

2-модовый 600-гигагерцевый гиротрон на второй гармонике гирочастоты

Колосов С. В., Шатилова О. О.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, 220013, Беларусь
kolosov@bsuir.by

Аннотация: Рассматривается вариант расчета 2-модового гиротрона на частоту 600 гигагерц с рабочими модами $TE_{17,5}$ и $TE_{17,6}$. Волновод гиротрона разделяется на два резонатора с разными типами рабочих волн. Это дает возможность производить предварительную азимутальную группировку спирализованного электронного потока в относительно слабом электромагнитном поле и последующим отбором энергии от электронного потока в сильном электромагнитном поле второго резонатора гиротрона, что позволяет достичь КПД 25 % при работе на второй гармонике гирочастоты.

1. Введение

Создание мощных гиротронов для работы в терагерцовом частотном диапазоне требует использование волноводов большого диаметра с рабочими типами ТЕ-волн с большим азимутальным индексом и возможностью работы на гармониках гирочастоты, что позволяет понизить значение магнитостатического поля. Перспективы создания терагерцовых гиротронов описаны в [1].

2. Результаты расчетов

Для расчетов использовалась программа Gyro-K [2]. Математическая модель процессов, происходящих в gyro приборах описана в [3]. Расчеты проводились для рабочей частоты 600 ГГц и волн $TE_{17,5}$ и $TE_{17,6}$.

В результате оптимизационных расчетов был получен следующий результат. Величина тока электронного потока составляла 27А ($\sigma = \frac{\eta_0 \mu_0}{c} I_0 = 0.73723 \cdot 10^{-3} I_0 [A] = 0.02$), ускоряющее напряжение

составило 56,4 Кв ($\beta_0 = \frac{v_0}{c} = \sqrt{1 - \frac{1}{(1.957 \cdot 10^{-6} V_0 [v] + 1)^2}} = 0.4346$), питч фактор $q = V_{\perp} / V_{\parallel} = 1.6$, средний

нормированный радиус волновода $g \sim \frac{2\pi R_w}{\lambda_0} = 56$, нормированное значение радиуса ведущего центра

ларморовских орбит $r_{vc} = \frac{R_{vc} 2\pi}{\lambda_0} = 24.59$, нормированное значение магнитостатического поля

$F(z) = \frac{\mu_0 e H_z^0(z)}{\omega_0} = \frac{1.748 \cdot 10^{11} \cdot B_0 [T]}{2\pi \cdot f_0 [Hz]} = 0.54416$, нормированная длина прибора $l = \frac{2\pi L_w}{\lambda_0} = 66.3$.

Интегральные характеристики для рассчитанного варианта gyro-ЛБВ показаны на рисунке 1.

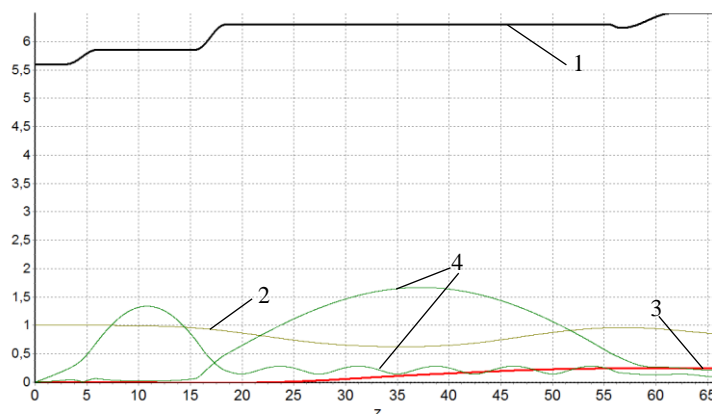


Рис. 1. 1 – профиль волновода ($g/(2\pi)$), 2 – функция поперечной группировки электронов по второй гармонике гирочастоты, 3 – электронной КПД, 4 – нормированные амплитуды волн $TE_{17,5}$ и $TE_{17,6}$

Из этого рисунка следует, что электронный КПД этой gyro-ЛБВ составляет 25%. На следующем рисунке показано распределение модуля напряженности ВЧ электрического поля вдоль оси прибора.

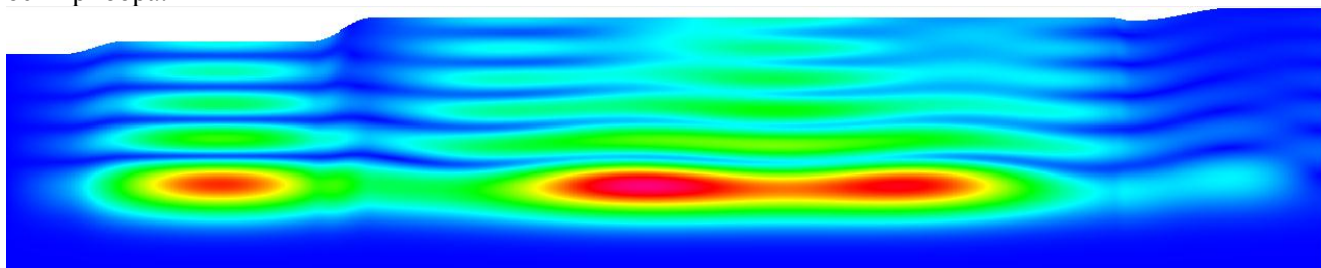


Рис. 2. Нормированная амплитуда ВЧ электрического поля вдоль оси гиротрона.

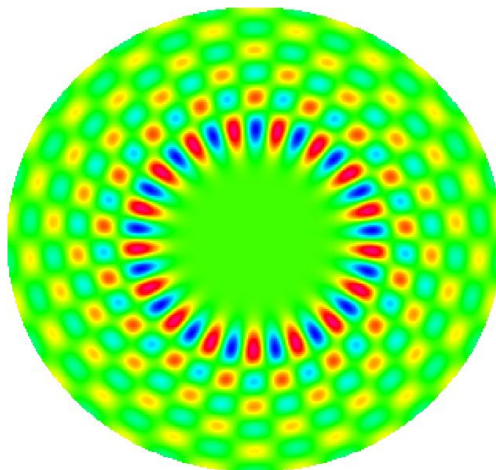


Рис. 3. Поперечный разрез нормированного распределения радиальной составляющей ВЧ электрического поля на продольной длине 40 радиан

Аналогично был просчитан вариант гиротрона, работающего на модах $TE_{25,7}$ и $TE_{25,8}$. Такой гиротрон обладает похожими характеристиками, но несколько повышенной выходной мощностью.

3. Заключение

Гиротрон на модах $TE_{17,5}$ и $TE_{17,6}$ обеспечивает хорошие характеристики прибора по КПД на второй гармонике гирочастоты и позволяет продвинуться в более высокочастотный диапазон частот при вполне приемлемых параметрах электронного потока, волновода и магнитостатического поля.

Список литературы

1. Глявин М. Ю., Денисов Г. Г., Запечалов В. Е. и др. Терагерцевые гиротроны : состояние и перспективы // Радиотехника и электроника. 2014. Том 59, № 8. С. 745—751.
2. Колосов С. В., Зайцева И. Е. Компьютерная программа GYRO-K для разработки и проектирования гирорезонансных приборов СВЧ // СВЧ электроника. 2017. № 2. С. 42—44.
3. Kolosov S. V. Optimization of microwave devices with irregular waveguide. LAP LAMPERT Academic Publishing RU, 2019. 192 p.