مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (34) العدد (1) 2012
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (34) No. (1) 2012

حزمتا تمرير ضيقتا النطاق ضمن الحزمة الممنوعة الناتجة عن شريط تجزئيي باستخدام معامل تغيير توزع المادة

الدكتور السموءل صالح*
الدكتور تاج الدين جركس**
فاتن سرحيل ***

(تاريخ الإيداع 15 / 8 / 2011. قُبِل للنشر في 24/ 10 / 2011)

□ ملخّص □

تزايد الاهتمام في السنوات الأخيرة بالتطبيقات العملية للهندسة التجزيئية (Fractional Geometry) في مجال الأمواج الضوئية والأمواج الميكروية، كونها تملك خصائص فريدة مثل خاصية التشابه الداخلي (self–similarity) حيث كل جزء من الجسم التجزيئي يشبه الجسم الأصلي ولكن مصغر بمقدار معامل التجزيء، بالإضافة إلى عدم الانتظام الموجود في هذه البنية الذي ينتج عنه ظهور حزم تمرير(the peak) متوضعة ضمن حزم المنع الترددية، وبالتالي يمكن انطلاقاً من هذه النتيجة، تصميم العديد من التجهيزات عديدة الترددات، على سبيل المثال مرشحات متعددة الحزم، ومرشحات انتقائية، وهوائيات متعددة الحزم وهوائيات ذات حزمة ترددية عريضة.

الكلمات المفتاحية: الهندسة التجزيئية، شريط كانتور، معامل تغيير توزع المادة، مخططات الانعراج، مرشح تجزيئي.

*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) – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية–جامعة تشرين– اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (34) العدد (1) 2012
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (34) No. (1) 2012

Using Variable Lacunarity for Analysing two Narrow-Band Transmission Peaks within Forbidden Gaps resulting from a Fractional Bar

Dr. Alsamawal Saleh*
Dr. Taj dein Jarkas**
Faten Sarhel***

(Received 15 / 8 / 2011. Accepted 24 / 10 / 2011)

□ ABSTRACT □

The applications of fractional geometry has attracted greater attention In recent years, because it is characterized by specific properties such as self-similarity in which the parts of objects are exactly or approximately similar to the original object itself, but reduced by a reduction factor and the irregularity of the structure, leading to the appearance of the peaks inside high-attenuation frequency bands. This result contributes to designing many multi-frequency devices such as multi-band filters, selective filters, multi-band antennas, and multi-broadband antennas.

Keywords: fractional geometry, cantor bar, lacunarity ,twist plots ,fractal filter

***Associate Professor, Department of Communications Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University ,Lattakia, Syria.**
****Professor, Department of Communications Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
*****Postgraduate Student, Department of Communications Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

مقدمة:

دُرس الشريط الكانتوري كمثال عن التراكيب التجزيئية، (سمي شريط كانتور نسبة إلى العالم جورج فيليب كانتور) حيث يتألف من قطعة مستقيمة ذات دليل انكسار n_1 تم تقسيمها إلى ثلاثة قطع متساوية وإزالة القطعة المتوسطة وبالتالي يتضمن هذا التركيب وجود فجوة هوائية (ذات دليل انكسار منخفض n_0) في منتصفه، سندرس هذه البنية ونوجد معاملات الإرسال والاستقبال للمطابقة مع الأبحاث والمراجع [1] وثم نقترح نوعاً جديداً من التوزيع التجزيئي يتضمن وضع صفيحة ذات دليل انكسار مرتفع بدلاً من الفجوة الهوائية الموجودة في منتصف شريط كانتور، وحساب معاملات الإرسال والانعكاس عن هذا النموذج ، بعد ذلك سندرس تأثير معامل تغيير توزع المادة الذي أهملته الدراسات السابقة على معامل الإرسال والانعكاس، و إمكانية انتقاء قيمة مثلى لهذا المعامل من خلال رسم مخططات الانعراج (twist plot) للبنية التجزيئية ، بحيث نحصل على حزمتي تمرير ضمن الحزمة الممنوعة بدلاً من حزمة واحدة ما يمكننا من تصميم مرشح تجزيئي ذي انتقائية عالية في نهاية هذا البحث .

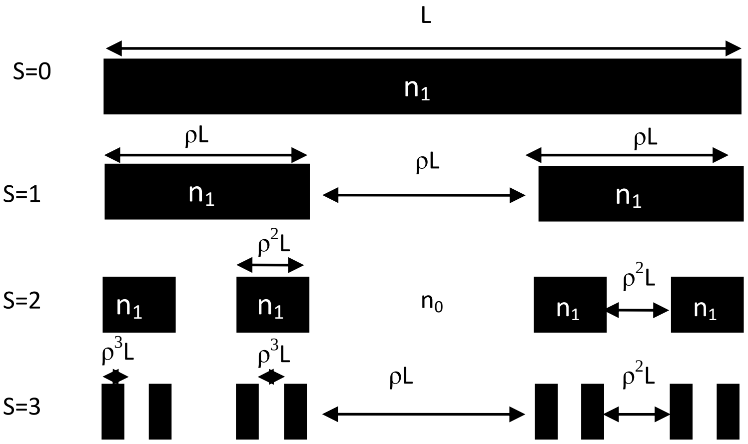
أهمية البحث وأهدافه:

يقدم البحث المطروح مساهمة جديدة في تصميم مرشحات تجزيئية انتقائية من خلال إدخال معاملات تجزيئية جديدة مثل معامل تغيير توزع المادة الذي يتيح لنا إمكانية التحكم في موقع حزمة التمرير ضمن حزمة المنع الترددية عن طريق اختيار القيمة الفضلى لهذا المعامل الذي ينتج عنه حزمة تمرير انتقائية.

طرائق البحث ومواده:

1- لمحة موجزة عن شريط كانتور:

إن شريط كانتور (cantor bar) بشكل عام هو قطعة مستقيمة ذات طول L من مادة ما ذات قرينة انكسار n_1 متوضعة في الفراغ الحر ذو قرينة انكسار n_0 (باعتبار أننا نعمل في مجال الأمواج الميكروية أو الضوئية لا نأخذ عرض الشريط الكانتوري W بالحسبان ولكن بشكل عام نعتبر $W > L$)، نقوم بتقسيم هذه القطعة إلى ثلاثة أقسام متساوية بمعامل تقسيم $\rho=1/3$ ثم ننزع القطعة الوسطى ، فنحصل على قطعتين متشابهتين وتشبهان الجسم الأصلي ولكن أقل طولاً بمقدار معامل التقسيم ρ ، هذه المرحلة ندعوها درجة التجزيء الأولى أو المولد للجسم التجزيئي، في مرحلة التجزيء الثانية نقوم بالعملية السابقة نفسها فنحصل على أربع قطع مشابهة للجسم الأصلي ولكن مصغرة بمقدار $\rho^2 = 1/9$ وهكذا بالنسبة إلى المرحلة الثالثة للتجزيء نحصل على ثماني قطع مصغرة بمقدار $\rho^3 = 1/27$ ، وتستمر هذه العملية حتى نصل إلى درجة تجزيء عالية جداً عندها تنتهي المادة أو تصبح قليلة جداً، ونحصل على الغبار الكانتوري أيضاً [1],[2],.



الشكل (1) يوضح توزيع شريط كانتور ذي البعد D= log2/log3 من أجل المراحل التجزيئية الثلاث الأولى.

يمكن حساب معاملات الانعكاس والإرسال عن التركيب الكانتوري بالاعتماد على طريقة الحساب ذات التشابه الداخلي (the self– similarity method of computation)، وهي طريقة حسابية تعتمد على تكرار الحل الرياضي انطلاقاً من التشابه الداخلي الذي تتصف به البنى التجزيئية **[1]**، لو افترضنا ورود الأمواج الضوئية أو الكهرطيسية بشكل ناظمي على هذه البنية (كما موضح بالشكل (2)) فإن هذه الطريقة تتلخص بالعلاقات الآتية:

الشكل (2) ورود الأمواج بشكل ناظمي على شريط كانتور

- تُعطى معاملات الانعكاس والإرسال عن السطح الفاصل بين شريط كانتور وبين المادة المضيفة بالعلاقات:

$$r_{01} = -r = -\frac{n_1-n_0}{n_1+n_0} \quad , \quad r_{10} = r = \frac{n_1-n_0}{n_1+n_0} \quad (1)$$

$$t_{01} = t = \frac{2n_0}{n_1+n_0} \quad , \quad t_{10} = t' = \frac{2n_1}{n_1+n_0} \quad (2)$$

حيث n_1 يمثل دليل انكسار شريط كانتور، n_0 يمثل دليل انكسار المادة المضيفة الموجود فيها شريط كانتور .

- تُعطى معاملات الانعكاس والإرسال عن طبقة مفردة ذات سماكة d، ودليل انكسار n_1 بالعلاقات:

$$\overline{R}(d) = -r + \frac{r\,t\,t'\,\exp(i2n_1\,kd)}{1-r^2\exp(i2n_1\,kd)} \quad (3)$$

$$\overline{T}(d) = \frac{t\,t'\,\exp(in_1\,kd)}{1-r^2\exp(i2n_1\,kd)} \quad (4)$$

حيث $k= 2\pi/\lambda_0$ العدد الموجي في الخلاء للموجة الواردة.

- انطلاقاً من المعادلات (3), (4) تُعطى معاملات الانعكاس والإرسال عند درجة التجزيء الأولى من شريط كانتور:

$$R_1 = \bar{R}(d) + \frac{\bar{R}(d)\,\bar{T}(d)^2 \exp(i2n_0\,kd)}{1-\bar{R}(d)^2 \exp(i2n_0\,kd)} \qquad (5)$$

$$T_1 = \frac{\bar{T}(d)^2 \exp(in_0\,kd)}{1-\bar{R}(d)^2 \exp(i2n_0\,kd)} \qquad (6)$$

- من أجل التعميم ، نعرف توابع الانعكاس و الإرسال $g_r(x,y,d)$ و $g_t(x,y,d)$ كما يأتي:

$$g_r(x,y,d) = x + \frac{x\,y^2 \exp(i2n_0\,kd)}{1-x^2 \exp(i2n_0\,kd)} \qquad (7)$$

$$g_t(x,y,d) = \frac{y^2 \exp(in_0\,kd)}{1-x^2 \exp(i2n_0\,kd)} \qquad (8)$$

- يمثل $R(S,L)$ و $T(S,L)$ معاملات الإرسال والانعكاس عن مجموعة طبقات شريط كانتور عند درجة التجزيء S والسماكة الكلية L :

$$R(S,L)=g_r[\,R(S-1,\,3^{-1}L)\,,\,T(S-1,\,3^{-1}L)\,,3^{-1}L\,] \qquad (9)$$

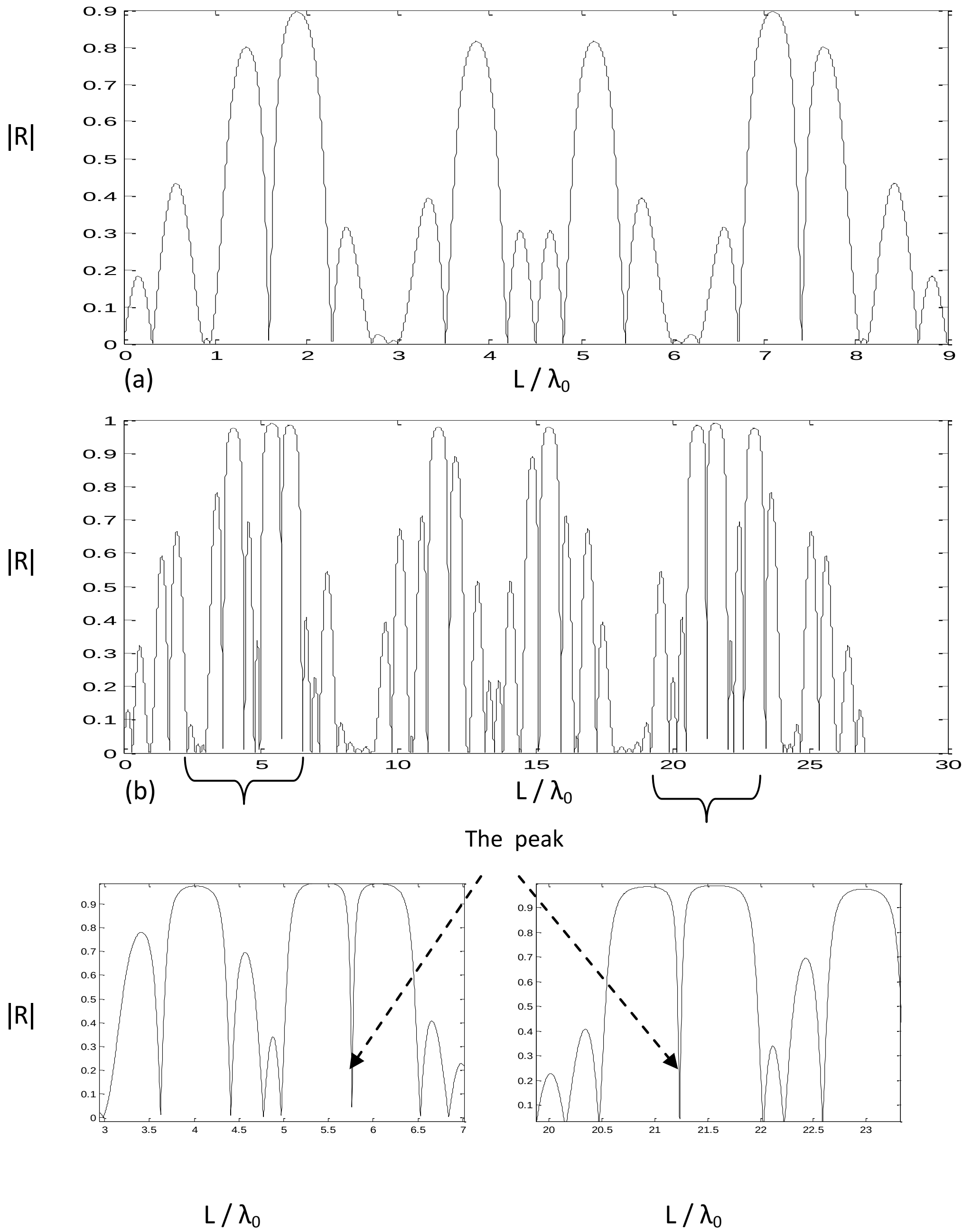
$$T(S,L)=g_t[\,R(S-1,\,3^{-1}L)\,,\,T(S-1,\,3^{-1}L)\,,3^{-1}L\,] \qquad (10)$$

حيث الشروط الأولية تتمثل بالعلاقتين:

$$R(0,\,3^{-S}L) = \bar{R}(3^{-S}L)\,,\; T(0,\,3^{-S}L) = \bar{T}(3^{-S}L) \qquad (11)$$

حيث $\bar{R}(d)$, $\bar{T}(d)$ معرفة بالمعادلات (3) , (4) .

تمت برمجة هذه العلاقات باستخدام لغة الماتلاب من أجل الحصول على معاملات الانعكاس عن التوزيع التجزيئي ذي البعد D=log2/log3 و ذلك بهدف التحقق من صحة نتائجنا مقارنة مع المقالات والمراجع[2],[1] .



الشكل (3) معامل الانعكاس عن شريط كانتور الثلاثي ذو البعد D=log2/log3 مقابل L/λ_0 من أجل:S=2(b) S=1 (a) .

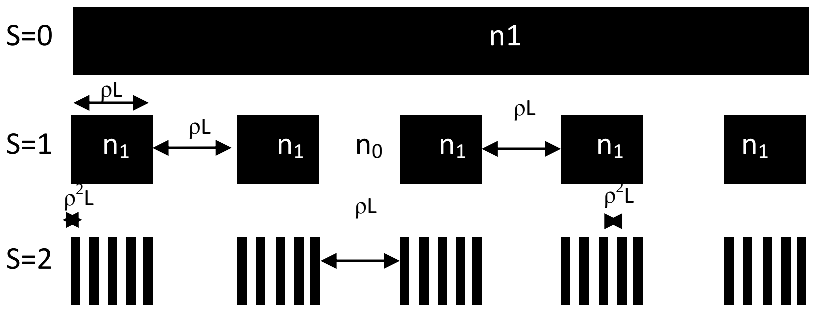
حيث افترضنا القيم التالية: سماحية الصفيحة $\varepsilon_{r1}=2.25$، $\varepsilon_{r0}=1$ سماحية الهواء مع اعتبار أن دليل الانكسار n يرتبط مع السماحية وفق العلاقة التالية $n=\sqrt{\varepsilon_r}$، وبافتراض أن الموجة ترد بشكل ناظمي. حيث رسمنا معامل الانعكاس مقابل L/λ_0 حيث L يمثل الطول الكلي لشريط كانتور ، λ_0 يمثل طول الموجة الواردة.

نلاحظ من الشكل السابق ظهور العديد من حزم التمرير الناتجة عن تمركز الحقل ضمن الفجوات الطنينية الموجودة ضمن هذه البنية كما هو مبين في الشكل (3) حيث تدل الأسهم على حزم التمرير(the peak) الأكثر أهمية، وذلك لأنها تقع ضمن حزمة المنع حيث يكون التخميد في هذه الحالة أقل ما يمكن ضمن حزمة التمرير وأكبر ما يمكن خارجها [4],[3].

2- دراسة نموذج جديد من شريط كانتور:

إن النموذج المعروض في هذا البحث هو شريط كانتور ذو البعد التجزيئي D=log5/log9 ، حيث يختلف عن النموذج السابق بكونه يحوي في منتصفه قطعة ذات سماحية مرتفعة ε_{r1} بدلاً من الفجوة الهوائية .

يتشكل هذا النموذج انطلاقاً من تقسيم الشريط الأولي ذي الطول L وذي دليل الانكسار n_1 إلى تسع قطع ذات طول متساو(ρL) (هنا معامل التجزيء $\rho=1/9$) وإزالة أربع قطع منها عند درجة التجزيء الأولى S=1 ، ونكرر العملية ذاتها من أجل درجة التجزيء الثانية ولكن بمعامل تجزيء $\rho^2=1/81$ كما هو مبين في الشكل (4) .

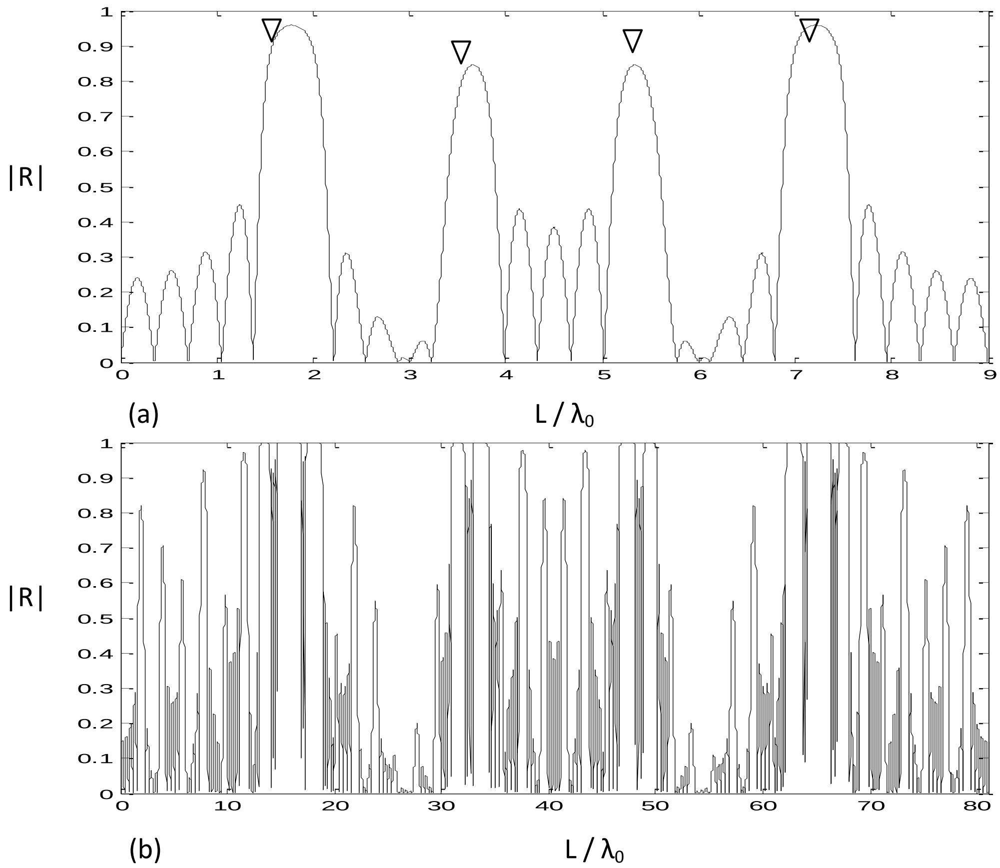


الشكل (4) شريط كانتور ذو البعد التجزيئي D=log5/log9=0.732.

النتائج والمناقشة:

- **معاملات الإرسال والانعكاس عن البنية المدروسة:**

ببرمجة العلاقات الرياضية الخاصة بإيجاد معاملات الانعكاس لشريط كانتور الموضح بالشكل (4) نحصل على النتائج المبينة بالشكل (5) مع اعتبار القيم: ($\varepsilon_{r0}=1$، $\varepsilon_{r1}=2.25$).



الشكل (5) معاملات الانعكاس عن شريط كانتور ذي البعد التجزيئي D=log5/log9 من أجل درجات التجزيء (a) S=1,(b)S=2 الرمز (▽) يشير إلى مواقع حزم المنع عند درجة التجزيء الأولى.

نلاحظ من الشكل ظهور حزم تمرير ضمن حزمة المنع الترددية، وهنا عدد هذه الحزم أكثر منه في حالة شريط كانتور ذي البعد D=log2/log3 ، وهذا ناتج عن وجود عدد أكبر من الأجواف الطنينية في هذه البنية .

نلاحظ أيضاً أنه بزيادة درجة التجزيء يزداد عدد حزم المنع ،كما يزداد عدد حزم التمرير .

يمكن استنتاج مواقع حزم المنع الناتجة عن التوزيع التجزيئي المذكور أعلاه انطلاقاً من أن الحقل في هذه البنية E_l هو مجموع الموجة الواردة E_{inc} والموجة المنعكسة E_{ref} [4] أي:

$$E_l = E_{inc}e^{j\beta l}+E_{ref}e^{-j\beta l} \qquad (12)$$

$$E_l = E_{inc}e^{j\beta l}\left(1+\frac{E_{ref}}{E_{inc}}e^{-2j\beta l}\right)$$

حيث l: هو المسافة بين صفيحتين ذات دليل انكسار مرتفع n_1 .

$$\beta = \frac{2.\pi}{\lambda_g} \qquad (13)$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{n_{eff}} \qquad (14)$$

حيث:λ_g تمثل طول موجة الدليل في هذه البنية، λ_0 تمثل طول الموجة في الفراغ الحر، n_{eff} تمثل دليل الانكسار الفعال.

يمكن تحديد القيم العظمى للحقل E_l من تحقق الشرط الآتي:

$$E_{inc}=E_{ref} \quad , \text{and} \quad e^{-2j\beta l}=1$$

وهذا يعني تحقق العلاقة:

$$\cos(2\beta\, l)-j\sin(2\beta\, l)=1+0j$$

بحل هذه العلاقة:

$$2\beta\, l=2m\pi \quad ;m=1,2,3,\ldots\ldots\ldots \quad (15)$$

بتعويض المعادلات (14) و(13) في المعادلة (15) تنتج المعادلة العامة التي تعطي مواقع حزم المنع عند درجة تجزيء محددة:

$$\frac{l}{\lambda_0}=\frac{m}{2n_{eff}} \quad (16)$$

فإذا أردنا مثلاً تحديد مواقع حزم المنع عند درجة التجزيء الأولى(S=1) نعوض قيمة l المساوية إلى:

$l=\rho L+\rho L=2\rho L$ (حيث $\rho=1/9$) في المعادلة (16) :

$$\frac{L}{\lambda_0}=\frac{m}{4\rho.n_{eff}} \quad (17)$$

يمكن حساب دليل الانكسار الفعال n_{eff} انطلاقاً من العلاقة الآتية:

$$n_{eff}=\frac{c.t}{L} \qquad (18)$$

$$t=\sum_{P=1}^{Q}t_P=\sum_{P=1}^{Q}\frac{n_i l_P}{c} \quad (19)$$

حيث t : هو الزمن اللازم لكي تجتاز الموجة الواردة طول البنية الكلي L.

t_P : هو الزمن اللازم لكي تجتاز الموجة الواردة الصفيحة P ذات الطول l_P في البنية المدروسة.

Q : هو عدد الصفائح في البنية .

n_i : هو دليل الانكسار للصفائح ،إما i=0 أو i=1 .

c :هي سرعة الضوء في الفراغ الحر.

بتطبيق العلاقات (19) و(18) في حساب دليل الانكسار الفعال ينتج لدينا: $n_{eff}=5/4$.

بتعويض هذه القيمة في العلاقة(17) ينتج :

$$\frac{L}{\lambda_0}=1.8\,m$$

بتعويض قيم m تتحدد مواقع حزم المنع (....,7.2 ,5.4, 3.6, 1.8) عند مرحلة التجزيء الأولى، ونلاحظ من الشكل (5) التطابق بين قيم هذه الحزم المحسوبة نظرياً وبين قيم النمذجة .

أما عند درجة التجزيء الثانية(S=2) نتبع الأسلوب المذكور أعلاه لكن باستبدال المسافة بين انقطاعين بالقيمة: $l=9\rho^2L+\rho L$.

ينتج عند حساب n_{eff} القيمة التالية (41/36) . بتعويض هذه القيم في العلاقة(16) تتحدد مواقع حزم المنع :

$$\frac{L}{\lambda_0}=\frac{m}{2.(9\rho^2+\rho).n_{eff}}=m.\frac{81}{41}$$

حيث تأخذ القيم التالية: (....1.976,3.95,5.927,7.927,..15.805,19.756,..43.634, 49.39).

أما حزم التمرير (التي تمثل أصفار معامل الانعكاس) هي ناتجة عن الطنين في الفجوات الهوائية الموجودة ضمن شريط كانتور .

لحساب مواقع حزم التمرير ننطلق من شرط حدوث الطنين :

$$l_c = m\frac{\lambda_g}{2} \quad (20)$$

حيث : l_c تمثل طول الفجوة الهوائية.

λ_g معطى بالعلاقة (14) .

فمثلاً لو أردنا إيجاد حزم التمرير عند درجة التجزيء الثانية ، من أجل الفجوة ذات الطول $l_c = \rho L$ نعوض في (20) :

$$l_c = m\frac{\lambda_0}{2.n_0} \Longrightarrow \frac{L}{\lambda_0} = m.\frac{1}{2.n_0.\rho} \Rightarrow \frac{L}{\lambda_0} = \frac{9}{2}.m$$

بتعويض قيم ......,m=1,2,3,4 تنتج القيم:(....,4.5,9, 13.5, 18,......45, 49.5) .

حيث نلاحظ من الشكل السابق تقارب القيم النظرية لمواقع حزم التمرير مع قيم النمذجة.

درست معظم البحوث السابقة الكثير من العوامل المؤثرة على معامل الانعكاس والإرسال عن شريط كانتور التجزيئي مثل أثر البعد التجزيئي، أثر درجة التجزيء، لكنها أغفلت دراسة أثر معامل تغيير توزع المادة ، لذا سنطرح هذا الموضوع في بحثنا، وسنوضح أهميته كعامل يعطي درجة كبيرة من الحرية عند تصميم البنى التجزيئية.

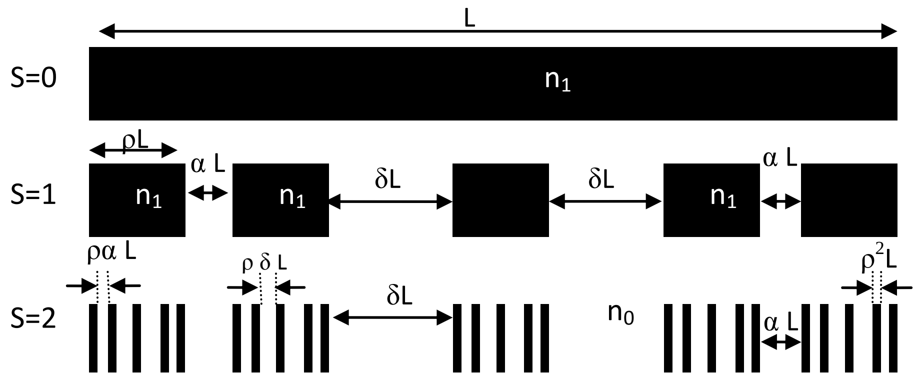
- **معامل تغيير توزع المادة (Lacunarity):**

إن معامل تغيير توزع المادة يعبر عن إعادة توزيع الفجوات الهوائية (أو بمعنى آخر يعيد توزيع المادة ضمن الجسم التجزيئي)[5],[6]، وهو يرمز له بالرمز δ، وهو يتناسب عكساً مع طول الفجوة المتطرفة لشريط كانتور (αL)، حيث من أجل قيمة (αL) صغيرة يكون لدينا معامل تغيير أبعاد فجوات كبير، والعكس بالعكس.

تتغير قيمة (αL) من قيمة صغرى $\alpha=0$ وحتى قيمة عظمى α_{max} حيث:

$$\alpha_{max} = \frac{1-N.\rho}{N-1} \qquad (21)$$

حيث N تمثل عدد القطع ذات السماحية ε_{r1} (أي ذات دليل الانكسار n_1)، و ρ يمثل معامل التقسيم للجسم التجزيئي.



الشكل (6) شريط كانتور ذو البعد التجزيئي D=log5/log9

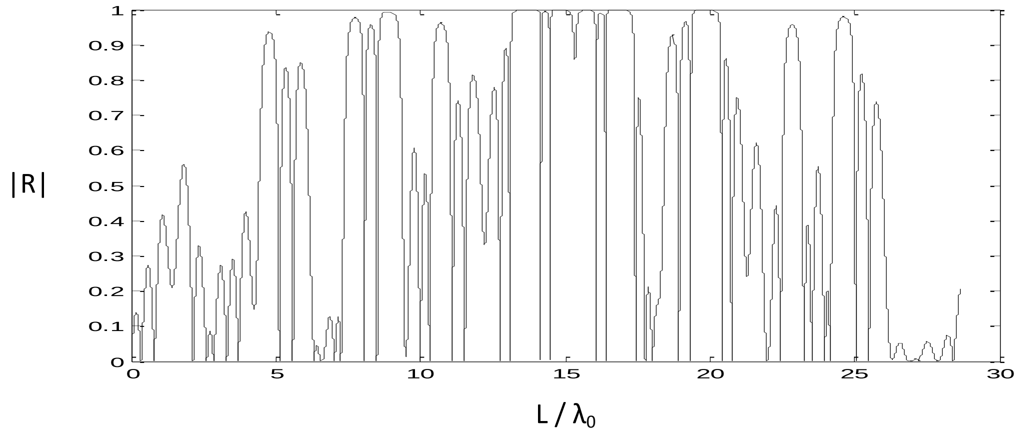
باعتبار القيمة (αL) تعبر عن طول الفجوة المتطرفة، يمكن تحديد طول الفجوة الهوائية الثانية (δ) كما يأتي:

$$L=N.\rho L+2\alpha L+ 2\delta L \quad \Longrightarrow \quad \delta=(1-N.\rho-2\alpha)/2$$

على سبيل المثال: من أجل شريط كانتور ذي البعد D=log5/log9 لو افترضنا أن معامل توزع المادة يأخذ القيمة:

$$\alpha = \frac{\alpha_{max}}{3} = \frac{1-(\frac{5}{9})}{3.(5-1)} = \frac{1}{27}$$

حيث عوضنا القيم: (N=5,ρ=1/9) في المعادلة (21) ، وبتعويض قيمة α الناتجة نحصل على طول الفجوة الهوائية الثانية δ=0.185، يبين الشكل (7) معامل الانعكاس الناتج في هذه الحالة.

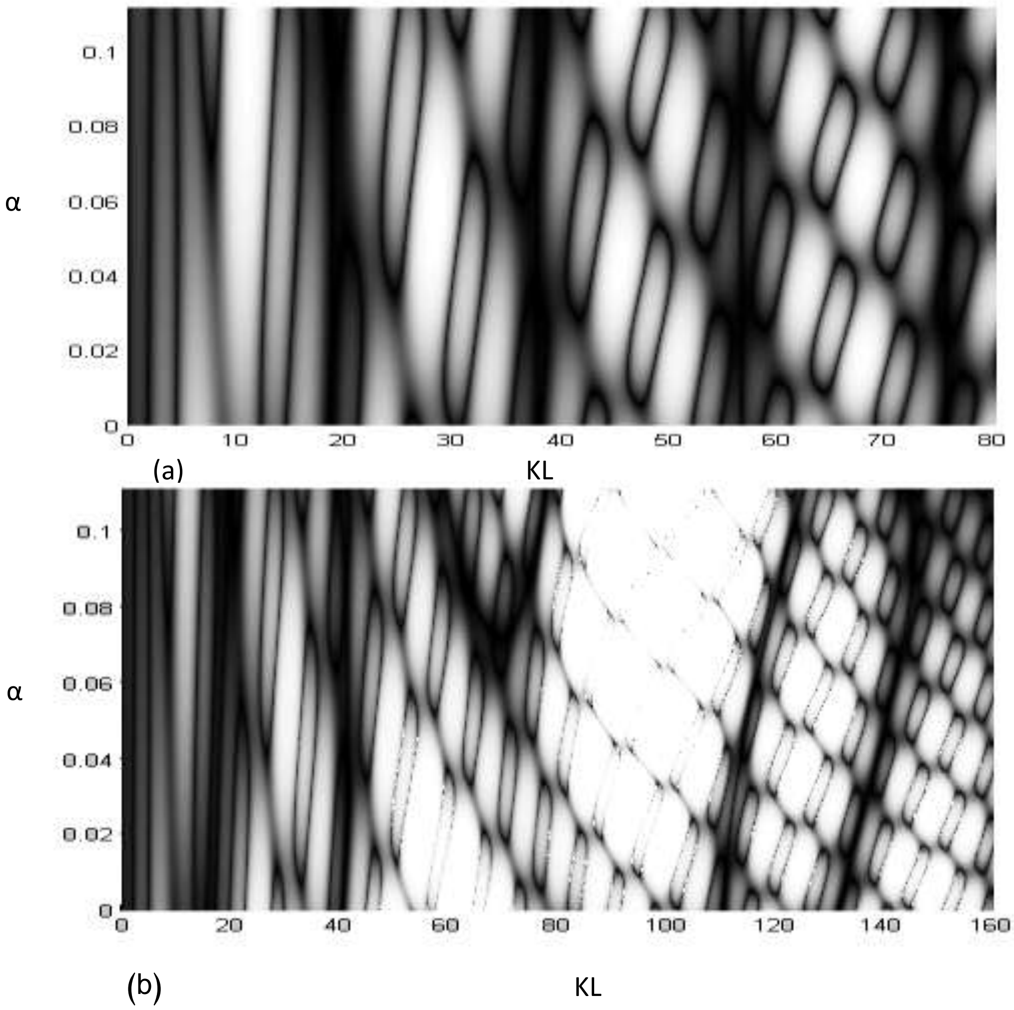


الشكل (7) معامل الانعكاس عن شريط كانتور ذو البعد D=0.732 من أجل قيمة $\alpha = \alpha_{max}/3$ عند درجة التجزيء S=2 .

نلاحظ من الشكل السابق (حيث اعتبرنا نفس قيم أدلة الانكسار السابقة) أننا عند قيمة معينة من معامل تغيير توزع المادة ومن أجل نفس البعد التجزيئي لشريط كانتور، حصلنا على معامل انعكاس مختلف وعلى مواقع مختلفة لحزم التمرير، ومن هنا نوضح أهمية هذا العامل في تحديد موقع حزمة التمرير بحيث يمكننا انتقاء قيمة مثلى له ينتج عنها التصميم الأفضل للبنى التجزيئية.

- **مخططات الانعراج(Twist Plot):**

إن مخططات الانعراج هي عبارة عن رسم ثلاثي البعد يمثل معامل الانعكاس (أو الإرسال) للبنية التجزيئية كتابع للقيمة KL ($KL=2\pi.L/\lambda_0$ حيث L يمثل الطول الكلي لشريط كانتور ، λ_0 يمثل طول الموجة في الفراغ الحر) و كتابع لمعامل تغيير توزع المادة (α)[6]، كما هو موضح في الشكل (8) عند القيم $n_0=1,\ n_1=1.5$.



الشكل (8) مخطط الانعراج لشريط كانتور ذو البعد D=log5/log9 عند درجة التجزيء S=1 (a) ، S=2 (b)

من ملاحظة الشكل أعلاه الذي يرسم معامل الانعكاس كتابع لـ α ولـ KL ، حيث يمثل هذا الرسم تدريجاً رمادياً من القيمة العظمى لمعامل الانعكاس(اللون الأبيض) إلى القيمة الصفرية (الأسود).

يمكن تصنيف أصفار معامل الانعكاس في ثلاث مجموعات [6]: المجموعة الأولى: هي الأصفار العمودية (vertical nulls) وهي تنتج عن التداخل بين مقدمة ونهاية كل طبقة مفردة ذات دليل انكسار n_1 ، وهو بالتالي مستقل عن معامل تغيير توزع المادة (α) .

ويمكن إيجاد هذه الأصفار انطلاقاً من العلاقة:

$$KL|\ vertical\ nulls = \frac{m\,\pi}{\rho.\tilde{n}_1} \qquad (m = 1, 2, 3, \dots\dots\dots) \quad (22)$$

حيث $(\rho = N^{-1/D})$ يمثل معامل التقسيم من أجل البعد التجزيئي D و $\tilde{n}_1 = \frac{n_1}{n_0}$.

أما المجموعة الثانية فهي أصفار القوس(arc nulls) هي تمتد من أعلى يسار الشكل إلى أسفل اليمين ، وهي تنتج عن مجموع الانعكاسات عن مقدمة(أو نهاية) الطبقات ذات دليل انكسار n_1، إما على الجانب الأيسر أو الأيمن

من البنية التجزيئية . إن تجميع هذه الانعكاسات يعتمد على المسافة بين الطبقات ذات دليل انكسار n_1 ، وبالتالي هي تابعة لـ α .

يمكن حساب أصفار القوس انطلاقاً من العلاقة:

$$KL|\ arc\ nulls\ = \frac{(2m+\frac{2l}{\left[\frac{N}{2}\right]})\,\pi}{2.\rho.\tilde{n}_1\ +2\alpha} \quad (\mathrm{m}=1{,}2{,}3,\dots,l=1{,}2,..\left[\frac{N}{2}\right]-1) \quad (23)$$

حيث $\left[\frac{N}{2}\right]$ ترمز إلى العدد الصحيح الأكبر .

أما المجموعة الثالثة من الأصفار فهي أصفار الخدوش (التحزيز) (striation nulls) فهي تشكل البنية الدقيقة من مخطط الانعراج وهي تمتد من أسفل يسار الشكل حتى أعلى اليمين، وهي تنتج عن التداخل بين مجموعة الطبقات ذات دليل الانكسار n_1 الواقعة إلى يمين مركز شريط كانتور مع الطبقات الواقعة يسار المركز. يتغير هذا التداخل بتغير موقع الطبقة أو بتغيير قيمة α.

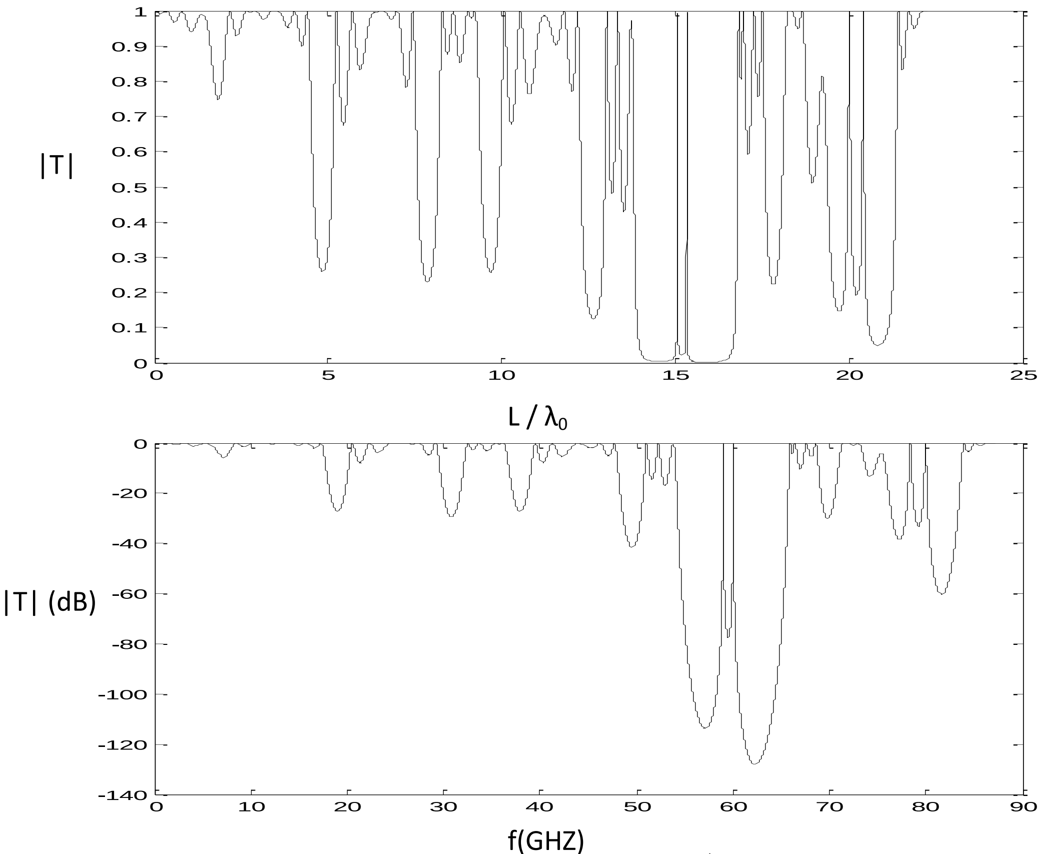
يمكن تحديد أصفار التحزيز انطلاقاً من العلاقة:

$$KL|\ striation\ nulls\ = \frac{(2m+1)\,\pi}{\left(N-\left[\frac{N}{2}\right]\right).\rho.\tilde{n}_1\ +1-N.\rho-(\left[\frac{N}{2}\right]-1)\alpha} \quad (\mathrm{m}=1\ ,2\ ,3,\dots\dots\dots)\ (24)$$

إن أصفار معامل الانعكاس هي في الواقع تمثل حزم التمرير ، وبالتالي يمكننا من مخططات الانعراج اختيار قيمة معامل تغيير توزع المادة بحيث ينتج عنها حزمة تمرير انتقائية من حيث التحكم باختيار الموقع الأفضل لهذه الحزمة ضمن حزمة المنع ، وهذا ينتج عنه تصميم مرشح انتقائي ذي جودة عالية كما سنوضح في الفقرة الآتية:

- **تصميم مرشح تجزيئي اعتماداً على شريط كانتور:**

سنوضح كيفية تصميم مرشح تجزيئي عند قيمة α=0.053 تم اختيارها انطلاقاً من مخطط الانعراج وذلك من أجل شريط كانتور ذو البعد D=log5/log9 عند درجة التجزيء S=2، حيث نرسم معامل الإرسال كتابع للنسبة (Ω=L/λ_0).

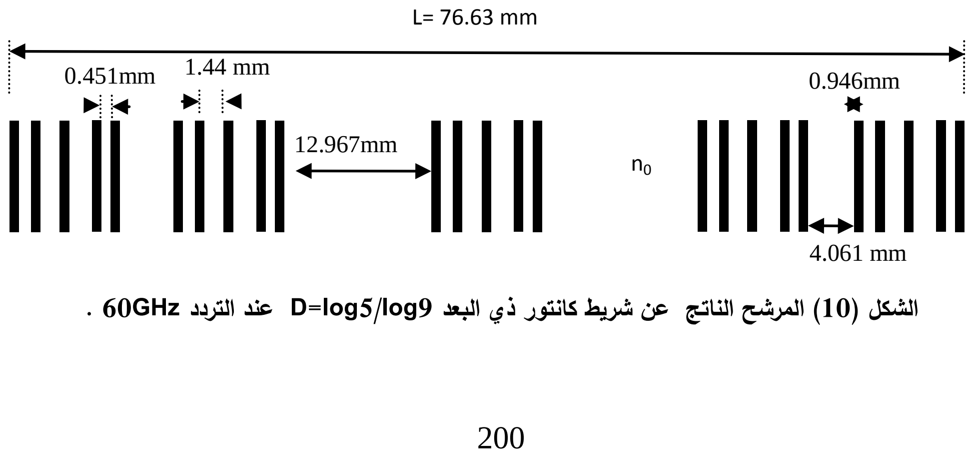


الشكل (9) (a) معامل الإرسال لشريط كانتور ذو البعد $D=0.732$ كتابع لـ L/λ_0. (b) معامل الإرسال بالديسبل كتابع للتردد.

نلاحظ وجود حزمتي تمرير (the peak) حسب الشكل السابق بينما في حالة شريط كانتور الثلاثي كان لدينا حزمة تمرير واحدة فقط ، تظهر حزمة التمرير الأولى عند القيمة $\Omega_1=15.06$ أما الحزمة الثانية تظهر عند القيمة $\Omega_2=15.3266$، سنختار تصميم مرشح عند حزمة التمرير الأقرب إلى منتصف حزمة المنع أي عند القيمة $\Omega_2=15.3266$ فلو أردنا تصميم مرشح عند تردد طنين مساوٍ إلى 60 [GHz] نحسب أولاً الطول الكلي لشريط كانتور انطلاقاً من العلاقة:

$$L = \Omega \frac{c}{f_0} \qquad (25)$$

حيث $c=3.10^8$ [m/sec] هي سرعة الضوء في الخلاء، بتطبيق القيم المعطاة ينتج الطول الكلي للمرشح L= 76.63 [mm] . بناءً على هذه القيمة ينتج المرشح المبين في الشكل (10) .



الشكل (10) المرشح الناتج عن شريط كانتور ذي البعد D=log5/log9 عند التردد 60GHz .

إن معامل الجودة لهذا المرشح يتم حسابه وفق العلاقة:

$$Q = \frac{f_0}{\Delta f} \qquad (26)$$

حيث f_0 يمثل تردد الطنين ، $\Delta f = f_2 - f_1$ يمثل عرض المجال حيث f_1, f_2 يمثلان ترددي نصف القدرة (نحدد نقطتي نصف القدرة بالنقطتين الأقل بـ 3 dB عن القيمة العظمى)، وإن تردد الطنين يساوي الوسط الهندسي لهذين الترددين أي:

$$f_0 = \sqrt{f_1 . f_2} \qquad (27)$$

بتطبيق العلاقة (26) على المرشح الناتج أعلاه يعطي عامل جودة عالياً مساوياً لـ 10000(حيث قيم التردداتf_2=60.0284[GHz] ,f_1=60.0224 [GHz]) وبالتالي عرض حزمة التمرير Δf =6[MHz] وهي حزمة ضيقة نسبياً وهذه القيم مأخوذة من الشكل (9-b) .

الاستنتاجات والتوصيات:

أظهرت هذه الدراسة أهمية معامل تغيير توزع المادة من خلال زيادة درجة الحرية في تصميم مرشحات تجزيئية انتقائية، لا بد من دراسة عوامل تجزيئية جديدة لم يتطرق إليها هذا البحث، على سبيل المثال تأثير زاوية ورود الأمواج الكهرطيسية على معاملات الإرسال والانعكاس عن شريط كانتور وتصميم المرشح التجزيئي في هذه الحالة وهذا هو مجال بحثنا القادم.

المراجع:

1- JAGGARD, D.L; SUN, X. *Reflection from fractal multilayers* . Optics Letters U.S.A , Vol. 15, N^o.24, 1990,1428-1430.

2- BERTOLOTTI, M ; MASCIULLI , P; SIBILIA,C. *Spectral transmission properties of a self-similar optical Fabry-Perot resonator*, Optics Letters U.S.A, Vol .19, N^o.11, 1994,777-779.

3- MONSORIU, J.A; ZAPATA-RODRIGUEZ, C.J; SILVESTRE, E; FURLAN,W.D. *Cantor - like fractal photonic crystal waveguides*. Optics Communication N^o.252, 2005, 46-51.

4- BERTOLOTTI, M; MASCIULLI, P; SIBILIA,C; WIJNANDS, F; HOEKSTRA, H. *Transmission properties of a Cantor corrugated waveguide*. Optical Society of America Vol. 13, N^o.3,1996, 628-634.

5- SALEH, A.S ; AUBERT, H. *Transmission sharp peaks in the bounds of forbidden frequency gaps using a lacunar fractal structure*, Electronic Letters , 2001.

6- JAGGARD, A.D ; JAGGARD,D.L. *Scattering from Fractal Superlattices with Variable Lacunarity* . Optical Society U.S.A , Vol .15, N^o.6 ,1998, 1626-1635.

7- ZHUKOVSKY,S.V; LAVRINENKO, A .V. *Spectral self –similarity in fractal one – dimensional photonic structures,* Elsevier, Photonics and Nanostructures-Fundamentals and Applications 3, 2005, 129-133.