

تطوير هوائي شرائحي للكشف المبكر عن أورام الثدي

* م. مها السبع **د. عبد الكريم السالم

(الإيداع: 6 آذار 2019 ، القبول: 5 أيلول 2019)

الملخص:

يعتمد التصوير بالأشعة الميكروية للكشف عن أورام الثدي على وجود تباين في الخصائص الكهربائية بين النسيج المصاب والأنسجة السليمة المحيطة به عندما تتعرض هذه الأنسجة للأشعة الميكروية. تم في هذا البحث تطوير هوائي شرائحي ضمن منظومة قياس بسيطة وقليلة الكلفة يعمل على التردد 2.45GHz (الذي يقع ضمن مجال التردد الصناعي، العلمي والطبي ISM band) قادر على الكشف المبكر عن الورم، وبحيث لا يتجاوز متوسط الطاقة الممتصة من قبل أنسجة الثدي الحد المسموح به من قبل اللجنة FCC . تم تشكيل نموذج ثلاثي الأبعاد لكل من أنسجة الثدي ونسيج الورم وذلك اعتماداً على القيم المختلفة لكل من السماحية النسبية والناقلية وكثافة الأنسجة. يتم الكشف عن وجود الورم اعتماداً على وجود تغير في قيم كل من كثافة التيار ومعدل امتصاص الطاقة SAR في الأنسجة بين الحالتين (بوجود الورم و في حال عدم وجوده)، تم في هذا البحث أيضاً تحديد مكان تواجد ورم بحجم 2mm بدقة مقبولة وذلك من خلال تحديد الإحداثيات المقابلة لموقع أعظم امتصاص للطاقة ضمن نسيج الثدي مما يدل على جودة أداء الهوائي المقترح.

الكلمات المفتاحية: الأمواج الميكروية، هوائي شرائحي، ISM band ، SAR.

*: طالبة ماجستير في جامعة البعث – كلية الهندسة الالكترونية والاتصالات

** : عضو هيئة تدريسية في جامعة البعث – كلية الهندسة الالكترونية والاتصالات

Development of a microstrip antenna for the early detection of breast tumor

* Maha Alsabea

Dr. Abdulkarim Assalem**

(Received: 6 March 2019, Accepted: 5 September 2019)

Abstract:

Detecting breast tumors using microwave Imaging depends on the contrast in the electrical properties between the infected tissue and surrounding tissue when exposed to microwaves radiation. The purpose of this research is to develop a microstrip antenna working at 2.45GHz (within the industrial, scientific and medical frequency range ISM band) which is Capable to early detection of the tumor, so that the average energy absorbed by the breast tissue does not exceed the limit permitted by the Federal Communication Commission FCC.

Three-dimensional structure has been formed for both breast tissue and tumor tissue based on the different values of conductivity, permittivity and mass density.

Detection of the presence of the tumor is based on the presence of changes in the values of the current density and the rate of absorption of energy (SAR) in the tissues between the two cases (in the presence of the tumor and in the absence of it). In this research the location of a tumor with size 2mm is determined accurately by determining the coordinates ,corresponding to the location of the greatest absorption of the energy, within the breast tissue, the results indicate that the proposed antenna performance is accurate.

Keywords: microwave Imaging , microstrip antenna , industrial,scientific and medical (ISM) band, Specific Absorption Ratio (SAR).

1. المقدمة:

يعتبر سرطان الثدي النوع الأكثر شيوعاً من الأورام بين الإناث في العالم وهو عبارة عن خلية سريعة النمو داخل نسيج الثدي ويمكن أيضاً أن تنتقل إلى أجزاء أخرى من جسم الإنسان إذا كان من النوع النقلي ، وتكشف الإحصاءات أنه من المتوقع تسجيل 13.2 مليون حالة وفاة في عام 2030 بسبب هذا المرض [1]. كما أظهرت الدراسات الحديثة أن سرطان الثدي يعد أكثر أنواع السرطان انتشاراً بين النساء في الولايات المتحدة بعد سرطان الرئة [2]. يساعد التشخيص المبكر في الحد من الوفيات الناجمة عن هذا المرض وفي إمكانية العلاج حيث أن التأخير في التشخيص يقلل من فرص العلاج.

2. هدف البحث:

يهدف البحث إلى تصميم نموذج للثدي بحيث تكون خصائصه الكهربائية قريبة من النظام الحقيقي في جسم الإنسان، وذلك باستخدام برنامج محاكاة التردد العالي HFSS . حيث تم تطوير تصميم جديد لهوائي شرائحي يتميز بكونه تصميمًا مستويًا Planar type مع كسب عالي نسبياً، وحجم صغير وإشعاع متعدد الاتجاهات نسبياً يمكن وضعه على اتصال مباشر مع الهدف دون أن تؤثر الطاقة الممتصة من قبل الأنسجة على سلامتها. كما أنه قادر على اكتشاف أورام بأحجام 2mm وتحديد موقعها بدقة. حيث أن نظام الكشف المقترح يمكن أن يحقق أداء ممتاز مع دقة عالية.

3. أهمية البحث:

لتقليل مخاطر وفيات سرطان الثدي يجب أن نكون قادرين على تمييز النسيج الخبيث في الأنسجة السليمة وذلك في مراحله المبكرة عندما يكون الورم بمراحله الأولى و بأحجامه الصغيرة، ويمكن أن نحقق ذلك وأن نتغلب على عيوب طرق التصوير الأخرى باستخدام تقنية تصوير الثدي بالأشعة الميكروية (MBI) وقد استخدمت هذه التقنية على نطاق واسع في التشخيص الطبي الحيوي. عندما يتعرض الثدي للأشعة الميكروية ستصبح قيم خصائص العزل للورم أعلى من بقية الأنسجة، كما أن مقدار الطاقة الممتصة من قبل الأنسجة ستغير بوجود الورم.

4. الطرق المستخدمة في التشخيص الطبي:

الطريقة التقليدية المستخدمة في التشخيص هي ملاحظة التغير الذي يحدث لحملة الثدي أو لجلده، وإفراز الدم منه، وهذه الأعراض المعتمد عليها في تشخيص المرض وكشفه هي أعراض تظهر في مراحل متطورة من المرض يصعب فيها معالجته.

يساعد الفحص السريري، بالإضافة إلى التصوير باستعمال الأشعة على الكشف عن وجود الكتل ذات الأحجام الصغيرة، وتلعب طرق التصوير الفعالة دوراً مهماً في الحد من الوفيات واكتشاف الأورام في المراحل المبكرة ويجب أن تستوفي طرق التصوير بعض الشروط منها [3]:

1. دقة عالية في التمييز بين الأنسجة السرطانية والأنسجة السليمة من أجل الحصول على تشخيص أكثر دقة.
2. راحة المريض أثناء المراقبة.
3. تكاليف معقولة.

4. جرعة منخفضة من الإشعاع .

5. حساسية عالية تجاه الورم.

ومن طرق الفحص القياسية الحالية المستخدمة في الكشف هي تصوير الثدي بالأشعة السينية ،تقنية الموجات فوق الصوتية والتصوير بالرنين المغناطيسي [4].

4.1.تقنية التصوير بالرنين المغناطيسي MRI :

تحقق هذه التقنية صورًا تشخيصية عالية الدقة حتى في الأنسجة الرخوة ،ولكن لإجراء تصوير الثدي بالرنين المغناطيسي عادة ما يتم حقن مادة الجادولينيوم لتعزيز التباين بين الأنسجة السليمة والأنسجة المصابة ، من خلال الوريد في الذراع قبل وأثناء عملية التصوير لتحسين صور التباين لنسيج الثدي مما يسبب أعراضا صعبة مثل الغثيان والصداع، كما يتوجب على المرء أيضاً أن يضع في اعتباره أن الحساسية العالية لنظام التصوير بالرنين المغناطيسي ليست ميزة طوال الوقت لأنه في بعض الحالات تكون الأنسجة غير الطبيعية غير سرطانية، مما يؤدي لعلاج غير ضروري للمرضى. علاوة على ذلك ، لا يمكن تصوير المرضى الذين يزرعون المعادن داخل أجسادهم باستخدام هذه التقنية، كما أنها ذات تكلفة عالية كل ذلك يدفع للبحث عن طرق أكثر أمانا ووثوقية وأقل كلفة.

4.2.تقنية التصوير بالموجات فوق الصوتية USE:

تسبب هذه التقنيات تعريض اجزاء من جسم المريض للطاقة الصوتية الناتجة عن الامواج فوق الصوتية والتي تمتص بسهولة في الماء الموجود في الانسجة الحية مما يسبب ارتفاع موضعي في درجة الحرارة للمناطق المعرضة للأمواج فوق الصوتية ،كما أنه يتطلب استخدام هلام اقتران لزيادة كمية الأمواج التي تخترق الأنسجة عن طريق منع انعكاس الموجات الصوتية.

4.3.تقنية التصوير بالأشعة السينية X-ray:

تعتبر الطريقة الأكثر استخداما وفعالية بين الطرق السابقة على الرغم من نقاط الضعف فيها مثل عدم قدرتها على التمييز بين الأورام الحميدة والخبيثة، ارتفاع معدل الإنذار الكاذب ،عدم راحة المرضى ،أشعة مؤينة ضارة بالأنسجة البشرية وإضافة إلى ذلك صعوبة كشفها للورم في حالة تكوينه الأولي.

لا تلبى التقنيات التي نوقشت في ما سبق جميع شروط التقنية المرغوبة والمطلوبة للكشف عن سرطان الثدي مما دفع نحو تقنيات التصوير بالأمواج الميكروية.

4.5.تقنية التصوير بالأمواج الميكروية MWI:

مع تزايد الاهتمام بطرق التصوير الآمنة والأقل كلفة اتجهت الأنظار والدراسات نحو استخدام الأمواج الميكروية في التصوير الطبي حيث تعتبر طريقة التصوير بالأمواج الميكروية طريقة بديلة للتصوير بالأشعة السينية ، والتصوير بالرنين المغناطيسي والتصوير بالأمواج فوق الصوتية المذكورة سابقا.

تسمح هذه الطريقة بالتصوير دون الحاجة إلى عملية ضغط للثدي والتي تعتبر مؤلمة وغير مريحة للمرضى لذلك

تم التوجه نحو التصوير بالأموح الميكروية كطريقة تصوير مناسبة لفحص الأورام [5] .
يعتمد التصوير بالأموح الميكروية على حقيقة التباين و عدم التجانس في البارامترات الكهربائية وخاصة (السماحية والناقلية ونسبة الامتصاص) لمادة ما سوف يتسبب في تشتت الحقل الكهرومغناطيسي [6] ،حيث أن السماحية والناقلية هما بارامترين أساسيين لتوصيف انتشار إشارات الأمواح الميكروية في المواد والأوساط المختلفة.

تظهر الأنسجة الحية المختلفة سلوكيات محددة في نطاق ترددات الموجات الميكروية، تعتمد على خصائصها العازلة، ومن المعروف أن الخصائص العازلة بين الأنسجة عالية المحتوى المائي (مثل الدم والأنسجة السرطانية) والأنسجة ذات المحتوى المائي المنخفض (مثل الدهون والجلد) تختلف بشكل كبير وهذا يعني أن هناك تبايناً كبيراً في السماحية والناقلية بين أنسجة الثدي السليمة والمصابة، كما أن الأنسجة منخفضة المحتوى المائي لها قيم سماحية أقل بالمقارنة مع الأنسجة عالية المحتوى المائي [7].

5. الخصائص الكهربائية لنسيج الثدي :

ينشأ الحقل المتناثر إذا كان هناك تبايناً في البارامترات الكهربائية بين الجسم المراد تصويره (الأورام السرطانية)، والوسط المحيط به (الأنسجة المحيطة). لذلك تم في هذا البحث دراسة الخصائص الكهربائية لأنسجة الثدي للتحقق من وجود هذا التباين عند التردد المستخدم (2.45GHz) ولنتثبت أن تقنية التصوير بالأموح الميكروية ستكون قادرة على اكتشاف الورم في حال وجوده.

الخصائص الكهربائية المختلفة للأنسجة (الورم والنسيج المحيط به) مثل الموصلية الكهربائية σ وثابت السماحية النسبية ϵ_r ، تلعب دوراً هاماً في التشخيص والكشف عن الأورام. حيث أن الأنسجة المختلفة سوف تمتص مقادير مختلفة من اشعاعات الأمواح الميكروية تبعاً لقيم خصائصها الكهربائية.

ويمكن حساب كل من السماحية والناقلية باستخدام المعادلتين [8]:

$$\epsilon_r = 1.71 \cdot f^{-1.13} + 4 + \frac{\epsilon_s - 4}{1 + (\frac{f}{25})^2}$$

$$\sigma = 1.35 \cdot f^{0.13} \cdot \sigma_{0.1} + \frac{0.0222 \cdot (\epsilon_s - 4) \cdot f^2}{1 + (\frac{f}{25})^2}$$

من المعادلات السابقة يظهر أن هناك علاقة تربط بين كل من الخصائص الكهربائية والتردد.

6. الدراسات المرجعية:**6.1. الكشف اعتماداً على توزيعات كل من الحقلين الكهربائي و المغناطيسي، وكثافة التيار (E,H,J) :**

تم في هذه الدراسة تصميم نموذج ثلاثي الأبعاد للثدي على شكل طبقات من الأنسجة بأبعاد محددة وباستخدام قيم مختلفة لكل من السماحية والناقلية من أجل كل طبقة كما تم تصميم نموذج آخر لورم بحجم 40mm ووضع داخل نموذج الثدي [9] .

استخدمت الدراسة هوائي شرائحي يعمل عند التردد 2.45GHz وأجراء تعديلات وشقوق في بنية الهوائي ومن ثم إجراء عملية المحاكاة باستخدام البرنامج HFSS لكل من الهوائيات مع نموذج الثدي في كلا الحالتين (مرة بوجود الورم وأخرى في حال عدم وجوده) وتقييم كل من توزيعات الحقل الكهربائي والحقل المغناطيسي وكثافة التيار في كلا الحالتين.

وتمت مقارنة النتائج بين الحالتين (مع الورم وبدونه) من أجل كل من البارامترات السابقة وكانت النتائج متقاربة والفروقات بسيطة وغير واضحة مما يشكل صعوبة في الكشف عن الورم.

6.2. كشف الورم اعتماداً على معدل امتصاص الطاقة (SAR) وتحديد موقع تواجد الورم اعتماداً على موقع أعظم امتصاص للطاقة :

تم استخدام هوائي Square ring shape UWB antenna من أجل الكشف عن وجود الورم من خلال ملاحظة الفرق في الطاقة الممتصة بين النسيج المصاب والأنسجة الطبيعية المحيطة به كما تم تحديد مكان تواجد ورم بحجم (4mm,5mm,6mm) وذلك من أجل ترددات مختلفة اعتماداً على احداثيات موقع أعظم امتصاص للطاقة، ولكن دقة تحديد موقع الورم المكتشف باستخدام الهوائي المقترح واعتماداً على البارامترات السابقة لم تكن كافية [10].

6.3. الكشف عن وجود الورم باستخدام البارامترين (E,J):

تم في هذه الدراسة استخدام منصة قياس قريبة من المنصة المستخدمة في البحث المقترح حيث وضع الهوائي تحت نموذج الثدي وعلى بعد 10mm.

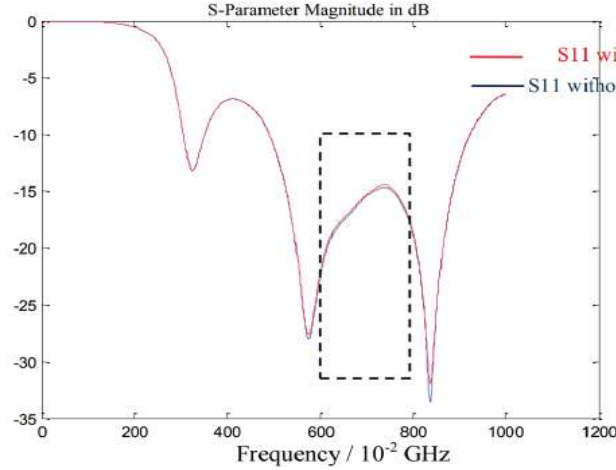
الفرق بين الحالتين (مع الورم وبدونه) بالنسبة لبارامتر توزيع الحقل الكهربائي كان مقبولاً ولكن الفرق بالنسبة لبارامتر كثافة التيار كان صغير وغير مرضي [8].

6.4. الكشف عن وجود الورم اعتماداً على البارامترات (E,H,J,SAR):

تم في هذه الدراسة استخدام خمس هوائيات شرائحية تعمل عند التردد 2.45GHz (محاكاة أداء كل منها على حدى) في عملية الكشف باستخدام منصة قياس جديدة، لكن الفروقات في البارامترات (E,H,J) بين الحالتين (مع الورم وبدونه) لم تكن كبيرة، ومع ذلك تم اختيار الهوائي الذي حقق الفروقات الأكبر بين الهوائيات الخمسة بالنسبة للبارامترات السابقة وتمثيل معدل امتصاص الطاقة لهذا الهوائي على كل من الأنسجة (الدهنية وغير الدهنية) مرة بوجود الورم وأخرى في حال عدم وجوده ولاحظنا فروقات بسيطة جدا بين الحالتين [11] .

6.5. الكشف عن وجود الورم وتحديد مكان تواجه اعتمادا على الطاقة المنعكسة S11 من أنسجة الثدي:

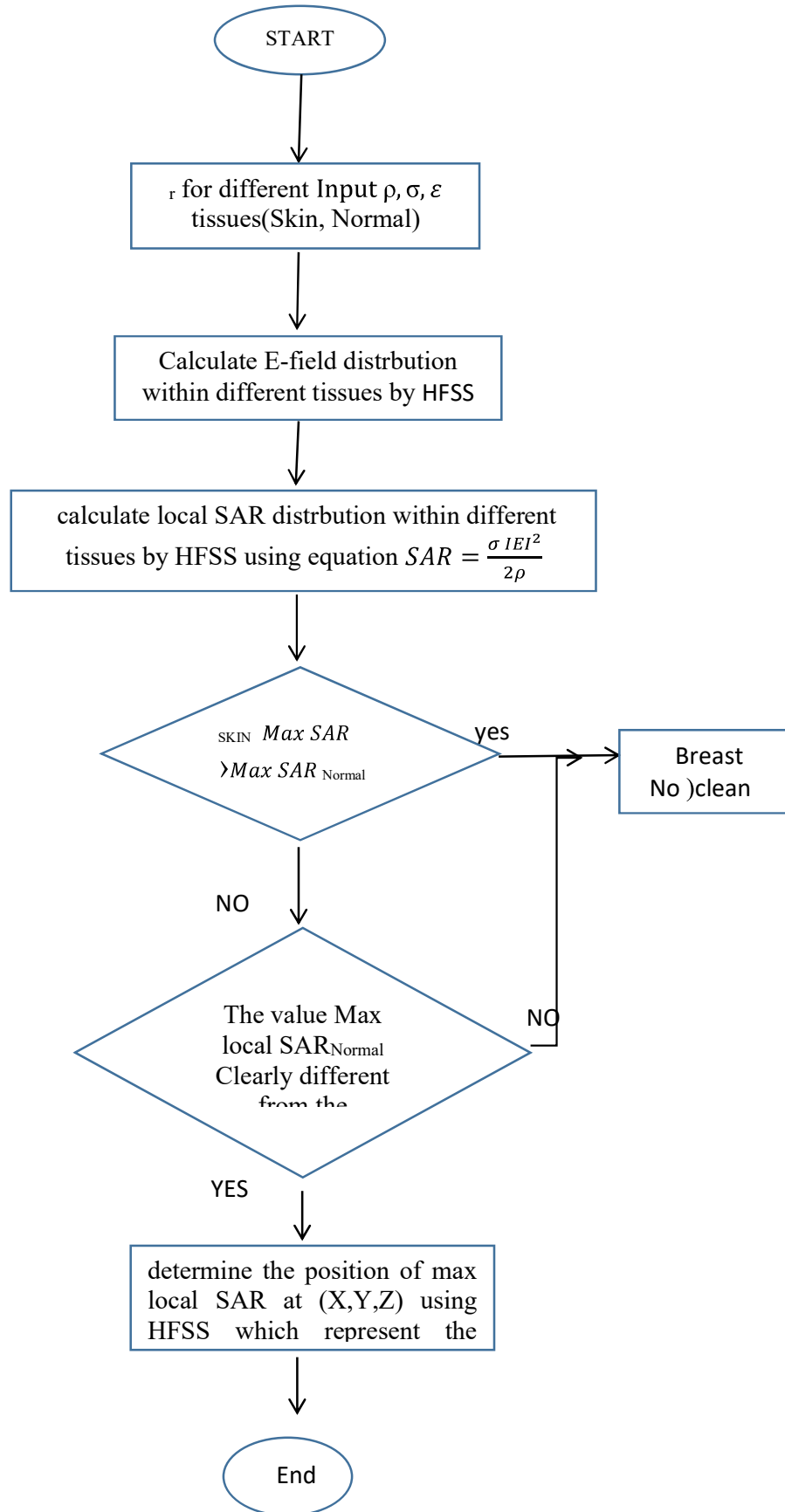
تم استخدام هوائي يعمل ضمن المجال الترددي (3.5 - 7.2) GHz وببريح 4.4dB وتم اجراء عملية المحاكاة باستخدام البرنامج CST ولكن الفروقات في الطاقة المنعكسة عن الأنسجة بين حالتي وجود الورم وعدم وجوده لم تكن كافية للكشف الدقيق عن الورم [12] ويوضح ذلك في الشكل (1).



الشكل(1): مقارنة قيم المحدد s11 مع الورم و بدونه

7. الخوارزمية المعتمدة للكشف عن وجود الورم وتحديد موقعه:

يقوم الهوائي بإرسال الأمواج الميكروية باتجاه الأنسجة وسيختلف امتصاص الأنسجة لهذه الأمواج حيث أن النسيج ذو المحتوى المائي الأعلى (الورم) سيمتص مقدار أكبر من الإشعاع مقارنة مع النسيج ذو المحتوى المائي الأقل حيث أن الأنسجة السرطانية تحتوي كميات من الماء أكبر بست مرات من الأنسجة السليمة [13]، وتمثل صور الأمواج الميكروية التي يتم الحصول عليها خرائط للطاقة الكهربائية الممتصة والمتبعثرة في الجسم، وبالتالي كلما كان الورم أكثر امتصاصاً للطاقة مقارنة مع الأنسجة المحيطة به كلما كانت إمكانية الكشف عنه وتحديد موقعه أكثر سهولة ودقة، ويوضح المخطط التدفقي في الشكل التالي الخوارزمية التي تم الاعتماد عليها في هذا البحث لتحديد موقع الورم اعتماداً على امتصاص الطاقة من قبل الأنسجة.



8. تصميم البنية الأساسية للثدي:

تم تشكيل نموذجين للثدي نموذج بوجود الورم وآخر بدونه.

8.1. نموذج الثدي:

تم الاعتماد على نموذج الثدي المقترح في المرجع [7] حيث تم تصميم نموذج على شكل مخروط نصف قطره 92mm وارتفاعه 70mm يمثل البشرة ذات السماكة 2mm ومخروط آخر له الارتفاع ذاته وينصف قطر 90mm يمثل الأنسجة الطبيعية.

8.2. نموذج الورم:

عبارة عن بنية كروية sphere بقطر 2mm يمثل حجم الورم تم وضعه داخل نموذج الثدي. تم تصميم النماذج السابقة مع مراعاة قيم الخصائص الكهربائية المختلفة للأنسجة عند التردد 2.45GHz المبينة في الجدول (1):

الجدول رقم(1): الخصائص الكهربائية للأنسجة المختلفة عند التردد 2.45GHZ

tissue	Electric conductivity σ [s/m]	Relative permittivity ϵ_r
skin	1.46	36
Normal breast tissue	0.4	9
tumor	2.1	50

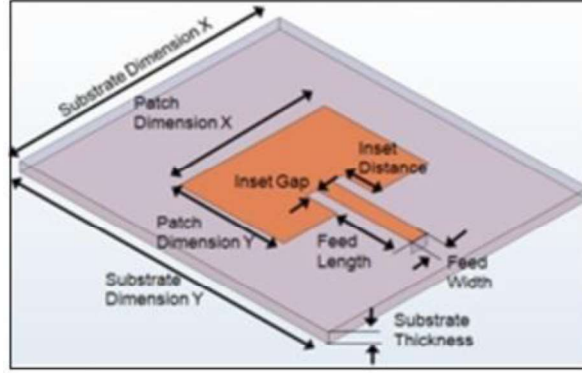
كما وتمت مراعاة كثافة الكتلة للأنسجة المختلفة كما هو موضح في الجدول(2):

الجدول رقم (2): كثافة الكتلة للأنسجة المختلفة

Tissue	Mass Density (kg/m ³)
Skin	1100
Normal breast tissue	920
Tumor	1040

9. تصميم الهوائي المقترح:

يملك الهوائي الشرائحي ذو الرقعة المعدنية العديد من المزايا المهمة والمرغوبة فهو خفيف الوزن، كلفته منخفضة، حجمه صغير، مقارنة مع هوائيات الأمواج الميكروية التقليدية. وسنستخدم في التغذية تقنية التغذية الداخلية Inset feed حتى نؤمن بنية مستوية سهلة التصنيع، وسنقوم بتصميم هذا الهوائي باستخدام البرنامج HFSS، كما يوضح الشكل (2):



الشكل رقم (2): بنية الهوائي الشرائحي ذو الفجوة والمغذى بتقنية inset

تم تغذية الهوائي عن طريق ممانعة دخل 50Ω ، وتم تنفيذ الهوائي على طبقة أساس من البوليستر ذات ثابت عازلية منخفض لتقليل الضياعات الناتجة عن الأمواج السطحية surface wave losses ويوضح الجدول (3) أهم المحددات المستخدمة في تصميم طبقة الأساس.

الجدول رقم (3): البارامترات المحددة لطبقة الأساس.

Parameter	Symbol	Value
Dielectric constant	ϵ_r	1.44
Loss tangent	$\tan \sigma$	0.01
Thickness	h	2.85

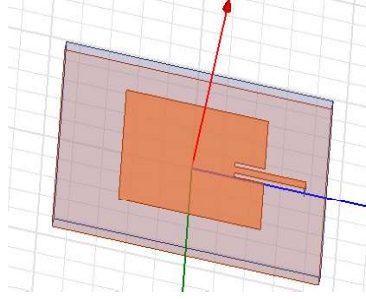
كما تم استخدام مجموعة من معادلات الهوائيات الشرائحية لحساب أبعاد الهوائي المقترح ليعمل عند التردد 2.45 GHz

حيث تلعب أبعاد الهوائي دوراً محورياً في فعاليته من حيث النتائج، ويوضح الجدول (4) البارامترات المحسوبة لنموذج الهوائي المقترح :

الجدول رقم (4): البارامترات المستخدمة في تصميم الهوائي

PARAMETER	SYMBOL	VALUE
Operating Frequency	f_o	2.45 GHz
Patch Dimension Along x	W_p	55.43 mm
Patch Dimension Along y	L_p	47.9 mm
Substrate Thickness	h	2.85 mm
Substrate Dimension Along x	W	90 mm
Substrate Dimension Along y	L	90 mm
Inset Distance	Y_o	10 mm
Inset Gap	G	2 mm
Feed Width	W_f	3.3 mm
Feed Length	L_f	24 mm
Dielectric constant of substrate	ϵ_r	1.44
Input Impedance	Z_o	50 Ω

تم تصميم الهوائي المقترح والمستخدم في عملية الكشف باستخدام البرنامج HFSS ويوضح الشكل (3) بنية الهوائي المقترح:



الشكل رقم(3): بنية الهوائي المقترح

ونوضح خصائصه في الجدول(5):

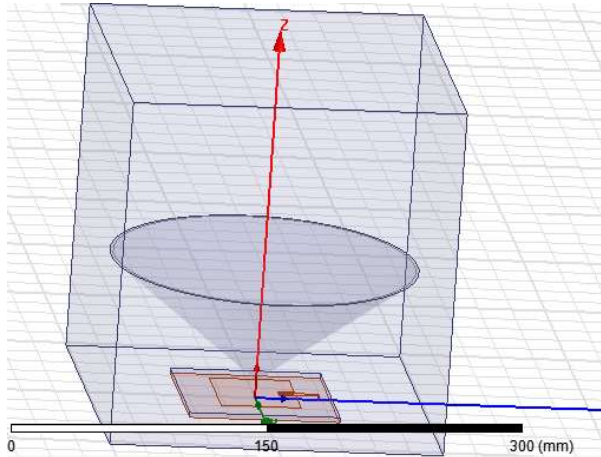
الجدول رقم (5): خصائص الهوائي المقترح.

Operating Frequency(GHz)	Size(mm \times mm)	Return Losses(dB)	Gain(dB)	VSWR
2.45	90 X 90	-10.52	7.77	1.8

ونلاحظ من الجدول(5) أن ربح الهوائي المقترح عند التردد المطلوب عالي نسبياً مقارنةً مع الهوائيات الشرائحية التقليدية.

10. تصميم منظومة الكشف:

يوضح الشكل(4) منصة الكشف المقترحة حيث تم وضع الهوائي تحت نموذج الثدي على بعد 10mm وجميعهم ضمن صندوق(فراغ) كهرومغناطيسي بأبعاد 200mm \times 200mm \times 200mm ونلاحظ نتائج المحاكاة عندما يشع الهوائي الأمواج الميكروية باتجاه نموذج الثدي (في كلا الحالتين) .



الشكل رقم (4): منظومة الكشف المقترحة

11. النتائج:**11.1. نتائج محاكاة الكشف:**

تم التحقق من إمكانية استخدام الهوائي المقترح للكشف عن الورم من خلال عملية محاكاة لكل من الثدي و الورم، حيث تتغير قيم السماحية و الناقلية من النسيج السليم إلى نسيج الورم وتستخدم هذه التغييرات لتقييم توزيعات الحقل الكهربائي والمغناطيسي وكثافة التيار في كلا الحالتين (نموذج الثدي مع الورم وبدونه). بينت النتائج إمكانية استخدام الهوائي المقترح في عملية الكشف عن الأنسجة المصابة.

يبين الجدول (6) قيم الحقل الكهربائي، توزع كثافة التيار، ومعدل امتصاص الطاقة، ضمن أنسجة الثدي مع الورم أو بدونه.

الجدول رقم (6): قيم الحقل الكهربائي، كثافة التيار ومعدل امتصاص الطاقة ضمن أنسجة الثدي في كلا الحالتين (مع الورم، بدون ورم) وإيجاد الفروقات بين الحالتين

Max E Field (V/m)			Max J (A/m ²)			Max local SAR(W/Kg)		
With tumor	Without tumor	Differences	With tumor	Without tumor	Differences	With tumor	Without tumor	Differences
1387.4	1479.3	91.9	97.49	17.37	80.12	4	1.7	3.3

ويلاحظ أيضاً من نتائج المحاكاة أن معدل امتصاص (الجلد) للطاقة سيتناقص في حال وجود الورم داخل أنسجة الثدي. في حين أن الأنسجة المحيطة بالورم (Normal) سيزداد معدل امتصاصها للطاقة وذلك لأن الورم الموجود داخل هذه الأنسجة سيمتص الجزء الأكبر من الطاقة (نظراً لكونه يحتوي كمات أكبر من الماء) وبالتالي لن تستطيع طبقة الجلد المحيطة بالثدي امتصاص كميات كبيرة من الطاقة ونوضح النتائج بالجدول (7):

الجدول رقم (7): الفرق في معدل امتصاص الطاقة في كل من (الجلد، الأنسجة الثديية الدهنية) بين الحالتين (مع ورم، بدون ورم)

Tissue	Max local SAR(W/Kg)	
	With tumor	Without tumor
Skin	0.759	1.7
Normal	1	0.25

اعتماداً على الفروقات السابقة يمكننا أن نتحقق من وجود الورم أو عدم وجوده في الأنسجة.

11.2. نتائج محاكاة تحديد مكان تواجد الورم:

تم وضع نسيج الورم في مواقع مختلفة تمثل المواقع الفعلية (المواقع الحقيقية) للورم ضمن نسيج الثدي ثم تم تسجيل إحداثيات موقع أعظم امتصاص للطاقة باستخدام ميزة البرنامج Fields calculator ليمثل موقع الورم المكتشف ونوضح النتائج في الجدول (8):

الجدول رقم (8): موقع الورم المكتشف اعتمادا على موقع أعظم قيمة للطاقة الممتصة

موقع الورم المكتشف عند الاحداثيات (x,y,z)mm	موقع الورم الفعلي عند الاحداثيات (x,y,z)mm
(10 , 5.18 , 24)	(10 , 6 , 24)
(2.8 , 3.9 , 30.2)	(3 , 3 , 30)
(0.3 ,0.9 ,20.2)	(0 , 0 , 20)
(-0.19 , -0.9 , 34.7)	(0 , 0 , 35)
(4 , 3 , 25.2)	(4 , 4 , 25)
(1.5 , 5.8 , 25)	(2 , 5 , 25)
(7.3 , 4 , 29)	(7 , 5 , 29)
(7.8 , 0.9 , 29.7)	(8 , 0 , 30)
(0 , 7.9 , 18.7)	(0 , 8.9 , 19)

من نتائج المحاكاة السابقة يمكننا أن نتحقق من قدرة الهوائي المقترح على تحديد موقع تواجد الورم بدقة.

12. مقارنة النتائج:

تم مقارنة نتائج الدراسة مع نتائج الدراسات السابقة من خلال المحددات (E,J) وكانت النتائج كما هو مبين في الجدول (9):

الجدول رقم (9): مقارنة مع نتائج الدراسات السابقة من حيث إمكانية الكشف اعتمادا على المحددات (E,J):

المرجع	Max E Field (V/m)			Max J (A/m ²)		
	With tumor	Without tumor	Differences	With tumor	Without tumor	Differences
Our search	1387.4	1479.3	91.9	97.49	17.37	80.12
[9]	4623.4	5002.3	378.9	55.1	59.64	4.54
[11]	4498.1	4159.5	338.6	53.6	49.59	4.01
[8]	3888.9	3574.3	314.6	46.372	42.621	3.751

كما وتمت مقارنة نتائج الدراسة مع نتائج الدراسات الأخرى اعتمادا على المحددات (H, SAR) وكانت النتائج كما هو في الجدول (10):

الجدول رقم (10): مقارنة مع نتائج الدراسات السابقة من حيث الكشف اعتمادا على البارامترين (H , SAR):

المرجع	Max H Field (A/M)			Max SAR (W/KG)		
	With tumor	Without tumor	Differences	With tumor	Without tumor	Differences
Our Paper	4.9	5.4	0.5	4	1.7	2.3
[9]	9.89	11.77	1.88	0.861	0.774	0.087
[11]	11.2	11.5	0.3	0.699	0.703	0.004
[8]	-	-	-	-	-	-

نلاحظ من الجداول السابقة أنه يوجد تحسن كبير في إمكانية الكشف عن وجود الورم اعتمادا على الفروقات في كل من كثافة التيار، معدل امتصاص الطاقة، كما نلاحظ تراجع في إمكانية الكشف اعتمادا على الفرق في توزيع الحقل الكهربائي.

ويعتبر معامل الامتصاص (local SAR) هو المحدد (البارامتر) الأهم في بحثنا فكلما كان الفرق في قيمة هذا المحدد (SAR) بين الحالتين (مع الورم، بدون ورم) أكبر كلما زادت الدقة في تشخيص المرض واكتشافه بسهولة وسرعة أكبر.

وكذلك قمنا بمقارنة النتائج الخاصة بتحديد موقع الورم باستخدام عامل الامتصاص النوعي SAR مع نتائج الأبحاث السابقة من خلال مقارنة المواقع الحقيقية للورم مع المواقع المكتشفة وكانت النتائج كما هو موضح في الجدول (11):

الجدول رقم (11) : مقارنة الدقة في تحديد موقع الورم من خلال عامل الامتصاص النوعي SAR

المرجع	موقع الورم الفعلي عند الاحداثيات (x,y,z) mm	موقع الورم المكتشف عند الاحداثيات (x,y,z) mm	الانحراف المعياري بين الموقعين σ
our search	(3 , 3 , 30)	(2.8 , 3.9 , 30.2)	0.026
	(0 , 8.9 , 19)	(0 , 7.9 , 18.7)	
	(7 , 5 , 29)	(7.3 , 4 , 29)	
[10]	(13 , 53 , 27)	(12.55 , 56.43 , 31.53)	0.4625
	(10 , 45 , 25)	(7.55 , 45.06 , 29.65)	
	(17 , 58 , 39)	(14.46 , 60.18 , 34.46)	

وتبين نتائج المقارنة تفوق الطريقة المقترحة في هذا البحث في دقة تحديد موقع الورم
13.النتائج:

1. تم تصميم هوائي شرائحي يمتاز بريح عالي نسبيا gain=7.81dB مقارنة مع الهوائيات الشرائحية ذات الرقعة patch ويمكن استخدامه في الكشف المبكر عن أورام الثدي.
2. تم تصميم نموذج للثدي يحاكي في خواصه الكهربائية الواقع.
3. بينت الفروقات الكبيرة في قيم E,H,J,local SAR, إمكانية التشخيص والكشف المبكر عن وجود الورم.
4. استخدمنا احداثيات القيمة العظمى ل SAR كمؤشر لتحديد موقع الورم.

14.المراجع:

- 1- M. Garcia and A. Jemal, "Global Cancer Facts and Figures 2011," Atlanta, GA: American Cancer Society, 2011.
- 2- American cancer society, available at <http://www.cancer.org/cancer>
- 3- Mostovoy A., 'Thermography Clinic Inc.', available at <http://www.drmostovoy.com/>
- 4- Troy Farncombe, Kris Iniewski "Medical Imaging: Technology and Applications" March 29, 2017.
- 5- Meaney, P. M., Fanning, M. W., Li, D., Poplack, S. P., & Paulsen K. D. (2000). A Clinical Prototype for Active Microwave Imaging of the Breast. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 48(11), 1841–1853.
- 6- Rubæk, T., & Meincke, P. (2008). Microwave Imaging for Breast–Cancer Screening.
- 7- Joines, W. T., Y. Z. Dhenxing, and R. L. Jirtle, "The measured electrical properties of normal and malignant human tissues from 50 to 900 MHz," *Med. Phys.*, Vol. 21, 547–550, 1994.
- 8- Xie ZhenYun, " A Microstrip Antenna for Medical Application " Department of Electronics, Mathematics and Natural Sciences Gävle, May 2017
- 9- R. Çal kan, S. Sinan Gültekin, D. Uzer, Ö. Dündar, "A Microstrip Patch Antenna Design for Breast Cancer Detection " *Procedia – Social and Behavioral Sciences* Volume 5, Issue 11, July 2015.
- 10- Ibtisam Amdaouch, Otman Aghzout , "Breast Tumor Detection System Based on a Compact UWB Antenna Design" *Progress In Electromagnetics Research M*, Vol. 64, 123–133, 2018.
- 11- K. Ouerghi(1), N. Fadlallah(2), A. Smida(1), "Circular Antenna Array Design for Breast Cancer Detection" 2017 IEEE.
- 12- Elyas Palantei, Ashadi Amir , " Early Stage Cancer Detection Technigue Considering The Reflected Power From Breast Tissues " *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences* VOL. 10, NO. 17, SEPTEMBER 2015
- 13- Maryam Naseri " **Microwavave Tomography for Breast Cancer Detection** " Department of Signals and Systems CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY Gothenburg, Sweden 2015.