



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **113886** (13) **U**
(51) МПК (2016.01)
H01Q 17/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки:	u 2016 05348	(72) Винахідник(и):	Кокодій Микола Григорович (UA), Тіманюк Володимир Олександрович (UA)
(22) Дата подання заявки:	17.05.2016	(73) Власник(и):	НАЦІОНАЛЬНИЙ ФАРМАЦЕВТИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Пушкінська, 53, м. Харків, 61002 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель:	27.02.2017		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	27.02.2017, Бюл.№ 4		

(54) ЗАХИСНИЙ ЕКРАН ВІД ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НВЧ-ДІАПАЗОНУ

(57) Реферат:

Захисний екран від електромагнітного випромінювання НВЧ-діапазону виконаний з плоских тонких листів (плівок) діелектрика, у товщі основи якого хаотично розташовані відрізки тонкого провідного матеріалу. Як провідний матеріал використовують графіт довжиною від 1 до 5 мм, діаметром від 10 до 100 мкм і концентрацією від 100 до 300 шт/см².

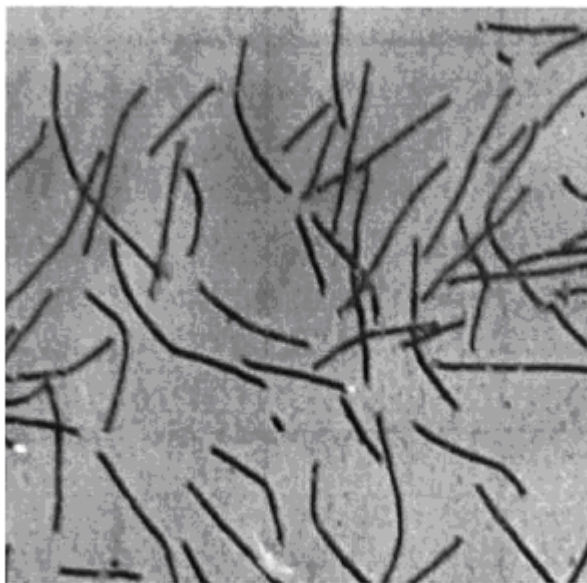


Fig. 1

UA 113886 U

Корисна модель належить до радіотехніки, а саме до засобів захисту від негативного впливу електромагнітних випромінювань НВЧ-діапазону.

Населення і довколишня жива природа зазнають впливу багатьох джерел електромагнітного випромінювання (ЕМВ) - як природних (Сонце, інші космічні об'єкти, радіоактивні мінерали), так і штучно створених (радіо- і телевізійні передавачі, радіолокаційні станції, різні промислові об'єкти, які використовують радіовипромінювання). Найнебезпечніші поля - це поля НВЧ-діапазону. Сантиметрові і міліметрові хвилі впливають на шкіру, дециметрові, проникаючи на глибину 10-15 см, впливають на внутрішні органи. Тому актуальною є задача створення пристроїв, які усувають вплив електромагнітного випромінювання на живі організми.

Особливу увагу приділяють запобіганню виявлення та захисту людей і військових об'єктів від випромінювання, що створюється засобами радіолокації, радіопеленгації, радіоприцілів та інших радіоелектронних засобів.

Ефективним методом зниження рівня ЕМВ є екранування їх джерел. При розробці конструкцій екранів використовуються різні матеріали, що мають здатність відбивати або поглинати електромагнітні хвилі в певному діапазоні частот. Відбиття електромагнітного випромінювання часто має негативний вплив, пов'язаний із формуванням перевідображеної хвилі, яка діє на об'єкт, що екранується. Крім того, воно може сприяти виявленню військових та секретних об'єктів зовнішнім засобам виявлення. Тому, особлива увага приділяється розробці екранів і покриттів, ефективність яких досягається за рахунок поглинання електромагнітного випромінювання.

Відомий захисний екран електромагнітного випромінювання на основі машинно-в'язаних полотен, які містять структури з мікродроту [1]. Вимірювання ефективності екранування у частотних діапазонах 30-4100 МГц і 37,5-142 МГц показало, що у смузі частот 100-400 МГц ефективність екранування досягала 4 дБ. Неоднорідність амплітудно-частотної характеристики (АЧХ) в діапазоні 37,5-142 ГГц викликана впливом реактивної складової структури. На низьких частотах ефективність екранів можна підвищити за допомогою використання матеріалів з високою електропровідністю. Більш ефективними на низьких частотах є екрани з мікродротами більшого діаметра, але при збільшенні частоти ефективність екранів з різним діаметром мікродротів стає однаковою. Таким чином, недоліками таких екранів є нерівномірність частотної характеристики і складна технологія виготовлення полотна.

Відомий захисний екран на основі волокнистих матеріалів [2]. Металічні малюнки формуються різними способами, а саме за допомогою металічних порошків, металомістких паст, фарб тощо. Максимальне значення ефективності екранування у радіочастотному діапазоні досягає 30 дБ. Перевагою аналога є можливість створення полотен різних розмірів і товщини, висока технологічність виробів і висока продуктивність сучасного в'язального обладнання. До недоліків захисного екрана на основі волокнистих матеріалів можна віднести те, що вони послаблюють дію ЕМВ радіочастотного діапазону, в основному, за рахунок відбиття. Характеристики застосовуваних матеріалів стабільні у досить вузькому діапазоні частот, що обмежує їх область застосування.

Найближчим аналогом за технічною суттю є радіопоглинаючий екран [3] на основі плоских тонких (товщиною до 2 мм) листів гуми, заповнених відрізками мікродроту довжиною 1-3 мм і діаметром 1-3 мкм. Мікродріт виконаний зі сплаву FeBSiMnC з магнітною проникністю $\mu_{\text{эф}} \sim 100$. Радіопоглинальні властивості екрана досліджували в діапазоні частот від 8 до 10 ГГц. Досліджувані зразки містили 5-8 г мікродроту на 100 г гуми. Результати дослідження показали, що на деяких частотах затухання досягає 30 дБ. Частотна характеристика затухання дуже нерівномірна. Недоліком матеріалів є їх висока електропровідність, що не дозволяє суттєво підвищити концентрацію відрізків мікродроту в композиті.

В основу корисної моделі поставлена задача створення ефективного захисного екрана від електромагнітного випромінювання НВЧ-діапазону, створеного з матеріалів, які забезпечують простоту виготовлення покриття і стабільність його характеристик.

Поставлена задача вирішується тим, що захисний екран від електромагнітного випромінювання НВЧ-діапазону виконаний з плоских тонких листів (плівок) діелектрика, у товщі основи якого хаотично розташовані відрізки тонкого провідного матеріалу, в якому згідно з корисною моделлю, як провідний матеріал використовують графіт довжиною від 1 до 5 мм, діаметром від 10 до 100 мкм і концентрацією від 100 до 300 шт/см².

Заявлений захисний екран одержують за будь-яким відомим способом.

Листи (плівки) діелектрика виконані з поліетилену або гуми або фторопласту є прозорими для випромінювання (мало його поглинають і розсіюють), а отже нерівномірність їх характеристик не впливатиме на характеристики екрана в цілому.

Використання в складі шару діелектрика електропровідного графіту довжиною від 1 до 5 мм, діаметром від 10 до 100 мкм і концентрацією від 100 до 300 шт/см² забезпечує послаблення випромінювання на 14,7 дБ в діапазоні довжин хвиль від 1 см до 40 см. Для цього достатньо одного шару екрана.

5 Використання корисної моделі дозволяє підвищити ефективність радіопоглинаючого покриття, яке складається з плоских тонких листів (плівок) гуми або поліетилену або фторопласту і т. д., в яких хаотично розташовані відрізки графіту з заданою характеристикою.

Суть корисної моделі пояснюється кресленням, де на Фіг. 1 зображено захисний екран з поліетиленової плівки з включеннями відрізків графітового волокна.

10 Позитивний результат при здійсненні корисної моделі базується на аномально великому поглинанні ЕМВ дуже тонкими волокнами [4, 5]. Він спостерігається, коли на волокно падає електромагнітна хвиля, електричний вектор якої паралельний осі волокна (Е-хвиля). На Фіг. 2 показано залежність фактора ефективності поглинання Q_{abs} від діаметра циліндра D . Матеріал волокна - графіт.

15 Фактор ефективності поглинання (ФЕП) визначається співвідношенням [6, 7]:

$$Q_{abs} = \frac{P_{abs}}{P}, (1)$$

де P - потужність випромінювання, яке попадає на волокно, P_{abs} - потужність
20 випромінювання, яке поглинене у волокні. Він показує - у скільки разів ефективний діаметр волокна більший від геометричного діаметра. ФЕП залежить від співвідношення між діаметром волокна D і довжиною хвилі випромінювання λ , від матеріалу волокна (його провідності, діелектричної і магнітної проникності). При деяких значеннях величини D/λ існує максимум поглинання. Коли довжина хвилі зростає, максимум зсувається у бік більших діаметрів і
25 збільшується. Так при $\lambda=8$ мм і діаметрі волокна 5 мкм ФЕП у максимумі досягає величини 78, при $\lambda=10$ см і діаметрі волокна 15 мкм він складає 260, а при $\lambda=1$ м і діаметрі волокна 50 мкм дорівнює 780.

Для випадку Н-хвилі (магнітний вектор хвилі паралельний осі волокна) ефект великого поглинання відсутній, ФЕП не перевищує 0,01.

30 Для довільного напрямку поляризації хвилі:

$$Q_{abs} = Q_{abs}^E \cos^2 \varphi + Q_{abs}^H \sin^2 \varphi, (2)$$

де Q_{abs}^E і Q_{abs}^H - ФЕП для Е-хвилі і Н-хвилі відповідно, φ - кут між електричним вектором і
35 віссю циліндра.

Для неполяризованого випромінювання:

$$Q_{abs} = \frac{Q_{abs}^E + Q_{abs}^H}{2}. (3)$$

40 Фактор ефективності розсіювання (ФЕР) - параметр, який визначається аналогічно фактору ефективності поглинання і порівняний за величиною з ФЕП.

На Фіг. 3 показано, як послаблення випромінювання тонким волокном (поглинання плюс розсіювання) залежить від довжини хвилі. Видно, що, починаючи з деякої довжини хвилі, послаблення стає постійним. Для графітового волокна діаметром 10 мкм це виконується,
45 починаючи з $\lambda=50$ мм, для волокна діаметром 5 мкм, - починаючи з $\lambda=10$ мм. Для цього волокна послаблення дещо менше, але все одно значення $Q_{abs} + Q_{sca}$ більші ніж 100.

Незалежність послаблення від довжини хвилі - важлива перевага такого захисного екрана. Оцінка послаблення випромінювання екраном підтверджується експериментально.

Параметри екрана розраховувалися наступним чином. Площа екрана - S_0 . У ньому
50 знаходяться відрізки волокна довжиною L , діаметром D , у кількості N на 1 м². На екран падає пучок випромінювання потужністю P_0 з довжиною хвилі λ .

На відрізки волокна попадає потужність:

$$P = IDLH, \text{ де } I = P_0 / S_0.$$

Потужність, яка в них поглинена:

$$P_{abs} = Q_{abs} P.$$

Розсіяна потужність:

$$P_{sca} = Q_{sca} P.$$

Потужність, яка пройшла крізь екран:

$$P_1 = P_0 - (P_{abs} + P_{sca}) = P_0 \left[1 - \frac{S}{S_0} (Q_{abs} + Q_{sca}) \right], \quad (4)$$

де $S = DLN$ - геометричний поперечний розріз відрізків волокна. Втрати потужності в екрані:

$$A = 10 \lg \frac{P_0}{P_1}. \quad (5)$$

З формули (4) видно, що втрати потужності складаються з поглинання, яке визначається фактором Q_{abs} , і розсіяння, яке визначається фактором Q_{sca} . Тому важливий вибір матеріалу волокон.

Фактори ефективності поглинання і розсіяння Е-хвилі для деяких видів волокон наведені у таблиці.

Таблиця

Фактори ефективності поглинання і розсіяння різних волокон

Матеріал	ρ , Ом·м	D, мкм	Q_{abs}^E	Q_{sca}^E
Графіт	$1300 \cdot 10^{-8}$	10	85	7,6
Ніхром	$100 \cdot 10^{-8}$	15	4,4	30
Платина	$10,6 \cdot 10^{-8}$	20	0,82	26
		50	0,19	15
Нікель	$6,9 \cdot 10^{-8}$	40	0,22	18
Вольфрам	$5,4 \cdot 10^{-8}$	40	0,18	18
Мідь	$100 \cdot 10^{-8}$	10	1,06	4
		30	1,68	20
		100	0,026	10

Дані табл. свідчать, що найбільш придатним матеріалом для поглинаючих екранів серед наведених у таблиці є графіт. У нього великий фактор ефективності поглинання, і поглинання більше за розсіяння.

Співвідношення між поглинанням і розсіянням покращується при збільшенні довжини хвилі (Фіг. 4). На Фіг. 4 товста лінія - фактор ефективності поглинання, тонка - фактор ефективності розсіяння.

Приклад 1. Визначення ефективності екрана проводилося шляхом оцінки послаблення випромінювання екраном при таких даних:

Екран: площа $S_0 = 1 \text{ м}^2$.

Волокно: матеріал - графіт, довжина - $L = 1,5 \text{ мм}$, діаметр - $D = 10 \text{ мкм}$, концентрація - $N = 140 \text{ шт/см}^2$.

Випромінювання: довжина хвилі $\lambda = 1 \text{ см}$, потужність $P_0 = 1 \text{ Вт}$.

Фактори ефективності поглинання $Q_{abs}^E = 85$, $Q_{abs}^H = 2,8 \cdot 10^{-4}$.

Фактори ефективності розсіяння $Q_{sca}^E = 7,6$, $Q_{sca}^H = 7,8 \cdot 10^{-8}$.

Відповідно до формули (3) для неполяризованого випромінювання приймаємо: $Q_{abs} = 42,5$, $Q_{sca} = 3,8$.

Оцінка за формулами (4) і (5) дає: $A = 14,7 \text{ дБ}$.

З них 90 % послаблення приходить на поглинання, 10 % - на розсіяння.

Заявлений захисний екран від електромагнітного випромінювання НВЧ-діапазону можна виготовити простим технологічним способом з використанням доступних і недорогих матеріалів в умовах підприємства на стандартному обладнанні.

5 Джерела інформації:

1. Лыньков Л.М., Борботько Т.В., Богуш В.А, Колбун Н.В. Конструкции гибких поглотителей электромагнитной энергии СВЧ-диапазона // Доклады БГУИР. - 2003. - Т. 1. - № 1. - С. 92-101.

2. Лыньков Л.М., Богуш В.А., Борботько Т.В., Украинец Е.А., Колбун Н.В. Новые материалы для экранов электромагнитного излучения // Доклады БГУИР. - 2004. - № 3. - С. 152-167.

10 3. Баранов С.А. Использование микропровода с естественным ферромагнитным резонансом для радиопоглощающих покрытий // Письма в ЖТФ. - 1998. - Т. 24. - № 14. - С. 21-23.

4. Шевченко В.В. // Радиотехника и электроника. - 1991. - Т. 36. - № 12. - С. 2460.

15 5. Кузьмичев В.М., Кокодий Н.Г., Сафронов Б.В., Балкашин В.П. // Радиотехника и электроника. - 2003. Т. 48. № 11. - С. 1240.

6. Ван де Хюлст Г. Рассеяние света малыми частицами. - М.: ИЛ, 1961. - 536 с.

7. M.Kerker. The scattering of light and other electromagnetic radiation. N.Y.: Academic Press, 1969, 666 p.

20 ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Захисний екран від електромагнітного випромінювання НВЧ-діапазону, що виконаний з плоских тонких листів (плівок) діелектрика, у товщі основи якого хаотично розташовані відрізки тонкого провідного матеріалу, який **відрізняється** тим, що як провідний матеріал використовують графіт довжиною від 1 до 5 мм, діаметром від 10 до 100 мкм і концентрацією від 100 до 300 шт/см².

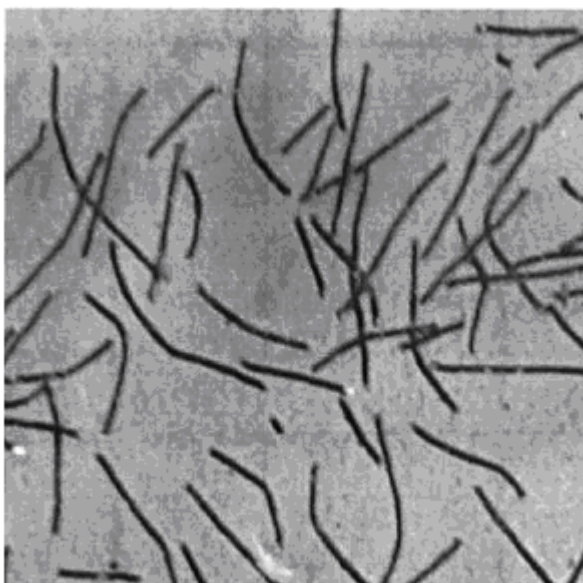
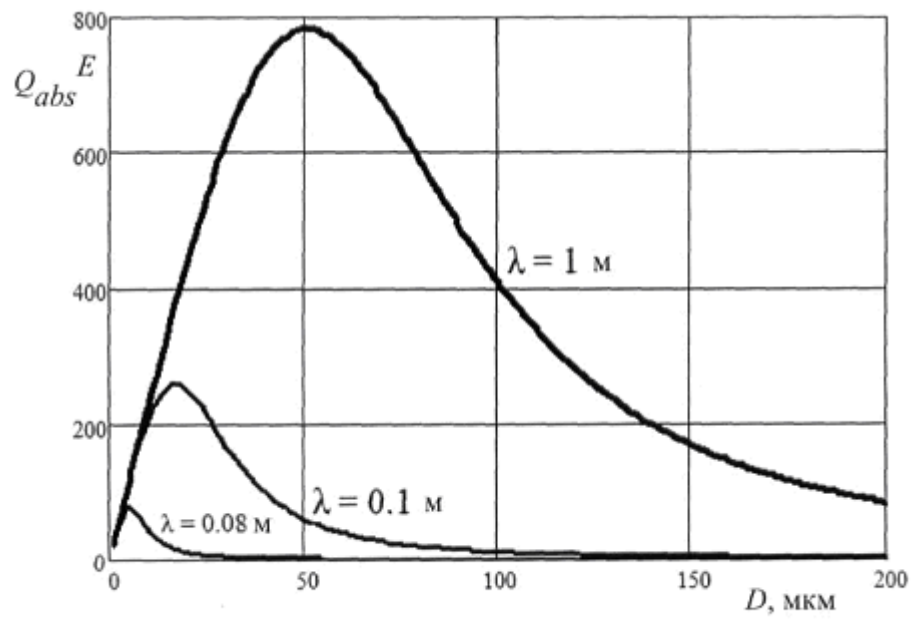
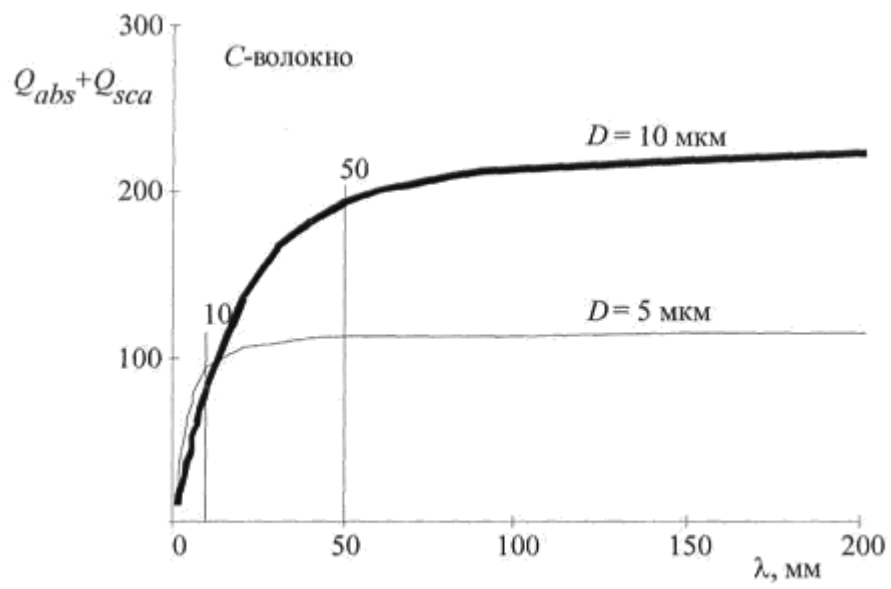


Fig. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

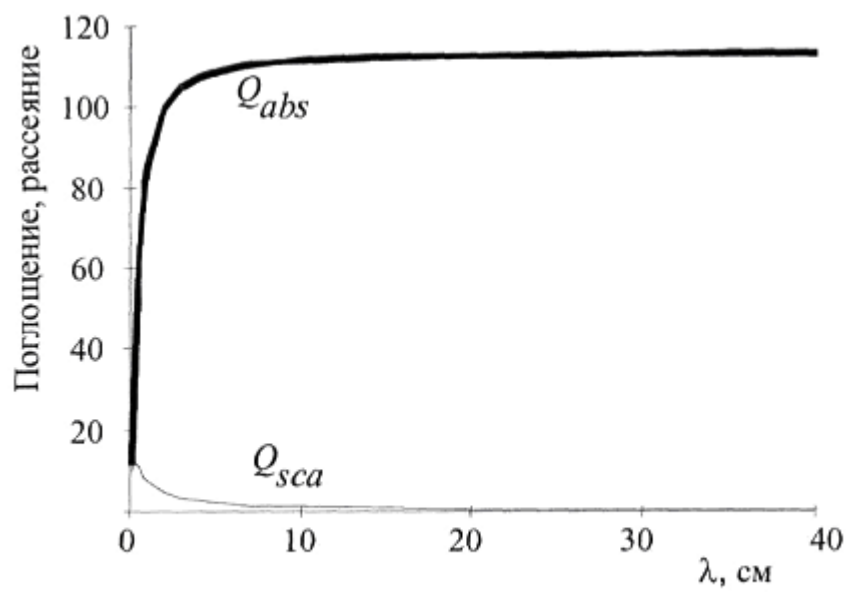


Fig. 4

Комп'ютерна верстка Т. Вахричева

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601