

А. В. Глущенко^{1*}, О. Л. Андрєєва¹, В. І. Ткаченко^{1,2}

¹ Національний науковий центр «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України, Харків, Україна

² Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Харків, Україна

*Відповідальний автор: glushchenko.ant@gmail.com

КОНТРОЛЬОВАНЕ НАГРІВАННЯ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ПЛАЗМИ З ВИКОРИСТАННЯМ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИНЯТКОВОЇ ТОЧКИ

Запропоновано метод контрольованого нагрівання циліндричної плазми з використанням особливостей виняткової точки. Показано, що зв'язана система плазмового та діелектричного хвильоводів здатна породжувати виняткові точки, де перетинаються їхні дисперсійні криві. Контролюючи зв'язок (відстань) між хвильоводами, можна керувати розподілом електромагнітного поля, як у плазмовому, так і в діелектричному хвильоводах навколо виняткової точки. Також показано, що за наявності дисипативних втрат у плазмі можна керувати ступенем нагрівання плазмового хвильоводу, за рахунок контролю розподілу та інтенсивності збудженого електромагнітного поля в системі зв'язаних хвильоводів, що дає потенційну перевагу серед інших методів плазмового нагрівання. Отримані в роботі результати можуть розглядатись як приклад нового методу керованого нагрівання плазми, який може бути використаний для подолання існуючих проблем керованого термоядерного синтезу.

Ключові слова: виняткова точка, власні моди, плазмовий хвильовід, дисипативні втрати.

A. V. Hlushchenko^{1*}, O. L. Andriieva¹, V. I. Tkachenko^{1,2}

¹ National Science Center “Kharkiv Institute of Physics and Technology”,

National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

² V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

*Corresponding author: glushchenko.ant@gmail.com

CONTROLLED HEATING OF A CYLINDRICAL PLASMA USING THE FEATURES OF AN EXCEPTIONAL POINT

The paper proposes a method of controlled heating of a cylindrical plasma using the features of the Exceptional point. It is shown that the coupled system of plasma and dielectric waveguides is capable of generating exceptional points where their dispersion curves cross. By controlling the connection (distance) between the waveguides, it is possible to control the distribution of the electromagnetic field, both in the plasma and in the dielectric waveguides around the exceptional point. It is also shown that in the presence of dissipative losses in the plasma, the degree of heating of the plasma waveguide can be controlled by tuning the distribution and intensity of the exciting electromagnetic field in the coupled waveguide system, which gives a potential advantage among other methods of plasma heating. The results obtained in the work can be considered as an example of a new method of controlled plasma heating, which can be used to overcome the existing problems of controlled thermonuclear fusion.

Keywords: exceptional point, eigenmodes, plasma waveguide, dissipative losses.

REFERENCES

1. Scientific Community of Physicists of the USSR. 1950 - 1960s. Documents, Memoirs, Research. V. P. Vizgin, A. V. Kessenikh (eds.) (St. Petersburg: Russian Christian Humanitarian Academy, 2005) 720 p. (Rus)
2. B.D. Bondarenko. The role of O. A. Lavrentiev in Posing the Question and Initiating Research on Controlled Thermonuclear Fusion in the USSR. *Uspekhi Fizicheskikh Nauk* 171 (2001) 886. (Rus)
3. L.A. Artsimovich. *Controlled Thermonuclear Reactions* (Moskva: Fizmatlit, 1961) 467 p. (Rus)
4. A.V. Melnikov. Applied and fundamental aspects of fusion science. *Nature Phys.* 12 (2016) 386.
5. S.C. Cowley. The quest for fusion power. *Nature Phys.* 12 (2016) 384.
6. J. Knaster, A. Moeslang, T. Muroga. Materials research for fusion. *Nature Phys.* 12 (2016) 424.
7. D. Stork et al. Materials R&D for a timely DEMO: Key findings and recommendations of the EU Roadmap Materials Assessment Group. *Fusion Eng. Des.* 89 (2014) 1586.
8. O. Crofts, J. Harman. Maintenance duration estimate for a DEMO fusion power plant, based on the EFDA WP12 pre-conceptual studies. *Fusion Eng. Des.* 89 (2014) 2383.
9. A. Loving et al. Pre-conceptual design assessment of DEMO remote maintenance. *Fusion Eng. Des.* 89 (2014) 2246.
10. *Physical Encyclopedia*. Vol. 3. A. M. Prokhorov (editor-in-chief). Magnetoplasma – Poynting Theorem (Moskva: Bolshaya Rossiyskaya Entsiklopediya, 1992) 669 p. (Rus)

11. W. Li, J.G. Valentine. Harvesting the loss: surface plasmon-based hot electron photodetection. [Nanophotonics 6 \(2017\) 177](#).
12. C. Clavero. Plasmon-induced hot-electron generation at nanoparticle/metal-oxide interfaces for photovoltaic and photocatalytic devices. [Nature Photonics 8 \(2014\) 95](#).
13. K. Appavoo et al. Ultrafast phase transition via catastrophic phonon collapse driven by plasmonic hot-electron injection. [Nano Lett. 14 \(2014\) 1127](#).
14. G. Baffou, R. Quidant. Thermo-plasmonics: using metallic nanostructures as nano-sources of heat. [Laser & Photonics Rev. 7 \(2013\) 171](#).
15. Z.J. Coppens et al. Probing and controlling photothermal heat generation in plasmonic nanostructures. [Nano Lett. 13 \(2013\) 1023](#).
16. C. Loo et al. Immunotargeted nanoshells for integrated cancer imaging and therapy. [Nano Lett. 5 \(2005\) 709](#).
17. O. Neumann et al. Compact solar autoclave based on steam generation using broadband light-harvesting nanoparticles. [Proc. Natl. Acad. Sci. 110 \(2013\) 11677](#).
18. S.V. Boriskina, H. Ghasemi, G. Chen. Plasmonic materials for energy: From physics to applications. [Mater. Today 16 \(2013\) 375](#).
19. W.D. Heiss. The physics of exceptional points. [J. Phys. A: Math. Theor. 45 \(2012\) 444016](#).
20. M.-A. Miri, A. Alù. Exceptional points in optics and photonics. [Science 363 \(2019\) eaar7709](#).
21. V.P. Shestopalov. *Morse Critical Points of Dispersion Equations* (Kyiv: Naukova Dumka, 1992) 240 p. (Rus)
22. N. Ashcroft, N. Mermin. *Solid State Physics*. In 2 vol. (Moskva: Mir, 1979). (Rus)
23. T.P. White et al. Multipole method for microstructured optical fibers. I. Formulation. [J. of the Optical Society of America B 19 \(2002\) 2322](#).
24. A.V. Hlushchenko. Multimode parity-time symmetry and loss compensation in coupled waveguides with loss and gain. [Phys. Rev. A 104 \(2021\) 013507](#).
25. V. Granatstein, S. Schlessinger, A. Vigants. The open plasmaguide in extremes of magnetic field. [IEEE Trans. Antennas Propag. 11 \(1963\) 489](#).

Надійшла/Received 30.11.2022