

Вентиль, на основе эффекта Фарадея в квазиоптическом диапазоне длин волн

В.В. Демшевский, С.С. Сидоренко, И.А. Богачев, А.В. Мясников, В.С. Кузьмин

АО НПП «Исток «им. Шокина»

Аннотация: в работе проведено исследование влияния характеристик поляроида на выходные характеристики вентиль на основе эффекта Фарадея при изменении толщины поляроида и расстояния между танталовыми полосками внутри него, при прямом и обратном распространении электромагнитной волны в квазиоптическом диапазоне частот.

Ключевые слова: вентиль, эффект Фарадея, квазиоптический диапазон, поляроид, W-диапазон частот.

1. Введение

Аналитический обзор различных рынков производителей вентиляей, основанных на эффекте Фарадея, работающих в квазиоптическом диапазоне длин волн показал практическое отсутствие отечественных разработок в этом направлении. Ввиду ограничения возможностей приобретения зарубежных аналогов, возникает необходимость разработки и изготовления вентиль, основанного на эффекте Фарадея, работающего в квазиоптическом диапазоне длин волн собственного производства.

Целью работы является - моделирование и анализ характеристик вентиль, на основе эффекта Фарадея в квазиоптическом диапазоне длин волн.

Вентиль на основе эффекта Фарадея представляет собой устройство, которое пропускает ЭМВ в определенном направлении, блокируя при этом ЭМВ в противоположном направлении. Вентили на основе эффекта Фарадея базируются на Фарадеевских вращателях поляризации и представляют собой технологически-удобный тип оптических и квазиоптических устройств [1 - 3].

Простейшим типом вентиляей на основе эффекта Фарадея, являются поляризационно-чувствительные в том смысле, что они работают только тогда, когда ЭМВ имеет заданное направление линейной поляризации. В этом случае должным образом поляризованный и коллимированный входной пучок проходит через первый поляризатор (поляризатор 1, рисунок 1), где угол поляризации ЭМВ меняется с 0° на 45° . Затем ЭМВ проходит через поляроид с минимальными потерями и попадает на вход второго вращателя поляризации (поляризатор 2, рисунок 1) и доворачивается на дополнительные 45° , так что общие потери при передаче полезного сигнала малы.

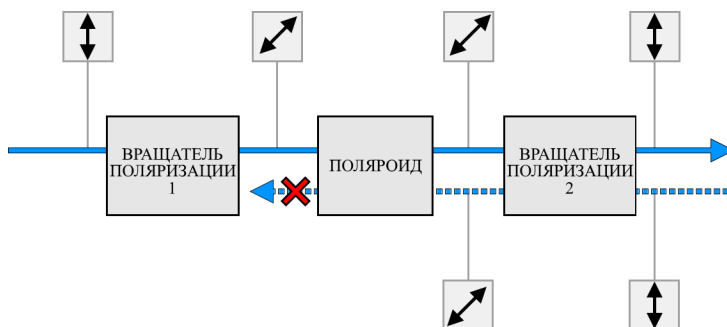


Рисунок 1. Вращение линейно-поляризованной волны в вентиле

Когда ЭМВ отражается обратно к выходному порту вентиль с неизменным

состоянием поляризации, то она проходит через поляризатор 2 и снова поворачивается на 45° таким образом, что вектор напряженности электрического поля E становится параллелен полоскам в поляроиде. Так как полоски в поляроиде выполнены из материала с поглощением, то ЭМВ при прохождении через поляроид будет иметь большое затухание, которое определяется техническими требованиями к каждому отдельному вентилю.

2. Электродинамическое моделирование и расчет характеристик вентиля

Электродинамическое моделирование вентиля проходило в специальном САПР с помощью метода конечных элементов (МКЭ). Структура вентиля представлена на рисунке 2. Продольные размеры устройства не превышают 15×25 мм, высота составляет 15 мм.

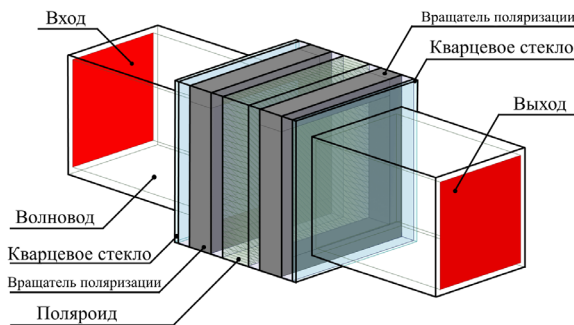


Рисунок 2. Электродинамическая модель вентиля на основе эффекта Фарадея

В работе было проведено исследование характеристик поляроида на выходные характеристики вентиля при изменении толщины поляроида и расстояния между танталовыми полосками внутри него, при прямом и обратном распространении электромагнитной волны. На рисунке 3 представлены результаты расчетов частотных зависимостей S-параметров при оптимальных размерах поляроида: толщина поляроида равна 3,23 мм; расстояния между танталовыми полосками равно 0,5 мм.

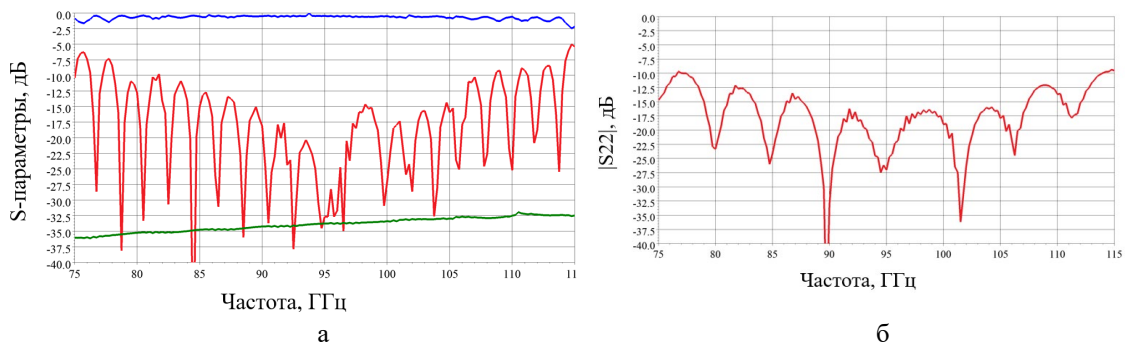


Рисунок 3. График частотных зависимостей модулей S-параметров вентиля на основе эффекта Фарадея, где синяя линия - $|S_{21}|$, красная линия - $|S_{11}|$, зеленая линия - $|S_{12}|$ а); коэффициент отражения от выхода вентиля на основе эффекта б)

Из результатов электродинамического моделирования, приведенных на рисунке 3 видно, что рабочая полоса вентиля на основе эффекта Фарадея по уровню -10 дБ наблюдается в диапазоне частот $78 \div 108$ ГГц. При этом развязка между выходами вентиля равна в среднем -35 дБ, а коэффициент передачи в рабочей полосе частот равен минус $0.5 \div 0.6$ дБ. При этом видно, что ближе к краям рабочего диапазона, коэффициент передачи S_{21} начинает колебаться, что явно будет влиять на стабильность работы всего прибора.

Вывод

В процессе работы были проведены исследования влияния характеристик поляроида на выходные характеристики вентиля при изменении толщины поляроида и расстояния между танталовыми полосками внутри него, при прямом и обратном распространении электромагнитной волны в квазиоптическом диапазоне частот, были найдены оптимальные размеры поляроида, которые позволили обеспечить рабочую полосу по уровню -10 дБ от 78 до 108 ГГц, развязку между выходами в среднем -35 дБ, а коэффициент передачи в рабочей полосе частот минус $0.5 \div 0.6$ дБ.

Список литературы

1. E. H. Turner and R. H. Stolen, Fiber Faraday circulator or isolator // Opt. Lett. 6 (7), 322 (1981), DOI:10.1364/OL.6.000322
2. P. A. Schulz, Wavelength independent Faraday isolator // Appl. Opt. 28 (20), 4458 (1989), DOI:10.1364/AO.28.004458
3. C. A. Klein and T. A. Dorschner, Power handling capability of Faraday rotation isolators for CO2 laser radars // Appl. Opt. 28 (5), 904 (1989), DOI:10.1364/AO.28.000904