

تصميم مرشح ميكروي عالي الانتقائية باستخدام التوزع التجزئي لشرائح المواد سالبة معامل الانكسار ضمن دليل الموجة

د. السموعل صالح*

د. معين يونس**

رنا حسن**

(تاريخ الإيداع 19 / 5 / 2016. قَبْلُ للنشر في 13 / 10 / 2016)

□ ملخص □

ركزت الأبحاث في السنوات القليلة الماضية على مواد صناعية مؤلفة من بنى تكرارية تعطي خصائص مغناطيسية غير موجودة في الطبيعة فعند تفاعلها مع الأمواج الكهرومغناطيسية تعطي معاملي سماحية كهربائية ونفوذية مغناطيسية سالبين. سميت بالمواد سالبة السماحية الكهربائية والنفاذية المغناطيسية (Meta-materials) أو مواد ذات قاعدة اليد اليسرى ودرست هذه المواد في مجال الاتصالات المكروية والضوئية حيث استخدمت في عدة تطبيقات أهمها المرشحات والهوائيات والألياف الضوئية وقد تم دراسة التوضع التجزيئي لهذه المواد ضمن الفراغ الحر وتم تحليل كلا من معاملي الإرسال والانعكاس الناتجين عن سلوكها الجديد والوصول إلى تصميم مرشح ميكروي. يقترح هذا البحث تحليل خواص كلا من معاملي الإرسال والانعكاس الناتجين عن التوضع التجزيئي للشرائح MMS ضمن دليل الموجة ودراسة تأثير تغيير بارامترات الشكل التجزيئي على خصائص الإرسال لدليل الموجة ثم تطبيقه في مجال تصميم مرشح عالي الانتقائية.

الكلمات المفتاحية: المواد سالبة السماحية الكهربائية والنفوذية المغناطيسية ، شريط كانتور ، مرشح ميكروي

عالي الانتقائية ، التوضع التجزيئي

• أستاذ مساعد، قسم هندسة الاتصالات، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة تشرين، اللاذقية سورية
**أستاذ ، قسم هندسة الاتصالات، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة تشرين، اللاذقية سورية
***طالبة دراسات عليا (ماجستير) ، قسم هندسة الاتصالات، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة تشرين، اللاذقية سورية .

Design high selective microwave filter using fractal distribution of meta-materials in wave guide

Dr. Alsamawal Saleh^{*}
Dr . Moean Younes^{**}
Rana Hasan^{***}

(Received 19 / 5 / 2016. Accepted 13 / 10 / 2016)

□ ABSTRACT □

In last decade, many of researches have proposed to study materials with periodic structures, These structures can be engineered to realize novel electromagnetic properties and to achieve behaviors that are not found in naturally materials. These materials have negative permittivity and permeability .Those are called meta-material or Left Hand Material (LHM), They are fabricated, studied and analyzed within different applications of microwave and optical communication. Recently, the microwave engineering applications of artificial metamaterials have been widely discussed and various novel microwave components were achevid for example, filters, antennas and fiber optic. This paper studys and analyzes the reflection from fractal distribution of MMs layers in RHM medium, using the recursive method, and applies it in the design of microwave narrow band filters.

Key words: Meta-materials ,High Selective Microwave Filter ,Fractal Distribution

^{*}Assistant DeProfessor, Department of communication, Faculty of mechanical and electrical engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

^{**}Assistant DeProfessor, Department of communication, Faculty of mechanical and electrical engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

^{***}Master student, Department of communication, Faculty of mechanical and electrical engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

تسمى المواد التي تملك معامل سماحية كهربائية ونفوذية مغناطيسية سالبين بـ MMs Meta-materials، هذه المواد ذات معامل انكسار سالب القيمة لذلك يمكن تسميتها بالمواد ذات معامل الانكسار السالب. تكمن أهمية هذه المواد بالخصائص الجديدة الناتجة عن معامل الانكسار السالب والتي لم تعرف بها المواد ذات قرينة الانكسار الموجبة RHM ومنها آلية انحراف الأشعة الواردة إلى هذه المواد وآلية الرنين الناتج عن الحقول الكهرطيسية والتي جعلتها تواكب التطور السريع لعلم الاتصالات [3][6] وأضافت خصائص جديدة لم تكن موجودة في هذا المجال. استخدمت هذه المواد في مجال الأمواج الميكروية والهوائيات وتحديد المرشحات الميكروية والهوائيات فمثلاً تم دراسة التوضع التجزيئي لشرائح المواد سالبة معامل الانكسار (LHM) المتوضعة ضمن الفراغ الحر [8][3] حيث قدم هذا التركيب الجديد معامل انعكاس بحزم منع عريضة وواضحة يتخللها حزم تمرير ضيقة جداً عند أطوال منخفضة للتركيب وبالتالي قدم حجم أصغر للمرشح ميكروي بالمقارنة مع حجم المرشح المؤلف من شرائح المواد موجبة معامل الانكسار (RHM)، ولكن حتى الآن لم يسبق أن تم استخدام التوزيع التجزيئي لشرائح LHM ضمن دليل الموجة والاستفادة من الخصائص التي يقدمها هذا التركيب الجديد وتطبيقها في تصميم مرشح ميكروي ملائم لتطبيقات الاتصالات

أهمية البحث وأهدافه:

يتناول البحث دراسة وتحليل خصائص الانعكاس والارسال لمواد MMS والمتوضعة بشكل تجزيئي ضمن دليل الموجة وذلك من خلال تطوير العلاقات الرياضية الخاصة بالتوزيع الفراكتالي لشرائح RHM للوصول إلى العلاقات الرياضية الخاصة بالتوزيع الفراكتالي لشرائح LHM ضمن دليل الموجة [7] وتحليل النتائج للوصول إلى تصميم مرشحات بمعاملات وخصائص جديدة والاستفادة منها في المجالات الميكروية.

طرائق البحث وموارده:

1 ماهي الماد سالبة معامل الانكسار (MMS)

هي عبارة عن بنى صناعية تمتلك خواص كهرومغناطيسية غير موجودة في الطبيعة [8][2]، هذه الخواص تكتسبها من هيكليتها وليس من نوع المواد المكونة لها تعرف هذه المواد بأنها ذات معامل انكسار سالب والتي تتميز بمعامل سماحية كهربائية سالبة ونفوذية مغناطيسية سالبة ونتيجة لذلك سيكون سلوك هذه المواد بالنسبة لكل من الحقل الكهربائي والحقل المغناطيسي معاكس لسلوك المواد الطبيعية والتي توصف عادة بـ RHM (مواد قاعدة اليد اليمنى)، وبالتالي يمكن توصيف سلوكها بما يسمى قاعدة اليد اليسرى (LHM left hand materials)، تسمى أيضاً هذه المواد بالمواد ثنائية السلبية (Double negative DNG) أو يمكن أن تسمى وسط الموجة الراجعة (Back ward media)

1-1 خصائص الـ Meta-materials:

- يسلك الضوء والأمواج الميكروية الاتجاه المعاكس للاتجاه المتعارف عليه في مواد [8][2] RHM

 $n = 0$ $n > 0$ (RHM) $n < 0$ (LHM)

الشكل (1) اتجاه انتشار الامواج في LHM و RHM

• تجعل قرينة الانكسار السالبة للمواد سالبة معامل الانكسار من مسار الأمواج الميكروية حول الجسم أسرع من سرعته خلال هذا الجسم، وقد تم الاستفادة من هذه الخاصية بالحصول على ظاهرة الاخفاء.



الشكل (2) ظاهرة الاخفاء

2-1 تطبيقات Metamaterial

العدسات الفائقة : إن قرينة الانكسار السالبة أعطت خصائص جديدة أمكننا الاستفادة منها في تصنيع هذه العدسات فهي عبارة عن وسط يملك ناقلية كهربائية وسمحية مغناطيسية μ سالبين [2] ، تجعل بنية العدسات الفائقة منها أداة للتحكم ومعالجة الحقول المتخامدة (والتي تتخامد بشدة بعيدا" عن المرسل)، حيث تستطيع العدسات الفائقة إعادة تجميع وتركيز الأمواج المتخامدة وغير المنتشرة ضمن الوسط وقد تميزت العدسات الجديدة بأنها تعطي خيال بتفاصيل أكثر دقة من الخيال الذي تعطيه العدسات المصنعة من RHM.

الهوائيات : تم تحسين القدرة التي يشعها الهوائي وذلك من خلال استخدام MMS في تصنيع نوع جديد من

الهوائيات [1] حيث تمت الاستفادة من الخصائص الكهربائية والمغناطيسية الجديدة التي يقدمها معاملي السماحية الكهربائية والنفوذية المغناطيسية السالبيين في تصغير حجم الهوائي وإمكانية ضبط تردد العمل والحصول على اتجاهية عالية.

2 الجسم التجزيئي أو التكريري :

هو جسم غير منتظم يمكن أن يكون محدد ولكنه غير منته [5][7]، يمتلك خاصية التشابه الذاتي الداخلي ويتولد بالتجزئة، أي بتجزئة الشكل الأساسي إلى أصغر فأصغر ويشكل مشابه للجسم الأساسي ويوصف الجسم التجزيئي عن طريق مجموعة من المعاملات:

3-2-1 عوامل وبارامترات الجسم التجزيئي [3]

1_ البعد التجزيئي (fractal dimension D): هو معامل أساسي للجسم التجزيئي ونعبر عنه بالقانون

$$D = \ln(N)/\ln(1/\rho)$$

ρ : تمثل درجة التجزيء و N : عدد القطع الموجودة في الجسم التجزيئي

2_ مرحلة التجزيء (Stag of growth S): تتم العملية التكرارية المستخدمة في الحصول على الجسم

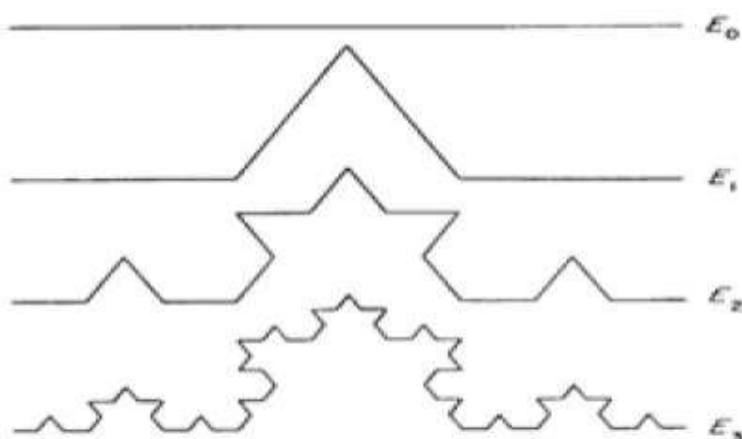
التجزيئي على عدة مراحل، كل مرحلة تدعى درجة تجزيء تبدأ هذه العملية بالمرحلة $S=0$ والتي تعبر عن الجسم الأساسي ثم $S=1$ التي تعبر عن مولد الجسم التجزيئي، وتستمر العملية إلى اللانهاية حتى تصغر قطع المادة وتتعدم ضمن الجسم .

3_ معامل تغير أبعاد الفجوات أو الفراغات (Lacunarity a): يعبر عن توزع الفراغات أو الفجوات

في الجسم التجزيئي، وهذا المعامل يعبر عن كثافة توزع المادة في الجسم التجزيئي الذي يكون بأشكال مختلفة ولها نفس البعد التجزيئي D ونفس درجة التجزيء ولكنها تختلف عن بعضها البعض بتوزع المادة ضمن الشكل التجزيئي للجسم.

2-2 أهم التراكيب التجزيئية :

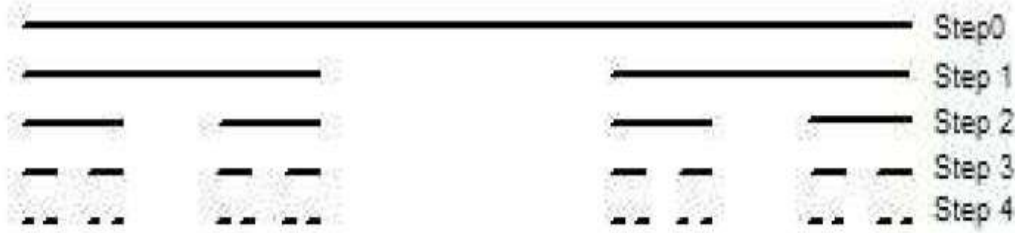
منحني فون كوخ (Koch Curve)



(b) Koch Snowflake

الشكل (3) منحني فون كوخ

مجموعة كانتور (Cantor Set)

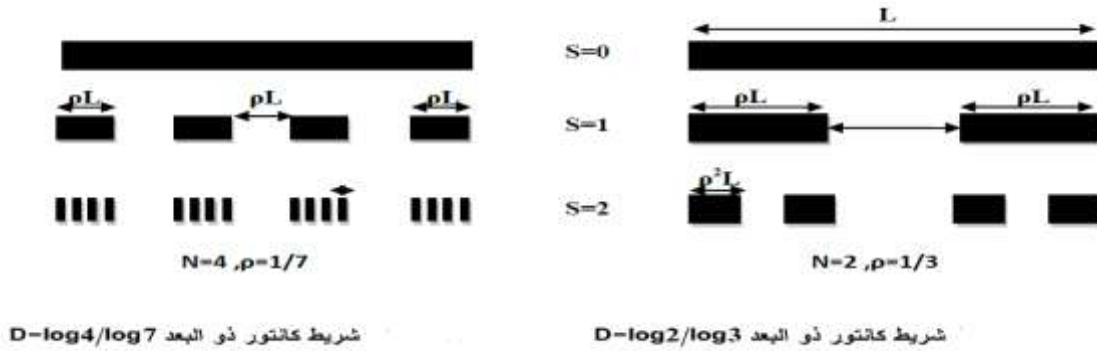


الشكل (4) مجموعة كانتور

في دراستنا سوف نستخدم بنية تجزيئية بسيطة هي شريط كانتور باختلاف نماذجه (المشروحة لاحقاً) وتعدد درجات التجزئ ومعامل توزع المادة واختلاف المواد المستخدمة

3-2 كيفية تشكيل الشريط الكانتوري:

أول من اقترحه هو العالم جورج كانتور ويعد من الأمثلة الشائعة في الهندسة التجزيئية [3]. يبدأ هذا التركيب بأخذ شريط كامل من مادة معينة يتوضع على مادة مضيئة أخرى ، يقسم الى m جزء ثم يزال من الأجزاء الناتجة X جزء فيبقى N جزء، ثم نعيد التقسيم على N جزء متبقي ونزيل منها X جزء وهكذا دواليك نتقدم بمراحل لتجزيء حتى تنتج لدينا مرحلة تجزيء للشكل الكانتوري منتهية لمادة قليلة جدا تسمى الغبار الكانتوري CANTOR DUST نميز عدة نماذج للشريط الكانتوري تختلف باختلاف قيم N و X ويبين الشكل التالي نموذجين مختلفين بحيث $x=1/p$ كما يبين آلية الحصول على الشريط الكانتوري المشروحة أعلاه :



ال

شكل (5) كيفية الحصول على الشريط الكانتوري

3- نموذج الكانتور المدروس $D = \ln(4)/\ln(7)$ ضمن دليل الموجة

يتم في هذا البحث دراسة وتحليل التوضع التجزيئي لشريط كانتور مكون من مواد LHM ضمن وسط ذو قرينة انكسار موجبة RHM والنموذج أو البنية المقترحة توضع ضمن دليل الموجة. النموذج التجزيئي المقترح الأول هو عبارة عن شريط كانتور ذو البعد التجزيئي $D = \ln(4)/\ln(7)$ يصمم هذا الوسط بإضافة طبقات عازلة ذات سماحية كهربائية $\epsilon < 0$ ضمن دليل الموجة وذلك وفق عملية تكرارية حيث يكون توزع الكتل العازلة في المرحلة S مكون

من h نسخة مطابقة من التوزيع في المرحلة السابقة $S-1$ وكل منها مصغرة بعامل ρ وعدد الأجسام الناتجة N فيحدد بناءً على ذلك بعد التشابه DS :

$$Ds = \ln(N) / \ln(\rho) \quad (1_1)$$

ρ : معامل التقسيم

تم إنجاز العمل على مراحل في المرحلة الأولى : نقسم القطعة الأساس بمعامل تقسيم $\rho = \frac{1}{7}$ ، ثم ننزع ثلاث أجزاء كما هو موضح بالشكل فنحصل على $N=4$ قطع متشابهة وتشبه الجسم الأصلي ولكن أقل طولاً بمقدار معامل التقسيم. هذه المرحلة ندعوها مرحلة التجزئ الأولى $S=1$ أو المولد (Generatore) للجسم التجزئي
 المرحلة الثانية : نقوم بنفس العملية السابقة لكل قطعة في الجسم المولد فنحصل على 16 قطعة مشابهة للجسم الأصلي ولكن مصغرة بمقدار $\rho^2 = \frac{1}{7^2}$ إذا يمكننا القول بأن هذا الجسم يتولد بالتجزئ أو التكسير كما ويوصف بثلاث معاملات أساسية هي :

1- البعد التجزئي أو التكسيري وهو يعبر عن بعد هذا الجسم ويعبر أيضاً عن شكله وهنا يعطى بالعلاقة 0.75

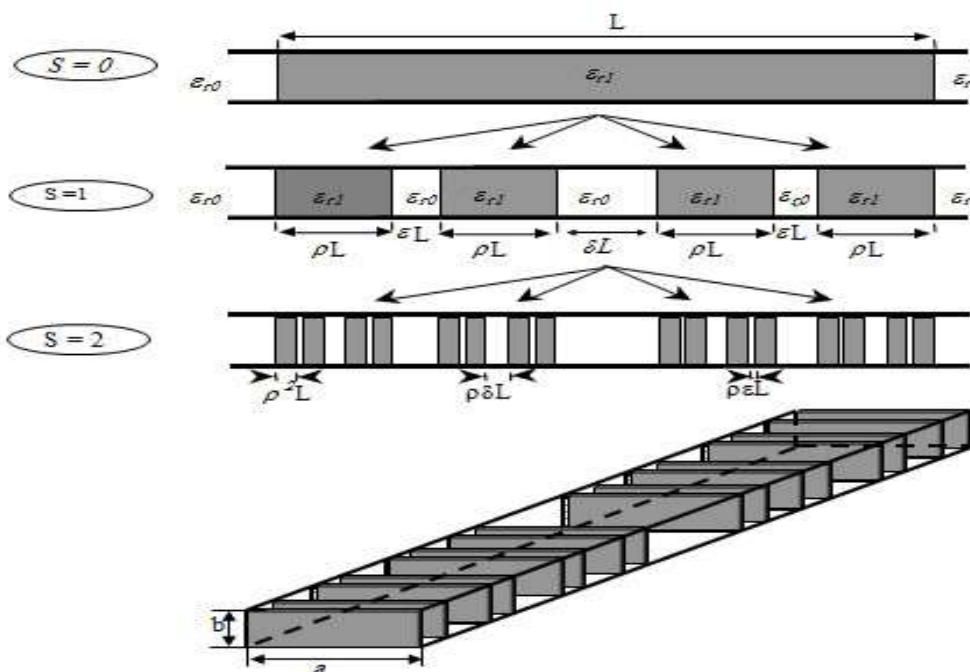
$$D = \frac{\ln N}{\ln 1/\rho} = \frac{\ln 4}{\ln 7} =$$

2- درجة التجزئ وتعبّر عن درجة التكرار وعدد المرات التي يتكرر بها الجسم المولد في الجسم التجزئي

$$S = 1, 2, 3, \dots$$

3- معامل تغير أبعاد الفجوات أو الفراغات في الجسم التجزئي وتعبّر عن توزيع الفراغات أو الفجوات داخل

الجسم التجزئي ويعطى بالعلاقة : $a = (1 - N\rho) / (N - 1)$



الشكل (6) توزيع شريط كانتور ذو البعد $D = \ln(4) / \ln(7)$ من أجل ثلاث مراحل الأولى

النتائج والمناقشة :

قمنا بدراسة وتحليل كل من معامل الإرسال والانعكاس الناتجين عن الجسم التجزيئي المقترح سابقا وذلك بتطوير العلاقات الرياضية الخاصة بالتوزيع التجزيئي لشرائح RHM ضمن دليل الموجة [7] والتي تعتمد آلية التشابه الداخلي في حساب كل من علاقة الانعكاس R والارسال T حيث يتم حساب معاملي الإرسال والانعكاس لكل نمط من أنماط الأمواج المنتشرة ضمن دليل الموجة بتكرار الحل الرياضي بناءا على التكرار في الجسم التجزيئي ويتم ذلك على خطوتين :

1. يتم الحساب بالإعتماد على عدد المقاطع المتكررة N في المرحلة S
 2. يتم الحساب بالإعتماد على مرحلة التجزيء S: حيث تعتبر البداية عند S=0
- المعادلات الخاصة بحساب معاملات الإرسال والانعكاس للشريط الكانتوري والمعتمدة على عدد المقاطع المتكررة N ضمن المرحلة S
- معامل الانعكاس:

$$R_N[x, y, \alpha_N] = x + \frac{y^2 R_{N-1}[x, y, \alpha_{N-1}] e^{j2\gamma_0 M \alpha_N L}}{1 - x R_{N-1}[x, y, \alpha_{N-1}] e^{j2\gamma_0 M \alpha_N L}} \quad (2-1)$$

معامل الإرسال:

$$T_N[x, y, \alpha_N] = \frac{y T_{N-1}[x, y, \alpha_{N-1}] e^{j2\gamma_0 M \alpha_N L}}{1 - x R_{N-1}[x, y, \alpha_{N-1}] e^{j2\gamma_0 M \alpha_N L}} \quad (3-1)$$

بالنسبة للشروط الابتدائية عندما N=0:

$$R_0[x, y, 0] = x \quad \text{ولدينا أيضا} \quad T_0[x, y, 0] = y$$

المعادلات الخاصة بحساب معاملي الإرسال والانعكاس للشريط الكانتوري وبالاعتماد على مرحلة التجزيء S

$$R_{(0, \rho^S L)} = \frac{r_{01} + (t_{10} t_{01} - r_{01} r_{10}) r_{10} e^{j\gamma_1 M \rho^S L}}{1 - r_{10} r_{01} e^{j2\gamma_1 M \rho^S L}} \quad (4-1)$$

$$T_{(0, \rho^S L)} = \frac{t_{10} t_{01} e^{j\gamma_1 M \rho^S L}}{1 - r_{10} r_{01} e^{j2\gamma_1 M \rho^S L}} \quad (5-1)$$

α : معامل تغير أبعاد الفجوات أو الفراغات γ (lacunarity) : معامل الانتشار

تم التوصل من خلال تطوير العلاقات السابقة وبلاستفادة من الخصائص الجديدة التي يضيفها استخدام شرائح

LHM إلى حساب كل من معاملي الإرسال والانعكاس عند الحد الفاصل بين مادتين RHM و LHM متوضعتين

ضمن دليل الموجة

$$r_{01} = \frac{z_{0m} + z_{1m}}{z_{0m} - z_{1m}} = r \quad (6-1)$$

$$r_{10} = \frac{-(z_{0m} + z_{1m})}{z_{0m} - z_{1m}} = -r \quad (7-1)$$

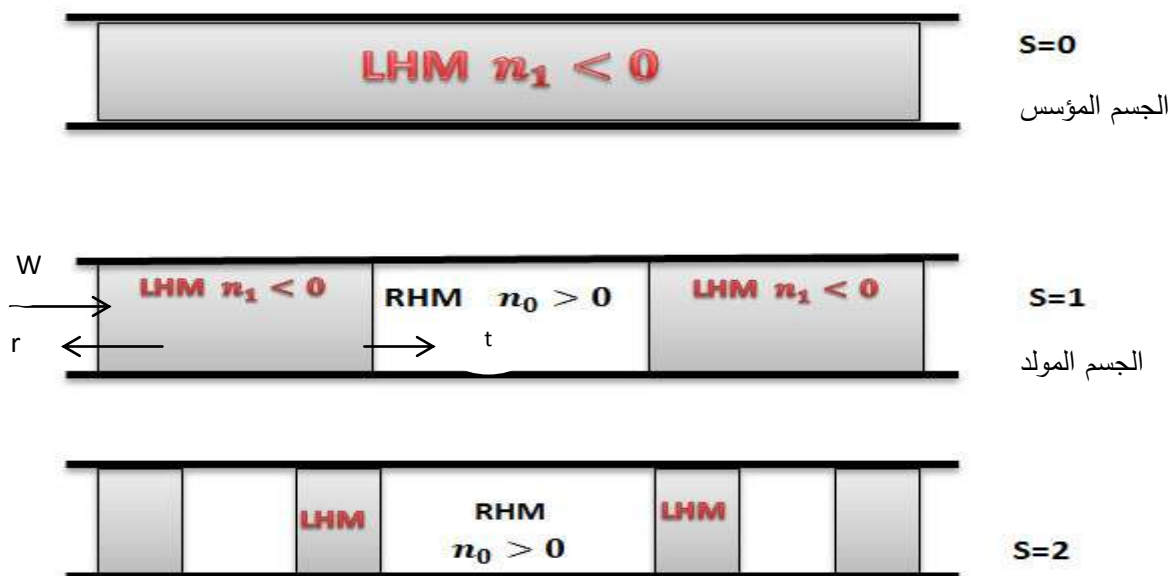
$$t_{01} = \frac{2z_{0m}}{z_{0m} - z_{1m}} = t \quad (8-1)$$

$$t_{10} = \frac{-2z_{1m}}{z_{0m} - z_{1m}} = t' \quad (9-1)$$

تم تطوير برنامج حاسوبي باستخدام البيئة البرمجية MATLAB لحساب كلا من معاملي الارسال والانعكاس للجسم التجزيئي المدروس. في البداية قمنا بدراسة معامل الارسال للتوزع التجزيئي للجسم المدروس سابقا بوجود نوعين من المواد LHM و RHM بقرينتي انكسار $n_0 = 1$ و $n_1 = -3.5$ أي بأخذ مادة ذات معامل انكسار سالب ضمن التوزع التجزيئي السابق أي المعاملات المأخوذة سابقا نفسها هنا يصبح لدينا توزع تجزيئي لشرائح LHM وشرائح RHM ضمن دليل الموجة

1 التوزع الكانتوري $D = \ln(2)/\ln(3)$:

النموذج المقترح الثاني نحصل عليه كما يلي : نقسم القطعة المؤسسة بمعامل تقسيم $\rho = 1/3$ ، ثم نزع بعض هذه الأجزاء وليكن الجزء المتوسط فنحصل على $N=2$ قطع متشابهة فنحصل على نموذج كانتوري جديد $D = \ln(2)/\ln(3)$ ونكرر هذه العملية على أكثر من مرحلة



الشكل(7)توزيع شريط كانتور ذو البعد $D = \ln(2)/\ln(3)$ مناجل المراحل التجزيئية الثلاث الأولى

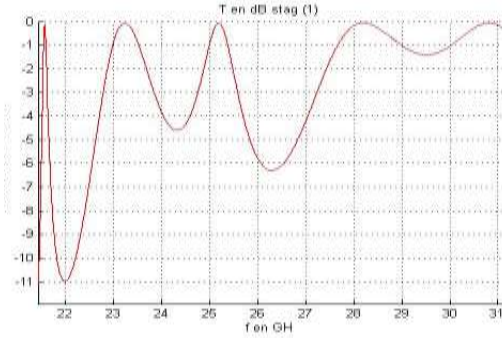
W : موجة واردة لدليل الموجة

r : الموجة المنعكسة عند الحد الفاصل بين مادتي RHM و LHM ضمن دليل الموجة

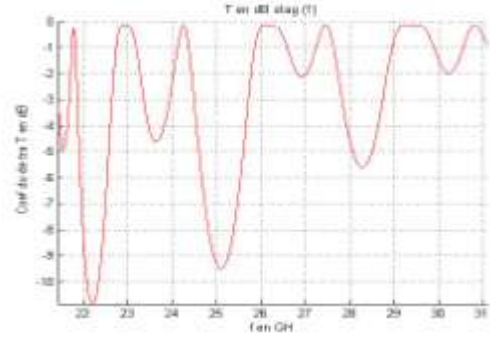
t : الموجة المرسله عند الحد الفاصل بين مادتي RHM و LHM

قمنا بالدراسة على عدة مراحل :

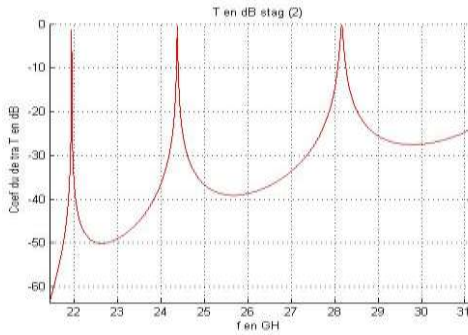
المرحلة الاولى: قمنا بدراسة تأثير البعد التجزيئي D على كل من معاملي الارسال والانعكاس الناتجين عن التوزع التجزيئي لشرائح LHM ضمن دليل الموجة ومن أجل التوزعين السابقين يكون معامل الارسال في المراحل الثلاثة الأولى ومن أجل بعدين تجزيئيين مختلفين على الشكل التالي:



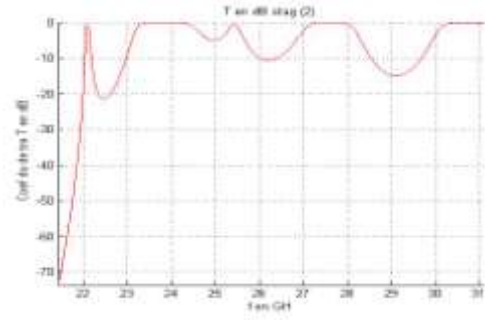
الشكل (9) معامل الارسال لتوزيع شريط كانتور
 $D = \frac{\ln(4)}{\ln(7)}$ للمواد LHM عند مرحلة التجزيء $S=1$



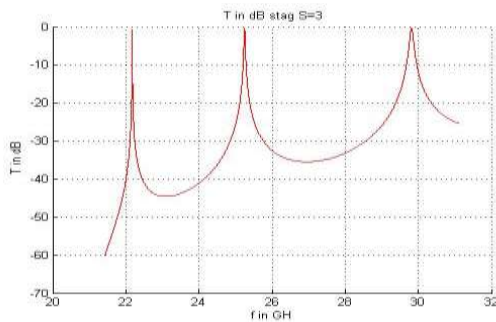
الشكل (8) معامل الارسال لتوزيع شريط كانتور
 $D = \frac{\ln(2)}{\ln(3)}$ للمواد LHM عند مرحلة التجزيء $S=1$



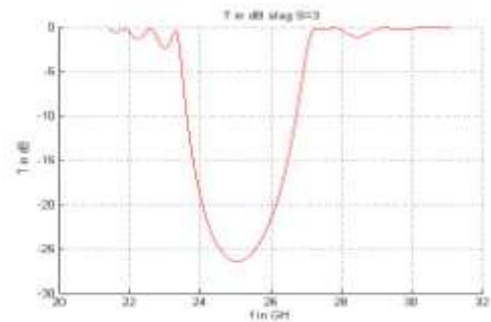
الشكل (11) معامل الارسال لتوزيع شريط كانتور
 $D = \frac{\ln(4)}{\ln(7)}$ للمواد LHM عند مرحلة التجزيء $S=2$



الشكل (10) معامل الارسال لتوزيع شريط كانتور
 $D = \frac{\ln(2)}{\ln(3)}$ للمواد LHM عند مرحلة التجزيء $S=2$



الشكل (13) معامل الارسال لتوزيع شريط كانتور
 $D = \frac{\ln(4)}{\ln(7)}$ للمواد LHM عند مرحلة التجزيء $S=3$



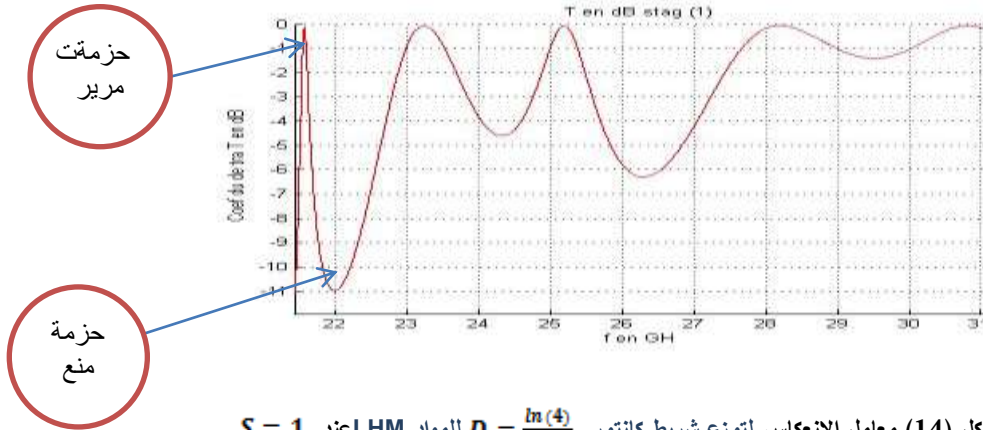
الشكل (12) معامل الارسال لتوزيع شريط كانتور
 $D = \frac{\ln(2)}{\ln(3)}$ للمواد LHM عند مرحلة التجزيء $S=3$

بالمقارنة بين النموذجين نلاحظ أنه بزيادة البعد التجزيئي يزداد عدد حزم التمرير وتصبح أضيق وأوضح وحزم المنع يزداد عمقها ويزداد عرضها ومن الملاحظ أن الشريط الكانتوري $D = \ln(4)/\ln(7)$ يولد عدد أكبر من حزم

التمرير الضيقة والتي يمكن أن تعمل عمل مرشح تمرير حزم متعددة وهذا برأينا عائد للعدد الكبير للأجواف الطنينية والمتقارنة مع بعضها البعض في هذه الهيكلية التجزيئية، حيث ازداد عدد هذه الاجواف نتيجة زيادة معامل التقسيم p مما أدى إلى زيادة عدد المقاطع المتكررة المتوضعة ضمن دليل الموجة .

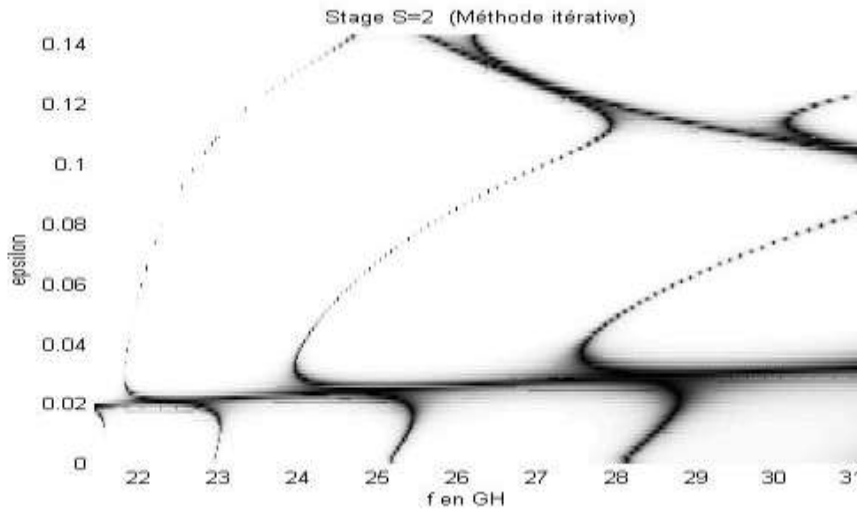
المرحلة الثانية : سنقوم بدراسة تأثير مرحلة التجزيء (S) على معاملي الإرسال والانعكاس وذلك للنموذج

$$D = \ln(4)/\ln(7) \text{ الكانتوري ذو البعد التجزيئي}$$



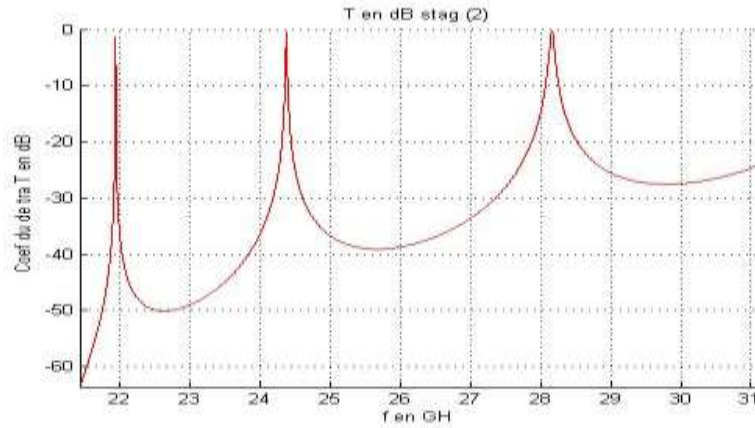
الشكل (14) معامل الانعكاس لتوزيع شريط كانتور $D = \frac{\ln(4)}{\ln(7)}$ للمواد LHM عند $S = 1$

هنا قمنا باستخدام twist plot وهي عملية رسم ثلاثية الأبعاد تمثل معامل الإرسال مع التردد ومعامل تغيير الفجوات في الشكل يتمثل البعد الثالث بالتردد واللون الرمادي والذي يدل متى يكون المعامل R صفر ومتى يكون واحد، تم رسم هذه المخططات باستخدام لغة الماتلابو استخدمناها هنا للحصول على معامل الإرسال عند قيم مختلفة لمعامل توزيع كثافة المادة (تغير الفجوات)

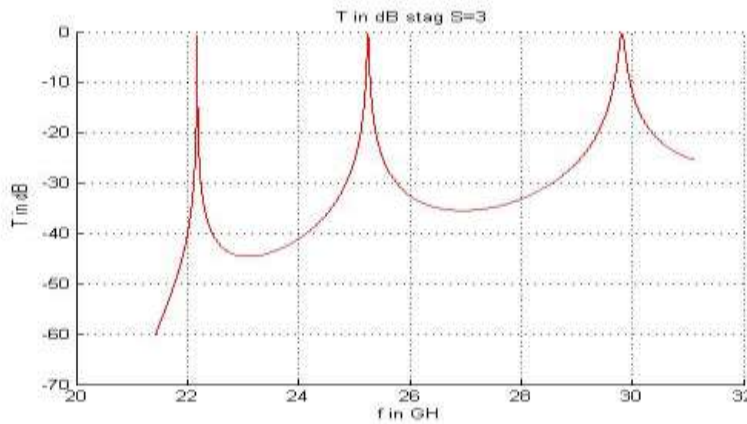


الشكل (15) معامل الإرسال كتابع لمعامل توزيع كثافة المادة

بأخذ قيمة لمعامل توزيع كثافة المادة $\delta = 0.05$ يكون معامل الإرسال على الشكل التالي



الشكل (16) معامل الارسال لتوزيع شريط كانتور $D = \frac{\ln(4)}{\ln(7)}$ للمواد LHM عند مرحلة التجزيء $S=2$



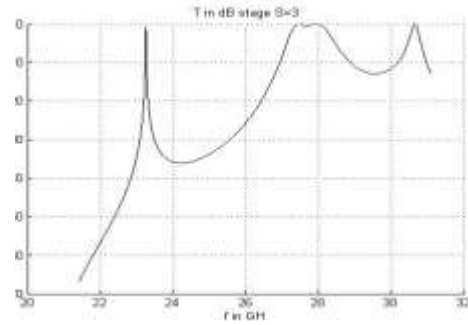
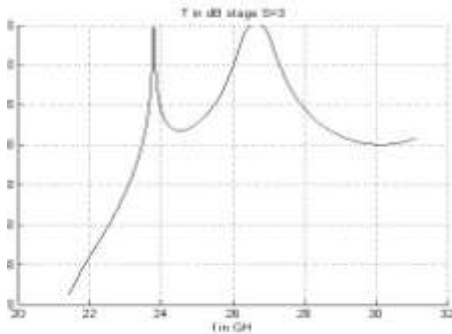
الشكل (17) معامل الارسال لتوزيع شريط كانتور $D = \frac{\ln(4)}{\ln(7)}$ للمواد LHM عند مرحلة التجزيء $S=3$

من خلال ماسبق نلاحظ أننا بزيادة درجة التجزيء حصلنا على حزم تمرير ضيقة جدا وحزم منع عريضة وهذا يؤكد تفسيرنا السابق بوجود عدد كبير من الأجواف الطنينية المتقاربة.

المرحلة الثالثة : دراسة تأثير تغيير معامل توزيع المادة (lacunarity)

في هذه المرحلة سندرس تأثير تغيير معامل توزيع المادة على معامل الارسال للنموذج الكانتوري السابق وذلك

عند المرحلة $S=3$ مع المحافظة على البارامترات التجزيئية السابقة نفسها



الشكل (18) معامل الارسال لتوزيع شريط كانتور

الشكل (19) معامل الارسال لتوزيع شريط كانتور

$$D = \frac{\ln(4)}{\ln(7)}$$

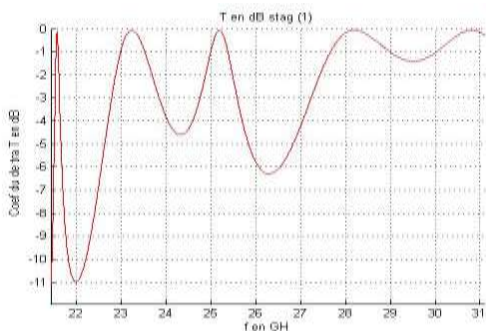
للمواد LHM عند المرحلة $S=3$ و $\delta = 0.115$

$$D = \frac{\ln(4)}{\ln(7)}$$

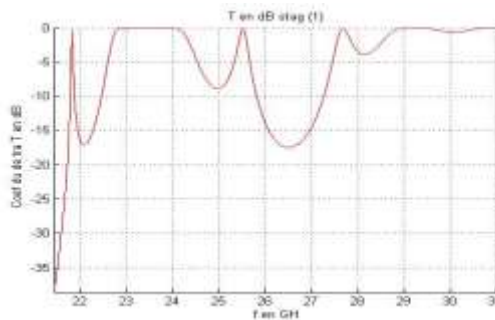
للمواد LHM عند المرحلة $S=3$ و $\delta = 0.0975$

من خلال ما سبق نلاحظ أن مواقع حزم التمرير تتغير بتغير معامل توزع المادة وهذا يقودنا إلى نتيجة مفادها أنه يمكننا التحكم بمواقع حزم التمرير من خلال تغيير معامل توزع المادة في الجسم التجزيئي .

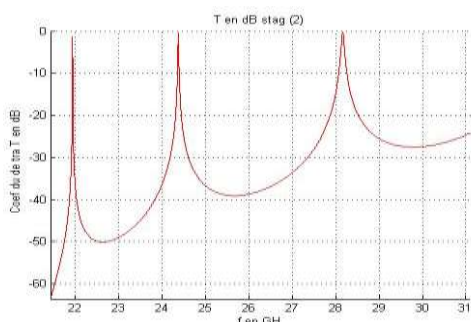
المرحلة الرابعة : سنقوم بالمقارنة مع معامل الارسال للتوزع التجزيئي للجسم المدروس سابقاً بوجود نوعين من RHM بقيرنتي انكسار مختلفتين $n_0 = 1$ و $n_1 = 3$ بينت النتيجة وجود حزم منع تبدأ بالظهور بشكل واضح في مرحلة التجزيء الثالثة حيث يقل عددها ويزداد عرضها



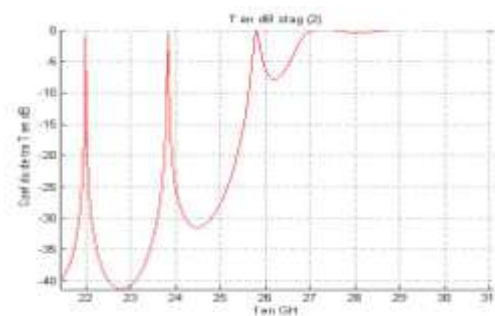
الشكل (21) معامل الارسال لتوزع شريط كانتور للمواد LHM عند مرحلة التجزيء $S=1$



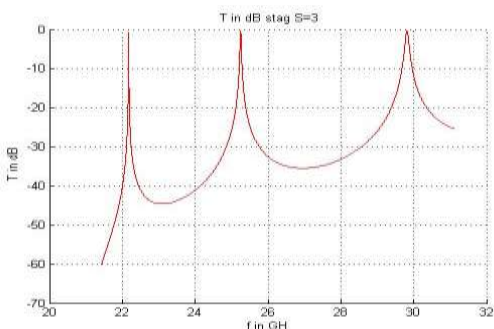
الشكل (20) معامل الارسال لتوزع شريط كانتور للمواد RHM عند مرحلة التجزيء $S=1$



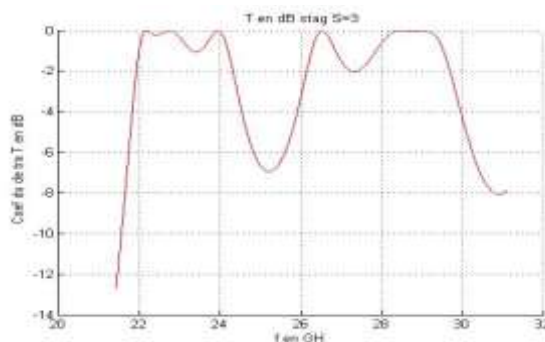
الشكل (23) معامل الارسال لتوزع شريط كانتور للمواد LHM عند مرحلة التجزيء $S=2$



الشكل (22) معامل الارسال لتوزع شريط كانتور للمواد RHM عند مرحلة التجزيء $S=2$



الشكل (25) معامل الارسال لتوزع شريط كانتور للمواد LHM عند مرحلة التجزيء $S=3$



الشكل (24) معامل الارسال لتوزع شريط كانتور للمواد RHM عند مرحلة التجزيء $S=3$

من خلال ما سبق نلاحظ أن استخدام مواد LHM أعطى عدد أكبر من حزم التمرير الضيقة، فمثلاً من أجل مرحلة التجزيء $S=3$ نلاحظ وجود ثلاث حزم تمرير ضيقة جداً وبالتالي أمكننا تصميم مرشح تمرير ضيق الحزمة عند

أي من هذه الحزم ويعمل في المجال الترددي GHz [20-32] فمن أجل حزمة التمرير الأولى يكون تردد الرنين للمرشح المصمم $F_0 = \sqrt{F_1 F_2} = 22.0578$ GHz حيث F_1, F_2 : الترددات عند نقاط نصف الاستطاعة ويكون معامل الجودة لهذا المرشح $Q = \frac{F_0}{\Delta F} = 6127$ وهنا حصلنا على معامل جودة عال (أي خسارة منخفضة جدا) ضمن مجال التمرير).

الاستنتاجات والتوصيات:

بينت هذه الدراسة أن الهندسة التجزيئية تعطي عددا "كبيرا" من المعاملات الإضافية مما يعطي درجة أكبر من الحرية في تصميم أي عنصر ميكروبيعتمد في تصميمه على الاجسام التجزيئية بالإضافة لأن التركيب التجزيئي يحوي عددا متغير الأبعاد من الفجوات ويمكن التحكم بها من قبل معاملات الجسم التجزيئي وبالنتيجة باختيار التوزيع التجزيئي لشرائح LHM وشرائح RHM ضمن دليل الموجة تمكنا من الوصول إلى تصميم مرشح ميكروي ذو معامل جودة عاليمن خلال اختيار مرحلة التجزيء المناسبة بالإضافة إلى إمكانية التحكم بمواقع حزم التمرير لهذا المرشح وجعلها عند ترددات معينة من خلال تغيير قيمة بارامتر معامل توزيع المادة (lacunarity) وبالتالي يمكن الاستفادة من هذا التوزيع المذكور سابقا بعد تحديد البعد التجزيئي D ومرحلة التجزيء S و معامل تغير كثافة المادة المناسبين عند تردد معين في تصميم مرشح ميكروي ضيق الحزمة جدا يستخدم في تطبيقات معينة في مجال الاتصالات الميكروية والضوئية أو مرشح تمرير لحزمتين ضيقتين بنفس الوقت أو مرشح متعدد الحزم.

المراجع:

- [1] HOSSAIN, M, FARUQUE, M.R.I., "A New Wide-Band Double-Negative Metamaterial for C- and S-Band Applications". Materials Switzerland, Materials 8, 2015, pp.57-71.
- [2] QIONG, H; LIN, S, S; YONG, S, Z. "Manipulating electromagnetic waves with metamaterials Concept and microwarealization". China phys Vol .23, Num.4, 2014, pp.1-12.
- [3] Saleh, A, S; Raveu, N. "Transmission Peak at Lo Frequencies by a Fractal Distribution of Metamaterials Layers in Free Space". Microwave and Optical technology letters (MWOPLET) France. vol.49, no.1, 2007, pp. 105-109.
- [4] TANG, S, HE, Q, XIO, S, HUANG, X, ZHOU, L. "Fractal plasmonic metamaterials": physics and application. Nanotechnol Rev China. Vol. 4, Num .3, 2015, pp.277-288
- [5] TIWARI, T. "Fractal application in electrical and electronics engineering". International Journal of engineering science & advanced technology U.S.A . Vol.2, Num.3, 2012, pp.406 – 411 .
- [6] UBIED, M, F,; SHABAT, M, M; SID-AHMED, M, O. "Maximum and Minimum Transmittance of a Structure Containing N-Identical Pairs of Left- and Right- Handed Materials". Journal of Nano- and Electronic Physics Ukraine , Vol. 4 No 4, 2012, pp. 1-5.
- [7] د.م. السموع صالح، د.متاج الدين جركس، م. فانتن سرحيل " حزمنا تمرير ضيقنا النطاق ضمن الحزمة الممنوعة الناتجة عن شريط تجزيئي باستخدام معامل تغيير توزيع المادة" نشر في مجلة بحوث جامعة تشرين لعام 2012، ص 105_114.
- [8] د.م. السموع صالح، " خصائص الانعكاس الناتجة عن التوزيع التجزيئي وحيد البعد للمواد سالبة العازلية الكهربائية والنوذية المغناطيسية وتطبيقها في تصميم مرشح تمرير مكروي ضيق الحزمة " تم قبوله للنشر في مجلة بحوث جامعة تشرين لعام 2013، ص 123_109.