



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **147921** (13) **U**
(51) МПК (2021.01)
H05K 9/00
G12B 17/00
G12B 17/02 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2020 06940	(72) Винахідник(и): Лазаренко Олександра Андріївна (UA), Мацуй Людмила Юріївна (UA), Вовченко Людмила Леонтіївна (UA), Борецький В'ячеслав Францович (UA), Олійник Віктор Валентинович (UA), Загородній Володимир Васильович (UA), Яковенко Олена Сергіївна (UA)
(22) Дата подання заявки: 29.10.2020	
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 24.06.2021	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 23.06.2021, Бюл.№ 25	(73) Володілець (володільці): КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА, вул. Володимирська, 60, м. Київ, 01033 (UA)

(54) СПОСІБ ОТРИМАННЯ ЗАХИСНИХ ЕКРАНІВ ВІД ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО МІКРОХВИЛЬОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

(57) Реферат:

Спосіб отримання захисних екранів від електромагнітного мікрохвильового випромінювання, що включає формування основи з наступним покриттям її композиційним матеріалом, при цьому основа виконана з електропровідного матеріалу, а композиційний матеріал виконаний на основі полімеру з рівномірно розподіленими в ньому електропровідними частинками і характеризується високим значенням діелектричної проникності, згідно з корисною моделлю, основу формують суцільною та шляхом 3D друку, а як електропровідний матеріал використовують полімерний композит, при цьому висота основи та висота покриття співвідносяться як 1÷(4-10), електропровідними частинками у складі композиційного матеріалу є вуглецеві нанотрубки, а композиційний матеріал наносять з обох боків основи, ортогональних до напрямку розповсюдження електромагнітної хвилі.

UA 147921 U

Корисна модель належить галузі НВЧ - техніки, а саме до виробництва засобів захисту від електромагнітного випромінювання (ЕМВ), і може бути використано під час розробки, виробництва та експлуатації захисних екранів та покриттів в різних галузях господарства як для захисту від ЕМВ живих об'єктів, так і для зменшення відбитого від різноманітних об'єктів падаючого на них випромінювання з метою мінімізації паразитного електромагнітного фону (завад) у оточуючому середовищі, для захисту самих радіотехнічних засобів від ЕМВ (проблема електромагнітної сумісності) тощо. У сучасному світі існує проблема електромагнітного забруднення внаслідок електромагнітної інтерференції хвиль мікрохвильового діапазону, яке є дуже шкідливим для здоров'я людини, інформаційних технологій та технологій оборонної безпеки тощо. Відомо, що ефективно захистити вибраний об'єм від проникнення у нього або із нього високочастотного випромінювання, здатен традиційний металевий екран, недоліками такого способу захисту є велика вага конструкції, та майже стовідсоткове відбиття ними падаючого на екран електромагнітного випромінювання ЕМВ, тоді як сучасний підхід до вирішення цієї проблеми полягає у створенні матеріалів, що поглинають мікрохвильове випромінювання.

Відомий поглинальний електромагнітний екран, що складається з металевого листа, у якому виконані регулярно розташовані отвори з розмірами та відстанями між геометричними центрами отворів, що відповідають фізичним умовам згасання електромагнітного випромінювання необхідної частоти/смуги частот (патент України № 112165, опубл. 12.12.2016 р.). <https://uapatents.com/4-112165-poglinalnij-elektromagnitnij-ekran.html>

Недоліком такої конструкції є велика вага екрана, складність виготовлення, а також дуже складно досягти у широкому діапазоні частот необхідного рівня відбитого сигналу.

Відома конструкція захисного покриття, яка складається із одного шару композитного матеріалу з градієнтним розподілом електропровідного наповнювача по товщині шару (патент України № 64687 Вовченко Л. Л., Козаченко В. В., Ларкін С. Ю., Лаунець В. Л., Мацуй Л. Ю., Олійник В. В. Пристрій для захисту від електромагнітного випромінювання, 10.11.2011, Бюл. № 21, 2011 р.). Недоліком такої конструкції є те, що існуючі на сьогоднішній день технології мало придатні для промислового виготовлення великої площі покриття з градієнтним розподілом наповнювача, необхідного для захисту об'єктів з великими габаритами.

Як найближчий аналог вибрано композитні металополімерні електромагнітні екрани (Патент UA 10333 9 Електромагнітний екран з вибіркоvim поглинанням). <http://uapatents.com/4-103339-elektromagnitnij-ekran-z-vibirkovim-poglinannyam.html>. Екран складається з полімерної матриці, у тілі якої рівномірно розчинені металеві пелюстки, в матрицю вміщено металеву сітку з розміром чарунки, який відповідає поглинанню електромагнітного випромінювання визначеної частоти. Такий екран є найближчим аналогом.

Недоліками даної конструкції є те, що для забезпечення високих значень коефіцієнта поглинання застосовується металева сітка та металеві пелюстки, що робить конструкцію важкою, складність технології виготовлення та складність керування параметрами поглинання, оскільки для кожного діапазону поглинання потрібно виготовляти сітки з різними розмірами комірки, а недотримання вузьких значень розмірів нівелює всю роботу. Скоріш за все такий екран буде мати дуже велику товщину через те, що металева сітка має бути занурена в металовмісний композитний матеріал, і для цього необхідно виготовити його у досить великій кількості. Усе вище перераховане накладає обмеження на можливі форми виробу.

В основу корисної моделі поставлена задача розробки способу отримання захисних екранів від електромагнітного мікрохвильового випромінювання з низькою питомою вагою, високим рівнем поглинання ЕМВ мікрохвильового діапазону, можливістю керування параметрами поглинання та можливістю виготовляти конструкцію будь-якої форми.

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб отримання захисних екранів від електромагнітного мікрохвильового випромінювання включає формування основи з наступним покриттям її композиційним матеріалом, при цьому основа виконана з електропровідного матеріалу, а композиційний матеріал виконаний на основі полімеру з рівномірно розподіленими в ньому електропровідними частинками і характеризується високим значенням діелектричної проникності, при цьому, згідно з корисною моделлю, основу формують суцільною та шляхом 3D друку, а як електропровідний матеріал використовують полімерний композит, при цьому висота основи та висота покриття співвідносяться як 1÷(4-10), електропровідними частинками у складі композиційного матеріалу є вуглецеві нанотрубки, а композиційний матеріал наносять з обох боків основи, ортогональних до напрямку розповсюдження електромагнітної хвилі.

Можливість керування параметрами поглинання забезпечують за рахунок:

1) варіювання товщин основи та покриття композиційним матеріалом (чим більша частота ЕМВ, тим менша глибина скін-шару і тим тоншим може бути шар матеріалу для поглинання);

2) концентрації вуглецевих нанотрубок у композиційному матеріалі, що прямим чином впливає на величини електропровідності та діелектричної проникності.

Крім того, відсутність металу у конструкції екрана суттєво зменшує питому вагу виробу, збільшує корозійну стійкість.

Комерційний полімерний матеріал (ABS), збагачений вуглецевими наноструктурами, у вигляді циліндричних проводів (відомих як нитки 3D-принтера) було використано для побудови таких 3D-структур. Питомий електроопір цього матеріалу становить 5.4 кОм·м. Крім того, як покриття з більш високими значеннями електропровідності та діелектричної проникності (питомий опір 0.9 кОм·м, величини дійсної та уявної частини діелектричної проникності при частоті 36 ГГц мають значення 20,6 та 13, відповідно) було виготовлено композитний матеріал на основі епоксидної смоли Larit285 та 7 ваг. % багатостінних вуглецевих нанотрубок (БВНТ).

Суть корисної моделі, що пропонується, пояснюється кресленнями: Фіг. 1 - схематичне зображення структури захисного екрана на основі електропровідного полімеру покритої КМ БНТ-епоксидна смола: 1,3-шар КМ 7 ваг. % БВНТ-епоксидна смола, 2 - основа з ABS, що містить вуглецеві наноструктури, виготовлена за допомогою технології 3D друку4;

Фіг. 2 - частотна залежність ефективності екранування (а), коефіцієнта відбиття R (б) та ефективного коефіцієнта поглинання (в) захисних екранів у діапазоні частот 10-18 ГГц;

Фіг. 3 - частотна залежність ефективності екранування (а), коефіцієнта відбиття R (б) та ефективного коефіцієнта поглинання (в) захисних екранів у діапазоні частот 25-36 ГГц.

Для можливості побудови тривимірних структур будь-якої складності застосовують технології 3D-друку. Процес тривимірного (3D)-друку останнім часом викликає значний інтерес як альтернативний спосіб виготовлення полімерів та полімерних нанокомпозитних матеріалів. Одним з найбільш поширених і простих у використанні методів 3D-друку є метод побудови плавного осадження (FDM). У цьому способі розплав полімеру екструджується з нагрітої насадки, утворюючи 3D-форму шар за шаром нанесену на платформу. Поширеними матеріалами, які використовуються як нитки в процесі FDM, є полімолочна кислота (PLA), акрилонітрил-бутадієновий стирол (ABS), полікарбонат (PC), полівініловий спирт (PVA) тощо. Такі матеріали є діелектриками; тому в чистому вигляді вони не можуть бути використані для екранування ЕМВ. Тим не менш, включення на основі вуглецю можуть підвищувати їх електропровідність і тим самим покращувати їх ЕМВ-поглинаючі властивості. Проте, додавання домішок у полімери для 3D-принтерів суттєво ускладнює, а іноді унеможлиблює процес 3D-друку, але невелика концентрація електропровідних частинок та рівномірний їх розподіл у об'ємі полімеру дає можливість у деяких випадках друкувати електропровідними полімерними композитами. Ми використали комерційний ABS з доданими до нього вуглецевими наноструктурами, який розроблювався безпосередньо для використання у 3D-принтері. Використання технології 3D-друку спрощує виготовлення, та зменшує похибку у розмірах зразків, та дає можливість легко виготовляти зразки зі складною геометрією поверхні покриття, що значно розширює можливі сфери застосування та робочий діапазон частот.

Було виготовлено два типи зразків: 1) паралелепіпеди товщиною 3,4 мм (23 мм x 11 мм x 3,4 мм) та (7,2 мм x 4,3 мм x 3,4 мм); 2) паралелепіпеди товщиною 4,2 мм (23 мм x 11 мм x 4,2 мм) та (7,2 мм x 4,3 мм x 4,2 мм); форма зразків і розміри визначалися розмірами хвильоводів, які використовувалися при дослідженні.

Суть роботи запропонованої корисної моделі, таким чином, пояснюється тим, що із введенням шарів речовини з малими діелектричною сталою та втратами за рахунок росту кількості відбиттів електромагнітної хвилі від граничних поверхонь цих шарів збільшується взаємодія ЕМВ всередині захисного екрана і, тим самим, збільшується поглинання екраном електромагнітної енергії, а використання технології 3D друку забезпечує можливість виготовлення виробів будь-якої форми, що дасть можливість ефективно захистити вироби зі складною геометрією. Практичне виконання корисної моделі.

Заявленим способом було виготовлено зразки покриттів для поглинання ЕМВ.

Як показано на фіг. 1, основа 2 з двох сторін покрита композиційним матеріалом 1,3. Основа 2 може бути виконана з електропровідного полімеру ABS. Композиційний матеріал може бути виконаний як 7 ваг. % БВНТ рівномірно розподілених у епоксидній смолі Larit285.

Як показано на Фіг. 1 зразок № 1 складався із ABS, наповненого вуглецевими наноструктурами (ABS_{км}). Товщина зразка - 3,4 мм;

зразок № 2 складався із ABS, збагаченого вуглецевими наноструктурами (ABS_{км}). Товщина зразка - 4,2 мм;

зразок № 3 складався із ABS, збагаченого вуглецевими наноструктурами (ABS_{км}), та нанесеного з двох сторін тонкого шару композита, виготовленого на основі епоксидної смоли та багатостінних вуглецевих нанотрубок (БНТ) як наповнювача. Зовнішній діаметр нанотрубок

складав 10-30 нм, довжина ~ 10 мкм. Концентрація нанотрубок у КМ складала 7 ваг. %. Товщина усього зразка - 3.4 мм;

зразок № 4 складався із ABS, збагаченого вуглецевими наноструктурами (ABS_{KM}), та нанесеного з двох сторін тонкого шару композита, виготовленого на основі епоксидної смоли та багатостінних вуглецевих нанотрубок (ВНТ) як наповнювача. Зовнішній діаметр нанотрубок складав 10-30 нм, довжина ~ 10 мкм. Концентрація нанотрубок у КМ складала 7 ваг. %. Товщина усього зразка - 4.2 мм. Зразок № 4 є захисним екраном, виготовленим відповідно до способу, що заявляється.

Зразки розміщувалися у хвилеводі. Було проведено дослідження ефективності екранування електромагнітного випромінювання, коефіцієнта відбиття і визначено коефіцієнт поглинання ЕМВ у двох частотних діапазонах: 10-18 ГГц та 25-36 ГГц (результати наведено на Фіг. 2, 3).

Ефективний коефіцієнт поглинання визначається як $A_{ef}=A/(1-R)$, де коефіцієнти поглинання A , відбиття R і проходження T ЕМВ зв'язані між собою рівнянням енергетичного балансу: $A+T+R=1$. Ефективність екрана $SE_T=10\log T$.

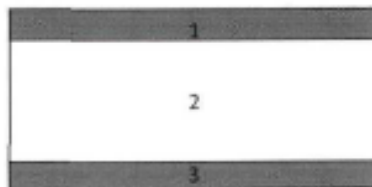
Як видно з фіг. 2, усі досліджені зразки ефективні як захисні екрани в усьому досліджуваному діапазоні частот, зокрема зразок № 4 має коефіцієнт відбиття менше ніж 0.3, та ефективний коефіцієнт поглинання більше 0,97, що свідчить про високу ефективність поглинання ЕМВ в діапазоні частот 10-18 ГГц екраном, виготовленим запропонованим способом.

Як показано на Фіг. 3, як захисні екрани в усьому досліджуваному діапазоні частот, зокрема зразок №4 має коефіцієнт відбиття менше ніж 0.1, та ефективний коефіцієнт поглинання більше 0,98, що свідчить про високу ефективність поглинання ЕМВ екраном, в діапазоні частот 25-36 ГГц виготовленим запропонованим способом.

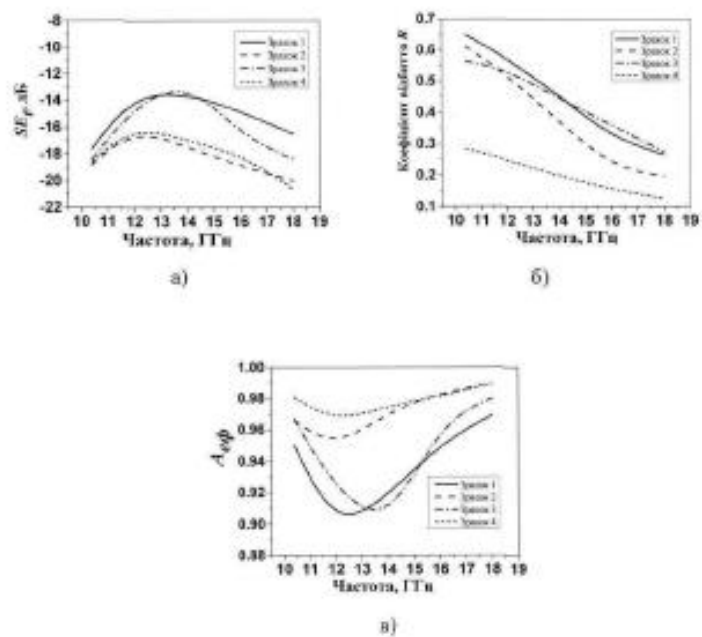
Таким чином, спосіб отримання захисних екранів від електромагнітного мікрохвильового випромінювання, що заявляється, забезпечує створення захисних екранів з низькою питомою вагою, з високим рівнем поглинання ЕМВ мікрохвильового діапазону з коефіцієнтом поглинання на рівні 0,89-0,99 в діапазонах частот 10-18 ГГц та 25-36 ГГц, з можливістю керування параметрами поглинання та можливістю виготовляти конструкцію будь-якої форми.

30 ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

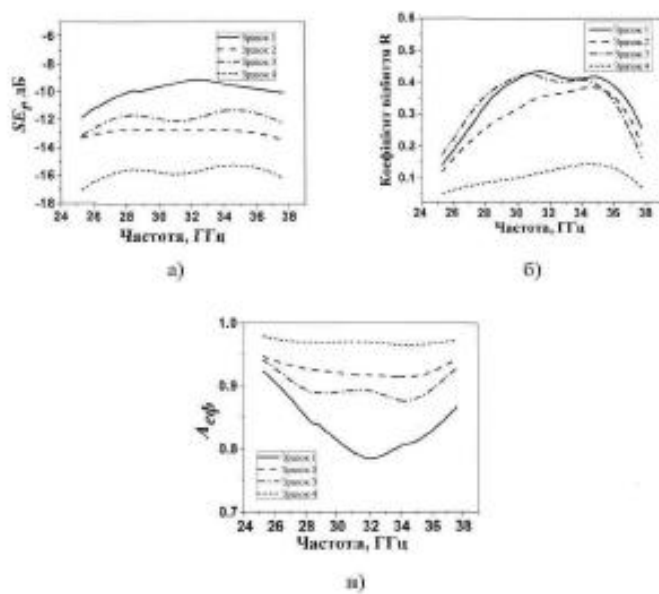
Спосіб отримання захисних екранів від електромагнітного мікрохвильового випромінювання, що включає формування основи з наступним покриттям її композиційним матеріалом, при цьому основа виконана з електропровідного матеріалу, а композиційний матеріал виконаний на основі полімеру з рівномірно розподіленими в ньому електропровідними частинками і характеризується високим значенням діелектричної проникності, який **відрізняється** тим, що основу формують суцільною та шляхом 3D друку, а як електропровідний матеріал використовують полімерний композит, при цьому висота основи та висота покриття співвідносяться як $1:(4-10)$, електропровідними частинками у складі композиційного матеріалу є вуглецеві нанотрубки, а композиційний матеріал наносять з обох боків основи, ортогональних до напрямку розповсюдження електромагнітної хвилі.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3