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

بهبود بهره یک آنتن موج نشتی نوری با شکاف‌های H شکل

حسین زارع، احسان زارعیان جهرمی و راحله بصیری

دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی شیراز ho.zare@sutech.ac.ir

استادیار دانشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی شیراز zareian@sutech.ac.ir

استادیار دانشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی شیراز r.basiri@sutech.ac.ir

چکیده – در این مقاله یک آنتن موج نشتی نوری در باند فرکانسی تراهرتز پیشنهاد شده است که در ارتباطات مخابراتی راه دور با پهنای باند بیش از THz ۳۲ کار می‌کند. موج از طریق شکاف‌های H شکل به بیرون نشت می‌کند. به کمک بهینه سازی ابعاد شکاف‌ها، مشخصات تشعشعی آنتن بهینه شده است. الگوی تشعشعی پهلوتاب با جهت‌دهی dBi ۱۷/۳ در این ساختار حاصل شده است و به علاوه، بهره مطلوب dB ۱۵ بدست آمده است.

کلید واژه- آنتن موج نشتی، بهره، تراهرتز، شکاف H شکل.

Gain improvement of a leaky wave optical antenna with H-shaped slots

Hossein Zare, Ehsan Zareian-Jahromi, Raheleh Basiri

Shiraz University of Technology, Department of Electrical and Electronics Engineering,
ho.zare@sutech.ac.ir, **zareian@sutech.ac.ir, r.basiri@sutech.ac.ir**

Abstract- In this paper, an optical leaky wave antenna in terahertz frequency range is proposed for operation in telecommunication systems demanding a frequency bandwidth of more than 32 THz. **In the proposed antenna, wave** leakage is obtained through embedded H-shaped slots. Radiation properties of designed antenna are optimized utilizing an optimization of geometrical parameters of these slots. A highly directive radiation pattern with 17.3 dBi directivity is achieved whereas the corresponding gain is about 15 dB.

Keywords: leaky wave antenna, gain, terahertz, H-shaped slot.

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-06]

مقدمه

امروزه، ظرفیت انتقال سیستم‌های بی‌سیم در حال پیشرفت می‌باشد. برای رسیدن به سرعت‌های بالاتر، نیاز به منبع طیفی جدیدی است. در این راستا سیستم‌های مختلفی نظیر سیستم‌های با پهنای باند زیاد[۱]، مخابرات نوری فضای آزاد، و تراهرتز ارائه شده‌اند [۱]. در سال‌های اخیر آنتن‌های متعددی در محدوده فرکانسی تراهرتز پیشنهاد شده است. در مرجع [۲]، یک آنتن موج نشتی با ساختار پله‌ای[۲] و پهنای باند ۱۸۷ تا ۲۰۰ تراهرتز ارائه شده است. در مرجع [۳]، یک آنتن نوری پاپیونی از جنس طلا ارائه شده است. در ادامه، خلاصه‌ای از تئوری آنتن موج نشتی و همچنین مراحل طراحی ساختار پیشنهادی ارائه و نتایج شبیه‌سازی بررسی شده است. در آخر نتیجه‌گیری و مقایسه‌ای بین ساختار پیشنهادی و چند ساختار مرجع بیان شده است. شبیه‌سازی این ساختار با استفاده از روش FDTD [۳] و با برنامه شبیه‌ساز CST [۴] صورت گرفته و به علت خاصیت آنتنی ساختار، شرایط مرزی در سه جهت x، y و z، open در نظر گرفته شده است.

تئوری

آنتن‌های موج نشتی به رده آنتن های موج رونده[۵] تعلق دارند. موج متحرک به دو گروه موج سریع و موج آهسته تقسیم می‌شود. در آنتن‌های موج سریع، سرعت فاز موج بیشتر از سرعت نور است. چون ثابت انتشار (k_z) مختلط است، موج شامل تلفات با ضریب تضعیف α می‌باشد که پهنای باند آنتن نیز به α وابسته است. ثابت فاز (β) نیز زاویه پرتو را کنترل می کند. ثابت انتشار و ثابت فاز به ترتیب از روابط (۱) و (۲) قابل محاسبه است [۴]. در رابطه (۲)، a عرض آنتن موج نشتی و k_0 عدد موج در فضای ازاد است.

$$k_z = \sqrt{k_0^2 - \beta^2}, \qquad (۱)$$

$$\beta = \sqrt{k_0^2 + \left(\frac{\pi}{a}\right)^2}, \qquad (۲)$$

طراحی آنتن پیشنهادی

در این قسمت، مراحل طراحی آنتن موج نشتی پیشنهادی مورد بررسی قرار گرفته است. نمای کلی آنتن در شکل ۱ نشان داده شده است. لایه زیرین در این ساختار SiO_2 با ضریب گذردهی ۳/۹ و ضخامت ۹۰۰ nm می‌باشد و لایه دوم سیلیکون با ضریب گذردهی ۱۱/۹ و ضخامت ۳۰۰ nm می‌باشد. در لایه سوم، SiO_2 با ضخامت ۱۰ nm قرار دارد و در آخر، لایه چهارم فلز نقره با ضخامت ۱۰۰ nm و با ضریب گذردهی ۱۵/۲۴۳- +j۰/۴۰۲۸۴ قرار دارد. ساختار دارای دو درگاه موجبری[۶]، به ابعاد ۱/۵ برابر سطح مقطع ساختار ($1/5*w_1$) و ارتفاع ۱۷۰۰nm است. این آنتن بر اساس ساختار پلاسمونیکی هیبرید طراحی شده است. در ساختار هیبریدی، یک ماده با ضریب شکست پایین (SiO_2 در اینجا)، بین یک فلز (نقره در اینجا) و یک ماده با ضریب شکست بالاتر (Si در اینجا) قرار گرفته است. این ساختار از انتشار مود TM درون ماده‌ای با ضریب شکست پایین‌تر (SiO_2 در اینجا) حمایت می‌کند. . مقادیر پارامترهای ساختار در جدول (۱) نشان داده شده است. این مقادیر به کمک بهینه سازی ابعاد ساختار بدست آمده است. اهداف این بهینه سازی در برنامه شبیه‌ساز CST شامل بهبود همزمان میزان بهره، کمینه کردن S_{11} و S_{21} است.

---

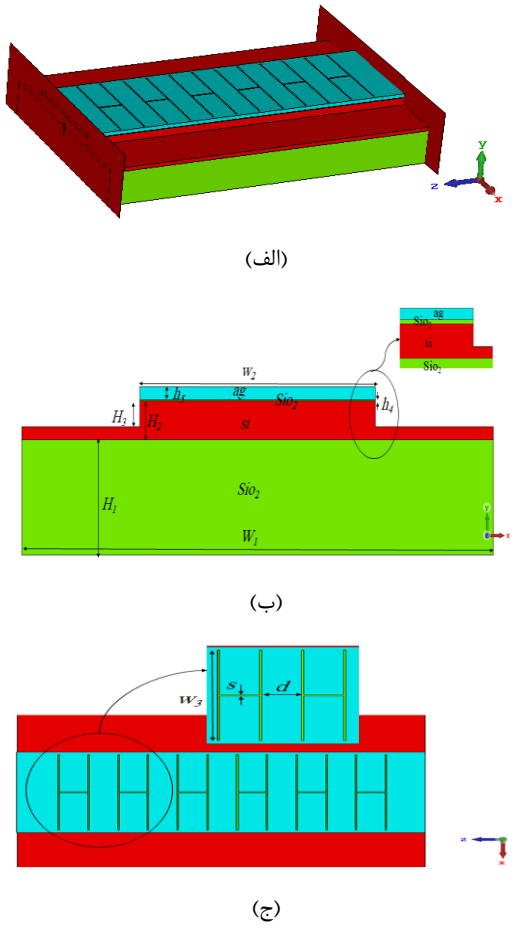
[۱] Ultra Wide Band
[۲] Grating Waveguide (GWG)
[۳] Finite Difference Time Domain
[۴] Computer Simulation Technology
[۵] Travelling Wave Antennas
[۶] Waveguide Port

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-06]

جدول ۱: پارامترهای ساختار طراحی شده

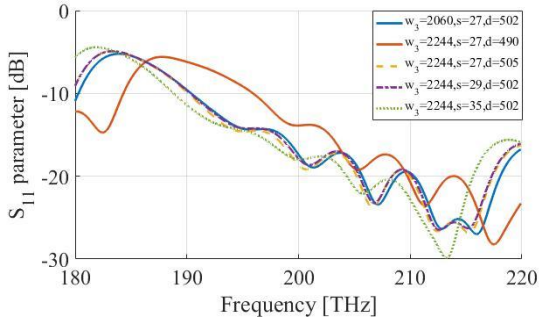
پارامتر	مقادیر(nm)	پارامتر	مقادیر(nm)
W_1	۴۸۰۰	H_3	۲۰۰
w_2	۲۴۰۰	h_4	۱۰
w_3	۲۲۴۴	h_5	۱۰۰
H_1	۹۰۰	s	۳۵
H_2	۳۰۰	d	۵۰۲



شکل۱:(الف) نمای کلی ساختار (ب) نمای کناری ساختار (ج) نمای بالای ساختار

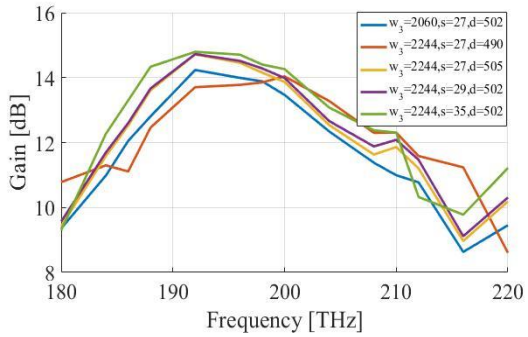
بررسی نتایج شبیه‌سازی

برای رسیدن به بهترین نتایج در این ساختار، پارامترهای زیادی مورد بررسی قرار گرفته که در این قسمت، خلاصه‌ای از آن‌ها ارائه شده است. در شکل ۲ منحنی S_{11} ساختار، بر اساس مقادیر مختلف w_3، s و d نشان داده شده است.



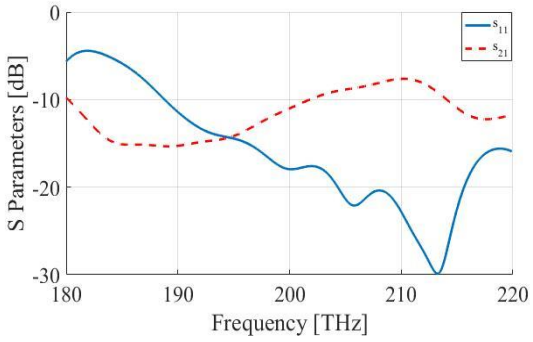
شکل ۲: منحنی S_{11} ساختار نشان داده شده در شکل ۱ به ازای مقادیر مختلف w_3 ، s و d

در شکل ۳ منحنی بهره ساختار بر اساس مقادیر مختلف w_3، s و d نشان داده شده است.



شکل ۳: منحنی بهره ساختار نشان داده شده در شکل ۱ به ازای مقادیر مختلف w_3، s و d

پس از بررسی نتایج بدست آمده بهترین مقادیر این پارامترها انتخاب شد و w_3 =۲۲۴۴nm، s =۳۵nm و d =۵۰۲nm قرار داده شد. منحنی S_{11} و S_{21} نهایی ساختار پیشنهادی در شکل ۴ نشان داده شده است. پهنای باند این ساختار از ۱۸۸ تراهرتز تا ۲۲۰ تراهرتز می‌باشد.



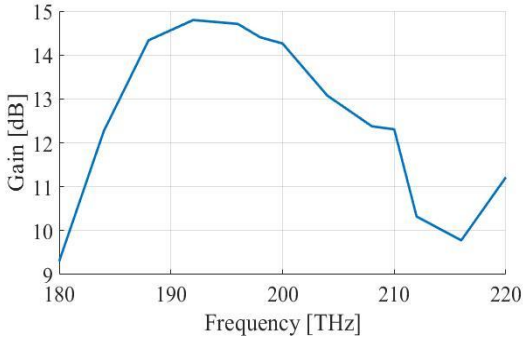
شکل ۴: منحنی S_{11} و S_{21} ساختار نشان داده شده در شکل ۱

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-06]

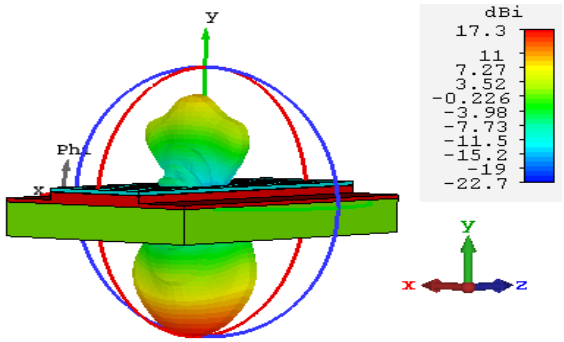
مقدار $|S_{11}|<-10$ dB بیانگر ضریب انعکاس مطلوب در ابتدای ساختار است. به علاوه، $|S_{21}|<-5$ dB بیانگر میزان تشعشع مطلوب از ساختار موج نشتی در نظر گرفته می‌شود.

منحنی بهره نهایی ساختار پیشنهادی در شکل ۵ نشان داده شده است. با قرار دادن شکاف‌ها در بهینه‌ترین جای ممکن، مقدار بهره به حدود ۱۵ dB رسیده، در حالی که پهنای باند مطلوب نیز حفظ شده است.



شکل ۵: منحنی بهره ساختار نشان داده شده در شکل ۱

در شکل ۶ الگوی تشعشعی سه‌بعدی ساختار در فرکانس ۲۰۰ تراهرتز نشان داده شده است. الگوی تشعشعی پهلوتاب و جهت‌دهی حدود ۱۷/۳ dBi حاصل شده است.



شکل ۶: الگوی تشعشعی ساختار نشان داده شده در شکل ۱ در فرکانس ۲۰۰ تراهرتز

در جدول (۲) مقایسه‌ای بین ساختار پیشنهادی و ساختارهای پیشین ارائه شده است. بهبود بهره توسط ساختار پیشنهادی به وضوح قابل مشاهده است.

نتیجه‌گیری

در این مقاله، یک آنتن موج نشتی با شکاف‌های H شکل در محدوده فرکانسی ۱۸۸ تا ۲۲۰ تراهرتز طراحی و بررسی شده است. با بهینه‌سازی پارامترهای ساختاری شکاف‌ها، جهت‌دهی مطلوب ۱۷/۳ dBi، بهره مناسب ۱۵ dB و الگوی تشعشعی پهلوتاب حاصل شده است.

جدول ۲: مقایسه بین ساختار پیشنهادی در شکل ۱ و مراجع پیشین

	پهنای باند (THz)	بهره (dB)
ساختار پیشنهادی	۲۲۰-۱۸۸	۱۵
مرجع [۵]	۲۰۰-۱۹۰	۷
مرجع [۶]	۲۲۰-۱۹۵	۸
مرجع [۷]	۲۰۵-۱۹۵	۸

مرجع‌ها

[1] S. Matsuura, M. Tani, and K. Sakai, “Generation of coherent terahertz radiation by photomixing in dipole photoconductive antennas,” Appl. Phys. Lett., vol. 70, no. 5, pp. 559–561, 1997.
[2] H. Hashiguchi, K. Kondo, T. Baba, and H. Arai, “An optical leaky wave antenna by a waffled structure,” J. Light. Technol., vol. 35, no. 11, pp. 2273–2279, 2017.
[3] C. Zeng, X. Hu, M. Shi, X. Qiu, Y. Li, and J. Xia, “Enhancing Light Emission from Germanium Quantum Dots by Bowtie Antennas,” J. Light. Technol., vol. 34, no. 14, pp. 3283–3287, 2016.
[4] D. R. Jackson and A. A. Oliner, “Leaky-wave antennas,” Mod. Antenna Handb., pp. 325–367, 2008.
[5] L. Yousefi, “Highly directive hybrid plasmonic leaky wave optical nano-antenna,” Prog. Electromagn. Res., vol. 50, pp. 85–90, 2014.
[6] M. A. Panahi, L. Yousefi, and M. Shahabadi, “Highly directive hybrid plasmonic leaky-wave optical antenna with controlled side-lobe level,” J. Light. Technol., vol. 33, no. 23, pp. 4791–4798, 2015.
[7] V. Ebrahimi, L. Yousefi, and M. Mohammad-Taheri, “Enabling inter-and intra-chip optical wireless interconnect by the aid of hybrid plasmonic leaky-wave optical antennas,” Opt. Commun., vol. 382, pp. 119–126, 2017.

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-06]