تحضير فرايتات الباريوم ودراسة قابلية توهينها للموجات المايكروية وامكانية تحقيقها لشروط الموائمة التامة ضمن المدى الترددي 8-12 GHz

د. تحسين حسين مبارك
كلية العلوم – جامعة ديالى

د. صباح أنور سلمان
كلية العلوم – جامعة ديالى

Email: drtahseen@yaho.com

الخلاصة :-

جرى في هذا البحث تحضير فريتات الباريوم سداسية التركيب وذلك بهدف دراسة وتقييم سلوكية التوهين للموجات المايكروية في المدى الترددي (8-12 GHz) وقد اعتمدت تقنية السيراميك التقليدية في تحضير الفرايتات. تمت دراسة سلوكية التوهين للموجات المايكروية باستخدام تقنية الدليل الموجي ذو النهاية الواحدة وحساب قيم مفاقيد الانعكاس كدالة للتردد الرنيني ضمن النطاق السيني من خلال قياس نسبة فرق الجهد للموجة الواقفة داخل الدليل الموجي (VSWR) . اعتمدت متغيرات عددية مثل عناصر الإحلال ومعلمات عملية التلبيد من درجة حرارة وزمن لتحديد اثر الخصائص التركيبية في سلوكية الامتصاص وقد أظهرت نتائج التوهين ان لجميع الفرايتات المعتمدة في البحث طيف امتصاص بعرض نطاق ترددي نسبي صغير مع حصول ازاحات في مواقع القمم القصوى للأمتصاص نتيجة وجود عناصر الإحلال. قيست الانفاذية النسبية μ^*_r بجزئيها الحقيقي والخيالي وثابت العزل $\in_r^*$ بجزئية الحقيقي والخيالي للنماذج الفرايتية ضمن المدى الترددي بهدف دراسة دراسة امكانية بناء ماصات متركبة ذوات سلوكية امتصاص عالية ضمن نطاق ترددي أوسع.

Abstract:

In this work Hexagonal structure Barium ferrite were prepared by conventional ceramic technology to study and investigate the attenuation of Microwaves in the frequency range (8-12 GHz) .

The microwave attenuation behavior studied by using one-ended slotted line waveguide and the reflection lose calculated as a function of the resonance frequency with in the X-Band by measuring the ratio of (VSWR) in the wave guide. We depend here numerical variations like doping ratio and sintering process parameters like temperature and time, to determined the effect of structure properties on the Absorption behavior Attenuation measurements. The results show that all ferrites in our study have small relative absorption bandwidth, with some shifts of resonance frequency as a result of doping elements. We measure the relative permittivity μ^*_r with its two parts (real and imaginary) and Dialectic constant ($\in_r^*$) with its two part (real and imaginary) for the ferrite in frequency rang to study the ability of built up an absorbing composite materials over a wide rang of frequency.

المقدمة :-

تعد الفرايتات مواد مغناطيسية ذات تراكيب كيميائية وبنى بلورية مختلفة، وهي جميعها مواد فيرومغناطيسية شبة موصلة، إذ تمتلك الفرايتات مقاومية كهر بائية عالية يرافقها أنفاذية مغناطيسية عالية وثابت عزل يتراوح بين (5-10) وتتغير هذه الكمية بتغير المجالات الكهرومغناطيسية. إن المقاومية العالية للفرايتات تمكن الموجات

الكهرومغناطيسية عالية التردد من الانتقال خلال الوسط الفرايتي بخسارة قليلة. اذ تتفاعل مركبة المجال المغناطيسي للموجة مع العزم المغناطيسي للمادة.
كما تعد المواد الفرايتية من المواد الماصة للموجات الكهرومغناطيسية في المدى المايكروي الترددي لذا يستخدم في طلاء الأجهزة الالكترونية وأجهزة الاتصالات وذلك لمنع التداخل للموجات الكهرومغناطيسية في الأجهزة الالكترونية والدوائر الالكترونية المستخدمة في التطبيقات العسكرية والمدنية على حد سواء [1] .

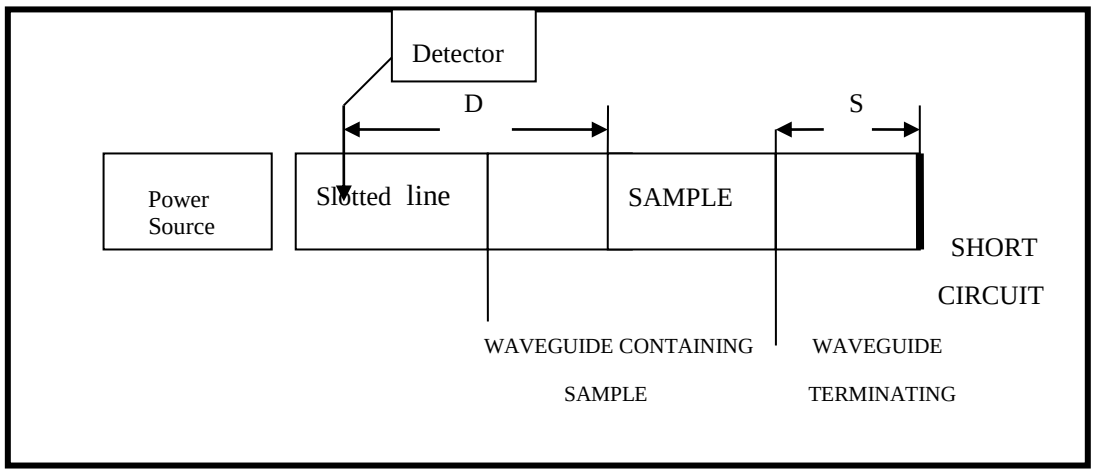
الجزء العملي :-

تحضير المادة الفرايتية

تم اختيار مساحيق بحجم أقل من 75µm كمواد أولية نقية وهي أوكسيد الحديديك (Fe_2O_3) بنقاوة 98% من انتاج شركة (FULKA) وكاربونات الباريوم ذات نقاوة % 99.99 من شركة YAM L.T.D. لغرض تشكيل مادة فرايت الباريوم $BaFe_{12}O_{19}$. حيث تم مسبقا" خلط المواد الاولية بالنسب الوزنية المناسبة والصحيحة ومزجها جيدا" مع كمية قليلة من الماء المقطر ولفترة أربع ساعات، ثم وضع المزيج داخل فرن كهربائي ليتم كلسنته عند درجة حرارة 900 ºC لمدة 12ساعة وتركه بعدها ليبرد داخل الفرن، ثم أعيد طحن الخليط جيدا" وغربلته بغربيل $(75\mu m)$ مرة ثانية للحصول على مزيج نهائي متجانس بشكل جيد، بعدها تم كبس النماذج بقوالب معدة لهذا الغرض وبإبعاد(سمك = 5mm ،ارتفاع = 7mm ، وبقطر= 2.5 mm) لتتوافق مع فتحة الدليل الموجي المستخدمة للقياسات فيما بعد. تم بعدها حرق النماذج داخل الفرن عند درجة حرارة 1300 ºC ولمدة 14 ساعة تركت النماذج بعدها لتبرد داخل الفرن، أصبحت النماذج بعدها جاهزة لإجراء القياسات.

منظومة القياس :-

الشكل (1) يبين مخططا"لمنظومة القياس المتبعة في بحثنا لقياس وحساب الفقد في انعكاس الموجات المايكروية من سطوح المواد الماصة التي توضع في نهاية الدليل الموجي. من الداخل تسند المادة الماصة من الخلف بموصل يعمل على إعادة الجزء النافذ من الموجة إلى داخل الدليل الموجي والذي بدوره يستلم من قبل كاشف أو مقياس نسبة فولتية الموجة الواقفة (VSWR) ليحسب بذلك فقد الانعكاس الذي يساوي $(20Log_{10}R)$ إذ إن المقدار $\left(R=\frac{VSWR-1}{VSWR+1}\right)$ يمثل معامل الانعكاس [1].



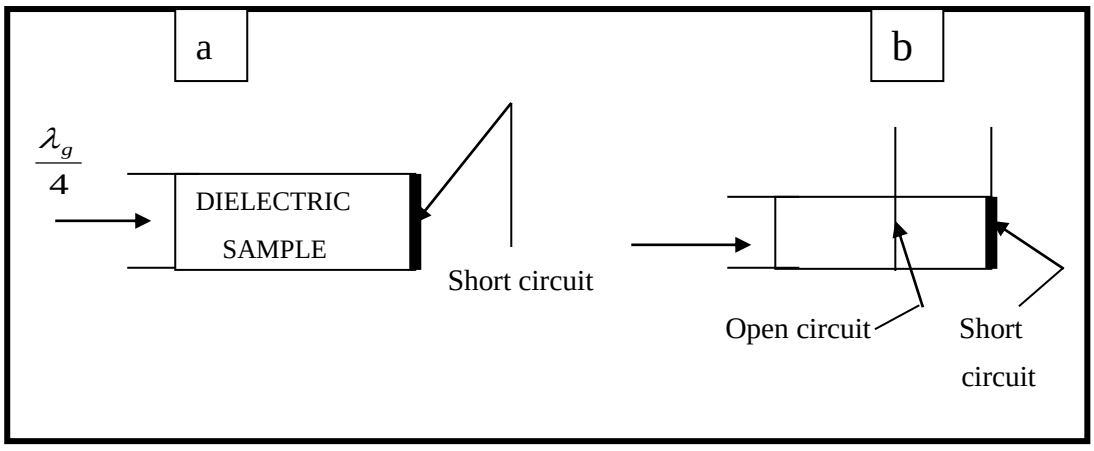
شكل(1)
مخطط توضيحي لمنظومة الاختبار يقيس الخواص
الكهربائية والمغناطيسية للماص الفرايتي

طريقة القياس :-

1- تربط الاجهزة المستخدمة للقياس بدون ادخال النموذج في الدليل الموجي.
2- يحسب λ_g من قياس المسافة بين القيم الدنيا المتعاقبة للفولتية داخل الخط المحزز.
3- توضع المادة الفيرومغناطيسية داخل الدليل الموجي مع جعل (S= 0) .
4- تقاس D_{SC} من السطح الأمامي للنموذج الى مواقع أدنى فولتية في الخط المحزز. ثم تسجل قراءة VSWR (r_{sc}).
5- بدون تحريك النموذج يتغير موقع دائرة القصر في نهاية الدليل الموجي الى حالة الدائرة المفتوحة وذلك بجعل $S = \lambda_g / 4$.
6- تعاد الخطوة (3) لقياس S_{oc} و r_{oc} ثم يقاس طول النموذج باستخدام المايكروميتر.
7- تعاد الخطوات من (3) إلى (7) بنموذج طوله $1_{\in}$.
8- الحسابات: يتم حساب $K = 2\pi/\lambda_g$ وبعدها يحسب (Y_{SC}, Y_{OC}) لكل زوج من قيم (D,r) باستخدام المعادلة (2) , [3,2] .

طريقة قياس ثابت العزل والانفاذية النسبية للمواد الفيرومغناطيسية :-

الشكل (2) يبين المخطط التوضيحي لطريقة الدائرة المقصرة والمفتوحة التي تقيس سماحيات الدخل عند مستوى النهاية $T_{\in 1}$ في حالة دائرة مقصرة Y_{sc} والدائرة المفتوحة Y_{oc} كما ويتم حساب العدد الموجي للانتشار في الدليل الموجي الفارغ وطول النموذج قيد القياس $\in 1$. [3]



شكل (2)
مخطط توضيحي لطريقة الدائرة المقصرة والمفتوحة

$$Y_{sc} = -j\frac{Y_{\in}}{Y_o}\cot k_{\in} I_{\in} \ , \quad Y_{oc} = j\frac{Y_{\in}}{Y_o}\tan k_{\in} I_{\in} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

حيث إن $Y_{\in}$ و Y_o تمثلان المسامحية للدليل الموجي المملؤة بالمادة والفراغ، حيث إن $K_{\in}$ تمثل العدد الموجي للانتشار المركب $(K = \beta + j\infty)$ داخل الدليل الموجي.

$$Y = \frac{1+\Gamma_{SC}e^{j2KD_{SC}}}{1-\Gamma_{SC}e^{j2KD_{SC}}} \quad , \quad |\Gamma_{in}| = \frac{r-1}{r+1} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

ومن المعادلة أعلاه تنتج قيم K_i و K_r من المعادلة الآتية:

$$K_r + jK_i = \mu\sqrt{-Y_{SC}/Y_{oc}} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(3)$$

يتم اختيار إشارة (μ) التي تجعل (K_i) موجبة حقيقية. ويمكن إيجاد قيم الثوابت(a وb) ثم تجد قيمة المقدار $(K/K_{\in})$ من المعادلة:

$$K_{\in}/K = \frac{a+ib}{K\,I_{\xi}} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(4)$$

ومن ثم تحسب قيمة μ_r من المعادلة:

$$\mu^*_r = \mu\left(\frac{K_{\in}}{K}\right)\frac{1}{\sqrt{Y_{sc}Y_{oc}}} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(5)$$

يتم اختيار إشارة (μ) التي تجعل الجزء الخيالي سالب والجزء الحقيقي موجب ومن ثم تحسب قيمة $\in_r^*$ من المعادلة (6). [4,5]

$$\in^*_r = \frac{1}{\mu_r^*}\left\{(K_{\in}/K)^2\left[1-\left(\frac{\lambda_o}{\lambda_c}\right)^2\right]+\left(\frac{\lambda_o}{\lambda_c}\right)^2\right\} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(6)$$

النتائج والمناقشة:-

1- الخصائص الكهربائية والمغناطيسية لفرايت الباريوم عند ترددات النطاق السيني:

بعد تهيئة الشكل الملائم لفرايت الباريوم لغرض القياس بأستخدام دليل موجي تم قياس الخصائص الكهربائية (ثابت العزل) والخصائص المغناطيسية (الانفاذية النسبية) لفرايت الباريوم باستخدام دليل موجي عند ترددات الموجة المايكروية (8-12 GHz) واعتماد برنامج matlab لايجاد الحسابات النهائية.

2- ثابت العزل الكهربائي للمركب:

ان المواد الفرايتية بشكل عام وفرايت الباريوم بشكل خاص من المواد العازلة وان ثابت العزل للنماذج المحضرة

تتضمن جزئين احدهما حقيقي والآخر خيالي حيث نلاحظ ان ثابت العزل الحقيقي يتراوح بين (2) و(13) ويتغير بتغير التردد المستخدم. كما مبين في الشكل (1)
اما الجزء الخيالي لثابت العزل فأن قيمته تصل في أغلب الترددات إلى (5.1) عدا الحالة التي يكون فيها مساوي إلى (5.1) عند التردد (11 GHz). دليلا" على زيادة التوصيلية الكهربائية للفرايت. وبذلك نستنتج ان الخسارة للموجة الكهرومغناطيسية تزداد بشكل مفاجئ عند التردد (11GHz) كما موضح في الشكل (2) .

3- الانفاذية المغناطيسية النسبية:

إن ثابت الانفاذية هو الآخر يتكون من جزئين احدهما خيالي والآخر حقيقي وان الجزء الخيالي يدلل على الخسارة المغناطيسية في الفرايت. وان قيم μ'_r للنماذج تتراوح بين(10-1) على المدى الترددي (8-12 GHz) بالنسبة للجزء الحقيقي للأنفاذية. وهي مبينة في الشكل(3) والذي يبين تغير الجزء الحقيقي للأنفاذية كدالة للتردد.

في حين تتراوح قيم الجزء الخيالي بين (4.5 -0.2) حيث يبلغ القيمة القصوى لل μ''_r عند التردد (12 GHz) وقمة أخرى عند التردد (10.25GHz) ضمن النطاق السيني (8-12 GHz)، وهي مبينة الشكل (4) والذي يبين تغير الجزء الخيالي للأنفاذية مع التردد.

4- الموائمة التامة :-

لأجل الحصول على مادة تمتص الموجات المايكروية بشكل كامل يتوجب أن يكون انعكاس الموجة من سطح النموذج مساوي للصفر أي يتوجب على الموجة النفاذ داخل النموذج ومن ثم توهينها داخل النموذج. ان شروط الموائمة التامة

$$\mu'_r \approx \epsilon'_r \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

$$\tan\delta_\mu = \tan\delta_\epsilon \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

حيث المعادلة تبين الجزء الحقيقي لثابت العزل وتكون مساوية للجزء الحقيقي للأنفاذية. في حين تبين المعادلة الثانية إن عامل الفقد الكهربائي ($\tan\delta_\epsilon$) مساوي لعامل الفقد المغناطيسي ($\tan\delta_\mu$) علما" إن :

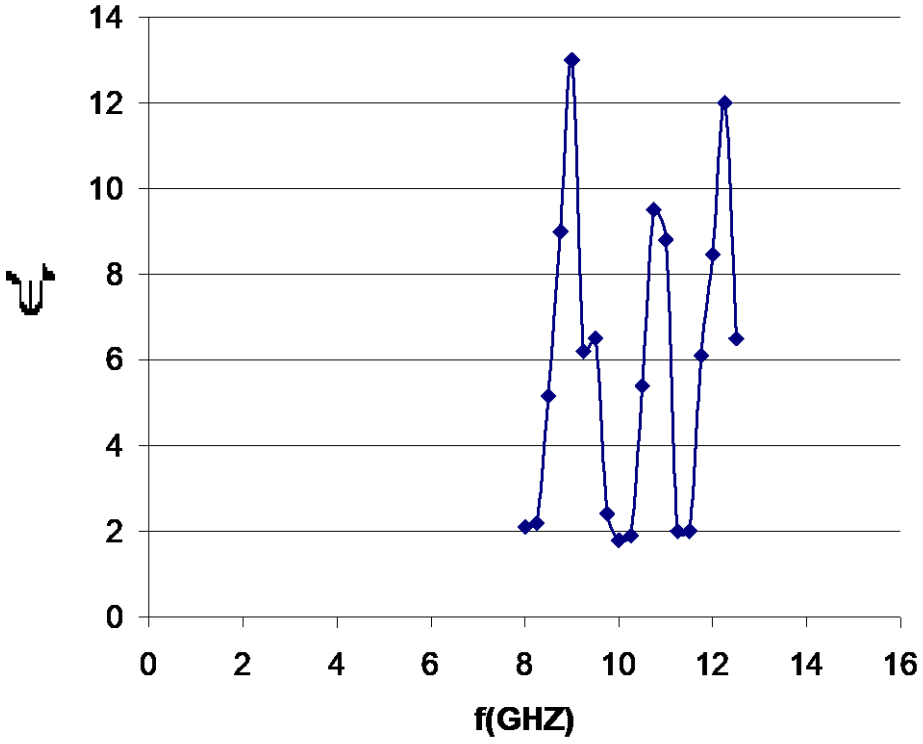
$$\tan\delta_\epsilon = \frac{\epsilon''_r}{\epsilon'_r} \quad ; \quad \tan\delta_\mu = \frac{\mu''_r}{\mu'_r} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

بناءا" على ما تقدم نلاحظ ان تحقق شرط الموائمة التامة تكون عند التردد (11.25 GHz) حيث نلاحظ ان ($\frac{\mu'_r}{\epsilon'_r} \approx 0.925$) وان $\left(\frac{\tan\delta_\mu}{\tan\delta_\epsilon} \approx 1.08\right)$ وكما موضح في المخططين (5) و(6).

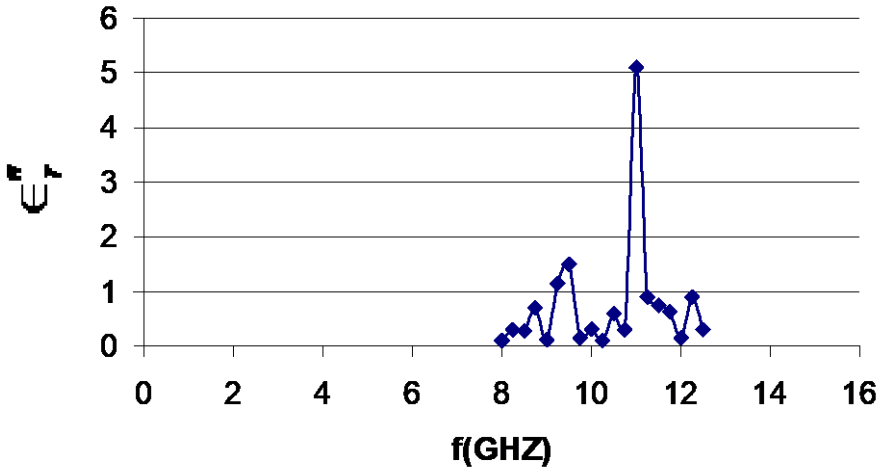
الاستنتاجات :-

من النتائج التي تم التوصل اليها يمكننا إن نستنتج بان فرايت الباريوم أكثر ملائمة للعمل كموهن للموجات المايكروية عند التردد (11.25 GHz) إذ ان الموجات الكهرومغناطيسية تنفذ خلال المادة الفرايتية، وبزيادة سمك النموذج يمكن زيادة التوهين. إن الفقد العزلي يتم من خلال زيادة توصيلية المادة العازلة في حين يتم زيادة

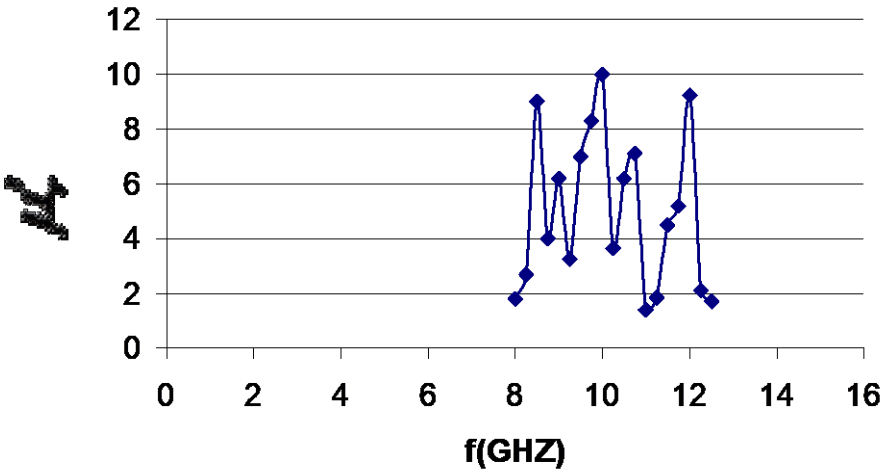
الفقد المغناطيسي من خلال اختيار المادة ذات المجال المغناطيسي الداخلي العالي وهذا ما يتميز به فرايت الباريوم حيث انه يبدي قيم فقد انعكاس عالية أيضا". تؤثر درجة حرارة التلبيد بشكل ملحوظ في خصائص الامتصاص بسبب تأثيراتها الجوهرية المعروفة في استقرارية التراكيب البلورية والتحكم في نوع الاطوار المكونة وخصائص العينات الفيزيائية النهائية. ولقد تبين ان فرايتات الباريوم المحضرة عند 1300 ^{o}C تمتلك أفضل خصائص امتصاص. أظهر الحجم الحبيبي للمساحيق المستخدمة انها المناسبة للحصول على كفاءة توهين عالية والسيطرة على السلوك المغناطيسي والكهربائي للنماذج المحضرة.



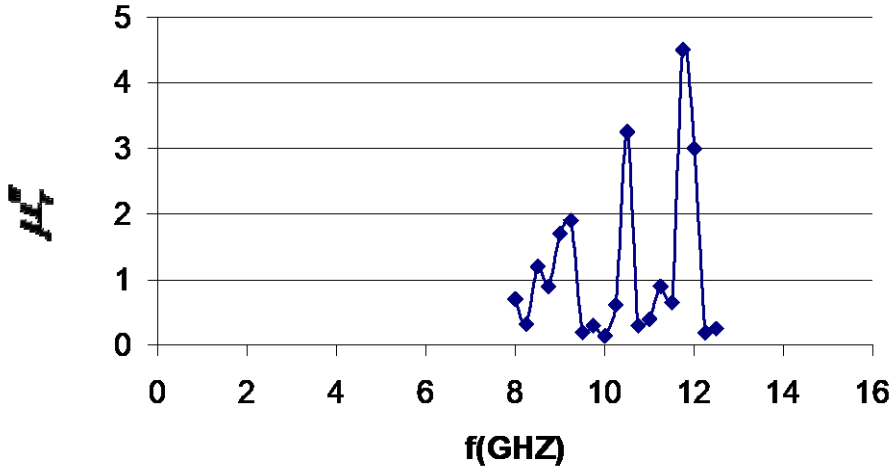
الشكل(1) يبين ثابت العزل الحقيقي ϵ'_r كدالة للتردد



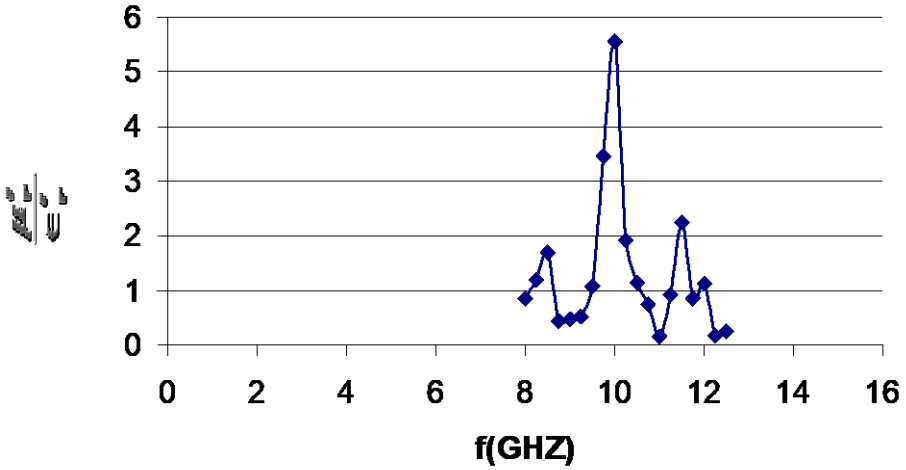
الشكل(2) يبين ثابت العزل الخيالي $\in_r''$ كدالة للتردد



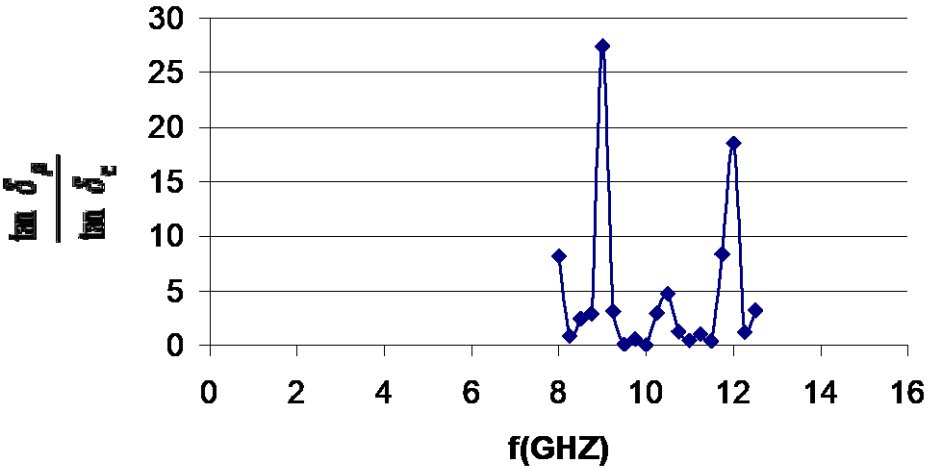
الشكل (3) يبين تغير الجزء الحقيقي للانفاذية المغناطيسية μ_r' كدالة للتردد



الشكل (4) يبين تغير الجزء الخيالي للانفاذية المغناطيسية μ_r'' كدالة للتردد



الشكل (5) يبين تغير قيم $\frac{\mu_r'}{\in_r'}$ للماص الفرايتي كدالة للتردد



الشكل (6) يبين تغير قيم $\frac{\tan \delta_{\mu}}{\tan \delta_{\epsilon}}$ للماص الفرايتي كدالة للتردد

Reference

1- E. C. Snelling ,"Soft Ferrites", Ltd., London, 1969.

2- H. M. Altsculer, "Dielectric constant", Ch.9, Hand book of Microwave Measurement, Fox., 1979.

3- A .J .Baden Fuller, "Ferrites at Microwave Frequencies", peter peregrinnuses Ltd., London, 1987.

4- p .F. Bongeres, F. J .Aden and W.T. Stacy, "proc. 3^{rd} International Conf. On Ferrites, Japan, P.265, sep., oct. 1980.

5- R. Chatterjee, "Advanced microwave engineering ", John wiley and sons, New York, 1988.