

زيادة عرض الحزمة لهوائي شريطي دائري الى 72% باستحداث شقوق في قاعدة الهوائي الشريطي

تاريخ القبول : 2015\1\21

تاريخ الاستلام : 2014\12\19

فائز صالح عباس
جامعة الكوفة/ كلية العلوم
قسم الفيزياء

نبيل عباس عربيي
جامعة القادسية/ كلية التربية
قسم الفيزياء

محمود مسافر عبيس
جامعة الكوفة/ كلية العلوم
قسم الفيزياء

nabeelabbasph@yahoo.com

الخلاصة :

صمم هوائي دائري شريطي ليعمل عند تردد 2.4GHz. تتم محاكاة عمل الهوائي ودراسة خصائصه بطريقة الفروق المحددة في المجال الزمني (FDTD). وجد ان عرض الحزمة 1.67% هو عندما تكون المادة المستعملة هي foam والتي لها ثابت عزل 1.07، ولزيادة عرض الحزمة قمنا بعمل شقين كبيرين في القاعدة، ادى الى زيادة كبيرة في عرض الحزمة وصلت الى 72% حيث اصبح الهوائي يعمل بالتردد من 1.59 GHz الى 3.3 GHz. تم برمجة المعادلات بلغة (MATLAB). طبقت الطريقة على مواد عازلة اخرى، وتم الحصول على زيادة في عرض الحزمة لجميعها.

كلمات مفتاحية: هوائيات دائرية شريطية ، عرض الحزمة ، شقوق ، طريقة الفروق المحددة في المجال الزمني.

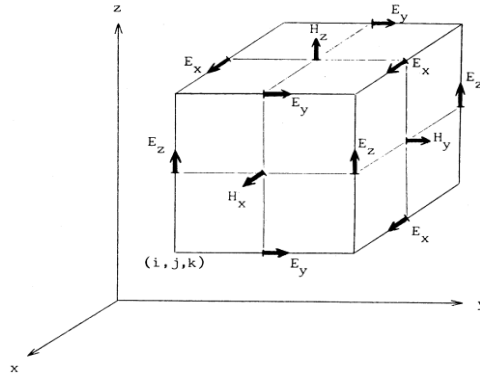
Physics classification : QC 669-675.8

1- المقدمة

تمتلك الهوائيات الشريطية مواصفات جعلتها تدخل في كثير من التطبيقات العملية منها خفة وزنها وسهولة تصنيعها ورخص تكاليفها [1] ، الا ان من عيوبها هو ضيق الحزمة للهوائي الشريطي [2] ، لذا لازالت الابحاث جارية لتحسين عرض الحزمة لمختلف اشكال الهوائيات الشريطية [3, 4]. تستعمل مواد ذات ثوابت عزل مختلفة وذلك لانه كلما قل ثابت العزل ازداد عرض الحزمة الا ان ابعاد الهوائي سوف تكبر لتحقيق شرط الرنين الذي يعمل عنده الهوائي الشريطي حيث انه في معظم التطبيقات يجب الا يكون ثابت العزل كبير $\epsilon_r < 12$ [5] حيث يزداد معدل الخسائر عند زيادة ثابت العزل.

2- طريقة الفروق المحددة في المجال الزمني (FDTD Method)

قدم Kane Yee عام 1966 طريقة عددية لحل المسائل المتعلقة بمعادلات ماكسويل للانتفا Maxwell's curl equations [6]، حيث افترض Yee ان النقطة في الفضاء عبارة عن خلية حجمها $\Delta x \Delta y \Delta z$ وأن مركبات المجالات الكهربائية E والمغناطيسية H موزعة كما مبين في الشكل رقم (1) [7]. وبذلك فأن الفضاء سيكون عبارة عن شبكة من الخلايا.



شكل رقم (1) خلية Yee في ثلاث ابعاد، حيث ان $\Delta x, \Delta y$ and Δz في الاتجاهات x, y and z على التوالي [7].

ان اي مركبة من مركبات المجال الكهرومغناطيسي يمكن تمثيلها بدالة u تعتمد على الفضاء والزمن وتحسب قيمتها داخل خلية Yee. وحيث ان الفضاء يُمثل النقاط على شكل خلايا فان قيمة u تكتب كالآتي [6].
 $u(i\Delta x, j\Delta y, k\Delta z, n\Delta t) = u^n(i, j, k)$

حيث i و j و k و n اعداد صحيحة.
 ان تهيج النظام يتم بواسطة نبضة كهربائية تمثل رياضيا بدالة كاوس في المجال الزمني تدعى نبضة كاوس [1] Gauss pulse

$$p(t) = e^{-\left(\frac{t-t_0}{\tau}\right)^2}$$

حيث τ يدعى ثابت المضائلة وتعتمد قيمته على مدى التردد المستعمل و t_0 تمثل زمن الاسترخاء، و t الزمن. استعملت للبرمجة طريقة الشرائح الموائمة بإحكام Perfectly Matched Layers (PML) لمعالجة الفضاء اللامتناهي [8].

ان انتشار الموجة في الفضاء يؤدي الى تضائل قيم مركباتها وتصبح قيمها صغيرة جدا بالمقارنة مع قيم المركبات عند قيمها العظمى. وبذلك وبعد N من تكرار الحسابات يمكن استعمال تحويلات فوريير Fourier transformations لإيجاد قيم الممانعة $Z_{in} = R + iX$ حيث R و X هما المقاومة والراداة على التوالي [9].

$$Z_{in}(\omega) = \left(\frac{\int_{-\infty}^{\infty} V(t)e^{-j\omega t} dt}{\int_{-\infty}^{\infty} I(t)e^{-j\omega t} dt} \right) = \frac{\sum_{n=0}^N V(n\Delta t)e^{-j\omega n\Delta t} \Delta t}{\sum_{n=0}^{N-1} I\left(\left(n + \frac{1}{2}\right)\Delta t\right) e^{-j\omega\left(n + \frac{1}{2}\right)\Delta t} \Delta t}$$

حيث Z_{in} ممانعة الادخال و R مقاومة الادخال و X الراداة الكلية و ω التردد الزاوي للموجة الكهرومغناطيسية و Δt حجم الخطوة الزمنية.

حيث $V(t)$ الفولتية في مجال الزمن عند نقطة التغذية وتحسب من قانون فردياي وتحسب كالآتي

$$V_{feed}^n = -\frac{1}{9} \left(\sum_{i=i_{feed}-1}^{i=i_{feed}+1} \sum_{j=j_{feed}-1}^{j=j_{feed}+1} \sum_{k=d}^{k=u} E_z^n(i_{feed}, j_{feed}, k) \Delta z \right)$$

و $I(t)$ التيار في مجال الزمن عند نقطة التغذية ويحسب من قانون امبير ويحسب كالآتي

$$I_{feed}^{n+\frac{1}{2}} = \frac{1}{u-d} \left(\sum_{k=d}^{k=u} \left(\sum_{i=i_{feed}-1}^{i=i_{feed}+1} H_x^{n+\frac{1}{2}}(i, j-1, k) \Delta x + \sum_{j=j_{feed}-1}^{j=j_{feed}+1} H_y^{n+\frac{1}{2}}(i-1, j, k) \Delta y \right. \right. \\ \left. \left. - \sum_{i=i_{feed}-1}^{i=i_{feed}+1} H_x^{n+\frac{1}{2}}(i, j+1, k) \Delta x - \sum_{j=j_{feed}-1}^{j=j_{feed}+1} H_y^{n+\frac{1}{2}}(i+1, j, k) \Delta y \right) \right)$$

ويحسب عامل الفقد S_{11} في مجال التردد كالآتي

$$S_{11} = \left(\frac{\int_{-\infty}^{\infty} V(t)e^{-j\omega t} dt}{\int_{-\infty}^{\infty} p(t)e^{-j\omega t} dt} \right) = \frac{\sum_{n=0}^N V(n\Delta t)e^{-j\omega n\Delta t} \Delta t}{\sum_{n=0}^N p(n\Delta t)e^{-j\omega n\Delta t} \Delta t}$$

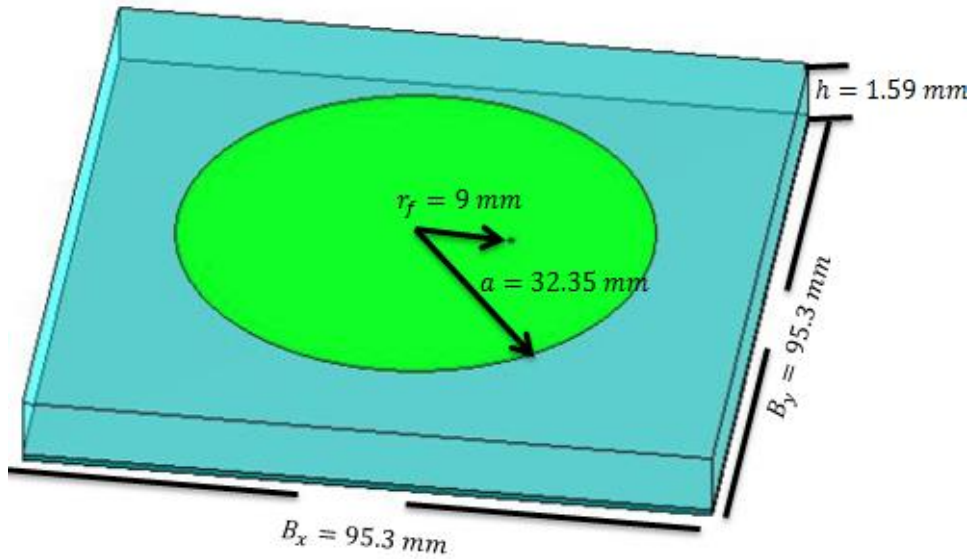
حيث $p(t)$ نبضة كاوس عند نقطة التغذية.

3- هندسة الهوائي : Geometry of Antenna

الشكل (2) يوضح الهوائي الدائري الذي ابعاده $B_x = B_y = 103.4 \text{ mm}$ ابعاد القاعدة و $a = 32.35 \text{ mm}$ نصف قطر المشع و $r_f = 9 \text{ mm}$ بعد المغذي عن مركز المشع، والمادة العازلة foam والتي لها ثابت عزل 1.07 حيث اجرينا عليها الحسابات اول مرة، يمكن حساب التردد الرنيني f_0 للنمط الاساسي وهو TM_{11} لهوائي شريطي دائري باستخدام طرق تحليلية منها طريقة الفجوة البسيطة، حيث يعطى بالعلاقة [10].

$$f_0 = \frac{1.84118 c}{2\pi a_e \sqrt{\epsilon_e}}$$

حيث c سرعة الضوء و a_e هو نصف القطر الفعال ويعطى بالعلاقة الاتية



شكل رقم (2): يوضح ابعاد الهوائي الشريطي الدائري

$$a_e = a \left[1 + \frac{2h}{\pi a \epsilon_r} \left\{ \ln \left(\frac{a}{2h} \right) + 1.41 \epsilon_r + 1.77 + \frac{h}{a} (0.268 \epsilon_r + 1.65) \right\} \right]^{\frac{1}{2}}$$

حيث ϵ_r تمثل ثابت العزل . اما ϵ_e تحسب من العلاقة

$$\epsilon_e = \frac{C(a, h, \epsilon_0 \epsilon_r)}{C(a, h, \epsilon_0)}$$

حيث

$$C(a, h, \epsilon_0 \epsilon_r) = \frac{0.8525 \epsilon_0 \epsilon_r \pi a^2}{h} + 0.5 C_f$$

و

$$C_f = 2a \epsilon_0 \left(\ln \left(\frac{a}{2h} \right) + 1.41 \epsilon_r + 1.77 + \frac{h}{a} (0.268 \epsilon_r + 1.65) \right)$$

و

$$C(a, h, \epsilon_0) = \frac{0.8525 \epsilon_0 \pi a^2}{h} + 0.5 C_F$$

و

$$C_F = 2a \epsilon_0 \left(\ln \left(\frac{a}{2h} \right) + 3.18 + 1.928 \frac{h}{a} \right)$$

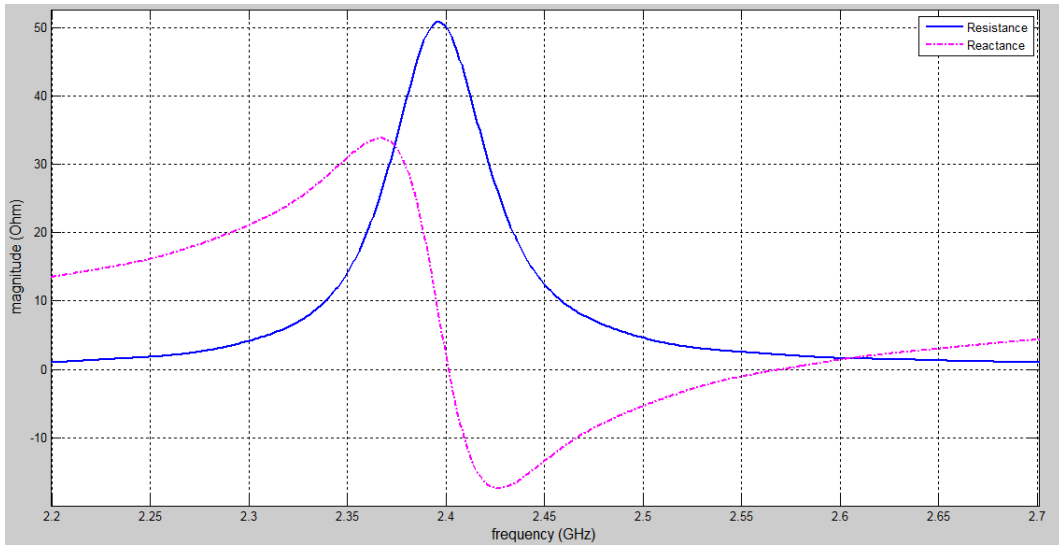
لذا فان نصف قطر الهوائي يجب ان يكون 0.032866 حسب طريقة الفجوة البسيطة. وحيث ان طريقة (FDTD) هي طريقة عددية، قمنا بإجراء عدة اختبارات ووجدنا ان نصف القطر هو 0.03235

4- النتائج والمناقشة:

لكي يعمل الهوائي بكفاءة يجب موائمة ممانعة الادخال عند 50Ω كما موضح بالشكل (3)، ولحساب عرض الحزمة نحتاج الى معرفة علاقة عامل الفقد S مقابل التردد والذي يوضحه الشكل (4) بالنسبة للهوائي الشريطي الموضحة ابعاده اعلاه ، حيث يعطى عرض الحزمة بالعلاقة [10].

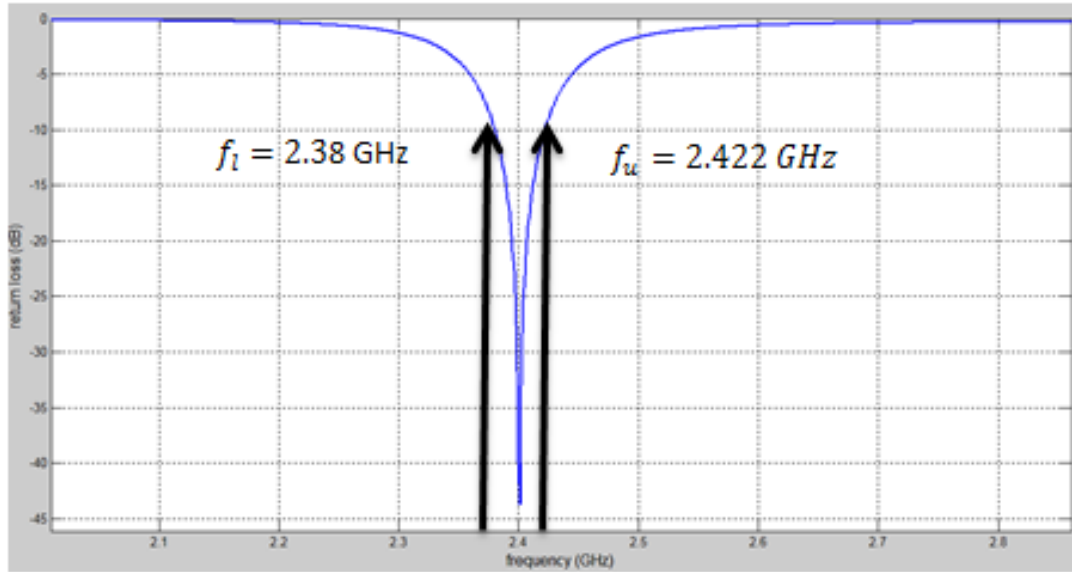
$$BW = \frac{2(f_u - f_l)}{f_u + f_l}$$

حيث f_u & f_l تمثل قيمة الترددين عندما يكون عامل الفقد -10 dB . ووجد ان عرض الحزمة $BW \approx 1.67\%$



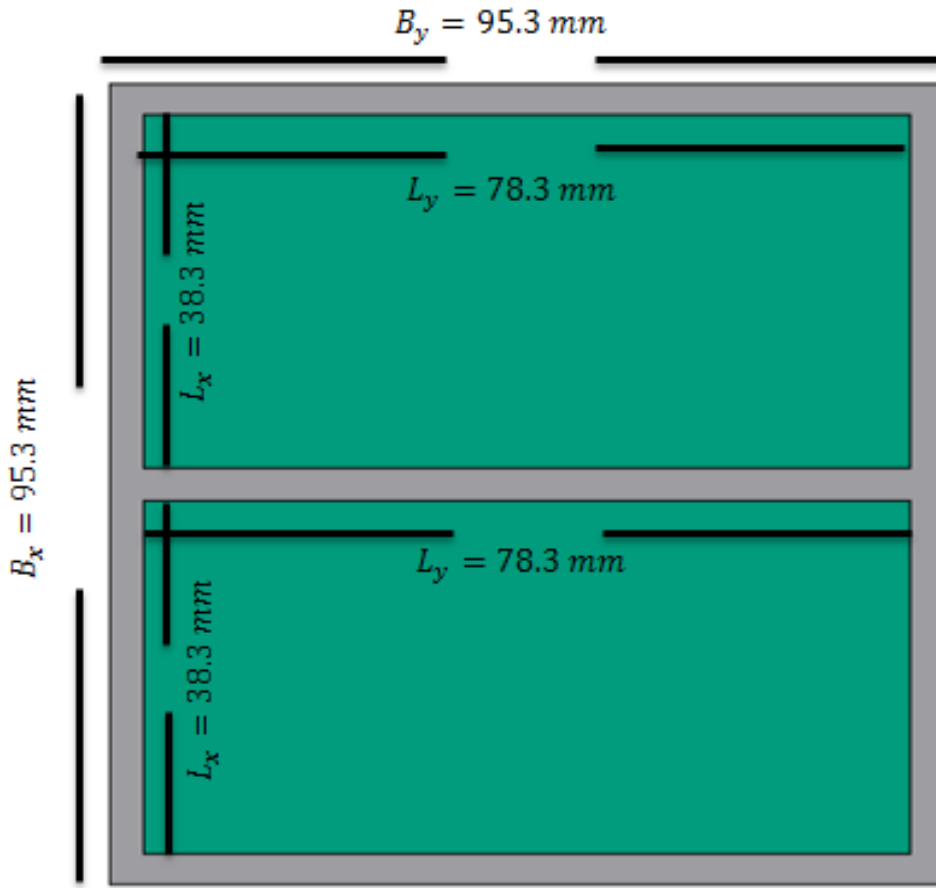
شكل رقم (3): ممانعة الادخال للهوائي الشريطي الدائري مقابل التردد محسوب بطريقة (FDTD)

" $a = 32.35\text{ mm}, h = 1.59\text{ mm}, \epsilon_r = 1.07$ and $r_f = 9\text{ GHz}$ "

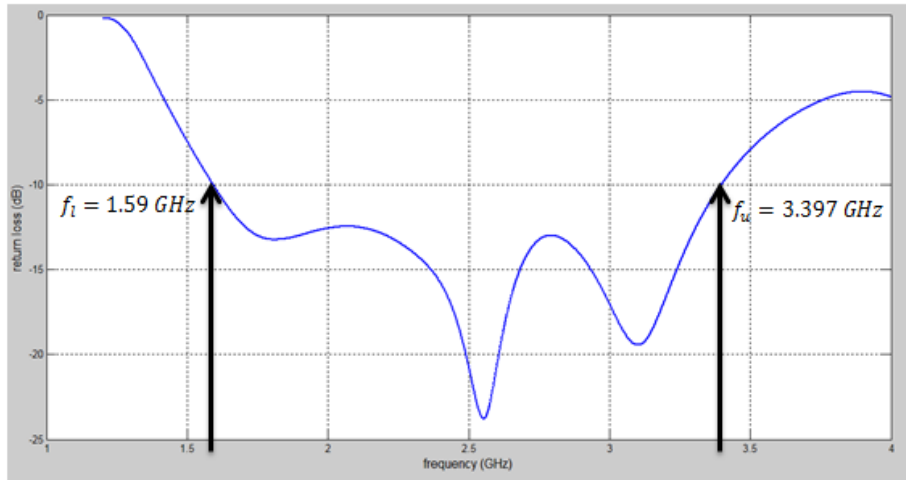


شكل رقم (4): معامل الفقد العكسي S_{11} مقابل التردد وقيم f_l و f_u للهوائي الشريطي الدائري
" $a = 32.35 \text{ mm}, h = 1.59 \text{ mm}, \epsilon_r = 1.07$ and $r_f = 9 \text{ mm}$ "

نتيجة لزيادة عرض الحزمة في حال عمل شق في المشع [4,3] اقترح عمل شق في قاعدة الهوائي وقمنا بتكبير هذا الشق الى الابعاد الموضحة في الشكل (5)، حيث L_x و L_y هي ابعاد الشق في قاعدة المشع، فكانت النتيجة هي زيادة في عرض الهوائي وصلت الى 72% كما هو موضح بالشكل (6).



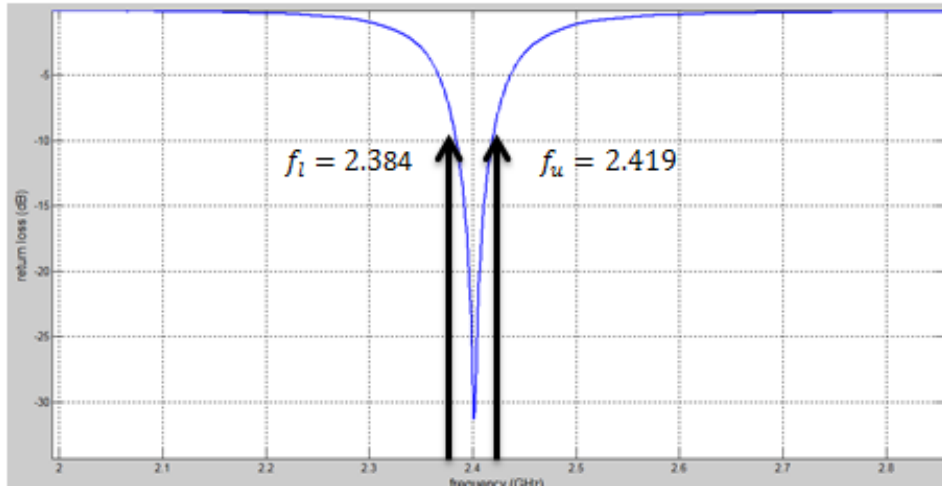
شكل رقم(5): يوضح ابعاد الشقوق في قاعدة الهوائي الشريطي الدائري للعازل (foam)



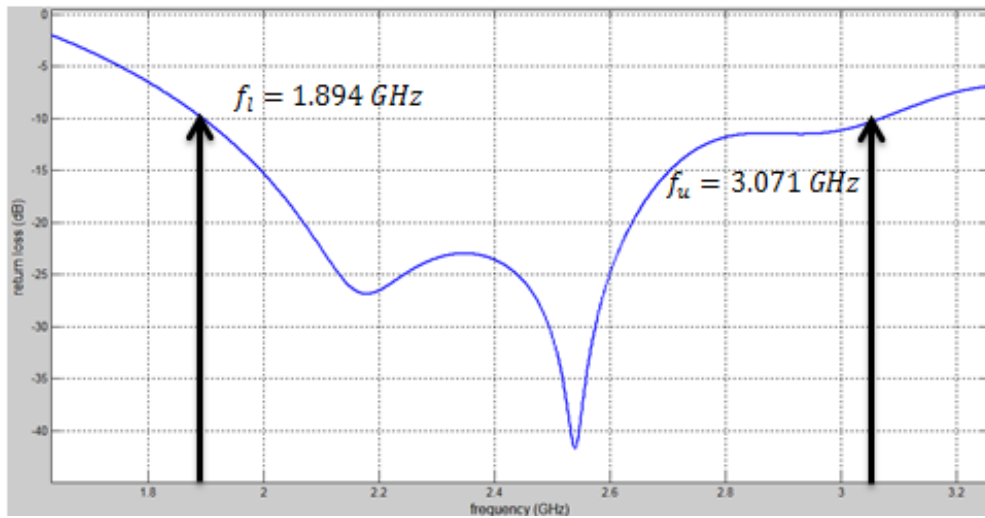
شكل رقم(6): معامل الفقد العكسي S_{11} مقابل التردد وقيم f_l و f_u للهوائي الشريطي الدائري بعد عمل شقوق في القاعدة

$$"a = 32.35 \text{ mm}, h = 1.59 \text{ mm}, \epsilon_r = 1.07 \text{ and } r_f = 9 \text{ mm} "$$

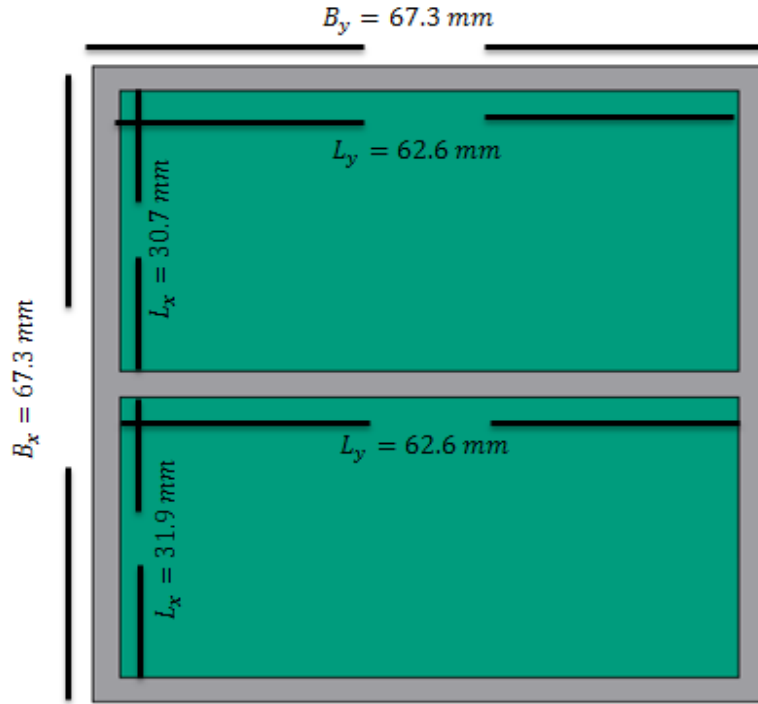
طبقتنا الطريقة على مواد ذات ثابت عزل مختلف منها (Duroid) والتي له ثابت عزل 2.32 حيث كانت ابعاد الهوائي وموقع المغذي هي كالاتي $B_x = B_y = 67.3 \text{ mm}$ و $a = 22.43 \text{ mm}$ نصف قطر الهوائي $r_f = 6.2 \text{ mm}$. فكان عرض الحزمة 1.25% كما في الشكل (7)، واصبح عرض الحزمة 47% كما في الشكل (8) عندما عملنا شقوق في القاعدة مبينة ابعادها في الشكل (9).



شكل رقم (7): معامل الفقد العكسي S_{11} مقابل التردد وقيم f_l و f_u للهوائي الشريطي الدائري
 " $a = 22.43 \text{ mm}, h = 1.59 \text{ mm}, \epsilon_r = 2.32$ and $r_f = 6.2 \text{ mm}$ "

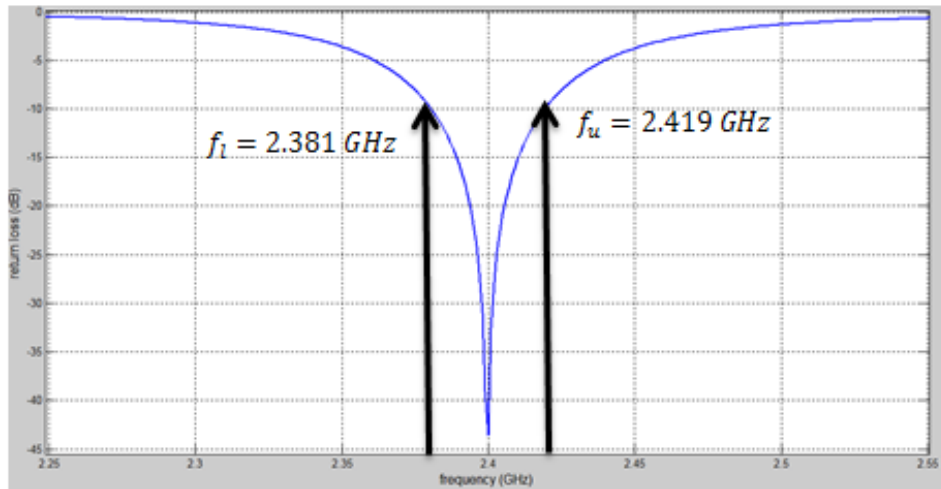


شكل رقم (8): معامل الفقد العكسي S_{11} مقابل التردد وقيم f_l و f_u للهوائي الشريطي الدائري
 بعد عمل شقوق في القاعدة
 " $a = 22.43 \text{ mm}, h = 1.59 \text{ mm}, \epsilon_r = 2.32$ and $r_f = 6.2 \text{ mm}$ "



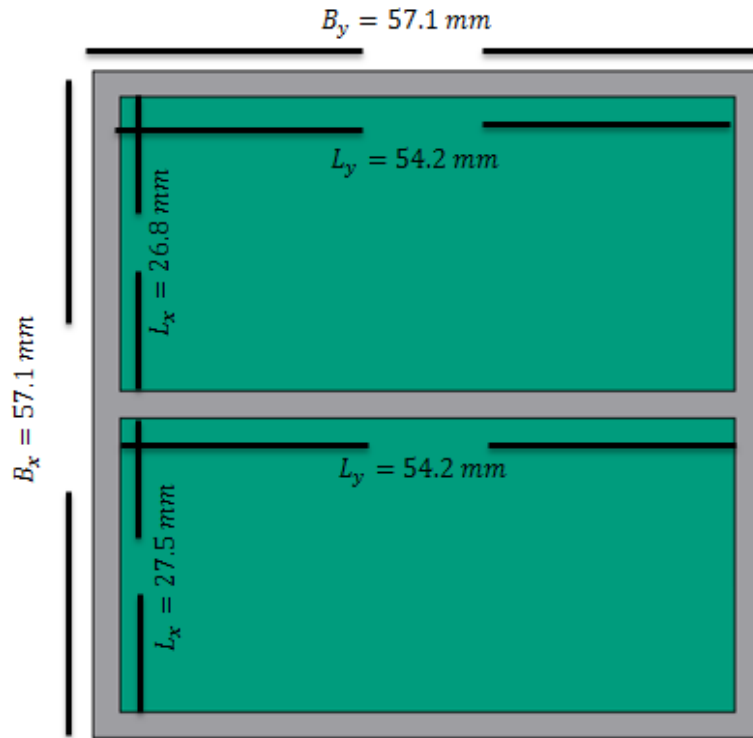
شكل رقم(9): يوضح ابعاد الشقوق في قاعدة الهوائي الشريطي الدائري للعازل (Duroid)

وباستعمال مادة (RF4 Epoxy) والتي لها ثابت عزل 4.4 فكانت ابعاد الهوائي هي $r_f = 4.3 \text{ mm}$ و $a = 16.408 \text{ mm}$ نصف قطر المشع و $B_x = B_y = 57.1 \text{ mm}$ ابعاد القاعدة و 1.6% كما مبين في الشكل (10). يعمل شقوق في القاعدة مبينة ابعاده في الشكل (11) حصلنا على عرض وصل الى 43% كما مبين في الشكل (12).

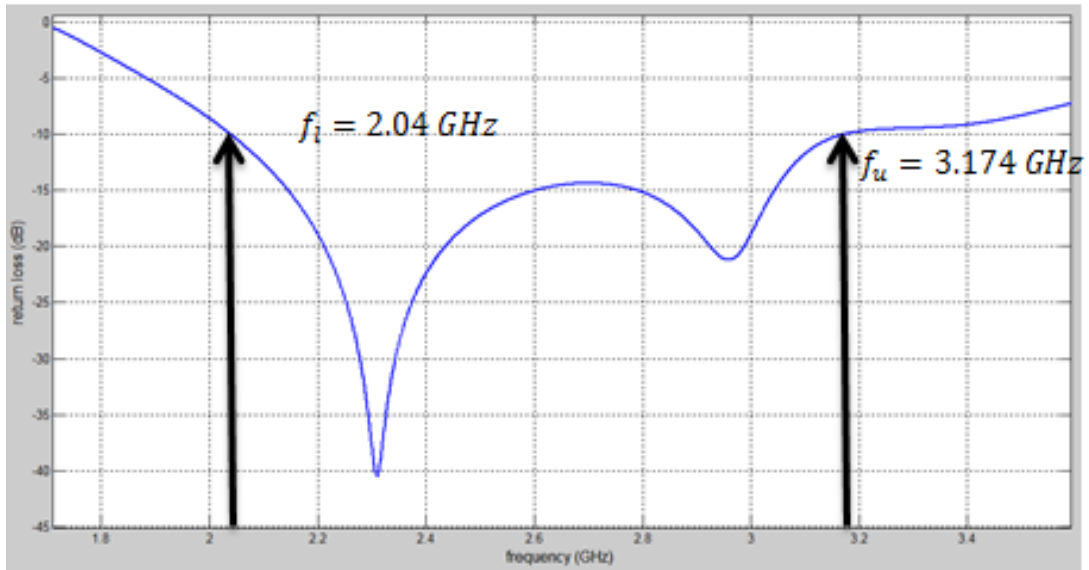


شكل رقم(10): معامل الفقد العكسي S_{11} مقابل التردد وقيم f_l و f_u للهوائي الشريطي الدائري

" $a = 16.408 \text{ mm}, h = 1.59 \text{ mm}, \epsilon_r = 4.4$ and $r_f = 4.3 \text{ mm}$ "



شكل رقم(11): يوضح ابعاد الشقوق في قاعدة الهوائي الشريطي الدائري للعازل (RF4 Epoxy)



شكل رقم(12): معامل الفقد العكسي S_{11} مقابل التردد وقيم f_l و f_u للهوائي الشريطي الدائري بعد عمل شقوق في القاعدة

" $a = 16.408 \text{ mm}, h = 1.59 \text{ mm}, \epsilon_r = 4.4$ and $r_f = 4.3 \text{ mm}$ "

الجدول رقم 1: بين التغير في عرض الحزمة نتيجة لعمل شقوق في القاعدة

$h = 1.59 \text{ mm}$	عرض الحزمة	
	بدون وجود شق في القاعدة	بعد عمل شق في القاعدة
$\epsilon_r = 1.07$ $a = 32.35 \text{ mm}$	1.67%	72%
$\epsilon_r = 2.32$ $a = 22.43 \text{ mm}$	1.25%	47%
$\epsilon_r = 4.4$ $a = 16.408 \text{ mm}$	1.59%	43%

5- الاستنتاجات:

ان زيادة عرض الحزمة يمكننا من نقل معلومات اكثر على الحزمة حيث كلما كانت الحزمة عريضة اصبح من الممكن نقل تحميل معلومات اكثر على هذه الحزمة. وبعد عمل الشقوق المقترحة في قاعدة الهوائي الشريطي في هذا البحث وجد حصول زيادة كبيرة في عرض الحزمة. كما وجد ان الطريقة قابلة للتطبيق حتى مع تغيير ثابت العزل للهوائي الشريطي الدائري. كما ان قيمة الزيادة في عرض تزداد كلما قل ثابت العزل للهوائي الشريطي الدائري.

المصادر

- [1] R. Garg, P. Baharteia, I.J. Bahl and A. Ittipiboon, "Microstrip Antenna Design Hand Book", Artech House Inc., London, 2001.
- [2] H. F. Pues and A. R. Van de Capelle, "An impedance-matching technique for increasing the bandwidth of microstrip antenna", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 37, No. 11, pp. 1345-1354, 1989.
- [3] D. Garim, Bahtnagar, J. S. Saini, V. K. Saxena and L. M. Joshi, "Design of Broadband Circular Patch Microstrip Antenna with Diamond Shape Slot", Indian Journal of Radio and Space Physics, Vol. 40, pp. 275-281, October 2011.
- [4] J. A. Ansari and R. B. Ram, "Broadband Stacked U-Slot Microstrip Patch Antenna", Progress In Electromagnetics Research Letters, Vol. 4, pp. 17-24, 2008.
- [5] B. J. Kwaha, O. N. Inyang and P. Amalu, "The Circular Microstrip Patch Antenna Design and Implementation", IJRRAS Vol.8, pp. 86-95, July 2011.
- [6] A. Taflove, "Computational Electrodynamics the Finite-Difference Time-Domain Method", Artech House, Inc., Boston, 1995.
- [7] A. Taflove, "Application of the finite-difference time-domain method to sinusoidal steady-state electromagnetic penetration problems", IEEE Trans. Electro. Comp. Vol. 22, pp. (191-202), 1980.
- [8] D. S. Katz, E. T. Thiele and A. Taflove, "Validation and Extension to Three Dimensions of the Berenger PML Absorbing Boundary Condition for FD-TD Meshes", IEEE Microwave and Guided Wave Letters, Vol. 4, No. 8, 1994.
- [9] D. M. Sheen, "Numerical Modeling of Microstrip Circuits and Antennas", Ph. D. Thesis Submitted to the Electrical Engineering and Computer Science Massachusetts Institute of Technology, USA, 1991.
- [10] Z. N. Chen and Y. W. Michael, "Broadband Planar Antennas", John Wiley and Sons, Ltd, England, 2006.

Bandwidth Enhancement for circular Microstrip Antenna up to 72% by Drill in the Base of the Microstrip Antenna

Received : 19\12\2014

Accepted : 21\1\2015

Mahmoud M. Aubais
Kufa Univ.\ Faculty of
Science
Physics department

Nabeel Abbas Areebi
Qadisiya Univ.\ Faculty of
Education
Physics department
nabeelabbasph@yahoo.com

Faiz Salih Abbas
Kufa Univ.\ Faculty of
Science
Physics department

Abstract

A circular microstrip antenna is designed to tone at 2.4 GHz, FDTD method is used to simulate and study of its properties. In this study, the Bandwidth of foam is found 1.67% width dielectric constant 1.07. to broad the Bandwidth we drill two big slots in the base of microstrip, so the Bandwidth increase to 72%, the range of antenna operating was from (1.59 to 3.3 GHz). MATLAB was used to programming. The method applied for other insulators, the results show a increasing in Bandwidth for all cases.

Keyword: circular microstrip Antenna, Bandwidth, slots, FDTD method.

Physics classification : QC 669-675.8