

СОВРЕМЕННЫЕ ГИРОТРОНЫ: ДОСТИЖЕНИЯ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ^{*)}

¹Глявин М.Ю., ¹Денисов Г.Г., ^{1,2}Литвак А.Г., ^{1,2}Тай Е.М.

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук», glyavin@ipfran.ru

²ЗАО НПП ГИКОМ, tai@gycom-nn.ru

Гиротроны хорошо известны как источники мощного когерентного электромагнитного излучения в миллиметровом и субмиллиметровом диапазоне длин волн.

Международный проект ИТЭР находится в стадии строительства и в 2024 году принято решение об увеличении мощности гиротронных комплексов с 24 МВт до 56 МВт и, в перспективе, 80 МВт. В концептуальном рассмотрении следующего за ИТЭР проекта ДЕМО сформулированы повышенные требования к гиротронам: увеличение мощности в 1.5-2 раза, повышение частоты в 1.3-1.4 раза, повышение КПД до 60%. Такие требования, несомненно, требуют решения ряда научных и инженерных задач.

Несмотря на достаточно богатую историю и значимые результаты, гиротроны продолжают оставаться объектом интенсивных исследований. В качестве наиболее ярких достижений российских разработчиков гироприборов можно отметить следующие: генерация мощности MW на частотах до 0.17 ТГц в непрерывном режиме с планами перехода на частоты около 0.23-0.25 ТГц при том же уровне мощности [1,2]; освоение гиротронами частотного диапазона от 0.01 ТГц до 1.3 ТГц [3]; возможность захвата частоты/фазы (создание сверхмощных комплексов на основе фазированных решеток) [4]; стабильность частоты лучше, чем $3 \cdot 10^{-12}$ [5]; широкая полоса мгновенного усиления (10%); непрерывная перестройка частоты – более октавы [6].

Разработка гиротронов ИТЭР частично поддержана в рамках государственного соглашения № Н.4а.241.19.24.1024 от 20.03.2024, контракт № 17706413348240000190/37-24/01/45-416 от 22.05.2024.

Литература

- [1]. Litvak A.G, Denisov G.G., Glyavin M.Y. Russian Gyrotrons: Achievements and Trends, *IEEE Journal of Microwaves*, **1**, 1, 260-268 (2021), <https://doi.org/10.1109/JMW.2020.3030917>
- [2]. Denisov G.G., Glyavin M.Yu., Fokin A.P., et al. First experimental tests of powerful 250GHz gyrotron for the future fusion research and collective Thomson scattering diagnostics, *Rev.Sci.Instr.* **89**(8):084702 (2018) <https://doi.org/10.1063/1.5040242>
- [3]. Glyavin M.Yu., Luchinin A.G., Golubiatnikov G.Yu. Generation of 1.5-kW 1-THz coherent radiation from a gyrotron with a pulsed magnetic field, *Phys.Rev.Lett*, **100**, 1, 015101, (2008) <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.100.015101>
- [4]. Kuftin A.N., Denisov G.G., Chirkov A.V., et al. First Demonstration of Frequency-Locked Operation of a 170 GHz/ 1 MW Gyrotron. *Electron Device Letters*, **44**, 9, 1563-1566 (2023) <https://doi.org/10.1109/LED.2023.3294755>
- [5]. Fokin A., Glyavin M., Golubiatnikov G., et al. High power sub-terahertz microwave source with record frequency stability up to 1 Hz. *Scientific Reports* **8**, 4317 (2018) <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22772-1>
- [6]. Samsonov S.V., Denisov G.G., Bogdashov A.A., et al. First Experimental Results on Gyrotron Backward-Wave Oscillator with Zigzag Quasi-Optical Transmission Line, *IEEE Electron Device Letters*, **45**, 7, 1333-1336 (2024) <https://doi.org/10.1109/LED.2024.3400976>

^{*)} DOI – тезисы на английском