

ПАРАМЕТРЫ ОПТИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ НА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МИКРОРЕЗОНАТОРАХ С КОЛЕБАНИЯМИ ШЕПЧУЩЕЙ ГАЛЕРЕИ

Трубин А.А.

Научно-исследовательский институт телекоммуникаций НТУУ «КПИ»

E-mail: atrubin@ukrpost.net

Parameters of the Optical Filters on Dielectric Micro-resonators with Whispering Gallery Modes

Electrodynamics analysis of the wide class band pass and band stop filters, constructed on spherical and disk dielectric microresonators with whispering gallery modes (WGM) is considered. S-matrix frequency responses of the multiple-unit filters are calculated and discussed. WGM resonators material features are taken into account.

В настоящее время расчет характеристик рассеяния фильтров, построенных на основе микрорезонаторов с колебаниями шепчущей галереи, проводится либо на основе приближенного описания с использованием теории связанных оптических линий [1], либо численными методами [2]. Электродинамический анализ фильтров оптического диапазона не проводился. Целью настоящего исследования является анализ достижимых параметров полосовых и режекторных фильтров, выполненных на основе применения микрорезонаторов различных форм инфракрасного диапазона, проведенный на основе электродинамического моделирования.

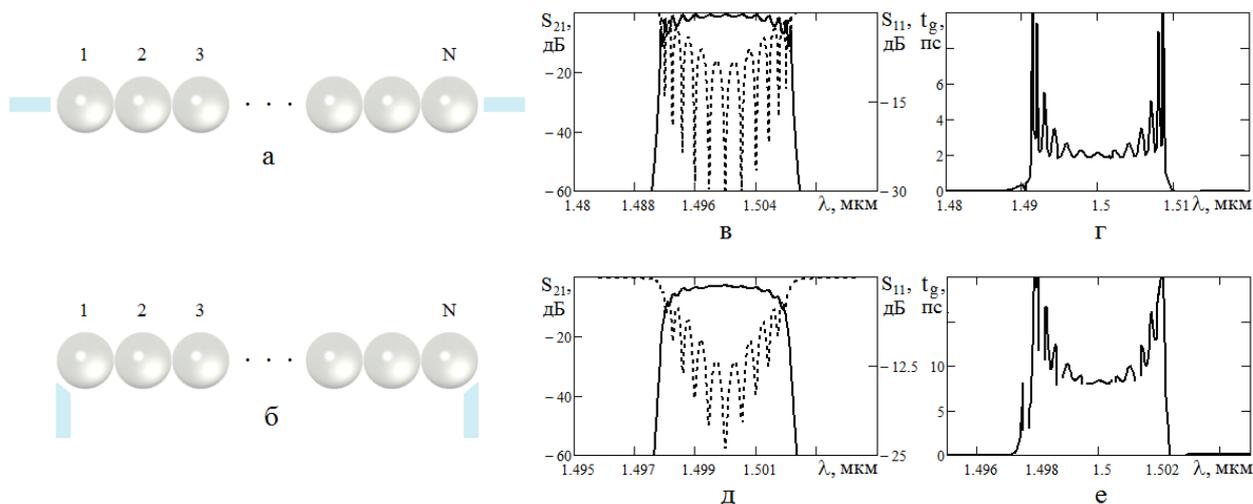


Рис.1. А, б - полосовые фильтры на 10 сферических диэлектрических микрорезонаторах с магнитными колебаниями шепчущей галереи H_{mm1} $m = 31$ и $m = 30$, соответственно. В, д - частотные зависимости модуля S-матрицы. Г, е - групповое время задержки в полосе пропускания фильтров.

Расчет параметров фильтров проведен на основе теории рассеяния [3] для нескольких типичных материалов, используемых при изготовлении микрорезонаторов: плавленого кварца и поликора. Рассматриваются амплитудные и фазовые частотные характеристики матриц рассеяния полосовых (рис. 1 - 3) фильтров, выполненных с применением 10 - 25 сферических и дисковых микрорезонаторов.

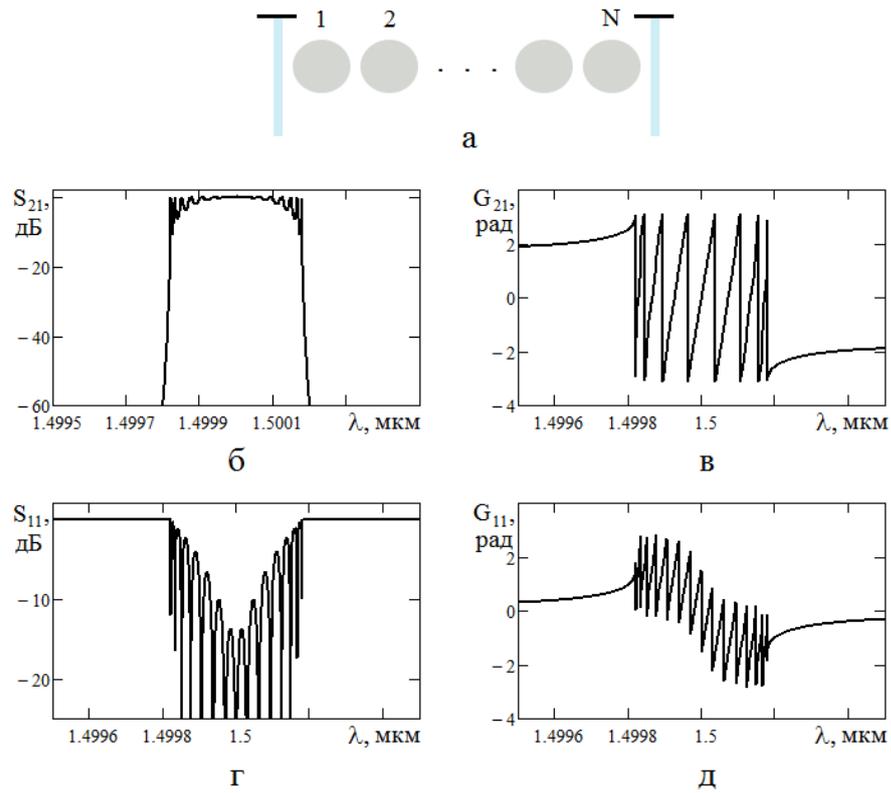


Рис. 2 А - полосовой фильтр на 15 дисковых микрорезонаторах с колебаниями $EH_{1,20,1}^+$. Б - д - частотные зависимости матрицы передачи фильтра.

Исследуется возможность настройки фильтров разных конструкций с различной шириной полос передачи (рис. 1 - 3). На основе расчета группового времени задержки проводится оценка величины запаздывания импульсов в полосовых фильтрах (рис. 1, г, е) в зависимости от их параметров.

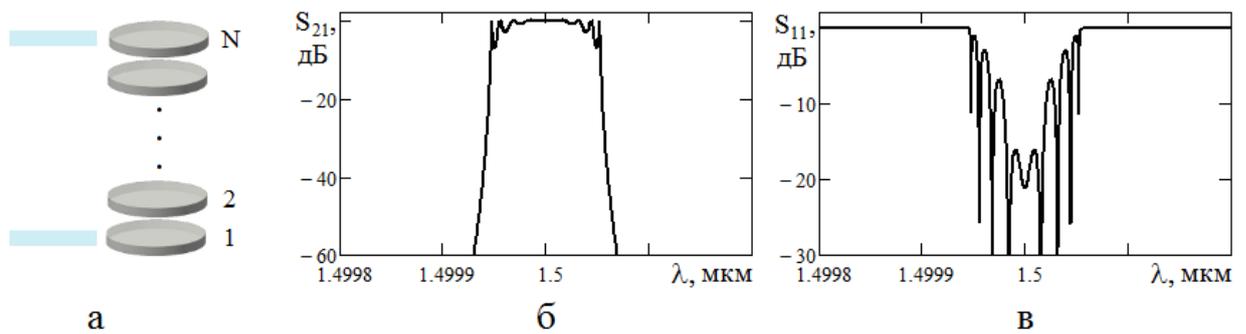


Рис.3. А - полосовой фильтр на 10 вертикально расположенных дисковых микрорезонаторах с колебаниями $EH_{1,20,1}^+$; б, в - частотные зависимости модуля коэффициентов передачи и отражения фильтра.

Рассчитываются и анализируются коэффициенты связи между микрорезонаторами сферической и цилиндрической формы при возбуждении в них магнитных и электрических видов колебаний с азимутальными числами $m = 20 - 30$.

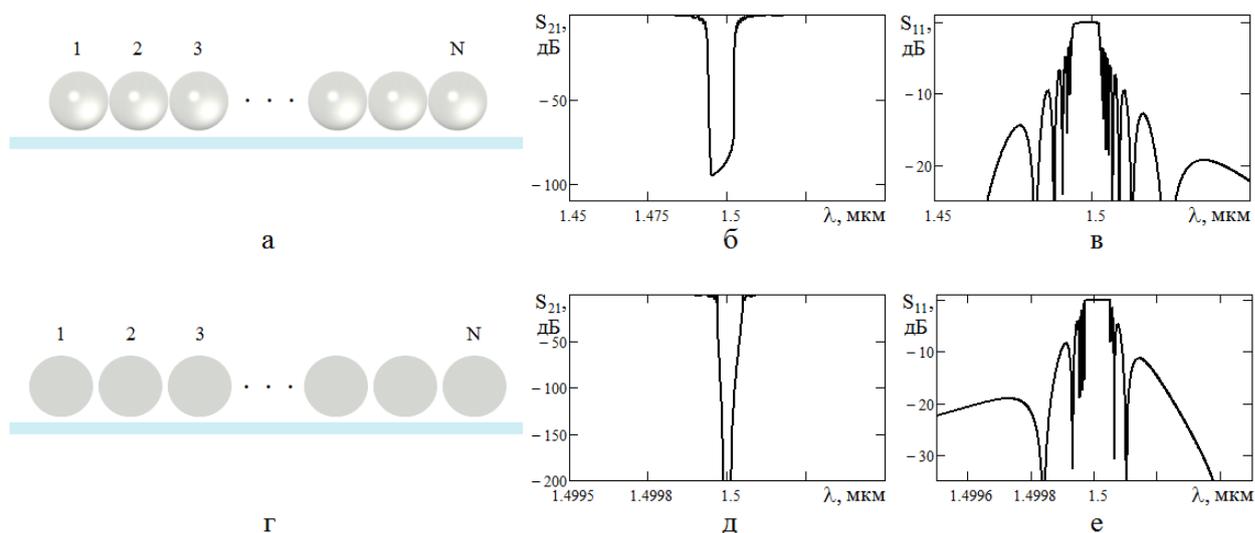


Рис.4. А, г - режекторные фильтры на 25 сферических и 10 дисковых микрорезонаторах с колебаниями шепчущей галереи H_{mml}^- ($m = 30$) и $EH_{1,29,1}^+$, соответственно. Б, в, д, е - частотные зависимости модулей матрицы передачи фильтров.

Рассматриваются и анализируются характеристики многорезонаторных режекторных фильтров (рис. 4). Исследуется возможность настройки узкополосных режекторных фильтров с высокими значениями коэффициентов отражения.

Проведенное моделирование позволяет выявить основные особенности реализации широкого класса фильтров различных типов на микрорезонаторах инфракрасного и оптического диапазона с колебаниями шепчущей галереи, которые можно использовать в будущем для обработки сигналов, применяемых в оптических системах связи. Полученные данные позволяют определить область доступных параметров фильтров, построенных на реальных диэлектриках, применяемых в оптическом диапазоне длин волн. Оптимизация предлагаемых фильтров в дальнейшем приведет к улучшению их параметров, а также расширению возможностей по управлению оптическими сигналами при разработке полностью оптических интегральных устройств связи нового поколения.

Литература

1. Heebner J., Grover R., Ibrahim T. Optical Microresonators Theory, Fabrication, and Applications. Springer. 2008. 261 p.
2. Sakai A., Baba T. FDTD Simulation of Photonic Devices and Circuits Based on Circular and Fan-Shaped Microdisks // Journal of Lightwave Technology. V. 17, No. 8, 1999. pp. 1493-1499.
3. Trubin A.A. Scattering of infrared optical pulses on the band-stop filters on ring dielectric micro-resonators. Electronics and Communications. 2013, №1(72), pp. 26 - 31.