

# The development of materials with negative dialectical and magnet transmittivity: the modern situation and development perspectives

Victor Hoblyk, Ihor Subota

Electronic Contrivances of Information Computer Technologies Department, Lviv National Polytechnic University, UKRAINE, Lviv, 79013, 12 S.Bandera Str., E-mail: igor\_subota@mail.ru

On the current stage of the scientific research the experimental prove of the scientific hypothesis concerning new properties of the environs with negative dialectical transmittivity is being carried out.

Metamaterial in general case is the totality which has the properties which cannot be found in nature, in particular case, at the same time it has the negative dialectical and magnet transmittivity. Metamaterials are synthesized by means of inserting different periodic structures with all sorts of geometrical forms into the natural material which modify the dialectical and magnet receptivity of the material [1].

There are environs in the nature, which can demonstrate the negative values of dialectical (plasma) and magnet (ferrite) transmittivities in some conditions and some range of frequencies.

The theoretical research of certain characteristics for metamaterials of the phenomenon can be found in scientific researches back in the beginning and middle of XX century [3], however, the active experimental researches were started only at the end of last century. The first material with negative value of the refraction parameter was attained in 2000 year by the David Smith's scientific group from California University (San-Diego, the USA)[4].

At present stage, thanks to the development of the computer technologies, it became possible to accomplish the analysis and synthesis of constructions of vast class metamaterials on the base of mathematical models, elaborated in researches [5, 7] to investigate the structures with negative dialectical transmittivity.

The performed in this paper research has found that the extremely promising direction for vast range of applied tasks is solving of the problems which appear on the way of creating materials with extremely electro-magnet properties, exactly the materials with negative dialectical and magnet transmittivity which received the short name as metamaterials.

*Переклад зроблено Горьковою Н.Г., центр іноземних мов «Universal Talk», [www.utalk.com.ua](http://www.utalk.com.ua)*

# Створення матеріалів з від'ємною діелектричною та магнітною проникністю: сучасний стан і перспективи розвитку

Віктор Гоблик, Ігор Субота

Кафедра електронних засобів інформаційно-комп'ютерних технологій, Національний університет, "Львівська політехніка", УКРАЇНА, м. Львів, 79013, вул. Ст.Бандери, 12, E-mail: igor\_subota@mail.ru

*Проведено аналіз створення матеріалів з новими властивостями для потреб побудови інфокомунікаційних систем нового покоління, оптичних засобів спеціального призначення, медичного приладобудування.*

**Ключові слова** – метаматеріал, від'ємна діелектрична проникність, від'ємна магнітна проникність, штучні середовища.

## I. Вступ

На сучасному етапі наукових досліджень активно здійснюється експериментальне обґрунтування наукових гіпотез щодо нових властивостей середовищ з від'ємною діелектричною проникністю.

Метаматеріал — в загальному випадку композит який має властивості, що не зустрічаються у природі, в частковому випадку — володіє водночас від'ємною діелектричною й магнітною проникністю. Метаматеріал – це штучно сформований і особливим чином структурованим середовищем, яке володіє електромагнітними властивостями, що виходять за межі властивостей компонентів, з яких вони складаються. Метаматеріали синтезуються шляхом введення в природній матеріал різних періодичних структур з самими різними геометричними формами, які модифікують діелектричну і магнітну сприйнятливості матеріалу [1].

## II. Оформлення сторінки

В природі існують середовища, які можуть демонструвати негативні від'ємні значення діелектричної (плазма) або магнітної (ферити) проникностей при деяких умовах і деякому діапазоні частот. Такі середовища будуть непрозорими для електромагнітного випромінювання в тому випадку, коли характерна товщина матеріалу буде більша за товщину скін-шару. Непрозорість можна пояснити за допомогою наступного співвідношення для хвильового числа  $k$ , вираженого через частоту  $\omega$ , швидкість поширення електромагнітної хвилі в вакуумі  $c$ , діелектричну  $\epsilon$  і магнітну  $\mu$  проникності:

$$k = \frac{\omega}{c} \sqrt{\epsilon \mu}$$

Оскільки в даній формулі  $\epsilon$  або  $\mu$  від'ємні, то хвильовий вектор є чисто уявним, що і означає

затування електромагнітних хвиль в такому середовищі. В числі штучних середовищ з від'ємним  $\epsilon$  однією з перших була описана система з тонких металевих провідників, які розташовані паралельно. Основні структури, які використовуються для отримання від'ємного значення  $\mu$ , на сьогоднішній день включають тонкі вкладені металеві циліндри, ролонні структури типу «рулет», вкладені розрізані кільця,  $\Omega$ -подібні і прямокутні рамки, подвійні кільцеві резонатори і т. д. Подвійний кільцевий резонатор (split ring resonator, SRR) рисунок – дуже вдала структура, в якій ємність між двома кільцями компенсується їх індуктивністю. Змінне магнітне поле з вектором напруженості, перпендикулярним поверхні кільця, викликає потоки, які в залежності від резонансних властивостей структури, породжують вторинне магнітне поле, яке підсилює початкове або протидіє йому, що приводить до додатних або від'ємних ефективних значень  $\mu$  [2].

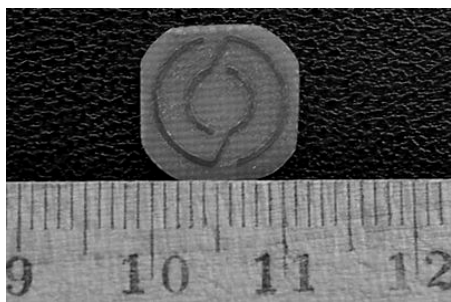


Рис. 1. Подвійний кільцевий резонатор.

В 1968 р. радянський фізик Віктор Веселаго передбачив існування матеріалу з від'ємним показником заломлення. Його припущення засновувалося на наступному логічному прийомі: якщо зробити від'ємними діелектричну і магнітну проникність в формулах для хвильового числа і показника заломлення (ці величини є прямо пропорційними), то це не приведе до уявних значень. Формула для показника заломлення:  $n = \sqrt{\epsilon\mu}$ .

Оскільки результатом операції взяття квадратного кореня є два числа з різними знаками, то Веселаго запропонував у випадку від'ємних значень  $\epsilon$  і  $\mu$  брати від'ємні значення показника заломлення і хвильового числа.

Хоча теоретичне дослідження деяких характерних для метаматеріалів явищ можна знайти ще в наукових роботах початку та середини ХХ століття [3], активні експериментальні дослідження розпочалися лише в кінці минулого сторіччя. Перший матеріал з негативним від'ємним значенням показника заломлення був отриманий в 2000 році науковою групою Девіда Сміта з Каліфорнійського університету (Сан-Дієго, США)[4].

На сучасному етапі, завдяки розвитку комп'ютерних технологій, стало можливим здійснювати аналіз та синтез конструкцій широкого класу метаматеріалів на основі математичних моделей, розроблених в роботах [5,7] для дослідження структур з від'ємною діелектричною проникністю.

### III. Висновок

Дослідження, виконане в даній роботі виявило, що надзвичайно перспективним напрямком для широкого кола прикладних задач є розв'язок проблем, що виникають на шляху створення матеріалів з незвичайними електромагнітними властивостями – матеріалів з від'ємною діелектричною та магнітною проникністю, які отримали коротку назву “метаматеріали”.

Аналіз результатів та існуючого стану розробки метаматеріалів дозволяє зробити висновок, що актуальною науково-технічною проблемою є удосконалення інструментарію та методів побудови конструкції метаматеріалів з новими властивостями для розв'язку широкого класу прикладних задач на основі нано- та мікрохвильових технологій.

### Література

- [1] Sihvola, A. Metamaterials in electromagnetics Metamaterials, Volume 1, Issue 1, 2007, Pages 2-11
- [2] Boltasseva, A. | Shalae, V.M. Fabrication of optical negative-index metamaterials: Recent advances and outlook Metamaterials, Volume 2, Issue 1, 2008, Pages 1-17
- [3] В. Г. Веселаго, Успехи физических наук, 173, № 7, 790 (2003г)
- [4] Nader Engheta Metamaterials: Physics and Engineering Explorations. — Wiley & Sons. — P. xv, 3–30, 37, 143–150, 215–234, 240–256. — ISBN 9780471761020/
- [5] Hoblyk V.V. The analysis of field above the impedance plane with periodic discrete heterogeneity by Chaplin's method / Theoretical and experimental methods for antennas and SHF devices investigations. Proc. of Lvov Polytechnic Institute., 1984, №1874.pp.27-70. (in Russian).
- [6] Hoblyk V. V., Pavlysh V. A., Nychai I. V. Distributing of the field of dielectric plate with complex profile of dielectric permittivity change // Proc. of Lvov Polytechnic National University, „Electronics”. – 2009. – № 646. – pp. 51-56. (in Ukrainian).
- [7] Hoblyk V. V., Pavlysh V. A., Nychai I. Research of the modulated nanosize structures for creation of elements of infocommunication systems // Proc. "Nanostructures in the condensed environments" – Minsk. – 2011. – pp. 368-373. (in Russian).