---- مجلة علوم الرافدين، المجلد 19، العدد 3، ص 128-143، 2008 ----

تحضير ودراسة امتصاصية طلاءات من طبقتي الفيرايت ($MnFe_2O_4$) والاكاسيد المعدنية المختلفة ضمن مدى الترددات الكهرومغناطيسية (8-12.5)GHz

عمار ياسين الجبوري
قسم الفيزياء
كلية العلوم
جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام 2008/1/30 ؛ تاريخ القبول 2008/5/26)

الملخص

حضرت طلاءات من طبقتين احـداهما مـن اكاسـيد معـادن مختلفـة (TiO_2، Fe_2O_3، ZnO، MgO، CuO، CdO، Ni_2O_3، MnO_2) والأخرى من مسحوق الفيرايت ($MnFe_2O_4$) لكل نمـوذج. تـم قياس الامتصاصية فيها للموجات الكهرومغناطيسية في المدى التـرددي (8-12.5)GHz بمقيـاس نسـبة الموجة الواقفة SWR ودراسة تأثير تبادل طبقة الاوكسيد مع طبقة مسـحوق الفيرايـت عنـد التعـرض المباشر للأشعة. لوحظ إن طبقة الاوكسيد (MnO_2) وطبقة الاوكسيد (Ni_2O_3) كانتا الأفضل بين النمـاذج المحضرة لامتلاكهما قيم امتصاصية عالية ومتقاربة مع طبقة الفيرايت وعند تعرضهما للأشـعة بشـكل مباشر وبالتبادل مع طبقة الفيرايت. وأعطى الاوكسيد (MnO_2) مع الفيرايت امتصاصـية (87%) عنـد المدى الترددي (10.2-11.4)GHz فيما أعطى الاوكسيد (Ni_2O_3) مع الفيرايـت امتصاصـية (80.5%) ضمن المدى الترددي (10.8-12.4)GHz بالمقارنة مع النماذج المحضرة الأخرى.

Preparation and Study Absorption Coatings from Two layers Ferrite ($MnFe_2O_4$) and Different Metal Oxides within Electromagnetic Frequency Bandwidth (8-12.5)GHz

Ammar Y. Al-Jubory
Department of Physics
College of Science
Mosul University

ABSTRACT

Two layeres coatings were prepared one of them is from different metal oxides (TiO_2, Fe_2O_3, ZnO, MgO, CuO, CdO, Ni_2O_3, MnO_2) and the other is from ferrite powder

($MnFe_2O_4$) for each sample. Absorption measurements for electromagnetic (EM) waves in the frequency range (8-12.5)GHz were achieved by the standing wave ratio SWR instrument. In addition a study of the effect in exchanging the oxide layer with the ferrite powder layer when they are radiated by (EM) waves. It was noticed that the oxide layer (MnO_2) and the oxide layer (Ni_2O_3) were the best among other prepared samples as they posses nearly equal absorption values with the ferrite layer when they are subjected to the (EM) waves directly and in exchange with the ferrite layer. The (MnO_2) oxide with the ferrite showed an absorption value of (87%) at the frequency range (10.2-11.4)GHz, while the (Ni_2O_3) oxide with the ferrite showed an absorption value of (80.5%) at the frequency range (10.8-12.4)GHz in comparison with other prepared samples.

المقدمة

تناول العديد من الابتكارات والدراسات والبحوث التجريبية تأثيرات المواد الفيرومغناطيسـية فـي طيف الموجات الكهرومغناطيسية وطرائق تحضيرها وطبيعة التفاعل بينها. لقد وجد أن بعـض المـواد الماصة للموجات الكهرومغناطيسية لها القدرة على تقليل انعكاسية هذه الموجات عند الترددات الرادارية، وقد تتضمن هذه المواد اكاسيد معدنية فيرومغناطيسية لها نفاذية معقدة جزئها الخيالي اكبر مـن جزئهـا الحقيقي وان هذه الاكاسيد تتضمن فيرايت ذات تركيب مكعبي الصيغة (MFe_2O_4) حيث تمثل (M) واحد أو أكثر من الايونات الثنائية التكافؤ من (نيكل، منغنيز، مغنيسيوم، نحـاس، كوبلـت، كـادميوم، زنـك) (Grimes *et al.*, 1976). وحضر Hatakeyama, Inui مـواد لهـا خصـائص امتصـاص كهربائيـة ومغناطيسية معا تتكون من طبقتين الأولى ذات ممانعة دخل واطئة تحتوي على مزيج فيه الياف صـغيرة لمعادن أو سبائك ذات توصيلية عالية فضلا عن مواد فيرومغناطيسية تتكـون مـن الفيرايـت والحديـد والكوبلت والنيكل مع مواد لاصقة صناعية (resin) ذات وزن جزيئي عالي فضلا عن اسـتخدام اسـود الكاربون مع مواد فيروكهربائية مثل تيتانات الباريوم. فيما تكون الطبقة الثانية قليلـة الممانعـة وتتكـون من مركـب لاصـق صـناعي ذي وزن جزيئـي عـالي (Hatakeyama and Inui, 1985). وتمكـن (صوفيا، 1999) من تحضير طلاءات ماصة للموجات الدقيقة في منطقة X-band تتكون مـن فيرايـت المنغنيز المعوض بالزنك ($MnZnFe_2O_4$) بالإضافة إلى بعض الاكاسيد الأخرى. وقد لاحـظ انـه عنـد التردد (10.5GHz) يمكن الحصول على امتصاص للموجة بنسبة (98%) إذا ما صـمم الطـلاء بسـمك يتراوح بين (2-3.1)mm. واستطاع Peterman تحضير مواد طلاءات ماصة للموجات الرادارية تتكـون من جسيمات فيرومغناطيسية من العناصر (الحديد، الكوبلت، الحديد المكربن، النيكل) وبعـض السـبائك الأخرى من العناصر نفسها مع مواد أخرى مثل (السيلكون واوكسيد السيلكون واوكسيد الالمنيوم واوكسيد الكروم) حيث تطلى الجسيمات الفيرومغناطيسية في جهاز (rotating retort) الذي يحتوي علـى مركـب غازي من احد المركبات الآتية (SiH, SiF_4, $SiCl_4$) الذي سوف يتم ترسيبه على الجسـيمات أو ينتشـر خلالها (Peterman, 2002).وتمكن(القيسي، 2002) من تحضير طلاءات متعددة الطبقات ماصة للموجات

الرادارية في المدى الترددي 8-12.5)GHz) تتكون من اسود الكاربون والمغناتايـت (Fe_3O_4) وفيرايـت البرايوم إضافة إلى البولي اثيلين وبسمك طبقات تراوح بين 2-3)mm) وتمكن من الحصول على اختزال في الكشف الراداري مقداره (75%). واعتمد (الجبوري، 2003) على نتائج سابقة في مجـال تحضـير طلاءات ماصة ملائمة للعمل عند الحزمة X ومن اجل تحسين مواصفات هذه الطلاءات من حيث تقليـل سمك الطلاء وتقليل كثافته السطحية مع الحفاظ على مستوى التوهين. وقد توصل الباحث إلى تقليل السمك بنسبة (21%) وتقليل في الكثافة السطحية بمقدار (11%) مع الحفاظ على نسبة توهين جيـدة. وتمكنـت (الطائـي، 2004) من تحضيـر طلاءات ماصـة للموجـات الدقيقـة مقـاسـة عنـد التـردد (10GHz) باستخـدام بعض الاكـاسـيـد المعـدنيـة والكاربون مع مادة الايبوكسي والبولـي اسـتر غيـر المشـبع كمـادة رابطـة، وقد حصلت على أعلى نسبة امتصاصـية (73.12%) عنـد السـمك 2.1)mm). وقامت الباحثة (عكونة، 2007) بدراسة تأثير حجوم حبيبات الحديد والفيرايـت ($MnFe_2O_4$) وخلائطهما على خواص الامتصاصية للسطوح الماصة للموجات الرادارية ضمن الحزمة X .ولوحظ أن هناك مدى معين للحجوم الحبيبية ولترددات معينة تعطي نسبة توهين أعلى وأكثر استقرارا، ففـي حالـة الحديد كانت الحجوم بين $(106.5\text{-}500)\mu m$ عند الترددات 9-10)GHz) أما في حالة الفيرايت فقـد كـان مدى الحجوم أوسع ويقع بين $(200\text{-}780)\mu m$ عند الترددات 9.5-11)GHz).

وفي عملنا هذا تم قياس امتصاصية طبقتي الفيرايت واكاسيد معدنية مختلفة حضرت علـى شـكل طبقات طلائية عرضت للترددات الكهرومغناطيسية عند الحزمة 8-12.5)GHz) وبالتبادل لكل اوكسيد مع طبقة الفيرايت بهدف تحديد أفضل الطبقات الماصة لهذه الترددات.

الجزء النظري

تصنف المواد الماصة الراديوية RAM اعتمادا على مواصفاتها الفنية والتصميمية إلى عدة أنـواع لكل منها استخداماته وخصائصه، وفي هذا العمل تم استخدام الماص المغناطيسي كطبقات طلائية حيث تم اعتماد قياسات الموجة الواقفة SWR في احتساب معامل الامتصاص.

الماص المغناطيسي

هو عبارة عن طبقة مغناطيسية توضع على السطح المعدني مباشرة ويعطى معامـل الانعكـاس R لهذا الماص بالعلاقة الآتية:

$$R=[Z\tanh(\gamma d)-Z_o / Z\tanh(\gamma d)+Z_o] \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

حيث Z ممانعة الدخل للوسط، Z_o ممانعة الفضاء، d سمك المادة الماصة، γ ثابت انتشار الموجـة في الوسط، وفي حالة الانعكاس الصفري تصبح العلاقة (1)

$$Z_o = Z\tanh(\gamma d) \quad ....(2)$$

من المواد المستخدمة في تصنيع الماص المغناطيسي هي مواد الفيرايت بمختلف أنواعه ومساحيق الاكاسيد الفيرومغناطيسية ويبلغ سمك هذا الماص في الحالة المثالية (2.1)mm ليعطي امتصاصا مقداره (35)dB، (Vinoy and Jha, 1996). ويعتبر من الناحية التطبيقية ماص حزمة ضيقة ويعود ذلك إلى أن الجزء الحقيقي والخيالي لكل من النفوذية والسماحية لهذه المواد تتغير مع التردد (Dixon, 2004). ويعزى الامتصاص في مواد الفيرايت إلى آليات تمغنط الاسترخاء وتحرك الجدران المغناطيسية وهي كما يلي:

1. تمغنط الاسترخاء

عند تسليط مجال مغناطيسي على قطعة فيرومغناطيسية ترتفع كثافة الفيض المغناطيسي داخل المادة بفعل عملية تمغنطها ويستمر هذا الارتفاع حتى يصل الفيض إلى أقصى قيمة له بحيث لا يزداد بعدها وتكون القطعة الفيرومغناطيسية هنا قد وصلت إلى حالة الإشباع، ولو حدث أن تم تقليل المجال المسلط فان تمغنط المادة سوف يبدأ بالانخفاض إلا انه لا ينخفض بمعدل ارتفاعه نفسه ، فعند وصول المجال المسلط إلى الصفر يكون الفيض عند قيمة معينة يطلق عليها بالمغناطيسية المتبقية (علي، 1977). إن سلوك المادة الفيرومغناطيسية المتمثل بالاختلاف بين منحني الفيض المغناطيسي عند زيادة المجال المسلط وتقليله يدعى بالتخلف المغناطيسي Hysteresis، ولإيصال مغنطة المادة إلى الصفر فانه يجب تسليط مجال مغناطيسي معاكس للأول ويسمى هذا المجال بالمجال القهري، وكلما ازدادت مساحة حلقة الهسترة تصبح المادة ذات فقد أكثر حيث وُجد أن مقدار الخسائر تتناسب مع مساحة حلقة الهسترة (الجبوري، 1985).

2. تحرك الجدران المغناطيسية

إن المواد الفيرومغناطيسية تتميز بتركيبها الذي يسمى بمناطق النفوذ المغناطيسي وان هذه المناطق تكون ممغنطة حتى التشبع إلا أنها تختلف باتجاه تمغنطها مع المناطق المجاورة مما يجعل محصلة التمغنط صفرا، فعند تسليط مجال مغناطيسي خارجي على هذه المادة سوف يزيد من تمغنطها عن طريق نمو الحقول الموازية لاتجاه المجال أو عن طريق دوران اتجاه عزوم الحقول المغناطيسية إلا أن حركة العزوم في هذه الحالات ينشا عنها احتكاك وهذا الاحتكاك سوف يعمل على توليد حرارة في المادة وتبديد طاقة المجال المسلط (الجبوري، 1985).

نسبة الموجة الواقفة

إن الموجات الواقفة هي عبارة عن موجات تنتج من التداخل بين موجتين متقدمتين لهما نفس السعة والتردد وتسيران باتجاهين متعاكسين (حسون،1986)، وان نسبة الموجة الواقفة يمكن التعبير عنها بأنها

النسبـة بيـن القيمـة العظمـى للفولتيـة إلى القيمة الصغرى للفولتية داخل خط النقل لدليل الموجـة (Lance,1964)، ويعبر عنها بالمعادلة الآتية (Connor,1972):

$$SWR = |V_{max}| \;/\; |V_{min}| \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots(3)$$

حيث إن SWR تمثل نسبة الموجة الواقفة، V_{max} تمثل القراءة القصوى للمقياس، V_{min} تمثل القراءة الدنيا أو الصغرى للمقياس والتي يتم معايرتها عند القيمة (1) وبهذا تصبح المعادلة بالشكل الآتي:

$$SWR = |V_{max}| \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots(4)$$

وان قيمة معامل الانعكاس ρ يمكن حسابه من (Connor,1972):

$$|\rho| = (SWR-1) / (SWR+1) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots(5)$$

وبما انه يوجد ثلاثة معاملات للموجة (القيسي،2002):

$$\rho + T + \alpha = 1 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots(6)$$

حيث T هو معامل النفاذية و α معامل الامتصاص، وحيث أن معامل النفاذية T = صفر لأنه لدينا سطح عاكس تام يراد طلاؤه (قطعة ألمنيوم العاكسة) فلا توجد موجة نافذة وإنما توجد موجة منعكسـة وموجـة ممتصة وبذلك فان معامل الامتصاص α يمكن الحصول عليه من:

$$\alpha = (1-\rho) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots(7)$$

ويمكن الحصول على النسبة المئوية للامتصاص باستخدام العلاقة الآتية:

$$Absorption(A\%)=\alpha * 100\,\% \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots(8)$$

الجزء العملي

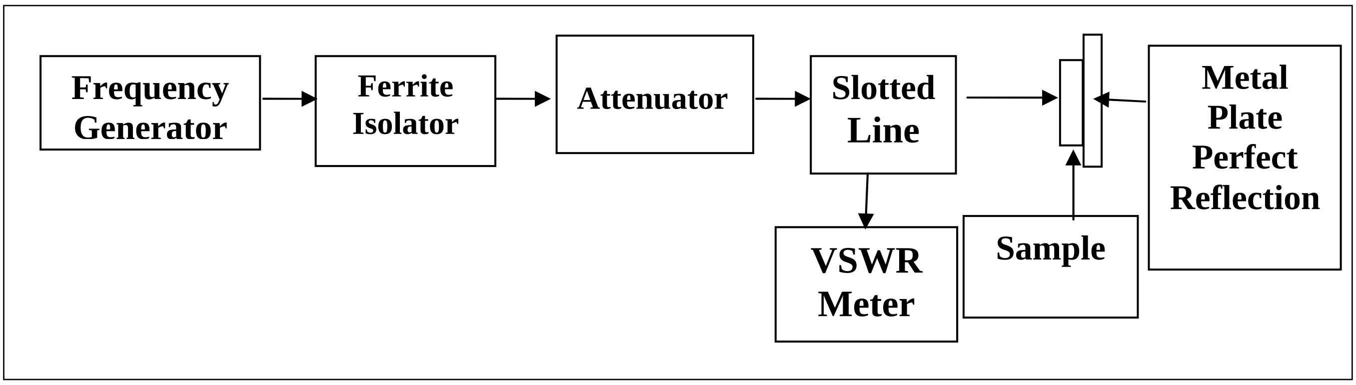
أولا: المواد والأجهزة المستخدمة:

1. تم تهيئة الكميات المطلوبة من مسحوق الفيرايت ($MnFe_2O_4$) المصنع تجاريا واوكسيد التيتـانيوم TiO_2 واوكسيد الحديد Fe_2O_3 واوكسيد الخارصين ZnO واوكسـيد المغنيسـيوم MgO واوكسـيد النحاس CuO واوكسيد الكادميوم CdO واوكسيد النيكل Ni_2O_3 واوكسيد المنغنيز MnO_2 وتتميز هذه الاكاسيد بنسبة نقاوة (99.9%) والمصنعة تجاريا قبل شركة Garantie-Fluka الألمانية. بالإضـافة إلى استخدام صمغ الايبوكسي كمادة رابطة مع المصلب الحراري الخاص بـه والمصـنعان تجاريـا أيضاً.

2. وتم تهيئة قطع من صفائح ألمنيوم بإبعاد (8x8)cm من اجل لصق نماذج الطلاء عليها بعد الانتهاء من عملية تحضير النماذج كنموذج معدني عاكس يراد طلاءه بواسطة لاصق معين مصنع تجاريا.

3. وقد تم تصنيع قالب معدني من الحديد ذي مواصفات فنية جيدة والذي احتاج إلى دقة عاليـة مـن حيث المتانة ونعومة قاعدته الصقيلة ونعومة الغطاء بحيث إن النموذج الناتج من عملية القولبة يكـون ذي ملمس ناعم وعدم احتوائه على أي تحدبات أو فقاعات.

4. تم قياس امتصاصية جميع النماذج المحضرة بواسطة منظومة قياس نسبة الموجـة الواقفـة SWR والتي تتكون من الأجزاء الموضحة في الشكل(1):

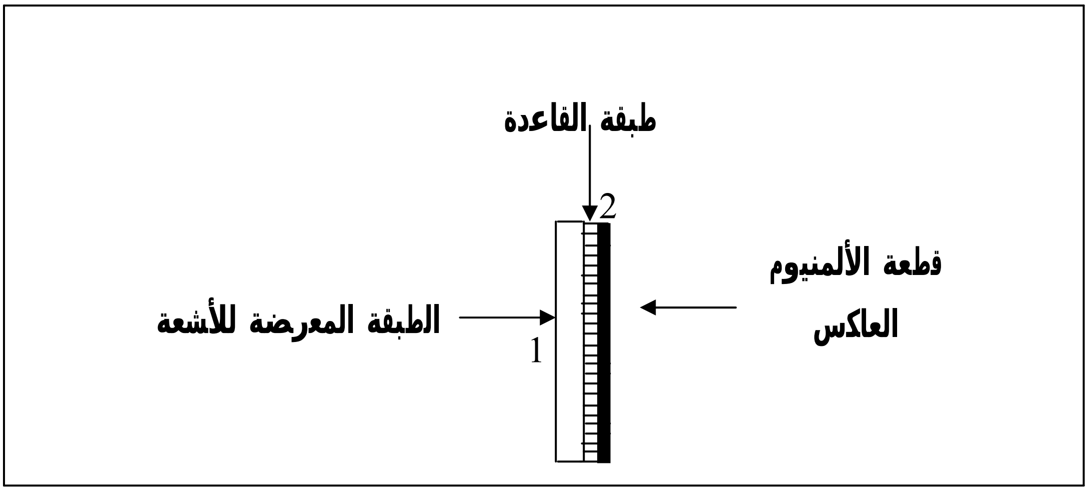


الشكل 1: مخطط ترتيب منظومة قياس نسبة الموجة الواقفة

ثانيا: تحضير النماذج:

كان تحضير نماذج الطلاء على عدة مراحل في المرحلة الأولى تم تحضير نمـوذج واحـد مـن مسحوق الفيرايت بوزن (1.5gm) وصمغ الايبوكسي بـوزن (1.5gm) والمصـلب الحـراري بـوزن (1.5gm) بإبعاد (5x5)cm، حيث اعتبر هذا النموذج كنموذج مقارنه مع النماذج المحضرة في المرحلـة الثانية، وتم قياس سمك هذا النموذج بواسطة المـايكروميتر باسـتخدام عـدة مواقـع إذ بلـغ معـدلها (1.14mm). وفـي المرحلة الثانية تم تحضير ثمانية نماذج طلاء بشكل منفرد لكل نموذج من الاكاسـيد (TiO_2، Fe_2O_3، ZnO، MgO، CuO، CdO، Ni_2O_3، MnO_2) وبنسب وزنية (1.5gm) لكل اوكسـيد و(2gm) من مادة صمغ الايبوكسي و(2gm) من مادة المصلب الحراري، حيث توزن كل مادة بصـورة منفردة وتخلط خلطا جيدا مع صمغ الايبوكسي والمصلب الحراري ثم بعد ذلك يتم وضعها فـي القالـب المعدني وبعد الانتهاء من عملية القولبة يتم إخراج النماذج ويقاس سمكها لعدة مواقع واخذ معدلها وهـي كما يلي (TiO_2=1.37mm، Fe_2O_3=1.31mm، ZnO=1.4mm، MgO=1.46mm، CuO=1.12mm، CdO=1.29mm، Ni_2O_3=1.28mm، MnO_2=1.27mm) وبإبعاد (5x5)cm لكل نموذج، وبعد الانتهاء من عملية تحضير جميع النماذج وقياس السمك تم تحضير نماذج الطلاء على شكل طبقتين طبقـة عليـا سميت بالرقم (1) أي الطبقة المعرضة للأشعة وطبقة سفلى سميت بالرقم (2) أي طبقة القاعدة أو الأساس

والتي يتم لصقها على قطعة الألمنيوم كنموذج معدني (عاكس) يراد طلاءه وقياس امتصاصيته وكما هو موضح في الشكل (2).



الشكل2: نموذج الطلاء المحضر

ثالثا: القياسات العملية:

1. لصق النماذج

تم لصق النموذج المحضر من اوكسيد التيتانيوم TiO_2 على قطعة الألمنيوم واعتبارها الطبقة رقم (2) أي طبقة القاعدة ومن ثم تلصق عليها طبقة الفيرايت واعتبارها الطبقة رقم (1) المعرضة للأشعة وتم قياس امتصاصيته وكما هو موضح في أدناه:

2. معايرة المنظومة

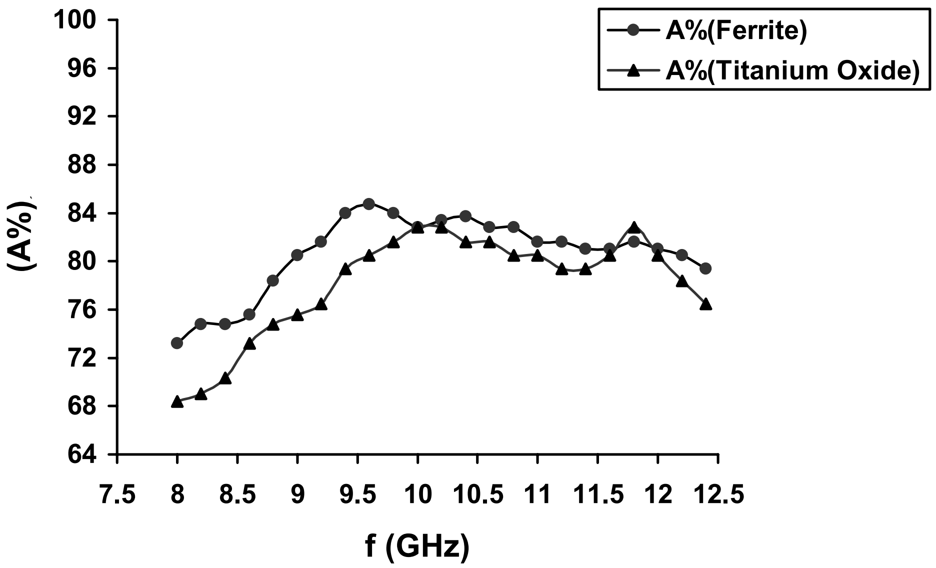
يتم تثبيت اللوح المعدني العاكس (نموذج المعايرة) في الموقع الخاص به في المنظومة عند فتحة دليل الموجة أي بصورة منطبقة على الفتحة الصغيرة لدليل الموجة ومن ثم تسليط موجة مايكروويف ذات تردد (8GHz) وبعد ذلك يتم تحريك المجس على طول دليل الموجة ذي الحز مع متابعة مؤشر مقياس SWR المرتبط بالمجس بهدف إيجاد أقصى انحراف للمؤشر ($V_{max}=\infty$) على مقياس SWR، ومن ثم معايرة مؤشر مقياس SWR عند القيمة ($V_{min}=1$) على تدريج مقياس SWR بواسطة التحكم بمفتاح ربح الجهاز.

3. قياسات VSWR وامتصاصية نماذج الطلاء

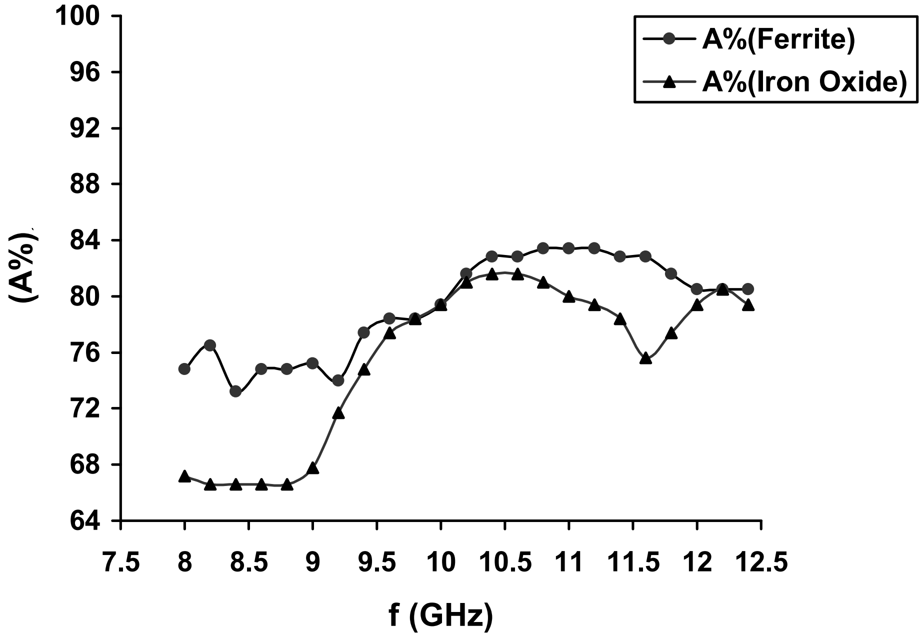
بعد أن يتم لصق نموذج الطلاء على قطعة الالمنيوم (العاكس) ومعايرة المنظومة عند القراءة ($V_{min}=1$) يوضع نموذج الطلاء مباشرة على الفتحة الصغيرة لدليل الموجة ويوضع خلفه اللوح المعدني بصورة مباشرة (منطبقة) من اجل تثبيت النموذج ولكي تسقط عليها الموجة ذات التردد (8)GHz، وبعد ذلك يتم تحريك المجس على طول دليل الموجة ذي الحز ومتابعة مؤشر مقياس SWR المرتبط بالمجس

بهدف إيجاد أقصى انحراف (V_{max}) للمؤشر على مقياس SWR داخل الدليل وتؤخذ القراءة مباشرة مـن تدريج مقياس SWR. نعيد عملية المعايرة للوح المعدني ولنفس النموذج وبترددات GHz(8.2,…..12.4) وبفاصل ترددي مقداره GHz(0.2) لكل قراءة .

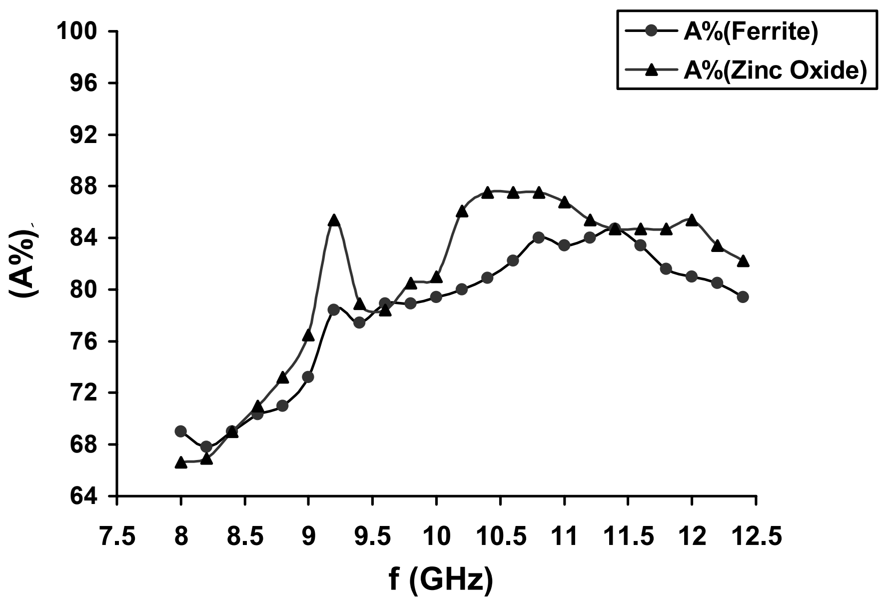
يتم قلب طبقات نموذج الطلاء بحيث تصبح الطبقة رقم (2) هـي الطبقـة رقـم (1) أي الطبقـة المعرضة للأشعة والطبقة رقم (1) هي الطبقة رقم (2) أي طبقة القاعدة أو الأسـاس ومـن ثـم نعيـد عملية معايرة المنظومة وقياس VSWR والامتصاصـية لـنفس النمـوذج ولكـل التـرددات. نعيـد الفقـرات أعـلاه للنمـاذج المحضـرة مـن طبقـة مسحـوق الفيرايـت وطبقـات الاكاسـيد (Ni_2O_3, MnO_2, CdO, CuO, MgO, ZnO, Fe_2O_3) بعد إن يتم لصقها على قطعة الالمنيـوم وبشـكل منفرد لكل نموذج، وكانت قياسات قيم الامتصاصية موضحة كما في الأشكال (10,9,8,7,6,5,4,3) علـى التوالي حيث تم حساب قيم VSWR وامتصاصية كل النماذج المحضرة باستخدام المعادلات (3-8) .



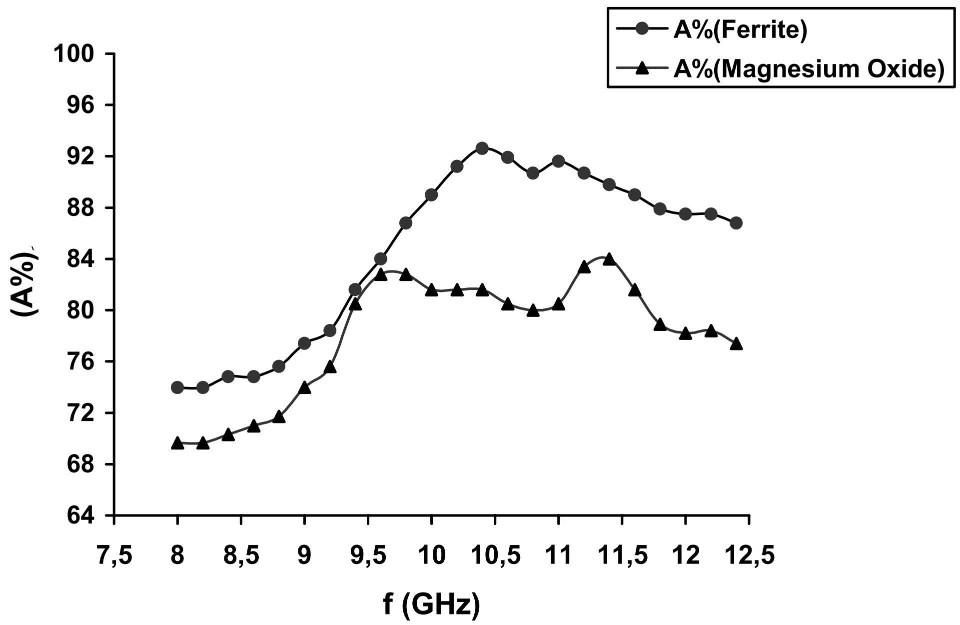
الشكل 3: العلاقة بين الامتصاصية والتردد لطلاء مكون من طبقتـين $Ferrite+TiO_2$ ومعدل سمكهما(2.51mm)



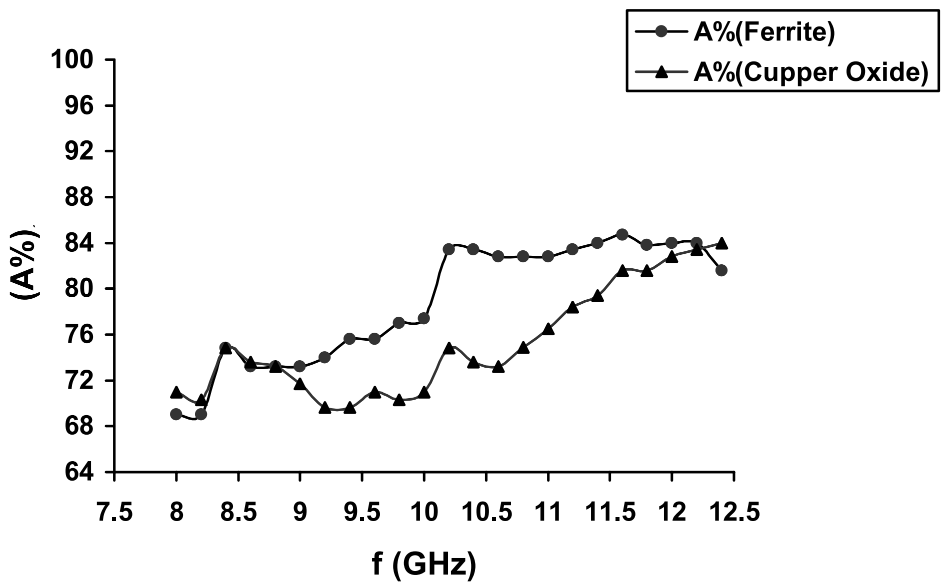
الشكل 4: العلاقة بين الامتصاصية والتردد لطلاء مكون مـن طبقتـين $Ferrite+Fe_2O_3$ ومعدل سمكهما (2.45mm)



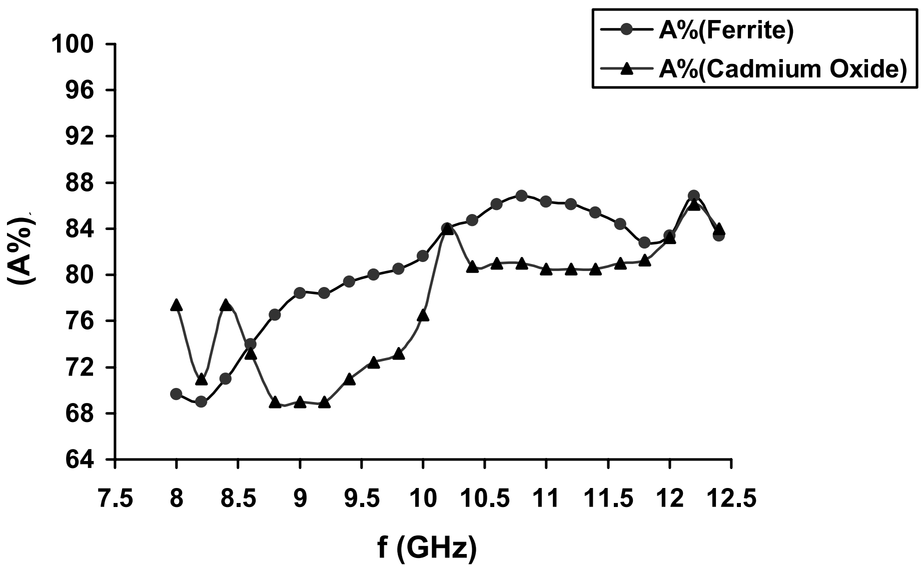
الشكل 5: العلاقة بين الامتصاصية والتردد لطلاء مكون من طبقتـين Ferrite+ZnO ومعدل سمكهما (2.54mm)



الشكل 6: العلاقة بين الامتصاصية والتـردد لطـلاء مكـون مـن طبقتـين Ferrite+MgO ومعدل سمكهما (2.6mm)

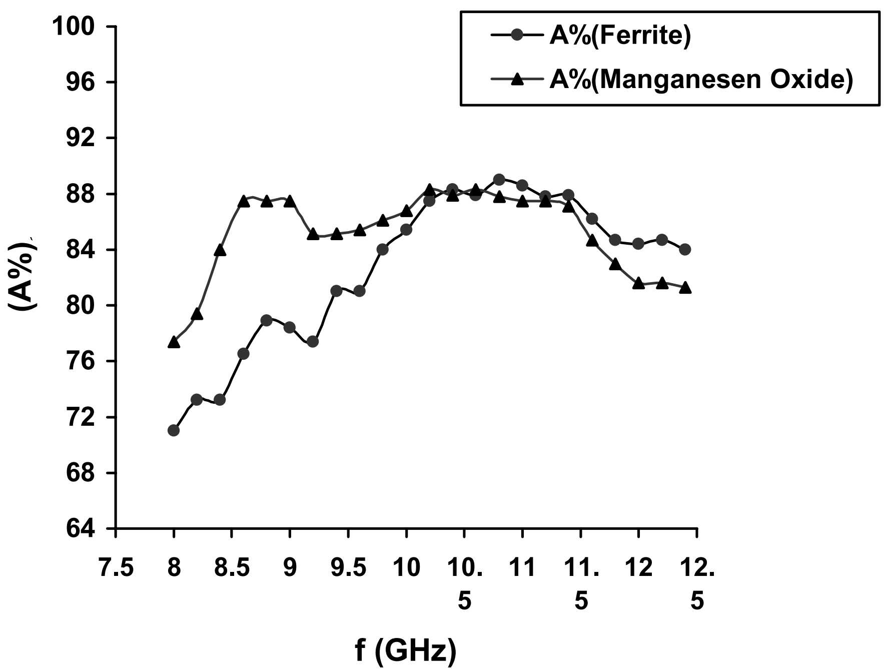


الشكل 7: العلاقة بين الامتصاصية والتردد لطلاء مكون من طبقتين Ferrite+CuO ومعدل سمكهما (2.26mm)



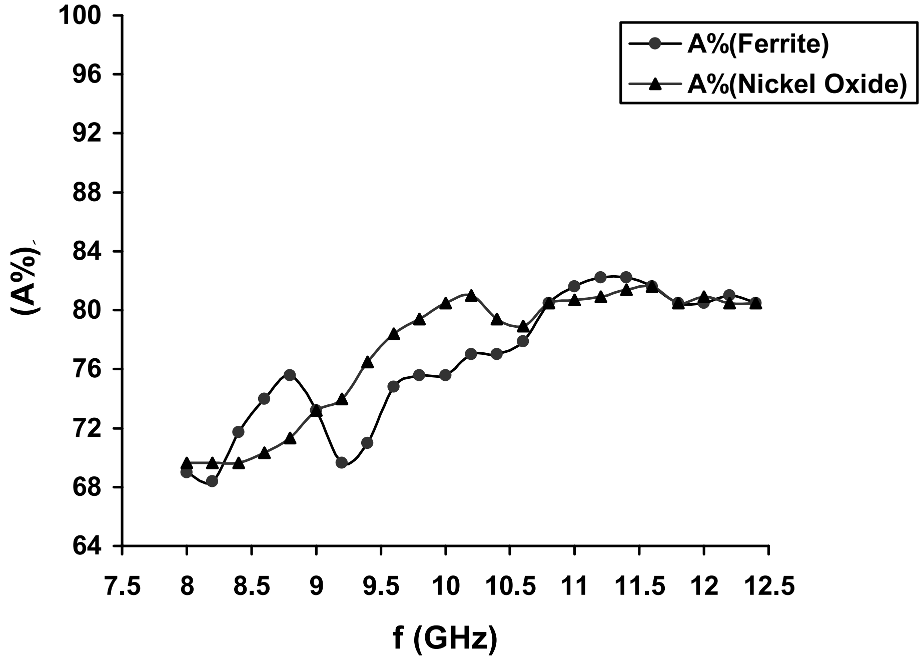
الشكل 8: العلاقة بين الامتصاصية والتردد لطلاء مكون من طبقتين

Ferrite+CdO ومعدل سمكهما (2.43mm)



الشكل 9: العلاقة بين الامتصاصية والتردد لطلاء مكون مـن طبقتـين

$Ferrite+MnO_2$ ومعدل سمكهما (2.41mm)



الشكل 10: العلاقة بين الامتصاصية والتردد لطلاء مكـون مـن طبقتـين Ferrite+Ni_2O_3 ومعدل سمكهما (2.42mm)

النتائج والمناقشة

يوضح الشكل (3) العلاقة بين الامتصاصية (A%) والتردد بوحدات GHz لطلاء مكون من طبقتين من مسحوق الفيرايت واوكسيد التيتانيوم والذي يبلغ معدل سمكهما (2.51mm) ويلاحظ من الشكل إن قيم الامتصاصية لطبقة الفيرايت كانت اكبر من (80.5%) وضـمن المـدى التـرددي GHz(9-12.2) هـي الأفضل عند تعرضها للأشعة المباشرة مقارنة مع طبقة الاوكسيد TiO_2.

الشكل (4) يبين العلاقة بين الامتصاصية والتردد لطلاء مكون من طبقتـين مسـحوق الفيرايـت واوكسيد الحديد والذي يبلغ معدل سمكهما (2.45mm)، إذ يلاحظ فيه عندما تكون طبقة مسحوق الفيرايت هي الطبقـة المعرضة مباشرة للأشعة قيـم امتصاصية عاليـة واكـــبر من (81.6%) ضمن المـدى GHz(10.2-12.4) مقارنة مع طبقة الاوكسيد Fe_2O_3.

ويوضح الشكل (5) طلاء متكون من طبقتين من مسحوق الفيرايت واوكسيد الخارصين والذي يبلغ معدل سمكهما (2.54mm)، اذ يلاحظ إن طبقة الاوكسيد ZnO هي أفضل مـن طبقـة الفيرايـت لأنهـا أظهرت قيم امتصاصية اكبر من(84.5%) في الترددات GHz(10.2-12.0) عند تعرضها للأشعة بصورة مباشرة.

ويبين الشكل (6) العلاقة بين الامتصاصية والتردد لطلاء مكون من طبقتين من مسحوق الفيرايت واوكسيد المغنيسيوم والذي يبلغ معدل سمكهما (2.60mm)، ويلاحظ فيه قيم امتصاصية عالية واكبر من (86%) في المدى الترددي (9.8-12.4)GHz عندما تكون طبقة الفيرايت هي الطبقة المعرضة للأشعة بالمقارنة مع طبقة الاوكسيد MgO.

ويوضح الشكل (7) نموذج طلاء مكون من طبقتي مسحوق الفيرايت واوكسيد النحاس والذي يبلغ معدل سمكهما (2.26mm)،ويلاحظ فيه إن عمل طبقة الفيرايت كطلاء ماص هي أفضل عندما تتعرض للأشعة من طبقة الاوكسيد CuO بسبب قيم الامتصاصية الجيدة التي تجاوزت (83%) في المدى الترددي (10.2-12.2)GHz.

والشكل (8) الذي يوضح العلاقة بين الامتصاصية والتردد لطلاء مكون من طبقتين من مسحوق الفيرايت واوكسيد الكادميوم والذي يبلغ معدل سمكهما (2.43mm)، اذ يلاحظ فيه قيم امتصاصية جيدة واكبر من (83%) في المدى الترددي (10.2-12.0)GHz عندما تكون طبقة الفيرايت هي الطبقة المعرضة للأشعة المباشرة مقارنة مع طبقة الاوكسيد CdO.

اما الشكل (9) يبين أن كلا من طبقتي مسحوق الفيرايت والاوكسيد (MnO_2) والذي يبلغ معدل سمكهما (2.41mm) قد أظهرت قيم امتصاصية اكبر من (87%) ولنفس المدى الترددي (10.2-11.4)GHz وفي حالتي التعرض المباشر لكل منهما فيمكن اعتباره النموذج الأفضل كطلاء ماص وبالتبادل لكلا الطبقتين عند التعرض للأشعة في المدى الترددي المذكور.

بينما في الشكل (10) يوضح العلاقة بين الامتصاصية والتردد لطلاء مكون من طبقتي مسحوق الفيرايت والاوكسيد (Ni_2O_3) والذي يبلغ معدل سمكهما (2.42mm)، حيث يلاحظ كلا الطبقتين قد أظهرت امتصاصية جيدة اكبر من (80.5%) وباستقرارية جيدة ضمن المدى الترددي (10.8-12.4)GHz وفي حالتي التعرض المباشر للأشعة لكلا الطبقتين فيمكن اعتباره النموذج الأفضل في الاستخدام كطلاء ماص وبالتبادل عند التعرض للأشعة ضمن المدى الترددي المذكور.

مما تقدم يلاحظ أن الامتصاصية في الطلاءات المحضرة من هذا العمل يمكن أن تدرج ضمن آليات التمغنط المذكورة في الجزء النظري، لذا يلاحظ أن سبب قابلية الفيرايت ومركباته على امتصاص الموجات المايكروية يعزى إلى خسائر الهسترة التخلفية Hysteresis Loss حيث ينشأ فيض مغناطيسي داخلي بسبب المجال الكهرومغناطيسي المسلط الخارجي مما يؤدي إلى صرف كمية من الطاقة داخل المادة وبذلك تظهر خسارة في طاقة الموجة الكهرومغناطيسية الساقطة ويعتمد على كمية مادة مركبات الفيرايت في النموذج (دشر، 2001) أما بالنسبة إلى الاوكسيدين (Ni_2O_3,MnO_2) فهما من الاكاسيد الفيرومغناطيسية وحيث تمتاز هذه الاكاسيد بصفات مغناطيسية واضحة من حيث قابليتها على اكتساب تمغنط عالي، وتمتاز في قابلية تمغنطها التي تزيد على بقية المواد (الدايامغناطيسية

والبارامغناطيسية) بآلاف المرات (X>>1) (يوسف، 1989) وكذلك الحال بالنسبـة لامتلاك هذا النـوع من الاكاسيد نفوذيـة مغناطيسيـة معقدة (μ) وسماحية معقدة (ε) (Grimes *et al.*, 1976).

الاستنتاجات

تم في هذا البحث تحضير طلاءات متعددة الطبقات ماصة للموجات الكهرومغناطيسية ضمن المدى الترددي (8-12.5)GHz وقيست الامتصاصية بواسطة منظومة قياس VSWR وبفاصل تـرددي مقـداره (0.2GHz) لكل قراءة وقد ظهرت النتائج التالية:

1. معظم النماذج المحضرة على شكل طبقتين أظهرت قيم امتصاصية جيدة اكبـر مـن (70%) وشـبه مستقرة ضمن المدى الترددي (12 - 8.6)GHz التي قيست عندها.
2. أظهر نموذج الطلاء المحضر من طبقتـي الفيرايـت واوكسـيد التيتـانيوم TiO_2 وبالتبـادل لكـلا الطبقتين نتائج امتصاصية تصاعدية عند الترددات (9.4 - 8)GHz ونتـائج جيـدة وشـبه مسـتقرة عند الترددات (9.6-12)GHz أفضل مـن النمـاذج المحضـرة مـن طبقـة الفيرايـت والاكاسـيد (Fe_2O_3، MgO، CuO، CdO) وبشكل منفرد لكل نموذج.
3. إن النماذج المحضرة من طبقة مسحوق الفيرايت وطبقات الاكاسـيد (Fe_2O_3، TiO_2، MgO، CuO، CdO) بشكل منفرد لكل نموذج أظهرت قيم امتصاصية جيدة ومدى شبه مستقر عند معظم التـرددات على شكل طلاء ماص مكون من طبقتين، ولكن قيم الامتصاصية كانت أفضل عنـدما كانـت طبقـة الفيرايت هي المعرضة للأشعة بالمقارنة مع طبقات الاكاسيد عندما تتعرض للأشعة.
4. نموذج الطلاء المحضر من طبقتي مسحوق الفيرايت وطبقة الاوكسيد ZnO اظهر قيم امتصاصية اكبر من (85%) عند الترددات (10.2-12)GHz عندما تكون طبقة الاوكسـيد هـي المعرضـة للأشـعة المباشرة مقارنة مع طبقة مسحوق الفيرايت.
5. النموذج المحضر من مسحوق الفيرايت والاوكسيد (MnO_2) يمكن اعتباره الافضـل كطـلاء مـاص وبالتبادل لكلا الطبقتين ضمن المدى الترددي (10.2-11.4)GHz وبقيم امتصاصية اكبر من (87%).
6. عند الترددات (10.8-12.4)GHz كان نموذج الطلاء المتكون من طبقتي الفيرايت والاوكسيد(Ni_2O_3) قد اظهر قيم امتصاصية اكبر من (80%) فكان الافضل للعمل كطلاء ماص بالتبادل لكلا الطبقتين.
7. إن التباين القليل في السمك لم يكن له تأثير ملحوظ على الامتصاصية لجميع النماذج المحضـرة وان هذا التباين هو نتيجة تحضير النماذج يدويا وبسبب اختلاف الكثافة الحجميـه للاكاسـيد المسـتخدمة وتوزيعها ضمن المساحة السطحية للقالب.
8. قيم الامتصاصية التي حصل عليها (صوفيا، 1999) و(الطائي، 2004) كانت عند التـردد (10GHz) بينما في عملنا هذا كانت قيم الامتصاصية جيدة وفي نطاق الحزمة (X).

9. تم زيادة مدى الامتصاصية في المدى الترددي 9.5-12)GHz) مقارنة مع (عكونة، 2007) التي حصلت على نسبة توهين جيدة ضمن المدى 9.5-11)GHz) بسبب استخدامنا نفس مسحوق الفيرات ($MnFe_2O_4$) ونتيجة استخدامنا الاكاسيد المعدنية التي أضافت مدى أوسع للامتصاصية.
10. النتائج التي حصلنا عليها جيدة مقارنة مع (القيسي، 2002) وفي نفس نطاق الحزمة الترددية (X).
11. في حالة السقوط العمودي للأشعة على طبقتي الطلاء سوف تعاني الموجة من إعاقة خلال الطبقة الأولى ما يؤدي إلى إضعاف طاقتها وإعاقة ثانية عند الحد الفاصل بين الطبقتين مما يؤدي إلى إضعاف طاقة الموجة الساقطة خلال الطبقتين وتبديد طاقتها داخل طبقتي الطلاء.

المصادر العربية

الجبوري، عمار ياسين برجس، 2003. تحضير طلاءات ماصة للموجات الكهرومغناطيسية في منطقة الحزمة X ، رسالة ماجستير، قسم الفيزياء، جامعة الموصل، الموصل، العراق.

الجبوري، وكاع فرمان وحياتي، فهر غالب، 1985. الخواص الكهربائية والمغناطيسية للمواد، مديرية مطبعة جامعة الموصل، العراق.

الطائي، ضمياء حسن، 2004. دراسة توهين الموجات الكهرومغناطيسية ذات التردد 10GHz عن سطح الاغشية البوليميرية المخضبة بالاكاسيد، رسالة ماجستير، قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة الموصل، الموصل، العراق.

القيسي، حسين كمر محمود، 2002. تحضير مواد ماصة للموجات الرادارية، رسالة ماجستير، قسم هندسة المواد، كلية الهندسة، جامعة بابل، العراق.

حسون، صبحي كمال، فرج، بتول حميد، 1986. الصوت والحركة الموجية، مديرية دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل.

علي، يحيى عبدالحميد، 1977. الكهربائية والمغناطيسية، مديرية دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل، العراق.

دشر، عماد علي، 2001. تحضير الباريوم فرايت ودراسة تاثيره على الخواص الهندسية للكاؤولين، رسالة ماجستير، قسم هندسة المواد، كلية الهندسة، جامعة بابل، العراق.

صوفيا، فارس بشير، 1999. تحضير طلاءات ذات توهين عالي للموجات الرادارية المنعكسة عن السطوح المعدنية، رسالة ماجستير، قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة الموصل، الموصل، العراق.

عكونة، حلا جورج شمعون، 2007. دراسة تأثير حجوم حبيبات الحديد والفيرايت على الخواص الامتصاصية للسطوح الماصة للموجات الرادارية ضمن الحزمة X، رسالة ماجستير، قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة الموصل، الموصل، العراق.

يوسف، مؤيد جبرائيل، 1989. فيزياء الحالة الصلبة، الجزء الثاني، بيت الحكمة، بغداد، العراق.

المصادر الأجنبية

Dixon, P., 2004. Damping Cavity Resonance Using Absorber Material. Microwave Technology, pp.16-19.

Connor, F.R., 1972. Wave Transmission. Edward Arnold, London,p31.

Grimes, D.M.; Raymond, W.W.; Hach, R.J., and Walser, R.M., 1976. Magnetic Absorbers, United State Patent No. 3, 938, 152p.

Hatakeyyama, K., and Inui, T., 1985. Electro–Magnetic Wave Absorbing Material. United State Patent No. 4, 538, 151p.

Lance, A.L., 1964. Introduction to Microwave Theory and Measurements. Mc Graw – Hill, USA,p25.

Peterman, D., 2002. Chemically Modified Radar Absorbing Materials and Associated Fabrication Method. United State Patent No. 6, 486, 822p.

Seeger, J.A., 1986. Microwave Theory, Component's and Devices. Prentice –Hall, New Jersey.

Vinoy, K.J., and Jha, R.M., 1996. Radar Absorbing Materials, from Theory to Design and Characterization. Kluwer Academic Publishers, Boston, Dordrecht, London.