ جفت می‌باشد. عرض هر الکترود و فاصله دو الکترود از هم یکسان و برابر ۲۰ میکرومتر است. همچنین طول الکترودها یا همان دهانه برابر با اندازه خط تاخیر می‌باشد که مقدار آن ۱۰ برابر طول موج یعنی ۸۰۰ میکرومتر است. لایه‌نشانی لایه ZnO با روش کندوپاش انجام شده و ضخامت



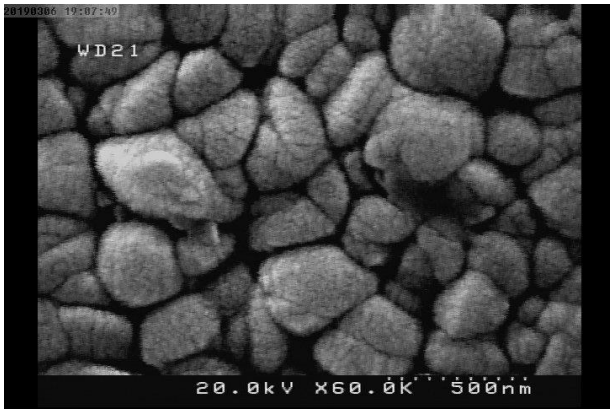
این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[ Downloaded from www.opsi.ir on 2026-10-31 ]



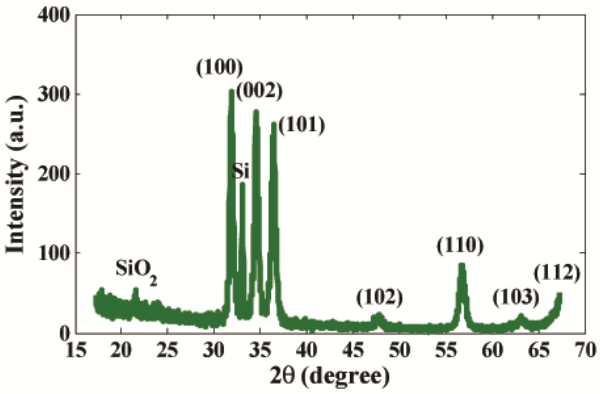

شکل۲: الف- ابعاد الکترودهای شانه‌ای طراحی شده. ب- تصویر بخشی از الکترودهای شانه‌ای ساخته شده

آن در حدود ۱/۳ میکرومتر می‌باشد. برای ساخت الکترود-های شانه‌ای از آلومینیوم استفاده کرده و الگودهی آن را با استفاده از روش طرح‌نگاری نوری و فرایند کندن انجام داده-ایم که شکل نهایی آن در شکل ۲-ب نشان داده شده است. لازم به ذکر است که ضخامت آلومینیوم لایه‌نشانی شده در حدود ۳۰ نانومتر می‌باشد. در شکل ۳ تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی لایه ZnO قابل مشاهده است.




شکل ۳: تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی لایه ZnO

نمودار پراش اشعه ایکس لایه ZnO در شکل ۴ نشان داده شده است. لازم به ذکر است نمونه لایه‌نشانی شده را به مدت ۲ ساعت در دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده‌ایم و تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی و نمودار پراش اشعه ایکس بعد از این دمادهی گرفته شده‌اند.




شکل ۴: نمودار پراش اشعه ایکس لایه ZnO

## نتایج

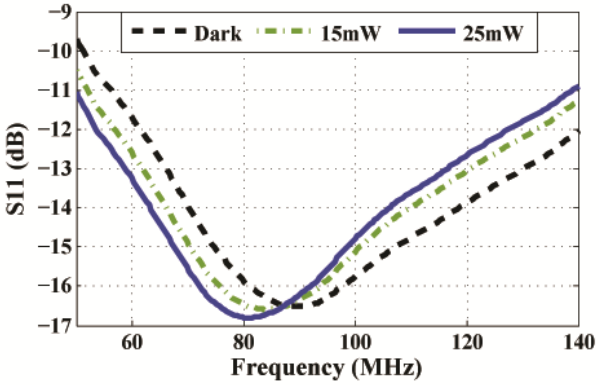
شکل ۵، نمودار پاسخ فرکانسی آشکارساز موج آکوستیک سطحی را تحت تاثیر سه محیط تاریک، تابش نور آبی (طول موج ۴۵۰ نانومتر) با توان ۱۵ و ۲۵ میلی‌وات نشان می‌دهد. پاسخ فرکانسی نشان داده شده در شکل ۵، همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است، به وسیله تحلیلگر شبکه (Network Analyzer) بدست آمده است. مقدار فرکانس مرکزی $f_r$ از معادله $f_r = v_P / \lambda$ محاسبه می‌شود که در آن $v_P$ سرعت انتشار موج آکوستیک در سطح ماده پیزوالکتریک و $\lambda$ طول تناوب آشکارساز می‌باشد.

در آشکارساز ساخته شده مقدار فرکانس مرکزی برابر ۸۹/۶ مگاهرتز بدست آمده است. در شکل ۶ محل دقیق کمینه تلفات دامنه و مقدار فرکانس مرکزی نشان داده شده است. همان‌طور که قابل مشاهده است، با افزایش توان نور تابشی به سطح آشکارساز، فرکانس مرکزی کاهش می‌یابد.

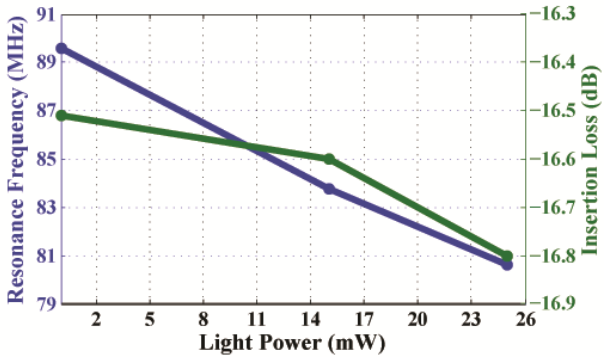


این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[ Downloaded from www.opsi.ir on 2026-10-31 ]




شکل ۵: پاسخ فرکانسی آشکارساز تحت تاثیر سه محیط متفاوت. محیط تاریک (منحنی سیاه)، محیط با تابش نور آبی (طول موج ۴۵۰ نانومتر) با توان ۱۵ میلی‌وات (منحنی سبز) و ۲۵ میلی‌وات (منحنی آبی)




شکل ۶: تغییرات فرکانس مرکزی و تلفات دامنه سیگنال خروجی بر اساس توان نور تابشی

با توجه به نتایج به دست آمده از شکل ۶ و معادله $S = \Delta f / \Delta P$ که در آن $\Delta f$ مقدار تغییرات فرکانس و $\Delta P$ تغییرات توان نور آبی تابانده شده می‌باشد، حساسیت آشکارساز ساخته شده برابر۰/۳۷۵ MHz/mW و خطای تقریبی آن ۴٪ به دست آمده است.

## نتیجه‌گیری

در این مقاله ساخت و مشخصه‌یابی یک آشکارساز نور آبی، بر اساس اثر آکوستوالکتریک، که در آن از لایه نازک ZnO به عنوان ماده پیزوالکتریک و حساس به نور استفاده شده، ارائه گردید. طراحی و فرآیند ساخت آشکارساز توضیح داده شد و حساسیت آشکارساز ساخته شده ۰/۳۷۵ MHz/mW و خطای تقریبی آن برابر ۴٪ بدست آمده است.

## مرجع‌ها

**[1]** G. Ya. Karapetyana, V.E. Kaydashev, D.A. Zhilin, M.E. Kutepov, T.A. Minasyan, E.M. Kaidashev, "A surface acoustic wave impedance-loaded high sensitivity sensor with wide dynamic range for ultraviolet light detection", Sensors and Actuators A: Physical, Vol. 296, No.1, pp. 70-78, 2019.

**[2]** Byungmoon Lee, Jinkee Hong, Jong Woo Kim, Yeon Hwa Kwak, Kunnyun Kim, Jin-Woo Lee Byeong-Kwon Ju, "Development of high-sensitivity ambient light sensor based on cadmium sulfide-deposited surface acoustic wave sensor", Sensors and Actuators A: Physical, Vol. 293, No.1, pp. 145-149, 2019.

**[3]** Min Li, Hao Kan, Shutian Chen, Xiaoying Feng, Hui Li, Chen Fu, Aojie Quan, Huibin Sun, Jingting Luo, Xueli Liu, Wen Wang, Huan Liu, Qiuping Lei, Yongqing Fu, "Colloidal quantum dot-based surface acoustic wave sensors for $NO_2$-sensing behavior", Sensors and Actuators B: Chemical, Vol. 287, No. 1, pp. 241-249, 2019.

**[4]** Lokesh Rana, Reema Gupta, Monika Tomar, Vinay Gupta, "ZnO/ST-Quartz SAW resonator: An efficient $NO_2$ gas sensor", Sensors and Actuators B, Vol. 1, No. 1, pp. 1-24, 2017.

**[5]** Jian Zhou, Jiangpo Zheng, Xianglong Shi, Zhe Chen, Jihui Wu, Shuo Xiong, Jikui Luo, Shurong Dong, Hao Jin, Huigao Duan, and YongQing Fu, "Graphene-Based Fully Transparent Thin Film Surface Acoustic Wave Devices for Sensing and Lab-on-Chip Applications", Journal of The Electrochemical Society, Vol. 166, No.6, pp. 432-440, 2019.

**[6]** W. Li, Y.J. Guo, Q.B. Tang, X.T. Zu, J.Y. Ma, L. Wang, K. Tao, H. Torun, Y.Q. Fu, "Highly sensitive ultraviolet sensor based on ZnO nanorod film deposited on ST-cut quartz surface acoustic wave devices", Surface & Coatings Technology, Vol. 363, No. 1, pp. 419-425, 2019.

**[7]** X.Y. Du, Y.Q. Fu, S.C. Tan, J.K. Luo, A.J. Flewitt, S. Maeng, S.H. Kim, Y.J. Choi, D.S. Lee, N. M. Park, J. Park, W.I. Milne, "ZnO film for application in surface acoustic wave device", Journal of Physics: Conference Series, Vol. 76, No. 1, pp. 1-7, 2007.



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

[ Downloaded from www.opsi.ir on 2026-10-31 ]