

5. Bao Z., Tang Y., Hu Z.-D., Zhang C., Balmakou A., Khakhomov S., Semchenko I., Wang J. Inversion Method Characterization of Graphene-Based Coordination Absorbers Incorporating Periodically Patterned Metal Ring Metasurfaces // *Nanomaterials*. – 2020. – Vol. 10, № 1102. – P. 1–10.

П. В. Сомов

(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

Науч. рук. **И. В. Семченко**, д-р физ.-мат. наук, профессор

КИРАЛЬНЫЕ МЕТАМАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ВОЛНИСТЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

В последнее время исследователи всё больше и больше проявляют свой научный интерес к 3D микроструктурам и наноструктурам, используемым в качестве электрически активных резонансных элементов в метаматериалах, фотонных кристаллах и в трансформационной оптике.

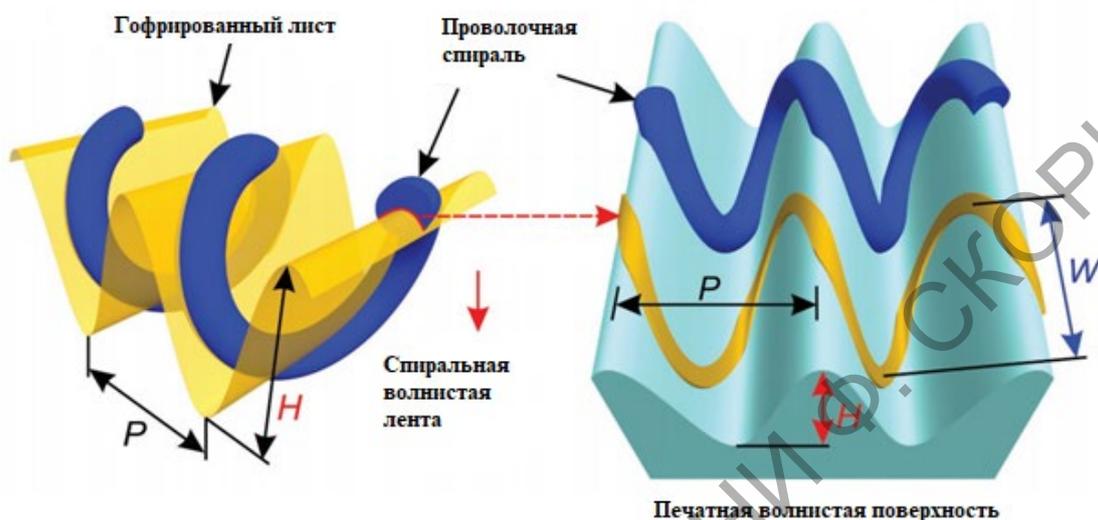
В данной статье будут рассмотрены киральные метаматериалы на основе трёхмерных спиралей с оптической активностью, значительно превышающей оптическую активность природных кристаллов. Значительный интерес к метаматериалам обусловлен их колоссальной перспективностью в качестве ультратонких поляризаторов, модуляторов, фильтров, неотражающих и высоко поглощающих покрытий, материалов с отрицательным показателем преломления, а также для множества других применений.

На данный момент существует множество методов последовательной 3D печати, которые позволяют сформировать метаматериалы практически любой конфигурации для широкого диапазона длин волн (от микроволнового до видимого). Для создания спирального рельефа можно использовать множество методов: теневое напыление металла, использование ионно-лучевых технологий для напыления металла, непосредственная печать спиралей с помощью электрохимического осаждения металла из жидкого капилляра, экструзионная печать, стереолитография, формование и многие другие.

Отсутствие массового использования трёхмерных метаматериалов заключается в сложности и цене производства, поэтому целью данной работы является краткий обзор новых оригинальных подходов.

Дизайн метаповерхностей

Существует три основных вида спиралей: проволочная, ленточная, Архимедов винт. В данной статье будет рассмотрен четвёртый тип 3D спиралей, который можно назвать «спиральной волнистой лентой».



P – шаг гофры; H – высота гофры; W – размах спирали.

Рисунок 1 – Проволочная спираль, расположение спиралей на печатной подложке

Ввиду того, что шаг и высота гофрированного листа совпадают с шагом и диаметром спирали, то они могут быть идеально совмещены. Гофра совпадает с винтовой линией, проходящей через осевую линию проволоки, результатом является их взаимное пересечение.

Проволочную спираль можно заменить ленточной спиралью, которая с большой точностью повторяет её рельеф.

Траектория движения точки M может быть задана с помощью уравнений:

$$x(t) = \frac{W}{2} \sin(t), \quad y(t) = \frac{P}{2\pi} t, \quad z(t) = \frac{H}{2} \cos(t + \varphi),$$

где P – шаг спирали;

H – высота гофры;

W – размах спирали;

t – угол между осью Z и линией OM' , где M' – проекция точки M на плоскость ZX ;

φ – фазовое смещение спирали относительно рельефа.

Нетрудно заметить, что ограничением для параметров спирали являются геометрические размеры подложки, ввиду того что спираль и подложка должны плотно накладываться друг на друга. Контроль над количеством витков можно осуществить с помощью зазоров ленты, либо сдвигов высоты рельефа. В отличие от полупроводниковой технологии, 3D – печать позволяет создавать подложки с любым рельефом: постепенным, гранённым с переменными наклонами и любые другие. К тому же, нет необходимости выравнивать печатный объект в соответствии с кристаллографическими направлениями.

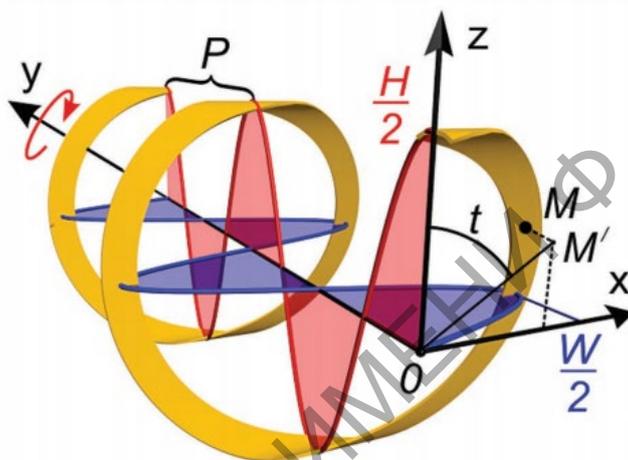


Рисунок 2 – Схема ленточной спирали

Литература

1. Large-Area 3D-Printed Chiral Metasurface Composed of Metal Helices [Electronic resource] / S. V. Golod, V. A. Seyfi, A. F. Buldygin, A. E. Gayduk, V. Ya. Prinz // Wiley Online Library, 2018 – URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adom.201800424> – Date of access: 25.03.2021.
2. Transformation of the polarization of electromagnetic waves by helical radiators [Electronic resource] / I. V. Semchenko, S. A. Khakhomov, A. L. Samofalov // SpringerLink, 2007 – URL: <https://link.springer.com/article/10.1134/S1064226907080037> – Date of access: 25.03.2021.
3. Manufacturing chiral electromagnetic metamaterials by directional rolling of strained heterofilms [Electronic resource] / E. V. Naumova, V. Ya. Prinz, S. V. Golod, V. A. Seleznev, R. A. Soots, V. V. Kubarev // ResearchGate, 2009. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/230951758>. – Date of access: 25.03.2021.