- - - - - - مجلة علوم الرافدين، المجلد 20، العدد 1، ص160-172، 2009 - - - - - -

دراسة الخواص الامتصاصية للموجات المايكروية لمواد RAM ثلاثية الطبقات

عمار ياسين برجس حسين الجبوري

قسم الفيزياء

كلية العلوم

جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام 2008/6/24 ؛ تاريخ القبول 2008/10/27)

الملخص

حضر في هذا البحث طلاءات ماصة للموجات المايكروية في منطقة الحزمة X على شكل ثلاث طبقات من مسحوق الفيرايت ($MnFe_2O_4$) ومسحوق الحديد ومسحوق اوكسيد المنغنيز (MnO_2) وبسمك (1)mm لكل طبقة ودراسة تأثير تبادل الطبقات على الامتصاصية عند تعرضها للأشعة المباشرة بواسطة منظومة قياس نسبة الموجة الواقفة SWR. وتم التوصل إلى انه عند تعرض الطلاء المكون من ثلاث طبقات وبمعدل سمك (3)mm للأشعة المايكروية المباشرة يمكن الحصول على قيم امتصاصية اكبر من (86%) وان لتبادل طبقات الطلاء تأثيرا جيدا في الحصول على قيم امتصاصية عالية عند ترددات معينة.

Microwave Absorbing Characteristics Study of Three Layers Radar Absorbing Materials (RAM)

Ammar Y. Al Jubory

Department of Physics

College of Science

Mosul University

ABSTRACT

In this work, Microwave absorbing coatings were prepared in the X-band region, in a form of three layers of ferrite powder ($MnFe_2O_4$), iron powder and manganese oxide powder (MnO_2) with (1)mm thickness for each layer. A study of layer exchange effect on absorption, when exposed to direct radiation was conducted. In this case, a standing wave ratio SWR system was used in which it was found that when the three layer coating (3mm thickness) were exposed to direct microwave radiation, a greater absorption values were obtained (86%). Hence, an exchange of coating layers does have a good impact on absorption values at specific frequencies.

المقدمة

تناول البحث العديد من الابتكارات والدراسات والبحوث التجريبية لتأثيرات المواد الفيرومغناطيسية في طيف الموجات الكهرومغناطيسية وطرائق تحضيرها وطبيعة التفاعل بينها. ولقـد وجـد أن بعـض المـواد لهـا القدرة على حجب أو منع انعكاس الموجات الكهرومغناطيسيـة حيث تتكون هذه المواد من مسحوق الفيرايت (Ni-Zn-Ferrite) ومسحوق الحديـد بالإضافة إلى بعض المواد الرابطة والتي تطلـى على صفائح من الحديد ومن ثم تقاس امتصاصيتها عند الترددات 7,8,9,10,11)GHz) وبسمك يتـراوح بين 1.5-2.5)mm) (Ishino and Takashi, 1978).

واستطاع الباحثان (Amin and James, 1981) تصنيع طبقات خفيفة متعـددة ذات أسـاس مـن الفيرايت السداسي ذات أبعاد معينة تستخدم لامتصاص الموجات المايكروية ضمن الترددات 5-20)GHz) وقد توصل الباحثان إلى انه بزيادة عدد الطبقات الماصة يعني زيادة مقدار الإعاقة للموجة والنـاجم مـن كثرة الانعكاسات للموجة بين الحدود الفاصلة لتلك الطبقات وعن طريقها تنخفض قيم معامـل الانعكـاس للموجة وبالتالي يزداد مقدار الطاقة الممتصة من قبل الطبقات المستخدمة.

وحضر الباحثان (Hatakeyama and Inui, 1985) مواد طلاء لها خصائص امتصاص كهربائيـة ومغناطيسية معا تتكون من طبقتين الأولى ذات ممانعة دخل واطئة تحتوي على مزيج من ألياف لمعـادن أو سبائك ذات توصيلية عالية فضلا عن مواد فيرومغناطيسية تتكون من الفيرايـت والحديـد والكوبلـت والنيكل وبعض المواد الرابطة ومواد فيروكهربائية مثل تيتانات الباريوم، فيما تكون الطبقة الثانيـة قليلـة الممانعة تتكون من مركب لاصق ذي وزن جزيئي عالي.

وتمكن (Narumiya *et al.*, 1987) من تحضير طلاءات ماصة للموجات الكهرومغناطيسية بـسمك 3)mm) تتكون من مسحوق الفيرايت (Mn-Zn-Ferrite) ومسحوق اسود الكـاربون الموصـل وبعـض الحشوات الأخرى من كربونات الكالسيوم وسليكات المغنيسيوم واوكسيد التيتـانيوم مـع بعـض المـواد الرابطة.

واستطاع الباحث (Satatoshi, 1999) مـن دراسـة تـأثير العناصـر المـضافة (Mn,Ti) إلـى (Barium M-Type Ferrite) والتي لها دور في زيادة قابلية هذا الفيرايت علـى امتـصاص الموجـات الكهرومغناطيسية حيث وجد أن التغير في نسب (Mn,Ti) يسبب السيطرة في التردد الرنينـي ضـمن المدى 3.85-60.18)GHz) والحصول على امتصاص للموجات المنعكـسة بمقـدار 20-)dB). وتمكـن (القيسي، 2002) من تحضير طلاءات متعددة الطبقات ماصة للموجات الرادارية فـي المـدى التـرددي 8-12.5)GHz) تتكون من اسود الكاربون والمغناتايت (Fe_3O_4) وفيرايت الباريوم إضـافة إلـى البـولي اثيلين وبسمك طبقات تراوح بين 2,4,6)mm) وتمكن من الحصول على اختزال في الكـشف الـراداري مقداره (75%). وقامت الباحثة (عكونة، 2007) بدراسـة تـأثير حجـوم حبيبـات الحديـد والفيرايـت ($MnFe_2O_4$) وخلائطهما على خواص الامتصاصية للـسطوح الماصـة للموجـات الراداريـة ضـمن

الحزمة X. ولوحظ أن هناك مدى معين للحجوم الحبيبية ولترددات معينة تعطي نسبة توهين أعلى وأكثر استقرارا، ففي حالة الحديد كانت الحجوم بين μm(106.5-500) عند الترددات GHz(9-10) أما في حالة الفيرايت فقد كان مدى الحجوم أوسع ويقع بين μm(200-780) عند الترددات GHz(9.5-11).

إن المواد الفعالة المستخدمة في عمل هذا البحث هي مسحوق الحديد النقي بوصفه مادة فيرومغناطيسية ومسحوق فيرايت المنغنيز ($MnFe_2O_4$) بوصفه مادة ذات فقد مغناطيسي (عكونة، 2007) إضافة إلى اوكسيد المنغنيز الفيرومغناطيسي (Pradyot, 2001) وحيث تتميز المواد الفيرومغناطيسية بقابليتها على اكتساب تمغنط عالي وقابلية تمغنطها التي تزيد على بقية المواد (الدايامغناطيسية والبارامغناطيسية) بآلاف المرات ($\chi>>1$) وكذلك الحال بالنسبة للنفوذية المغناطيسية (μ)، كما تمتاز هذه المواد عن بقية المواد في تركيبها المتميز الذي يسمى بالتركيب المناطقي (Domain Structure) أو تسمى بمناطق النفوذ المغناطيسي (Magnetic Domains) (يوسف، 1989)، إن مناطق النفوذ المغناطيسي تكون ممغنطة حتى التشبع إلا أنها تختلف باتجاه تمغنطها مع المناطق المجاورة مما يجعل محصلة التمغنط صفرا وفي حالة تسليط مجال مغناطيسي خارجي على هذه المواد 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 ينشأ عنها احتكاك وهذا الاحتكاك سوف يعمل على توليد حرارة في المادة وتبديد طاقة المجال المسلط (الجبوري، 1985).

وفي هذا البحث تم تحضير نماذج طلاء من مسحوق الفيرايت ($MnFe_2O_4$) ومسحوق الحديد ومسحوق الاوكسيد (MnO_2) والذي حضر على شكل ثلاث طبقات وبمعدل سمك mm(3) ومن ثم تعريضها للترددات الكهرومغناطيسية بصورة مباشرة عند الترددات GHz(8-12.5) بهدف دراسة تأثير تبادل الطبقات الثلاثة على الامتصاصية.

الجزء النظري

تصنف المواد الماصة الراديوية RAM اعتمادا على مواصفاتها الفنية والتصميمية إلى عدة أنواع لكل منها استخداماته وخصائصه، ومنها ماصات الحزم الضيقة حيث تعمل هذه المواد على امتصاص حزمة ترددية معينة (ضيقة) من الموجات الكهرومغناطيسية لذا تعرف بالماصات الرنينية، وتتكون عادة من مواد غالبا ما تكون معتمدة على التردد مما يجعلها متغيرة الخواص مع التردد لذا فهي تمتص الإشعاع الساقط عليها عند تحقق شرط معين يعرف بشرط الانعكاس الصفري وتضم هذه الماصات ماص سالسبري والماص المغناطيسي وفي هذا العمل تم استخدام الماص المغناطيسي كطبقات طلائية حيث تم اعتماد قياسات الموجة الواقفة SWR في احتساب معامل الامتصاص.

ماص سالسبري

عبارة عن طبقة رقيقة لها مقاومة سطحية معينة ويعبر عن هذه المقاومة السطحية Rs بدلالة توصيلية مادة الشريحة σ وسمك الشريحة d بالعلاقة (Vinoy and Jha, 1996):

$$Rs = 1/ \sigma d \quad ....(1)$$

ويتم فصل هذه الشريحة الرقيقة عن السطح المعدني بواسطة مادة مقاربة في خواصها للفراغ تعرف باسم المباعد (spacer) وبسمك (λ/4) (Dixon, 2001)، عند سقوط موجة كهرومغناطيسية راسيا على شريحة سالسبري فان معامل الانعكاس R يكون كما يأتي:

$$R = (Z_{in} - Z_o)/(Z_{in} + Z_o) \quad ....(2)$$

حيث Z_{in} ممانعة الدخل للوسط، Z_o ممانعة الفضاء (الوسط الذي تنتقل منه الموجة) وتعطى بالعلاقة:

$$Z_o = (\mu_o / \varepsilon_o)^{1/2} \quad ....(3)$$

وان (Vinoy and Jha, 1996)

$$Z_{in} = Rs \quad ....(4)$$

وعليه فان شرط الانعكاس الصفري لهذه الشريحة الرقيقة التي تغلف السطح المعدني نجده من المعادلتين (4،2) ليكون

$$Rs = Z_o \quad ....(5)$$

إن انعدام الموجات المنعكسة في هذه الحالة يعزى إلى التداخل الائتلافي التام للموجة الكهرومغناطيسية المنعكسة عن السطح المعدني مع الموجة الساقطة على الحد الفاصل (الفضاء-الشريحة).

إن المادة المستخدمة في تصنيع ماص سالسبري يجب أن تنتخب بحيث تمتلك ظل فقد كهربائي أو مغناطيسي عالي (Ruck etal,1970) أي أن:

$$\varepsilon_r'' >> \varepsilon_r' \quad ....(6)$$

$$\mu_r'' >> \mu_r' \quad ....(7)$$

حيث ε_r'، ε_r'' تمثلان الجزء الحقيقي والخيالي للسماحية الكهربائية وμ_r'، μ_r'' تمثلان الجزء الحقيقي والخيالي للنفاذية المغناطيسية

المعادلتان (7,6) تمثلان شرطا غشاء سالسبري الكهربائي والمغناطيسي على التوالي، والمعادلة (7) تسمى بالماص المغناطيسي الذي سنوضحه في الفقرة اللاحقة. ومن مساوي ماص سالسبري هو انه سريع الكسر ويعمل عند تردد محدد ويصنع بسمك كبير نسبيا.

الماص المغناطيسي

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

$$R=(Z\tanh(\gamma d)-Z_o) / (Z\tanh(\gamma d)+Z_o) \quad ....(8)$$

حيث γ ثابت انتشار الموجة في الوسط الموصل الذي يساوي

$$\gamma =(-\omega^2\mu\varepsilon+j\sigma\omega\mu)^{1/2} \quad ....(9)$$

وفي حالة الانعكاس الصفري تصبح العلاقة (8) كما يأتي:

$Z_o = Z \tanh(\gamma d)$ .... (10)

ولما كان هذا الماص مغناطيسيا فان الفقدان الكهربائي فيه قليل لذا تصبح العلاقة (6)بالصيغة الاتية:

$\varepsilon_r' >> \varepsilon_r''$ .... (11)

إن أحدى صفات هذا الماص هي انه اقل سمكا من مـاص سالـسبري اذ يبلـغ سـمك المـاص المغناطيسي الذي يسبب امتصاص dB(35) في الحالة المثالية cm(0.21) في حين يبلغ سمك سالـسبري المناظر له حوالي cm(12). من المواد المستخدمة في تصنيع الماص المغناطيسي هي مـواد الفيرايـت بمختلف أنواعه ومسحوق الحديد الفيرومغناطيسي ومساحيق الاكاسيد الفيرومغناطيسية بعد مزجها بمـواد بوليميرية معينة (Vinoy and Jha, 1996). ويعتبر هذا الماص من الناحية التطبيقية ماص حزمة ضـيقة ويعود ذلك إلى أن الجزء الحقيقي والخيالي لكل مـن النفوذيـة والـسماحية لهـذه المـواد تتغيـر مـع التردد(Dixon, 2004). ويعزى الامتصاص في مواد الفيرايت إلى آليات تمغـنط الاسـترخاء وتحـرك 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 يـزداد بعـدها وتكون القطعة الفيرومغناطيسية هنا قد وصلت إلى حالة الإشباع، ولو حدث أن تم تقليل المجال المـسلط فان تمغنط المادة سوف يبدأ بالانخفاض إلا انه لا ينخفض بمعدل نفس الارتفاع، فعند وصـول المجـال المسلط إلى الصفر يكون الفيض عند قيمة معينة يطلق عليها بالمغناطيسية المتبقيـة (علـي، 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 يجـب تـسليط مجال مغناطيسي معاكس للأول ويسمى هذا المجال بالمجـال القهـري، وكلمـا ازدادت مـساحة حلقـة الهسترة تصبح المادة ذات فقد أكثر حيث وُجد أن مقدار الخسائر تتناسب مـع مـساحة حلقـة الهـسترة (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 المجـاورة ممـا يجعـل محـصلة 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 حركـة 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 لـ دليل الموجـة ويعبر عنها (Lance, 1964)

$$SWR = |V_{max}| / |V_{min}| \qquad ....(12)$$

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:

$$SWR = |V_{max}| \qquad ....(13)$$

وان قيمة الجزء المنعكس R يمكن حسابه من (Connor, 1972):

$$R = (SWR-1) / (SWR+1) \qquad ....(14)$$

وبما انه يوجد ثلاثة اجزاء للموجة (القيسي، 2002) فتكون:

$$R + T + A = 1 \qquad ....(15)$$

حيث T هو الجزء النافذ من الموجة وA الجزء الممتص من الموجة، وحيث أن الجزء النافذ T = صـفر لأنه لدينا سطح عاكس تام يراد طلاؤه (قطعة ألمنيوم) فلا توجد موجة نافذة من خلالها إلى الفضاء وإنمـا توجد موجة منعكسة وموجة ممتصة وبذلك فان الجزء الممتص A يمكن الحصول عليه من العلاقة:

$$A= (1- R) \qquad ....(16)$$

ويمكن الحصول على النسبة المئوية للامتصاص باستخدام العلاقة الآتية:

$$Absorption(A\%)=A * 100 \% \qquad ....(17)$$

كما ان نسبة الموجة الواقفة VSWR يمكن ان تقاس وتحسب من خلال النسبة ما بين القيمة العظمى الـى القيمة الصغرى المقاسة بالنـسبة للفولتيـة يمكـن حـسابها بالوحـدات اللوغاريتميـة الدسـيبل (dB) (Seeger,1986) أي ان :

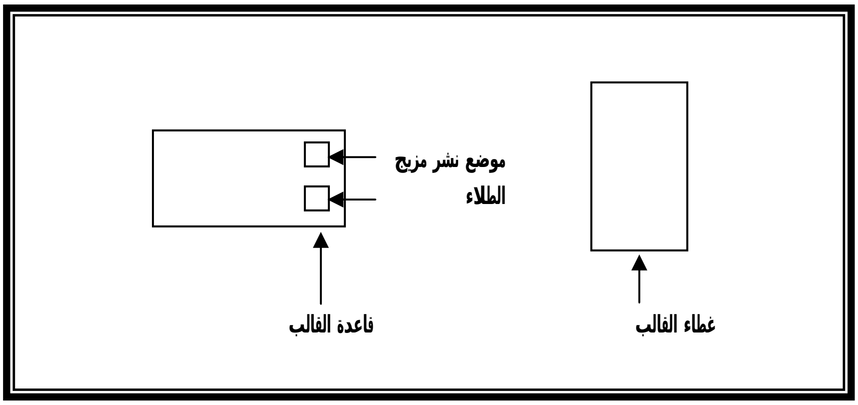
$$VSWR(dB) = 20 \log (VSWR) \qquad ....(18)$$

الجزء العملي

أولا: المواد والأجهزة المستخدمة

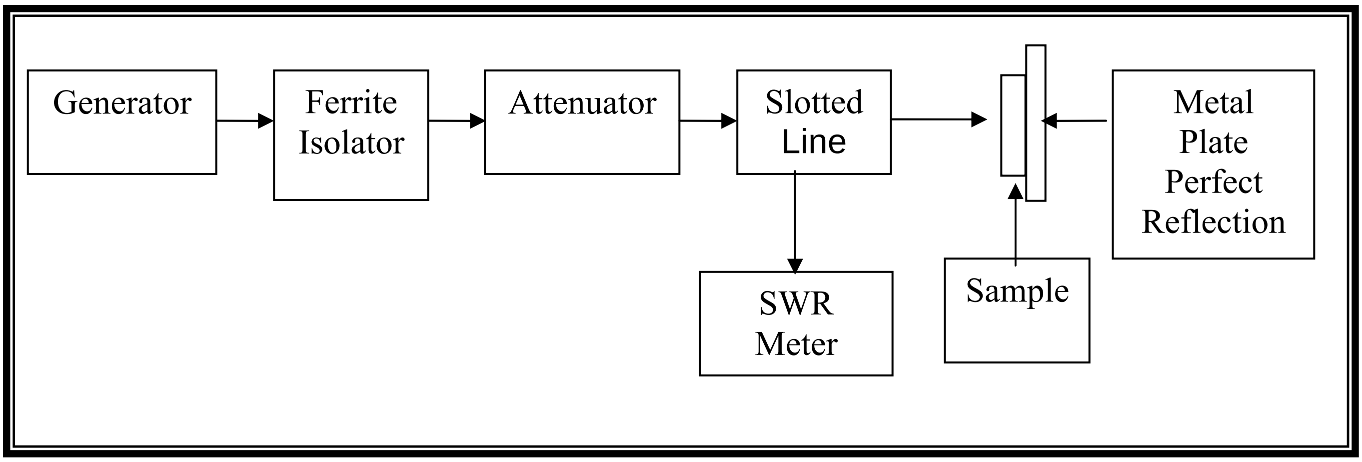
1. تم تهيئة الكميات المطلوبة من مسحوق الفيرايت ($MnFe_2O_4$) ومسحوق الحديـد النقـي واوكـسيد المنغنيز MnO_2 المصنعة تجاريا بالإضافة إلى استخدام صمغ الايبوكسي كمادة رابطة مع المصلب الحراري الخاص به والمصنعان تجاريا أيضاً.
2. وتم تهيئة قطع من صفائح ألمنيوم بأبعاد (8x8)cm من اجل لصق نماذج الطلاء عليها بعد الانتهـاء من عملية تحضير النماذج كنموذج معدني عاكس يراد طلاؤه بواسطة لاصق معين مصنع تجاريا.
3. وقد تم استخدام قالب معدني من الحديد الصلب ذي مواصفات فنية جيدة من حيث المتانة ونعومـة قاعدته الصقيلة ونعومة الغطاء بحيث إن النموذج الناتج من عملية القولبة يكون ذي ملمـس نـاعم

وعدم احتوائه على أي تحدبات أو فقاعات والعمق المناسب للقالب (3mm) والذي يمكن التحكم بـه عن طريق إضافة رقائق بلاستيكية (شفافيات) إلى قاعدة القالب من اجل عدم التصاق مزيج الطلاء في قاعدة القالب وكما هو موضح في الشكل الآتي:



الشكل 1: القالب المعدني

4. اللوح المعدني: الذي تم استخدامه كنموذج معدني عاكس (نموذج معايرة) أثناء اخذ القياسات العملية حيث يوضع على فتحة دليل الموجة مباشرة ويوضع خلف نموذج الطلاء المراد قياسه من اجل تثبيت النموذج على فتحة الدليل.
5. تم قياس امتصاصية جميع النماذج المحضرة بواسطة منظومة قياس نسبة الموجة الواقفة SWR والتي تتكون من الأجزاء الموضحة في الشكل(2):



الشكل2: مخطط ترتيب منظومة قياس نسبة الموجة الواقفة

ثانيا: تحضير النماذج

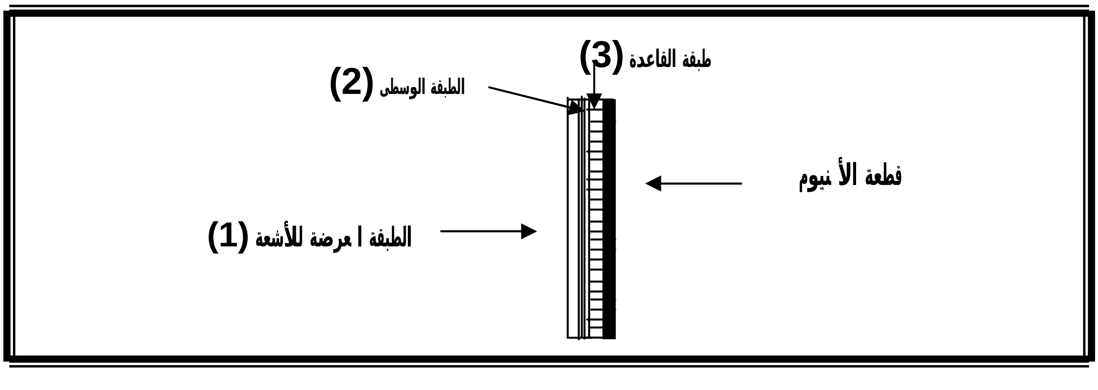
تم تحضير نموذج الطلاء المتكون من ثلاث طبقات على ثلاثة مراحل وبمعدل سمك (3mm) أي تم تحضير كل طبقة بصورة مستقلة عن الطبقات الأخرى وبسمك (1mm) لكل طبقة ففي المرحلة الأولى حضرت طبقة من مسحوق الفيرايت بوزن (1.5gm) وبنفس الوزن من صمغ الايبوكسي والمصاب الحراري، وفي المرحلة الثانية حضرت طبقة من مسحوق الحديد النقي الفيرومغناطيسي بوزن (1.5gm) وبنفس الوزن من صمغ الايبوكسي والمصاب الحراري وفي المرحلة الثالثة حضرت طبقة من مسحوق الاوكسيد (MnO_2) بوزن (1.5gm) وبنفس الوزن من صمغ الايبوكسي والمصاب الحراري. حيث توزن كل مادة على حدة وتخلط خلطا جيدا وبصورة منفردة لكل نموذج مع الصمغ والمصاب الحراري ثم يتم وضعها في القالب المعدني وبعد الانتهاء من عملية القولبة وإخراج طبقة الطلاء يقاس سمكها بأخذ عشرة قراءات لمناطق مختلفة من النموذج واخذ الانحراف المعياري (Standard Deviation) لها وكما هو موضح في الجدول الآتي:

الجدول 1: أوزان مساحيق طبقات الفيرايت والحديد واوكسيد المنغنيز والسمك والانحراف المعياري.

Layers	Weight .gm	Epoxy.gm	Hardener.gm	t. mm	S.D
Ferrite	1.5	1.5	1.5	1.00	0.0781
Iron Powder	1.5	1.5	1.5	1.00	0.0726
MnO_2	1.5	1.5	1.5	1.00	0.0465

ثالثا: لصق النماذج

بعد الانتهاء من عملية القولبة وقياس السمك تم تحضير نموذج الطلاء على شكل ثلاث طبقات حيث تم في المرحلة الأولى لصق طبقة الاوكسيد (MnO_2) على قطعة الألمنيوم واعتبارها طبقة القاعدة رقم (3)، ولصق طبقة مسحوق الحديد واعتبارها الطبقة الوسطى رقم (2) ولصق طبقة مسحوق الفيرايت واعتبارها الطبقة المعرضة للأشعة المباشرة رقم (1) وكما هو موضح في الشكل الأتي:



الشكل 3: نموذج الطلاء المحضر

ويبين الجدول الآتي ترتيب تبادل طبقات نموذج الطلاء والتي تم قياس امتصاصيتها على ستة مراحل

الجدول 2: مراحل تبادل طبقات الفيرايت F والحديد I واوكسيد المنغنيز M في التعرض المباشر للأشعة.

اسم الطبقة	المرحلة الأولى	المرحلة الثانية	المرحلة الثالثة	المرحلة الرابعة	المرحلة الخامسة	المرحلة السادسة
المعرضة للأشعة	F1	F1	I1	I1	M1	M1
الوسطى	I2	M2	F2	M2	F2	I2
القاعدة	M3	I3	M3	F3	I3	F3

القياسات العملية

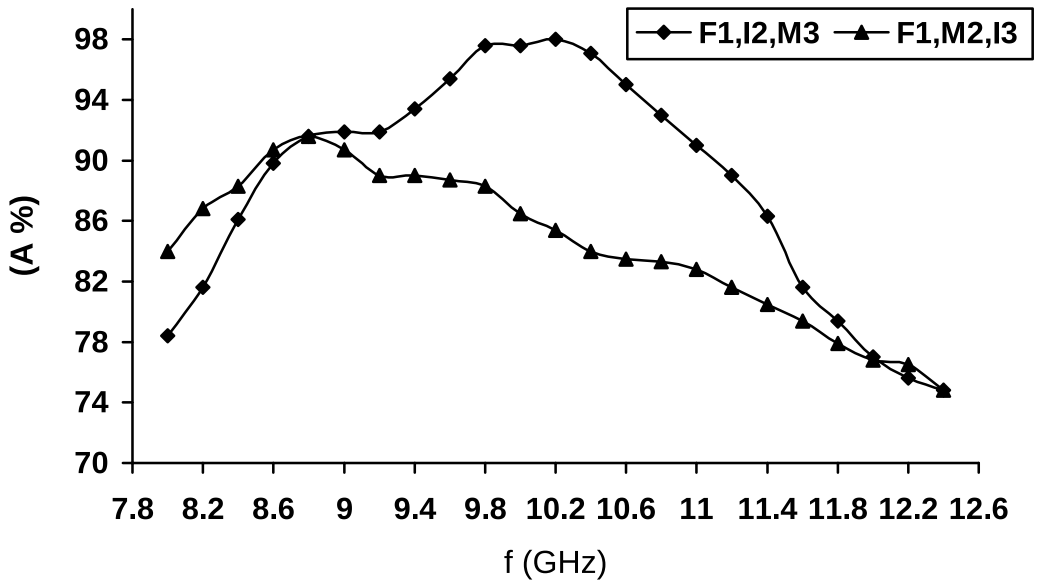
1. معايرة المنظومة

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

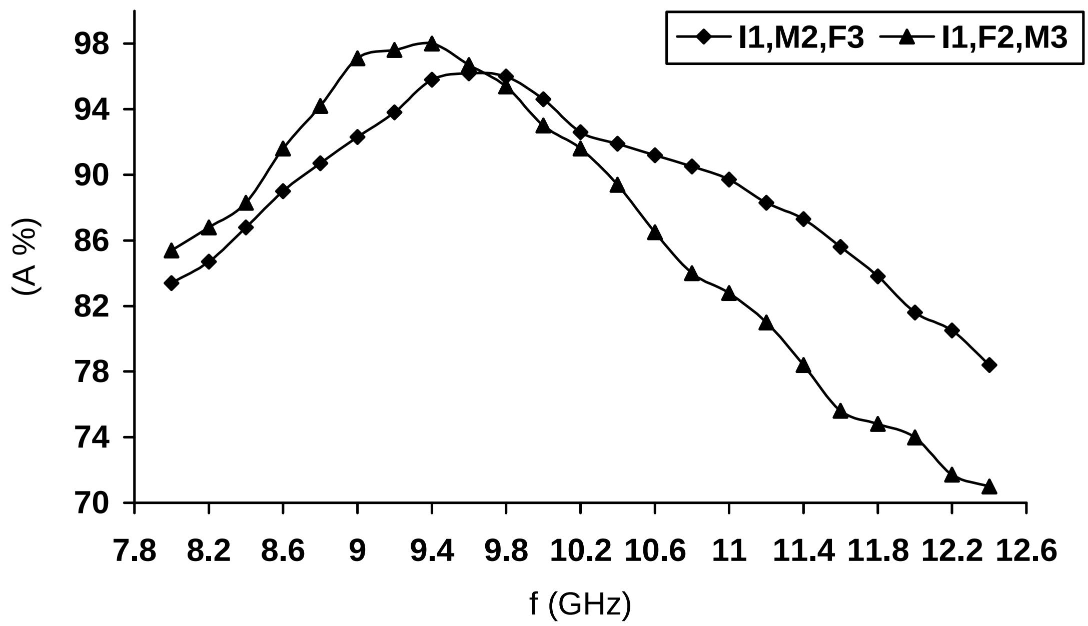
2. قياسات VSWR وامتصاصية نماذج الطلاء

بعد أن يتم لصق نموذج الطلاء على قطعة الألمنيوم (العاكس) ومعايرة المنظومـة عنـد القـراءة ($V_{min}=1$) يوضع نموذج الطلاء مباشرة على الفتحة الصغيرة لدليل الموجة ويوضع خلفه اللوح المعـدني بصورة مباشرة (منطبقة) من اجل تثبيت النموذج ولكي تسقط عليها الموجة ذات التردد GHz(8)، وبعـد ذلك يتم تحريك المجس على طول دليل الموجة ذي الحز ومتابعة مؤشر مقياس SWR المرتبط بـالمجس 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(12.4.....,8.0) وبفاصل ترددي مقداره GHz(0.2) لكل قراءة .

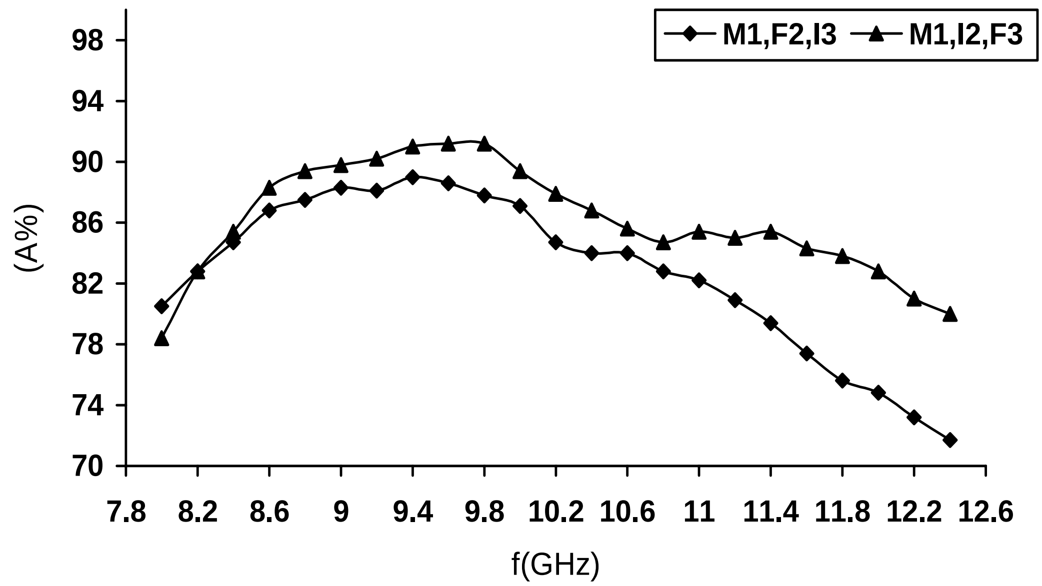
يتم قلب طبقات نموذج الطلاء وكما هو موضح في الجدول (2) ومن ثـم نعيـد عمليـة معـايرة المنظومة وقياس VSWR والامتصاصية لكافة الطبقات ولكل الترددات، وكانت قياسات قيم الامتصاصية (A%) موضحة كما في الأشكال(6,5,4) على التوالي حيث تم حساب قـيم VSWR وامتـصاصية كـل النماذج المحضرة باستخدام المعادلات (12-17).



الشكل 4: العلاقة بين الامتصاصية والتردد لطلاء مكون من ثلاث طبقات
(F1,I2,M3) و (F1,M2,I3) بسمك (3mm)



الشكل 5: العلاقة بين الامتصاصية والتردد لطلاء مكون من ثلاث طبقات
(I1,M2,F3) و (I1,F2,M3) بسمك (3mm)



الشكل 6: العلاقة بين الامتصاصية والتردد لطلاء مكون مـن ثـلاث طبقـات (M1,F2,I3) و (M1,I2,F3) وبسمك (3mm)

النتائج والمناقشة

يوضح الشكل (4) العلاقة بين الامتصاصية والتردد لطلاء مكون من ثلاث طبقات وبمعدل سـمك (3)، حيث يلاحظ في النموذج (F1,I2,M3) أي عندما تكون طبقة الفيرايت F1 هي المعرضـة للأشـعة وطبقة مسحوق الحديد I2 هي الطبقة الوسطى وطبقة الاوكسيد M3 هي طبقة القاعدة لقـيم امتـصاصية اكبر من (88%) وتصل إلى (96%) ضمن المدى الترددي (8.6-11.2)GHz، أما في حالة تبادل طبقات الحديد والاوكسيد مع بقاء طبقة الفيرايت هي المعرضـة للأشـعة للنمـوذج (F1,M2,I3) يلاحـظ قـيم امتصاصية اكبر من (84%) ولم تتجاوز (92%) في المدى الترددي (8-10.2)GHz. ومن الـشكل (5) يلاحظ في النموذج (I1,F2,M3) وعند الترددات (8.2-10.6)GHz قيم امتصاصية اكبر من (86%) وقيم تصاعدية إلى حد (96%) عندما تكون طبقة مسحوق الحديد هي المعرضة للأشعة وطبقة الفيرايـت هـي الوسطى وطبقة الاوكسيد هي طبقة القاعدة، ولكن عند بقاء طبقة مسحوق الحديد هي المعرضـة للأشـعة وتبادل طبقتي مسحوق الفيرايت والاوكسيد في النموذج (I1,M2,F3) يلاحظ مدى أوسـع للامتـصاصية اكبر من (86%) ويصل إلى (96%) ضمن المدى الترددي (8.4-11.6)GHz. أما في الشكل (6) يلاحـظ قيم امتصاصية اكبر من (84%) ولم تتجاوز القيمة (91%) ضمن المدى الترددي (8.4-10.6)GHz فـي كلتا الحالتين عند تعرض طبقة الاوكسيد (M1) للأشعة المباشرة وتبادل طبقة الفيرايت وطبقـة مـسحوق الحديد.

الاستنتاجات

من خلال القياسات العملية والحسابات لعلاقة النسبة المئوية للامتصاصية ضمن نطاق الحزمة (X) للنماذج المحضرة على شكل ثلاث طبقات من مسحوق الفيرايت ($MnFe_2O_4$) ومسحوق الحديـد النقـي والاوكسيد (MnO_2) وبمعدل سمك mm(3) تم التوصل إلى الاستنتاجات الآتية:

1. جميع النماذج المحضرة على شكل ثلاث طبقات أظهرت قيم امتصاصية جيدة واكبـر مـن (70%) ضمن نطاق الحزمة (X).
2. في حالة تبادل طبقتي الفيرايت والحديد في التعرض المباشر للأشعة مع بقاء طبقة الاوكسيد ثابتـة في الشكلين (5,4) اظهر النموذج (F1,I2,M3) استجابة ترددية وبقيم امتصاصية أعلى من (93%) ضمن الترددات 10.8-9.4)GHz)، بينما اظهر النموذج (I1,F2,M3) استجابة ترددية ضمن المدى 10.2-8.6)GHz) وبقيم امتصاصية اكبر من (91%)، وهذا الاستنتاج مقارب إلى ما توصلت إليـه (عكونة، 2007) من حيث عمل مسحوق الفيرايت ($MnFe_2O_4$) ومسحوق الحديد ضمن التـرددات المذكورة.
3. في حالة بقاء طبقة الاوكسيد (MnO_2) هي الطبقة الوسطى وكما في الشكلين (5,4) وتبادل طبقتـي الفيرايت والحديد لوحظ أن النموذج (F1,,M2,I2) اظهر قيم امتصاصية اكبر من (87%) وتـصل إلى (90%) ضمن الترددات 9.8-8.4)GHz) أما في حالة النموذج (I1,M2,F3) فقـد اظهـر قـيم امتصاصية أعلى من (86%) وتجاوزت القيمة (90%) ضمن المدى الترددي 11.6-8.4)GHz).
4. أظهرت منحنيات الاستجابة الترددية في الشكل (6) قيم امتصاصية جيد وشبه مستقرة اكبـر مـن (86%) ضمن المدى الترددي 10-8.6)GHz) في حالة بقاء طبقة الاوكسيد (M1) ثابتة في تعرضها للأشعة المباشرة وتبادل طبقتي الفيرايت والحديد لكلا النموذجين (M1,I2,F3)، (M1,F2,I3).
5. إن ظهور قيم الامتصاصية العالية هو نتيجة استخدام عدة طبقات من الطلاءات الماصة للموجـات الكهرومغناطيسية والذي يؤدي إلى زيادة مقدار الإعاقة للموجة الساقطة وإضعافها والناتجـة عـن كثرة عدد الانعكاسات للموجة بين حدود الطبقات وعن طريقها تنخفض قـيم الانعكـاس للموجـة وبالتالي تقل مقدار طاقة الانعكاس للموجة الممتصة من قبل الطبقات المستخدمة أي انه بزيادة عدد الطبقات تزداد امتصاصية الطلاءات للموجة الساقطة عليها وهذا يتفق مـع مـا وجـده الباحثـان (Amin and james, 1981) والباحث (القيسي، 2002).

المصادر العربية

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

القيسي، حسين كمر محمود، 2002. تحضير مواد ماصة للموجات الرادارية، رسـالة ماجـستير، قـسم هندسة المواد، كلية الهندسة، جامعة بابل، العراق.

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

عكونة، حلا جورج شمعون، 2007. دراسة تأثير حجوم حبيبات الحديـد والفيرايـت علـى الخـواص الامتصاصية للسطوح الماصة للموجات الرادارية ضمن الحزمة X، رسـالة ماجـستير، قـسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة الموصل، الموصل، العراق.

علي، يحيى عبد الحميد، 1977. الكهربائية والمغناطيسية، مديرية دار الكتب للطباعة والنـشر، جامعـة الموصل، العراق.

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

المصادر الأجنبية

Amin, M.B., and James, J.R., 1981. Techniques For Utilization of Hexagonal Ferrites In Radar Absorbing. Part1 Broad Band Planer Coating. The Radio and Electronic Engineer Vol.51, No.5, pp.209-218.

Connor, F.R., 1972. Wave Transmission. Edward Arnold, London, 31p.

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

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

Ishino, Ken, and W., Takashi, 1978. Coating for Preventing Reflection of Electromagnetic Wave and Coating Material for Forming Said Coatings. United State Patent No.4, 116, 906p.

Lance, A.L., 1964. Introduction to Microwave Theory and Measurements. Mc Graw – Hill, USA, 34p.

Narumiya, Yoshikazu; Hashimoto, Yasuo; Yui, Hiroshi, and Kageyama, Yoshiteru, 1987. Electromagnetic Shielding Material. United State Patent No.4, 690, 778p.

Pradyot, Patnaik, 2001. Handbook of Inorganic Chemicals. MC Graw-Hill, London, pp.552-553.

Ruck, G.T; Barrick, D.E; Stuart, W.D., and Krichbaum, C.K., 1970. Radar Cross Section Handbook. Pleunum Press, New York.

Satoshi Sugimoto, 1999. Compositional Dependence of the Electromagnetic Wave Absorption Properties of $BaFe_{12-x-y}Ti_xMn_yO_{19}$in the GHz Frequency Range. Materials Transaction, JIM, Vol.40, No.9.

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.