

УДК 621.396.67

И.В. Семченко<sup>1</sup>, С.А. Хахомов<sup>1</sup>, А.Л. Самофалов<sup>1</sup>, М.А. Подалов<sup>1</sup>, А.М. Гончаренко<sup>2</sup>,  
Г.В. Синицын<sup>2</sup>, Н.С. Ковальчук<sup>3</sup>, А.Н. Петлицкий<sup>3</sup>, В.А. Солодуха<sup>3</sup>

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ОМЕГА-СТРУКТУРИРОВАННОЙ МЕТАПОВЕРХНОСТИ НА КРЕМНИЕВОЙ ПОДЛОЖКЕ В ТГц ДИАПАЗОНЕ

<sup>1</sup>Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины,  
ул. Советская 104, 246019 Гомель, Беларусь

[isemchenko@gsu.by](mailto:isemchenko@gsu.by)

<sup>2</sup>Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси, пр. Независимости 68,  
220072 Минск, Беларусь

[g.sinitsyn@ifanbel.bas-net.by](mailto:g.sinitsyn@ifanbel.bas-net.by)

<sup>3</sup>ОАО "ИНТЕГРАЛ" ул. Казинца И.П., 121А, 220108 Минск, Беларусь  
[vsolodukha@integral.by](mailto:vsolodukha@integral.by)

Ранее проведенные теоретические и экспериментальные исследования двумерной решетки, образованной омега-элементами, позволили определить оптимальные параметры двумерного массива таких элементов в СВЧ диапазоне. Были найдены как параметры отдельного омега-элемента, так и расстояние между ними в решётке в условиях полуволнового резонанса [1].

Условие оптимальности омега-элемента заключается в том, что в элементе создаются одинаково значимые электрический дипольный момент и магнитный момент, которые дают равные по абсолютной величине вклады в интенсивность волны, отражённой решёткой. Электрические поля, создаваемые электрическим дипольным моментом и магнитным моментом омега-элемента, направлены взаимно ортогонально, имеют одинаковую амплитуду и колеблются со сдвигом фаз, равным  $\pi/2$ . В результате электромагнитная волна, отражённая метаповерхностью, приобретает циркулярную поляризацию. Исходя из этого условия, нами получены оптимальные параметры омега-элемента. Аналитический расчет, выполненный в рамках модели квазистационарного тока, показал следующую зависимость оптимального радиуса омега-элемента от длины волны электромагнитного излучения:

$$r = \lambda \frac{\sqrt{2}-1}{2\pi}.$$

Проведено параметрическое моделирование одиночного омега-элемента и планарного массива омега-элементов в ТГц диапазоне для определения их эффективных параметров, позволяющих преобразование падающей линейно-поляризованной волны в отражённую циркулярно-поляризованную волну. Исследовались поляризационные свойства одиночного омега-элемента в зависимости от радиуса витка омега-элемента, длины его плеч и величины зазора между плечами, на резонансной частоте 1 ТГц. Условие резонанса достигается, когда длина омега-элемента в выпрямленном состоянии приблизительно равна половине длины волны электромагнитного поля. Моделирование массива омега-элементов, образующего планарную метаповерхность, проводилось с целью выявления оптимального расстояния между омега-элементами. По результатам моделирования массива омега-

элементов выбраны два близких по поляризационной эффективности расстояния между элементами: 50 и 60 мкм. При данных расстояниях между элементами в планарной метаповерхности наблюдается значение коэффициента эллиптичности отражённой волны, близкое к 1. Исследования проведены для угла падения волны, равного 45 градусам, при различной ориентации вектора  $\vec{E}$  падающей волны: вектор  $\vec{E}$  ориентирован в плоскости падения, проходящей через плечи омега-элементов; вектор  $\vec{E}$  колеблется перпендикулярно плоскости падения и плечам омега-элементов. Во втором случае омега-элементы активируются магнитным полем падающей волны, которое пронизывает их витки. Поляризационное преобразование электромагнитной волны наиболее эффективно в первом случае [2, 3].

Проведено моделирование резонансных электромагнитных свойств метаповерхности на основе омега-элементов из различных металлов (алюминий, молибден, серебро, титан) на подложке из кремния различной толщины в ТГц диапазоне (рисунок 1). Анализ результатов моделирования позволяет сделать вывод о возможности использования кремния в качестве подложки метаповерхности, образованной металлизированными омега-элементами, для создания преобразователя поляризации в ТГц диапазоне. При наличии подложки коэффициент эллиптичности отраженной волны также существенно зависит от ориентации вектора  $\vec{E}$  падающей волны. Изготовлен образец планарной метаповерхности на подложке из кремния с металлизацией омега-элементов алюминием (рисунок 2) для проведения дальнейших экспериментальных исследований.

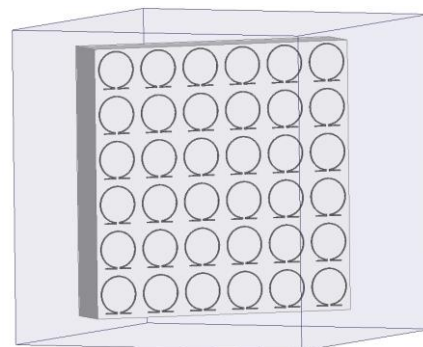


Рисунок 1 – Модель метаповерхности

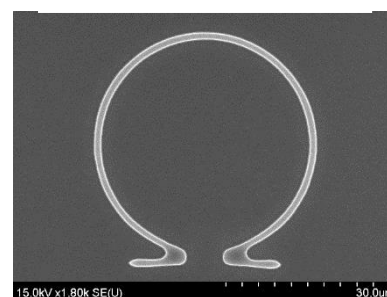


Рисунок 2 – Омега – элемент на кремниевой подложке

- [1] Ground-plane-less bidirectional terahertz absorber based on omega resonators / A. Balmakou, M. Podalov, S. Khakhomov, D. Stavenga, I. Semchenko// Optics Letters.– 2015. – Vol. 40, № 9. – P. 2084-2087.
- [2] Omega-structured substrate-supported metamaterial for the transformation of wave polarization in THz frequency range / I. Semchenko, S. Khakhomov, A. Samofalov, M. Podalov, V. Solodukha, A. Pyatlitski, N. Kovalchuk// Recent Advances in Technology Research and Education. Proceedings of the 16th International Conference on Global Research and Education Inter-Academia 2017 / Ed. by Dumitru Luca, Lucel Sirghi and Claudiu Costin, Advances in Intelligent Systems and Computing, Springer. – 2017. – Vol. 660. – P. 72-80.
- [3] The effective optimal parameters of metamaterial on the base of omega-elements / I.V. Semchenko, S.A. Khakhomov, A.L. Samofalov, M.A. Podalov, Q. Songsong// Recent Global Research and Education: Technological Challenges / Ed. by Ryszard Jablonski and Roman Szewczyk, Advances in Intelligent Systems and Computing, Springer. – 2017. – Vol. 519. – P. 3-9.