



ISSN: 1608-9391  
e-ISSN: 2664-2786

Received:23/12/2020  
Accepted:15/3/2021

## تصميم هوائي شريحة رقيقة مناسباً لتطبيقات GSM ودراسة تأثير سمك الركيزة على عرض الحزمة الترددية

منى رشيد طلب فارس صالح عطاالله

قسم الفيزياء/ كلية العلوم/ جامعة تكريت

\*احمد عبد الكريم احمد

وزارة التربية/ مديرية تربية نينوى

\*E-mail: A.A-Ahmed87@yahoo.com

### الملخص

في هذا البحث تم تصميم هوائي شريحة رقيقة مناسب لتطبيقات GSM (Global System for Mobile) عند التردد 0.9GHz اي بين الترددين 0.89 – 0.96 GHz) باستخدام ركيزة الايبوكسي FR-4(epoxy) ذات ثابت عزل 4.3 وبسمك 1.6mm وتحسين خواصه الاشعاعية باستخدام مجموعة من الاجراءات للحصول على هوائي مناسب للاستخدام في تطبيقات الاتصالات اللاسلكية، حيث تم اختزال المستوى الارضي فقط مقابل خط النقل وعمل قطعين مثلثين في الزوايا السفلية للرقعة لزيادة عرض الحزمة، كما تم تغذية الهوائي باستخدام تقنية الخط الشريطي الدقيق. وتغير سمك الركيزة حيث تم اخذ سمك 3.2mm ثم اخذ سمك ثالث قيمته 1.4mm، تمت مقارنة نتائج تغيير عرض الحزمة الترددية لكل سمك فكان عرض الحزمة الترددية عند السمك 3.2 تساوي 0.41 GHz ويتردد عمل 0.922 GHz، اما عند السمك 1.6mm فان عرض الحزمة الترددية يساوي 0.35 GHz ويتردد عمل 0.954 GHz وعرض الحزمة عند السمك الثالث 1.4 يساوي 0.27 GHz ويتردد عمل 0.907 GHz، وتم تصميم هوائي الشريحة الرقيقة ومحاكاة النتائج باستخدام برنامج CST<sub>2019</sub>.

الكلمات الدالة: CST، هوائي شريحة رقيقة، GSM.

### المقدمة

لقد كان تطور الاتصالات اللاسلكية على مدى واسع خلال العقود الماضية وذلك من خلال وجود اجهزه الاتصالات التي تم من خلالها توفير خدمات الاتصال بالصورة والصوت في كل مكان في العالم. وان مثل هذه الخدمات يتطلب ان تعمل الاجهزة على نطاق ترددي عريض او متعدد لكي تغطي حزم التشغيل المطلوبة (Geetanjali, 2017). لهوائي الشريحة الرقيقة مميزات كثيرة يمكن لها ان تقوم بتغطية هذه المتطلبات مثل صغر حجمه، وخفه وزنه، وامكانيه ان يدمج مع اجهزه الحالة الصلبة، وتصنيعه السهل بالكلفة المنخفضة (Ogunlade, 2015). هذه المميزات تجعل من الممكن ان يغطي الهوائي الكثير من المتطلبات. فعند الانخفاض في مستوى الطاقة يمكن الاستفادة من النطاق العريض لأرسال الاشارات وكذلك نقل البيانات وبمعدلات عالية والتصوير بالرادار وفي دراسة اخرى تم استخدامه فتي الاستشعار عن بعض الاورام كالسرطان (Boutejdar, 2016). وبهذا التطور من الممكن ان نستعمل هوائي الشريحة الرقيقة في الكثير من تطبيقات الاتصالات اللاسلكية ومنها النظام العام للاتصالات ويسمى كذلك Global System for Mobile (GSM) والذي يستعمل على مدى واسع في أمريكا، أوروبا، آسيا، وبقية مدن العالم. في المعيار IEEE.802.11 اتفق على ان هذه الشبكة تعمل بثلاث حزم ترددية: 0.9 GHz بين الترددين (0.89-0.96 GHz) والتردد (1.71- 1.805GHz) 1.8GHz والتردد 1.9 GHz (Tripathi 2011 ; Bozdağ 2014) (1.805- 1.88 GHz). اذا كانت عرض الحزمة ضيقة فان الهوائي يكون غير قادر على ارسال واستلام كميات عالية من البيانات لذلك كثير من البحوث بذلت جهودها لزيادة النطاق الترددي، ومن تقنيات زيادة عرض النطاق الترددية هي تقليل عامل الجودة وزيادة سمك الركيزة ونقصان ثابت الركيزة العازلة، واستخدام شبكة موائمة للممانعة وايضاً تكوين رنين متعدد حيث يمكن من خلالها زيادة عرض الحزمة الترددية (Bancroft , 2009 ; Ahmed , 2020) يهدف هذا البحث الى تصميم هوائي شريحة رقيقة وتحسين خصائصه الاشعاعية لجعله مناسباً للاستخدام لتطبيقات GSM باستخدام برنامج CST ثم نقوم بتغيير سمك المادة العازلة لدراسة تأثيرها على عرض الحزمة الترددية ونقوم بتصنيع الهوائي وقياس خسارة الرجوع باستخدام جهاز VNA ونقارن القيمة العملية لخسائر الرجوع مع قيمة المحاكاة.

### الجزء النظري

#### الهوائي Antenna

يتم تعريف الهوائي وفق نظام IEEE بأنه وسيلة لإشعاع او استقبال الموجات الكهرومغناطيسية. فالهوائي عنصر اساسي لنظام الاتصالات حيث يمكن للهوائي ارسال او استقبال الموجات الكهرومغناطيسية من الفضاء المحيط به لأنشاء اتصال لاسلكي بين جهازين او أكثر. وتعتبر الهوائيات اجهزة تبادلية اي انها تمتلك نفس الخواص سواء في وضع الارسال او الاستقبال (Rizwan , 2015).

#### الخصائص الرئيسية لهوائي الشريحة الرقيقة

#### الاتجاهية Directivity

الاتجاهية هي قدرة الهوائي على تركيز طاقة الإشعاع بالاتجاه المطلوب (Nahiyen, 2017). وكذلك يمكن ان نعبر عن الاتجاهية على انها النسبة بين شدة الإشعاع في اتجاه معين من الهوائي إلى متوسط كثافة الإشعاع (Balanis, 2016). وأن العلاقة الرياضية التالية تمثل الاتجاهية للهوائي (Nahiyen, 2017).

$$D = \frac{U_{max}}{U_{av}} = \frac{U_{max}}{P_{red}} \dots \dots \dots (1)$$

حيث ان: D : تمثل الاتجاهية للهوائي.

$U_{max}$ : تمثل أقصى شدة للإشعاع.

$U_{av}$ : تمثل متوسط شدة الإشعاع.

$P_{rad}$ : تمثل القدرة او الطاقة الكلية المشعة.

### الكسب Gain

وهو أحد خصائص الهوائي ويرتبط مباشرة بالاتجاهية وكفاءة الهوائي. ويعرف كسب الهوائي على انه "النسبة بين شدة إشعاع الهوائي في اتجاه معين وعلى مسافة ثابتة من مصدر الإشعاع الى شدة إشعاع هوائي isotropic على نفس المسافة " يشترط ان تكون قدرة الدخل لكلا الهوائيين متساوية (Khan, 2016). وتميل الهوائيات التي يكون فيها الكسب عالياً الى اتجاهية أكثر، بينما الهوائيات التي يكون فيها الكسب منخفضاً تشع هذه الهوائيات الطاقة في جميع الاتجاهات وبنفس القدرة. ويعطى كسب الهوائي بالعلاقة الاتية (Abdulhasan, 2015).

$$\text{Gain} = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{in}} \quad \dots \dots \dots (2)$$

حيث إن:

$U_{(\theta, \phi)}$ : شدة الإشعاع بوحدة ( watt/unit )

$P_{in}$ : تمثل القدرة الداخلة بوحدة ( watt )

### الكفاءة Efficiency

تعرف كفاءة الهوائي على انها قياس قدرة الهوائي على إرسال الطاقة التي يستلمها. وكذلك يمكن تعريف الكفاءة على انها "النسبة بين القدرة المشعة الى طاقة الادخال" وهناك عدد من انواع الكفاءة في الهوائي، فالكفاءة الكلية للهوائي تأخذ بنظر الاعتبار الخسائر في نقاط الادخال وداخل هيكل الهوائي (AboJalambo, 2017). وان الكفاءة الكلية للهوائي هي ناتج لجميع الكفاءات التي تكون داخل الهوائي. حيث تؤخذ بنظر الاعتبار الخسائر، الممانعة، خسائر العزل داخل الهوائي، وكذلك خسائر عدم الموازنة في طرف ادخال الهوائي مما يؤدي الى الانعكاس. وان كفاءة الهوائي تعطى من خلال العلاقة التالية (Khan , 2016):

$$\eta = \frac{P_r}{P_{in}} \quad \dots \dots \dots (3)$$

حيث أن:

$\eta$ : تمثل كفاءة الهوائي.

$P_r$ : القدرة التي تنبعث من الهوائي وتكون بوحدة (watt).

$P_{in}$ : القدرة الداخلة الى الهوائي وتكون بوحدة (watt).

### خسارة الرجوع Return loss

خسارة الرجوع RL تشير الى مقدار الطاقة المفقودة للحمل ولا يعود كانعكاس، ولذا يمكن تعريفها ايضاً على انها وسيلة للتعبير عن عدم الموازنة (Mismatch). وتكون خسارة الرجوع نسبة لوغاريتمية وتقاس هذه النسبة بوحدة الديسيبل (dB). وعندما تكون خسارة العودة للهوائي (-10 dB) سيكون للهوائي موازنة (matching) افضل حيث سيتم ارسال اكثر من 90% من الطاقة الناتجة، وان خسارة الرجوع غالباً ما تكون هي المحدد كمعامل اداء في تطبيقات الميكروويف وتعطى خسارة الرجوع بالعلاقة الاتية (Rizwan , 2015).

$$\text{Return loss} = -20 \log_{10} |\Gamma| \quad \dots \dots \dots (4)$$

حيث ان  $\Gamma$ : معامل الانعكاس.

### نسبة فولتية الموجة المتوقفة VSWR.

ترتبط هذه الخاصية مع خسارة الرجوع للهوائي ويمكن تعريف (VSWR) (voltage standing wave ratio) على انها قياس القدرة المنعكسة الى المصدر . حيث يتم حسابها عن طريق قياس موجة الجهد الامامي باتجاه الحمل مقابل موجة الجهد التي تنعكس من الحمل (Pandey, 2019). عندما لا يكون الحمل مطابقاً تماماً لخط النقل، فإن الانعكاسات عند الحمل يتسبب في انتشار الموجة المنقلبة في اتجاه عكسي لموجة الساقطة. بهذه الطريقة، يتم انشاء نمط موجة واقفة في خط النقل والتي يمكن تمييز تأثيرها من خلال نسبة السعات القصوى والدنيا للموجات  $V_{\min}$  ،  $V_{\max}$  على التوالي، والمعروفة باسم VSWR (نسبة فولتية الموجة المتوقفة) (Pandey, 2019).

$$VSWR = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad \dots \dots \dots (5)$$

$\Gamma$  : معامل الانعكاس

حيث ان الحد الاقصى لقيمة VSWR والذي تكون فيه مواعمة الممانعة جيدة هو 2 (Misra, 2015).

### عرض الحزمة Bandwidth

تعتبر هذه الخاصية من الخواص الفنية المهمة للهوائي ويمكن ان نعرفها على انها "النسبة المئوية لفرق التردد على التردد المركزي او تردد الرنين" حيث ان عرض الحزمة المطلقة (BW) يمثل الفرق بين اعلى تردد  $F_H$  وادنى تردد  $F_L$  اي ان:

$$BW = F_H - F_L \quad \dots \dots \dots (6)$$

وفي هذه الحالة يطلق عليه عرض النطاق الترددي (FBW) الكسرية ويكتب على النحو الاتي (Balanis, 2016):

$$FBW(\%) = \left[ \frac{F_H - F_L}{F_C} \right] \times 100\% \quad \dots \dots \dots (7)$$

حيث ان:

$F_H$ : يمثل اعلى تردد في النطاق

$F_L$ : يمثل ادنى تردد في النطاق

$F_C$ : يمثل التردد المركزي في النطاق.

### الجزء العملي

في تصميم الهوائي تم استخدام مادة الايبوكسي FR-4 كركيزة ثابت العزل لها  $\epsilon_r = 4.3$  وسمك  $h = 1.6 \text{ mm}$  واختيار النحاس كمادة موصلة لتكوين الرقعة والطبقة الارضية.

تم اجراء بعض الحسابات الاولية والتي من خلالها سيتم تصنيع الشريحة. حيث يتم احتساب عرض الرقعة  $W$  من العلاقة الاتية (Prabhakar, 2016).

$$W = \frac{C_0}{2f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad \dots \dots \dots (8)$$

$f_r$ : تردد عمل الهوائي.

$\epsilon_r$ : ثابت العزل النسبي في الفراغ.

$C_0$ : سرعة الضوء في الفراغ.

تم حساب قيمة عرض الرقعة المشعة عند التردد 0.9GHz وثابت العزل يساوي 4.3 وبسمك 1.6mm تساوي

$$.W=102.3\text{mm}$$

ويعطى ثابت العزل الفعال من خلال العلاقة الرياضية التالية (Kaur, 2015).

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[ 1 + 12 \frac{h}{w} \right]^{-1/2} \dots \dots \dots (9)$$

حيث ان

h : سمك او ارتفاع الركيزة العازلة. عند حساب ثابت العزل الفعال عند السمك 1.6 mm فان قيمته تساوي 4.13mm. وكذلك تم حساب الطول المؤثر من خلال العلاقة التالية (Soundarya, 2019).

$$L_{eff} = \frac{c}{2f\sqrt{\epsilon_{reff}}} \dots \dots \dots (10)$$

عند حساب الطول الفعال للرقعة كانت قيمته تساوي 82mm.

يتم حساب الفرق بالطول الفيزيائي والكهربائي للرقعة المشعة ويمكن تمثيلها بالمعادلة التالية (Balanis, 2016).

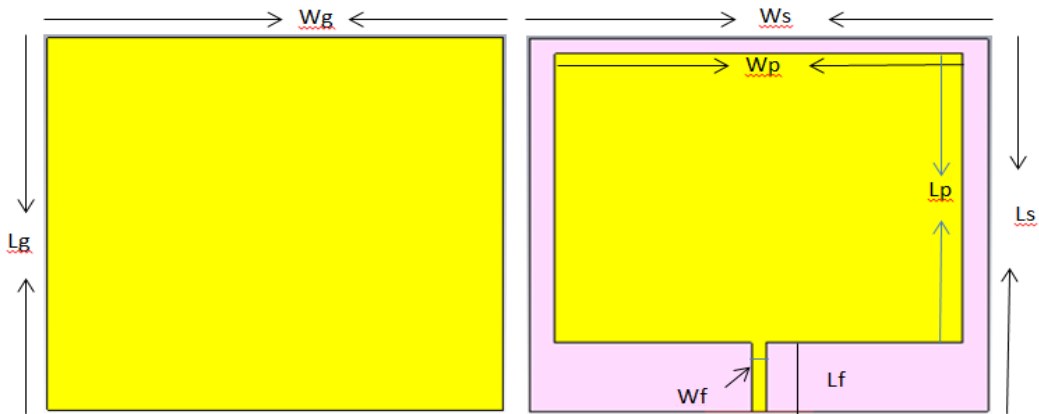
$$\frac{\Delta L}{h} = 0.412 \frac{(\epsilon_{reff} + 0.3) \left( \frac{w}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0.258) \left( \frac{w}{h} + 0.8 \right)} \dots \dots \dots (11)$$

$\Delta L$ : الفرق بالطول الفيزيائي والكهربائي وقيمته تساوي 1.95mm.

طول الرقعة يتم حسابه بالعلاقة التالية (Balanis, 2016):

$$L = L_{eff} - 2\Delta L \dots \dots \dots (12)$$

وكانت قيمته تساوي 78.1 mm

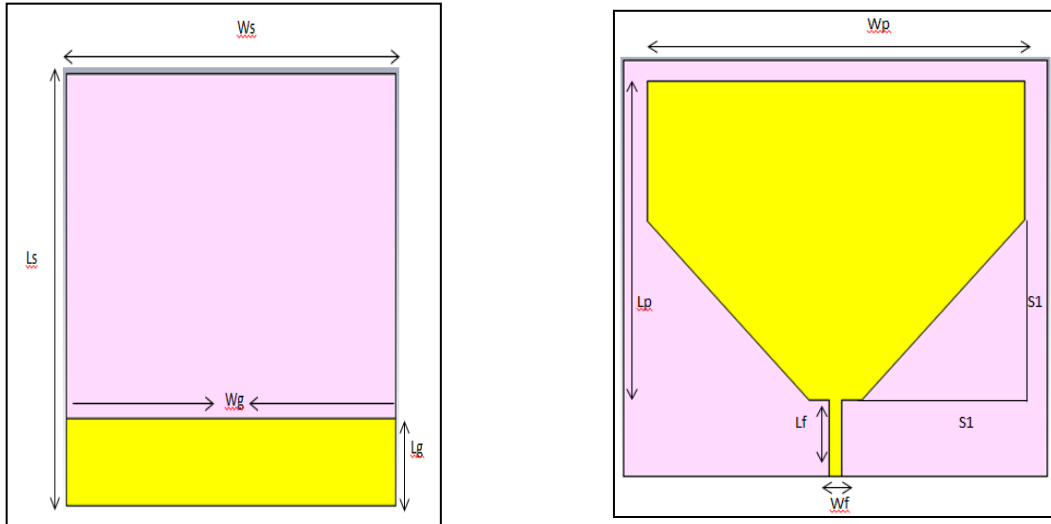


الشكل 1: الشكل التمهيدي لهوائي الشريحة الرقيقة

الجدول 1: ابعاد هوائي الشريحة الرقيقة التمهيدي مقاسه بالملي متر

t	h	Lg	Wg	Lf	Wf	Lp	Wp	LS	WS	البعد
0.035	1.6	102	115	18.8	4.9	78.1	102.3	102	115	القيمة

تم تحسين الخواص الاشعاعية لهوائي الشريحة الرقيقة عن طريق مجموعة من الخطوات حيث تم قطع مثلثين من الزوايا السفلية وتقليل الطبقة الارضية مما ادى الى تحسين خسارة الرجوع وزيادة عرض الحزمة الترددية والحصول على موائمة عالية بين ممانعة الهوائي بجزئها الحقيقي والتخيلي والتخلص من الترددات غير المرغوب فيها وكذلك زيادة كفاءة الهوائي، تم الحصول على الشكل النهائي لهوائي الشريحة الرقيقة التمهيدي، الشكل (2) يوضح الشكل النهائي لهوائي الشريحة الرقيقة و(الجدول 2) يمثل ابعاد الهوائي بعد اجراء التعديلات.



الشكل 2 : هوائي الشريحة الرقيقة النهائي.

الجدول 2: ابعاد هوائي الشريحة الرقيقة النهائي مقاسة بالملي متر

البعد	WS	LS	WP	LP	WF	Lf	Wg	Lg	h	t	S1
القيمة	115	102	102.3	78.1	4.9	18.8	115	20.3	2	0.035	44

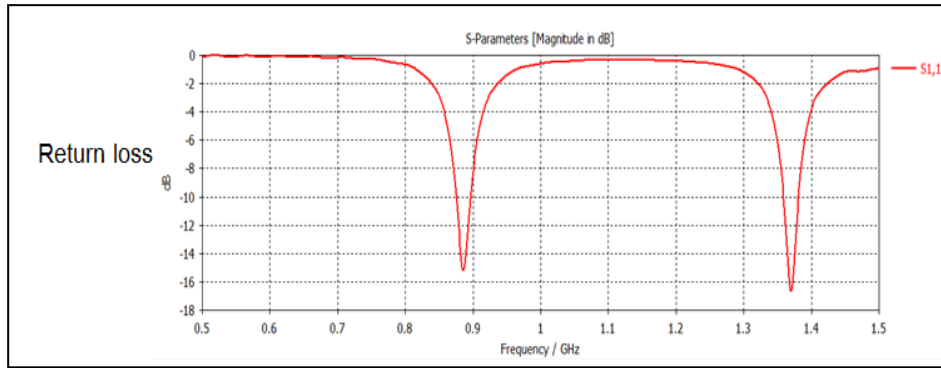
تم تقليل سمك الركيزة العازل واستخدام المادة العازلة الايبوكسي ذات سمك 1.4mm مع الاخذ بنظر الاعتبار تغير طول الرقعة المشعة مصنوعة من مادة النحاس وقياس عرض الحزمة الترددية، ومن ثم زيادة سمك الركيزة العازلة واخذ مادة عازلة ذات سمك 3.2mm وحساب عرض الحزمة الترددية.

### النتائج والمناقشة

تم الحصول على النتائج باستخدام برنامج CST(Computer Simulation technology) (يقدم برنامج CST عملية بسيطة في تكوين التراكيب بواجهة عرض امامية كما يوفر التحكم بتراكيب ثلاثية الابعاد. وبعد عملية بناء النموذج، تبدأ عملية المحاكاة وحساب النتائج. يستخدم برنامج CST تقنية Finite Integration Technique في التحليل العددي) وكانت نتائج المحاكاة كما يلي:

### خسارة الرجوع Return loss

الشكل (3) يوضح منحنى خسارة الرجوع لهوائي الشريحة الرقيقة التمهيدي.



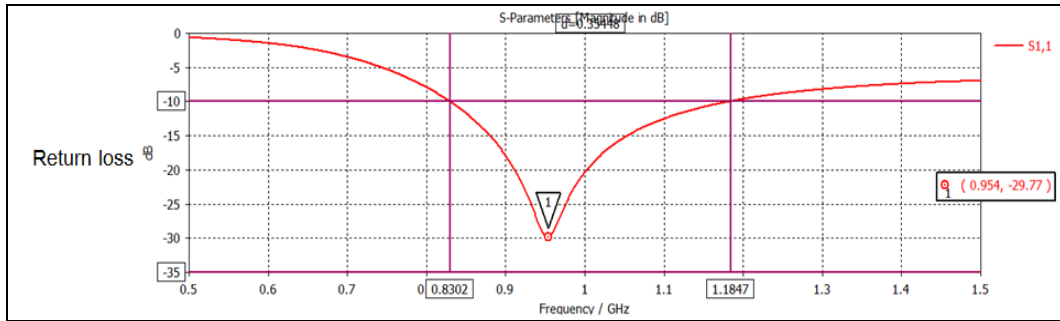
الشكل 3: خسارة الرجوع

وكانت نتائج المحاكاة لهوائي الشريحة النهائي عند التردد 0.9GHz وسمك الركيزة العازلة 1.6mm وكما يلي:

### خسارة الرجوع Return loss

الشكل (4) يوضح خسارة الرجوع وقيمتها جيدة وتساوي -29.77- وهي اقل من القيمة التي تعتبر مرجع 10dB- وبتردد عمل

يساوي 0.954GHz ويعرض حزمة ترددية تساوي 0.35448GHz .

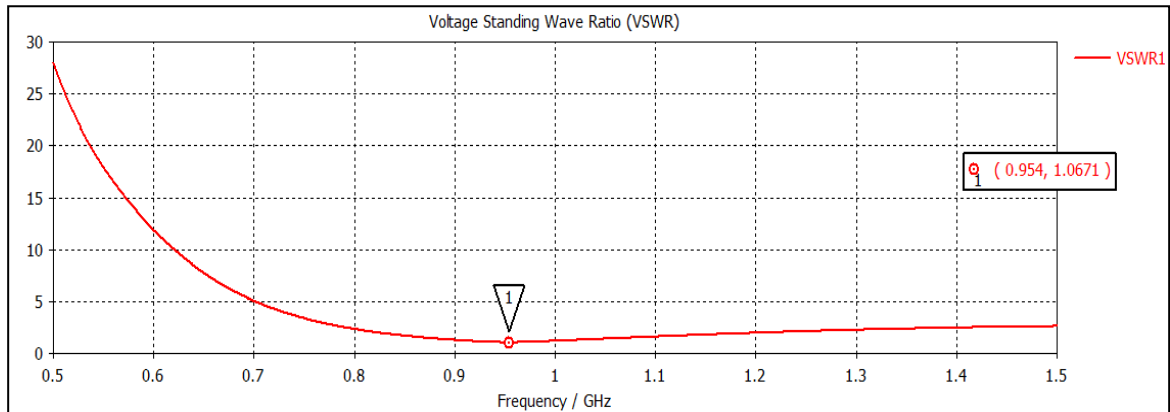


الشكل 4: خسارة الرجوع للهوائي النهائي.

### نسبة فولتية الموجة المتوقفة VSWR:

الشكل (5) يوضح VSWR كدالة للتردد حيث قيمتها جيدة وتساوي 1.0671 وتقترب من الواحد التي تعتبر القيمة المثالية وان

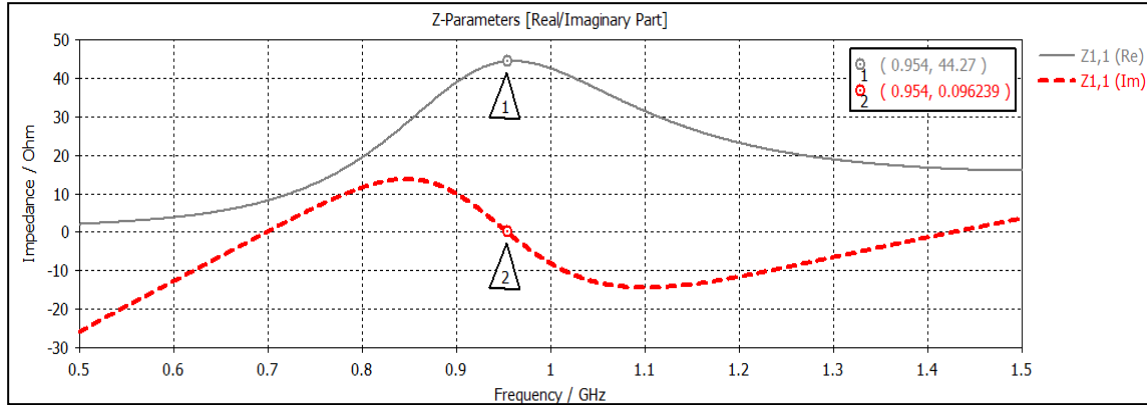
( $2 \geq VSWR \geq 1$ ) مدى لذلك الشكل يبين ان هناك جزءاً من الاشارة قد عانى من الانعكاس الى المصدر .



الشكل 5: قيمة VSWR كدالة للتردد

## ممانعة الهوائي:

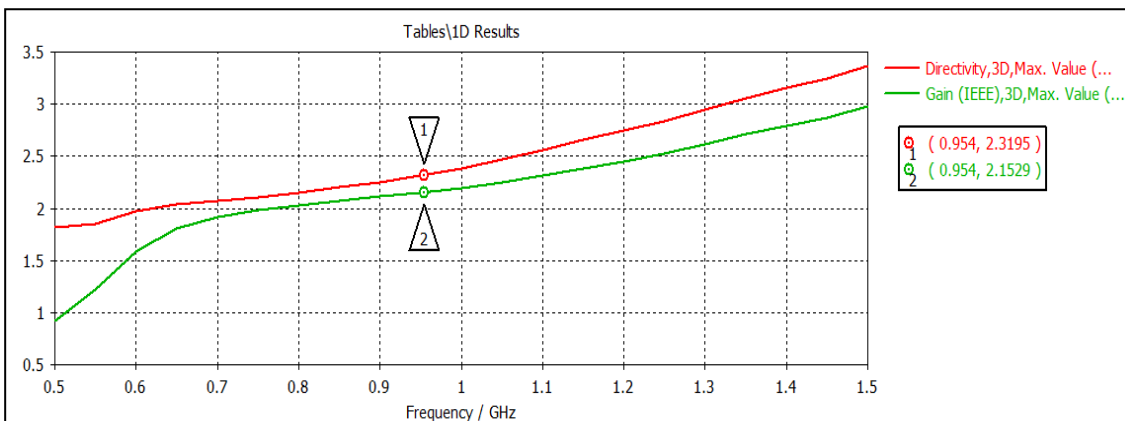
الشكل (6) يوضح ممانعة هوائي لشريحة الرقيقة بجزئها الحقيقي والتخيلي نلاحظ ان الهوائي يمتلك موانعة عالية عند تردد العمل  $0.954\text{GHz}$  حيث ان الجزء الحقيقي يقترب من  $50\Omega$  وتساوي  $44.27\Omega$  والجزء التخيلي يقترب من الصفر وتساوي  $0.096239$  وهذا يدل على ان الرادة الحثية مقاربة للرادة السعوية وبالتالي فان دائرة الهوائي في حالة رنين في منطقة التردد المطلوب لأنه من خواص دائرة الرنين ان الرادة المحصلة تساوي صفراً وبالتالي فان الممانعة الكلية هي مقاومة اومية خالصة.



الشكل 6: ممانعة الهوائي بجزئها الحقيقي والتخيلي.

## الكسب والاتجاهية Gain And Directivity

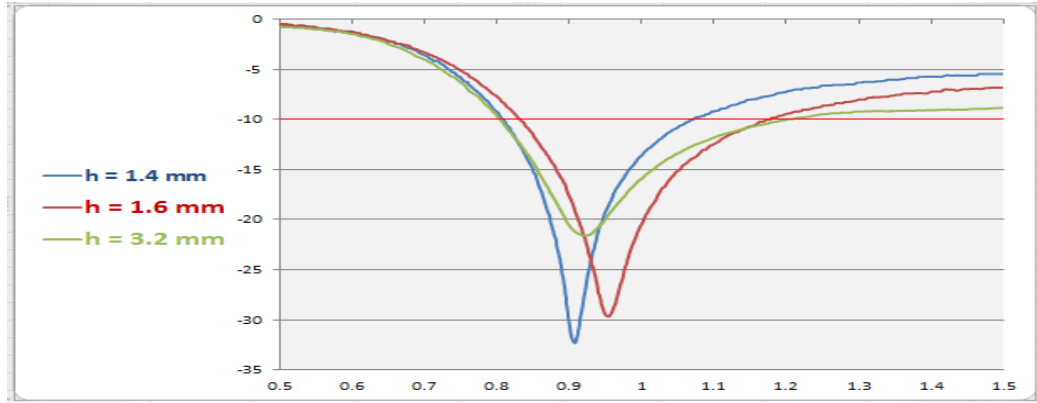
يوضح الشكل (7) كسب واتجاهية هوائي الشريحة الرقيقة بوحدة dB وكذلك الاتجاهية بوحدة dBi نلاحظ ان قيمتهما موجبة عند تردد العمل  $0.954\text{GHz}$  حيث ان الربح يساوي  $2.1529\text{dB}$  والاتجاهية تساوي  $2.3195\text{dBi}$ ، اي ان كفاءة الهوائي تصل الى  $92.8\%$ .



الشكل 7: الكسب والاتجاهية

وعند تغيير سمك الركيزة العازلة واخذ قيم أكبر واقل من  $1.6\text{mm}$  لوحظ ان عرض الحزمة تزداد بزيادة سمك الركيزة كما في الشكل (8) ويعزى ذلك الى ان زيادة سمك الركيزة يزيد من المقاومة النوعية للمادة العازلة وبذلك يقل عامل الجودة الذي يتناسب عكسياً مع المقاومة ونقصان عامل الجودة يجعل المنحني يتسع وبالتالي تحصل زيادة في عرض الحزمة الترددية.



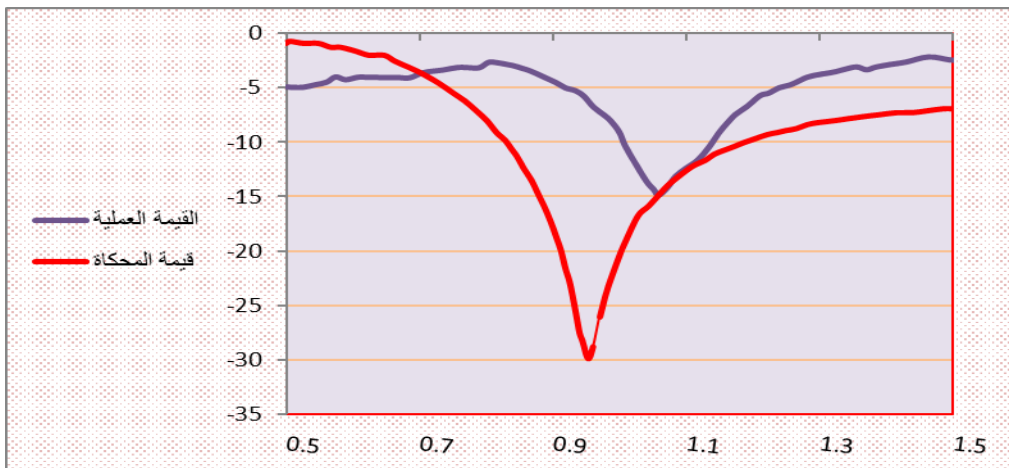


الشكل 8: يوضح مقارنة بين عرض الحزمة لقيم سمك مختلفة

تم تصنيع الهوائي المصمم بالمحاكاة باستخدام قطعة PCB (printed circuit board) والتي ثبت على وجهيها النحاس والمادة العازلة بينها هي الايبوكسي ذات ثابت عزل 4.3 وبسمك 1.6mm كما في الشكل (9). وتم قياس خسائر العودة باستخدام جهاز VNA (Vector Network Analyzer) في كلية هندسة الالكترونيات/ قسم هندسة الاتصالات/ جامعة نينوى. وتم مقارنة خسائر الرجوع باستخدام جهاز VNA مع خسائر الرجوع للمحاكاة وكان هناك توافق جيد بينهما كما في الشكل (10).



الشكل 9: التصميم المصنع عملياً



الشكل 10: مقارنة بين القيمة العملية وقيمة المحكاة لخسارة الرجوع

من الشكل (10) يمكن الملاحظة وجود توافق مقبول بين القيمة العملية وقيمة المحاكاة لخسارة الرجوع وان الاختلاف الموجود ويعزى ذلك الى عدة اسباب منها طريقة التصنيع البسيطة التي لا تخلو من بعض الاخطاء في الابعاد (زيادة او نقصان عدة ملليمترات) وكذلك قد يكون هناك اختلاف بسيط في ثابت العزل للمادة المستخدمة، وان القياسات لم تجر في مختبر عديم الصدى وان هذه الترددات موجودة في الجو وربما يحدث تداخل بناء او اتلافي فيما بينها.

### الاستنتاجات

تم تصميم هوائي الشريحة الرقيقة عن طريق تطبيق مجموعة من الخطوات تبدأ بعملية حساب ابعاد الرقعة بعدها تم محاكاة التصميم ضمن برنامج (CST). حسنت الخواص الاشعاعية للهوائي باستخدام مجموعة من الخطوات وهي تقليل الطبقة الارضية وعمل قطوعات من الزوايا السفلية للهوائي لكي يتم تقليل الزوايا الحادة في مسار التيار وتوليف التردد وزيادة عرض الحزمة وكذلك التخلص من الترددات غير المرغوب فيها. وبعدها تصنيع الهوائي باستخدام قطعة PCB ذات الوجهين من النحاس والعازل الايبوكسي بينها ذات ثابت عزل 4.3 كما تم تغذية الهوائي بتقنية الخط الشريطي. وتم التوصل الى عدة استنتاجات:

- 1 - اختزال المستوى الارضي فقط مقابل خط النقل يقلل من الخسائر وبذلك تزداد كفاءة الهوائي والتخلص من احد عيوب هوائيات الشريحة الرقيقة كونها ذات كفاءة منخفضة.
  - 2 - عمل القطوعات من الزوايا السفلية او العلوية يؤدي الى زيادة عرض الحزمة مثلا عمل قطوعات مثلثية الشكل من الزوايا تؤدي الي تقليل الزوايا الحادة التي تواجه مسار التيار وزيادة عرض الحزمة.
  - 3- وان الزيادة في سمك الركيزة يؤدي الى زيادة في عرض الحزمة الترددية في هذا البحث تم استخدام ثلاث قيم مختلفة للسمك لمقارنة تغيير عرض الحزمة الترددية وكانت قيم عرض الحزمة كالآتي.
- عند السمك 3.2mm تساوي 0.41018GHz، و عرض الحزمة عند السمك 1.6mm تساوي 0.35448GHz وعند السمك 1.4mm فأن عرض الحزمة الترددية تساوي 0.26998GHz.

### المصادر

- Abdulhasan, R.A. (2015). Design of microstrip ultra wide band antenna with two notch filters for wireless communication. M.Sc. Thesis, University Tun Hussein Onn Malaysia, 42 p.
- AboJalambo, M.I. (2017). Design of frequency and pattern reconfigurable antenna for UWB applications. In M.Sc. thesis, The Islamic University–Gaza, Gaza, Palestine, 79 p.
- Ahmed, A.A.; Alatallah, F.S.; Ali, Y.M. (2020). Design of multiband microstrip patch antenna with bandwidth enhancement for wireless communication system. *Tikrit J. Pure Sic.*, **25**(4), 53–60.
- Balanis, C. A. (2016). “Antenna Theory Analysis And Design”. In John Wiley & Sons.
- Bancroft, R. (2009). “Microstrip and Printed Antenna Design”. 2<sup>nd</sup> ed. In The Institution of Engineering and Technology.
- Boutejdar, A.; Ellatif, W.A. (2016). A novel compact UWB monopole antenna with enhanced bandwidth using tritngula defected microstrip structure and stepped cut technique. *Microwave and Optical Technol. Lett.*, **58**(6), 1514–1519.
- Bozdağ, G. (2014). Novel microstrip antennas for multiband wideband applications. Ms.c. thesis, Izmir Institute of Technology, 121 p.
- Geetanjali; Khanna, R. (2017). A review of various multi-frequency antenna design techniques. *Indian J. Sci. and Technol.*, **10**(16), 1–7.
- Kaur, G.; Singh, J. (2015). H and t-slotted rectangular microstrip patch antennas for wireless communication. *International J. Computer Applicat.*, **118**(8), 40–43.

- Khan, B.; Berg, M.; Pärssinen, A. (2016). Adaptive vehicular antenna system for extended range cellular access. M.Sc .Thesis ,University of Oulu, Oulu Finland, 53 p.
- Misra, M. G. (2015). Design of microstrip patch antenna for wide band and ultra wide band applications. MS.c. Thesis, Siksha 'O' Anusandhan University, 69 p.
- Nahiyah, S.A.; Salehin, A.R. (2017). Novel design for shifted radiation pattern of rectangular microstrip patch antenna loaded with metamaterial. M.Sc. Thesis, Brac University, Dhaka, Bangladesh, 97 p.
- Ogunlade, M.A.; Zheng, H. (2015). Design of multiband microstrip antenna for mobile wireless communication. *Proceedings of the 2015 International Conference on Management, Education, Information and Control*, **53**(9), 147–152.
- Pandey, A. (2019). "Practical Microstrip and Printed Antenna Design". Arteln House Antennas and Electro Magnetics Analysis Library. PP.27-35.
- Prabhakar, D.; Mallikarjuna Rao, P.; Satyanarayana, M. (2016). Characteristics of patch antenna with notch gap variations for Wi-Fi applications. *International J. Appl. Engineer. Research*, **11**(8), 5741–5746.
- Rizwan, M. (2015). Performance evaluation of wearable antennas using flexible substrates. M.Sc. Thesis. Tampere University of Technology, 65 p.
- Soundarya, S.; Meghana, S.; Shanthi, P. (2019). Design of dual band micro strip antenna for 2.4 Ghz and 3.6 Ghz. *International J. Recent Technol. and Engineer.*, **8**(1), 2404–2406.
- Tripathi, R. K. (2011). *Dual Frequency Wideband Rectangular Microstrip Patch Antenna for Wireless Communication Systems*. Ms.c. thesis. Electronics and Ccommunication Engineering Department Thapar University, 82 p.

## Design of Microstrip Patch Antenna for GSM Applications and Study the Effect of Substrate Thickness on the Bandwidth

**Mona R. Talab**

**Fares S. Alatallah**

*Department of physics/ College of Science/ University of Tikrit*

**Ahmed A. Ahmed**

*General Directorate of Ninawa Education/ Ministry of Education*

### ABSTRACT

In this paper, a microstrip patch antenna designed for GSM (Global System for Mobile) applications at the frequency 0.9GHz (0.89 - 0.96 GHz), using an epoxy FR-4 substrate with an isolation constant of 4.3 and a thickness of 1.6mm and improving its radiate properties. The thickness of the substrate was changed, where a thickness of 3.2 mm was taken, then a third thickness of 1.4 mm was taken, then the results of changing the frequency beam width for each thickness were compared and it was noticed that the frequency beam width at the thickness 3.2 is equal to 0.41018GHz and the working frequency is 0.939 GHz, but at the thickness of 1.6 mm, the beam width The frequency is 0.35448GHz With a working frequency of 0.963GHz and the beam width at the third thickness 1.4 is equal to 0.26998GHz and a working frequency of 0.94939GHz, the thin film antenna was designed and the results simulated using (CST) 2019 software.

**Keywords:** CST, Microstrip, patch Antenna, GSM.