

Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Факультет радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем

Метаматеріали

Підготував:
студент першого курсу магістратури
за напрямом підготовки
«Прикладна оптика та магнетизм»
кафедри електрофізики
Рябокрис Павло Андрійович

Київ 2016

Питання до розгляду

- Метаматеріали – що це таке?
- Фізичні принципи, покладені в основу метаматеріалів
- Класифікація метаматеріалів
- Приклади метаматеріалів
- Застосування метаматеріалів
- Висновок

Метаматеріали – що це таке?

Метаматеріали – середовища, що мають властивості, що не зустрічаються у природі та, здебільшого, штучно сформовані та особливим чином структуровані.

Прикладом метаматеріалів може слугувати середовище, в яке вміщено паралельні, тонкі, металеві смужки. Таке середовище демонструє від’ємну діелектричну проникність. Середовище, в яке вміщено тонкі вкладені циліндри, реагує на зовнішні збудники як середовище з від’ємною магнітною проникністю.

Приставка «мета» (з грец. - ззовні) дозволяє описувати клас метаматеріалів як речовин, ефективні фізичні характеристики яких, виходять за межі характеристик складників, що їх утворюють

Фізичні принципи, покладені в основу метаматеріалів

Основний фізичний принцип, покладений в основу метаматеріалів полягає у створенні періодичних структур з різних матеріалів, у яких, під дією зовнішніх збудників, виникають процеси, що породжують відгук середовища, що кардинально відрізняється від аналогічного відгуку складників середовища окремо.

У такому випадку необхідно говорити вже не про реальні фізичні характеристики елементів середовища, а про їх ефективні значення, як коефіцієнтів пропорційності між фізичними величинами.

Зовнішніми збудниками можуть слугувати: електричне поле, магнітне поле, акустичні хвилі та багато інших.

Класифікація метаматеріалів

На даний момент значного розвитку у галузі метаматеріалів отримав напрямок електро-опричних метаматеріалів.

Класифікація електро-опричних метаматеріалів:

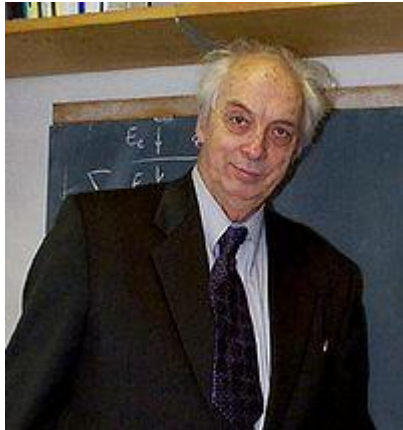
- Мононегативні метаматеріали – структури, у яких, або ефективна електрична, або ефективна магнітна проникність має від'ємне значення.

Приклад: Подвійний кільцевий резонатор (split ring resonator, SRR)

- Бінегативні метаматеріали – структури, що мають одночасно негативні

Фізичні принципи, покладені в основу метаматеріалів

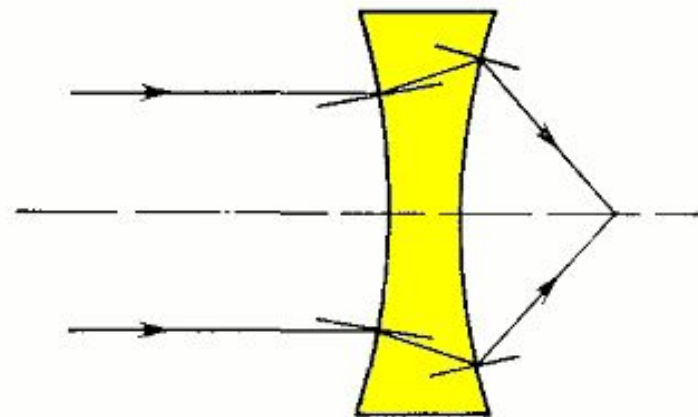
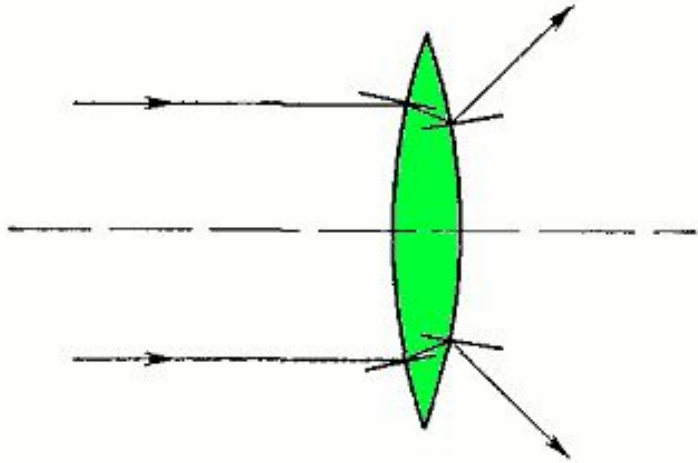
Припущення Веселаго



Веселаго
Віктор Георгієвич
1929 р – досі живий

У 1967 році, базуючись на роботах Л. І. Мандельштама, описав очікувані властивості матеріалів з від'ємним показником заломлення. Ці ідеї пізніше були використані англійськими та американськими групами дослідників, які створили перші приклади таких матеріалів

Фізичні принципи, покладені в основу метаматеріалів



Опукла та ввігнута лінзи з матеріалів, що мають від'ємний ефективний коефіцієнт заломлення – так звані «суперлінзи»

Фізичні принципи, покладені в основу метаматеріалів

Серед іншого, Віктор Веселаго описав об'єкт, який назвав «суперлінза».

Для лінз, з додатнім коефіцієнтом заломлення (праве середовище – така назва через те, що вектори електричного та магнітного полів та хвильовий вектор утворюють праву трійку), простір зображень формується без затухаючих хвиль.

Для лінз, з від'ємним коефіцієнтом заломлення (ліве середовище), простір зображень формується з затухаючими хвилями, які насправді, на відміну від хвиль у правому середовищі, збільшують свою амплітуду при віддаленні від об'єкта, що дозволяє подолати дифракційну межу роздільної здатності.

Приклади метаматеріалів

Най простішим прикладом метаматеріалу може слугувати звичайна котушка індуктивності.

Під дією зовнішнього поля у котушці наводиться струм, який породжує відгук, який призводить до виникнення ефекту який можна класично описати наявністю фізичних величин, що не спостерігаються а ні в середовищі без котушки, а ні в провіднику, з якого складається котушка.

Приклади метаматеріалів

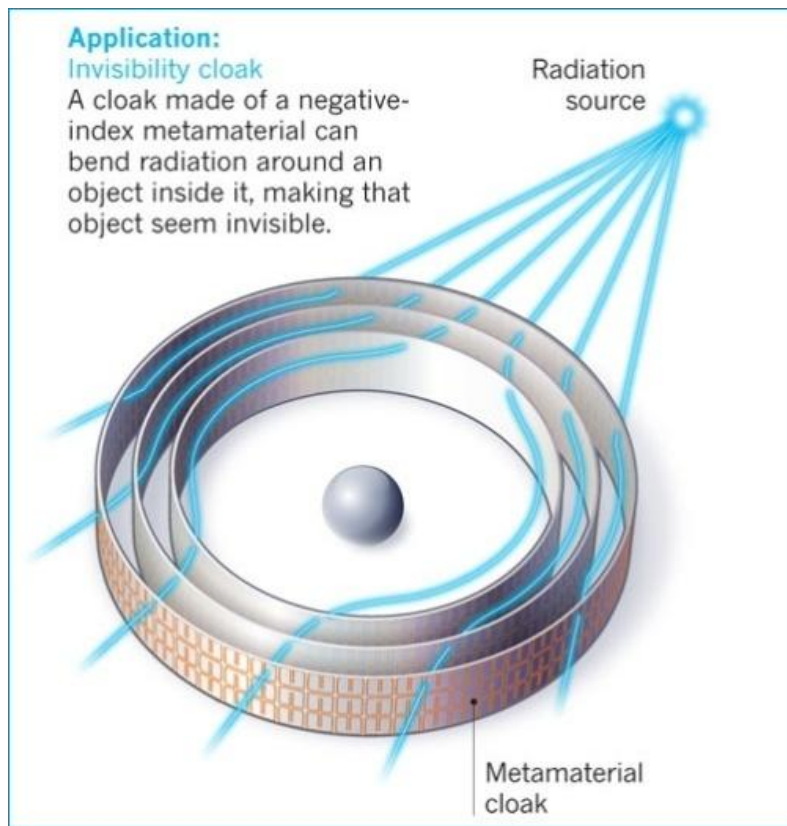
Подвійний кільцевий резонатор (split ring resonator, SRR)



Подвійний кільцевий резонатор – приклад структури, 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 магнітної проникності

Приклади метаматеріалів

Плащ-невидимка!!!



Приклади метаматеріалів

Плащ-невидимка!!!

Даний метаматеріал має від'ємний показник заломлення у видимій області спектру, здатний сховати привимірний об'єкт. Матеріал складається з золотої підкладки, золотих наноантен та фториду магнію.

Очевидно, що ця технологія, має значний потенціал для військових, проте поки-що залишається надто дорогою для масового застосування.

Застосування метаматеріалів

- Ось лише декілька прикладів використання при конструюванні конструкцій електрично малих антен (ЕМА):
 - для виготовлення підкладинок в друкованих антенах для досягнення широкосмуговості і зменшення розмірів випромінювачів (μ -негативні та бінегативні матеріали)
 - компенсація реактивності ЕМА в широкій смузі частот (ϵ -негативні та бінегативні матеріали)
 - формування вузьких пучків елементарними випромінювачами, що занурені в ϵ -негативні або бінегативні матеріали
- ϵ -негативні метаматеріали вже встигли себе зарекомендувати при моделюванні плазми
- μ -негативні матеріали використовуються для маскування об'єктів (для запобігання виявлення засобами радіорозвідки в деякому діапазоні частот), створення загороджувальних фільтрів з частотними характеристиками, що близькі до ідеальних (наприклад, прямокутна амплітудно-частотна характеристика) та з широкими можливостями для перестройки таких фільтрів

Висновок

- Метаматеріали – середовища, у яких утворені періодичні структури з різних матеріалів, у яких, під дією зовнішніх збудників, виникають процеси, що породжують відгук середовища, що кардинально відрізняється від аналогічного відгуку складників середовища окремо.
- Назараз
- Зараз метаматеріали мають широке та специфічне застосування та значний потенціал, оскільки їх дослідження триває і є досить перспективним.