تحضير ماصات رادارية لفيرايت نوع $BaCo_xTi_xFe_{12-2x}O_{19}$ ضمن نطاق- X

د.أحمد رفيق عبد المجيد

الخلاصة

أن قلة انعدام المواد المناسبة التي تمتلك قيم نفاذية نسبية (μ_r) أكبر من واحد عند الترددات المايكروية اكبر من(1GHz) أدى الى أستخدام المواد الفرايتية سداسية التركيب نوع – M حيث تمتلك قيم μ_r(~5) على مديات ترددية ضيقة حيث تم تحضير فرايت نوع باريوم فرايت ($Ba\ Co_x\ Ti_x\ Fe_{12-2x}\ O_{19}$) وبقيم (x:0.25 ,0.5 ,0.75 ,0.9) بطريقة تكنلوجيا المساحيق ودراسة خصائصها المغناطيسية والكهربائية وزاويةالفقد ومعامل الفقد ضمن ترددات النطاق – X(8-12.5 GHz) كماص أحادي الطبقة ومتعددة الطبقات وكمتراكب راتنجي مكون من ايبوكسي وحشوة فرايتية وبأسماك رقيقة تصل الى 1mm للطبقة الواحدة وبأربع طبقات تصل الى 2.5 mm .

وأظهرت النتائج قيم الذروة لمعامل التوهين تصل الى (-32.2dB) ضمن النطاق الترددي 10.2 GHZ لقيم x=0.25(-32.25dB) ضمن النطاق الترددي (8.2GHZ) لقيم x=0.5 وان لقيم x=0.7هناك (-32.25dB) ضمن النطاق (8.8 GHZ) و(-26.4dB) ضمن النطاق (11.2GHZ) و (-21.66dB) ضمن النطاق (11.6GHZ) .

ولقيم x=0.9 هناك تغطية كبيرة ضمن الترددات 8.2 GHZ و 9GHZ و 11.2 GHZ و 11.6GHZ وهكذا تصميم ماص متعدد الطبقات يمكن ان تغطي مدى واسع من ترددات النطاق ونعرض نطاق واسع كبير مما يؤكد ان هذا النوع من الفرايت اكثر أهمية من النوع ذو التركيب الرباعي .

الكلمات المفتاحية: ماصات رادارية فرايتية . باريوم فرايت.

المقدمة

هناك عدة تطبيقات للماصات الرادارية الكهرومغناطيسية المصنعة من مادة الفرايت منها على سبيل المثال تجنب الموجات الكهرومغناطسية الغيرمرغوب فيها والتي تتولد داخليا في الاجهزة منع الضجيج الكهرومغناطيسي (noise) وكذالك تحسين اداء الهوائيات وبناء الغرف اللاصوتية (anechoic chamber) وتطبيقات عسكرية اخرى[1-3]

ولاجل اخماد الانعكاسات من هيكل الماصات الكهرومغناطيسية يستخدم تركيب متعدد الطبقات من موادمختلفة [4-6]بدلا من التراكيب احادية الطبقات وعمليا يفضل استخدام ابسط تركيب ماص بأخف وزن واقل سمك مثل مزيج اسود الكابون مع راتنج و فيرايت حيث تمتلك الماصات الفيراتية عرض نطاق ترددي أوسع مقارنة بالماصات العازلة الاخرى عند

الترددات العالية [8,7] .ان المواد الماصة للموجات الرادارية (RAM) تصمم على اساس جعل سمكها بربع الطول الموجي داخل الدليل الموجي لتردد التشغيل وهذا المفهوم قريب للماصات التي تعمل بالفقد الاومي الا ان وجود الخسائر المغناطيسية في الماصات الرادارية الحديثة بدل هذا المفهوم [10,9] .اذ ان المفاقيد المغناطيسية سوف تزيد من السمك بحيث يصبح اكبرمن ربع الطول الموجي , علاوة على دوره في زيادة عرض النطاق وللاستفادة من هذه المعلومات تم فرض ان المجالات الكهرومغناطيسية تعتمد على الزمن وان القيم($\mu_r,_r\varepsilon,\omega$) هي اعداد معقدة لاتعتمد على الموقع واتجاه المجال داخل الوسط الماص .

وجميع الخسائر القليلة الناشئة من أليات التوصيل تكون متضمنة الاجزاء الخيالية من ثابت العزل (ε_r) والنفاذيةالنسبية (μ_r) واعتماد هذه القيم على الزمن ستجبر الاجزاء الخيالية ان تكون موجية تمثل القيم المركبة للنفاذية النسبية وكذلك السماحية الكهربائية حيث ان الحد الاول يمثل الجزء الحقيقي للمركب والحد الثاني يمثل الجزء الخيالي . وبذالك فأن معامل الانكسار

$$(\mu_r \varepsilon_r)^{1/2} = n$$

والممانعة الذاتية للمادة هي $Z_r=(\mu_r/\varepsilon_r)^{1/2}$

زاوية الفقد المغناطيسي والكهربائية, δ_E ,$\delta\mu$

$$\delta_\mu = \frac{\mu''}{\mu'} \delta_\epsilon = \epsilon''$$

$$\epsilon'$$

حيث $\epsilon=\epsilon' + i\,\epsilon''$ $\mu = \mu' + i\mu''$

والعدد الموجي المركب $K=K_o n$, $K_o=2\pi/\lambda$

ومعامل التوهين (-dB) هو:$\Gamma = 20 \log_{10}|R|$

$R=\{Z_r \tan(-iKd)-1\}/\{Z_r \tan(-iKd)+1\}$ حيث ان معامل الانعكاس هو:-

Rتمثلمعامل الانعكاس الفولتيه و d تمثل السمك الفيزياوي للوح الماص . لذا الماصات الرادارية ذات الطبقة الواحدة تعمل عند نطاق ترددي ضيق على العكس من متعدد الطبقات حيث تعمل عند نطاق ترددي اوسع بكثير .

والشكل (1) يمثل ماص متعدد الطبقات تتكون من عدد من الطبقات Nمتجانسة حيث يلاحظ موجه كهرومغناطيسية مستعرضة تنتقل باتجاه المحور- Z ومجالها الكهربائي موازي للمحور –X والمغناطيسي للمحور –Y فتسقط بأتجاه عمودي على سطح الماص وتسير بكلا الاتجاهي السالب والموجب للمحور -Z.[3] وتكون مركبات المجال الكهربائي E_X

والمغناطيسي H_y ثابتة فيالمستوى (x,y) وتحقق معادلة هلموهلتز $\partial^2\Psi/\partial^2 + K^2\Psi(Z)] = 0$, Ψ تمثل داله المجال. والمركبات μ_j (f) و ε_j (f) و k دوال للتردد وبأهمال التغير الزمني $\exp(i\omega t)$ يمكن كتابة المجالات الكهربائية في مناطق مختلفة بالصيغة الاتية : [3]

$$E_{X0} = \alpha_o e^{-IK0^Z} + b_o e^{i\,Kj\,z} \quad , \quad \alpha_o = 1 \quad , j=0$$

$$Ex_j = \alpha_J\, e^{-iKj\,z} + b_j\, e^{i\,Kj\,z}$$

حيث انα_Jتمثل سعة الموجة الساقطة والموجة المنعكسة تمثل بالرمز b_j و b_o سعةالموجة الساقطة في الفضاء والمجالات المغناطيسية يمكن الحصول عليها باستخطام معادلات ماكسويل :-

$$\nabla XE = -i\omega\mu H$$

$$H_{yo} = k_o/\omega\mu_o\,(a_o e^{-iKoZ} - b_o e^{+iKoZ}) \quad , \quad i=0$$

$$H_y = k_j/\omega\mu_j\,(a_j e^{-iKoZ} - b_j e^{iKoZ}) \quad , \quad i=1,2,\ldots\ldots..N$$

وبأستخدام الشروط الحدودية عند السطوح البينية بين الطبقات المتجاورة وعند السطح الموصل ($Z=L_n$)ويمكن الحصول على

$$b_o = 1-Q_1-\Gamma_j(1+Q_1)/1-Q_1+\Gamma_j(1+Q_1)$$

$$\Gamma_j = (\epsilon r_j/\mu_{rj})^{1/2}/(\epsilon r_{j-1}\,\mu r_{j-1})^{1/2} \quad , \quad i=1,2,\ldots\ldots..$$

ويمكن ايجادQ من خلال المعادلات التالية :-

$$L_j = \sum_{m=1}^{j} \square\, l_M \qquad Q_n = e^{-i2KoLo}$$

$R=|b_o|$, $20\text{Log}_{10}|R| = \Gamma$ معامل االتوهين:-حيث ان

الجزء العملي

تم تحضير باريوم فرايت نوع $Ba\ Co_xTi_xFe_{12-2x}O_{19}$ وبقيم ((x : x=0.25 , x=0.5 , x=0.75 , x=0.9 بطريقة تكنلوجيا المساحيق حيث تم اختيار المواد الاولية نوع اكاسيد المواد وذات نقاوة عالية جدا وطحنها ومزجها وكلسنتها بدرجة $1100c^o$ وأخذ فحص حيود الاشعة السينية لها وتلبيدها بدرجة $1350\ c^o$ لمدة 12 ساعة في فرن مبرمج وباشكال أسطوانية

بقطر 3cm وسمك مختلف 1,2,3, mm واشكال مناسبة للفحص بالدليل الموجي لقياس معامل الفقد Reflection Loss ومن نتائج الدليل الموجي يمكن قياس(μ_r,ε_r) ومنها tan μ_r, ε tanδ ومن خلال برنامج Math lab يتم تصميم ماصات رادارية احادية ومتعددة الطبقات وذلك بأعتبار الفرايت المحضر حشوة لمتراكب راتنج نوع ايبوكسي Composite وبنسب وزنية مختلفة والشكل (2) يوضح منظومة قياس الدليل الموجي .

النتائج والمناقشة

الفرايت هي مواد سيراميكية لها تردد رنيني في مجال الترددات المايكروية تصل الى 48GHZ ولغرض تقليل قيم هذا التردد الى نطاقات اقل مثل النطاق X- (8-12 GHZ) نستبدل بعض ايونات الحديد Fe^{+3} بايونات اخرى مثل Ti, Coواحيانا Mnاو Ni وفي بحثنا الحالي تم استخدام Ti , Co وبنسب وزنية مختلفة ومن الواضح ان النسبة x=0.7 و x=0.9 كانت من اكثر النسب ملائمة حيث غطت معظم الترددات (النطاق X-) وعاملالتوهين فيه اكبر من (-20 dB) وتصل الى (-32dB) مقابل عامل التوهين عالي تصل الى

(-32dB) عند الترددات في بداية النطاق - X عند 8GHZ عندما النسبة x=0.25 اي ان عمل اربع طبقات من النسب اعلاه ستغطي تقريبا كامل الترددات المطلوبة كما لوحظ ان السمك المطلوب قليل نسبيا لبقية الانواع من الفرايت مثل NiZn فرايت حيث السمك يصل لاقل من 1mm تقريبا للطبقة مما يؤكسد ان استخدام باريوم فرايت ذات تركيب السداسي هو اكثر ملائمة من بقية الانواع الاخرى في الترددات المايكروية العالية والشكل البياني (3,) وكذلك الجداول توضح بشكل تام ما ذكر سابقا .

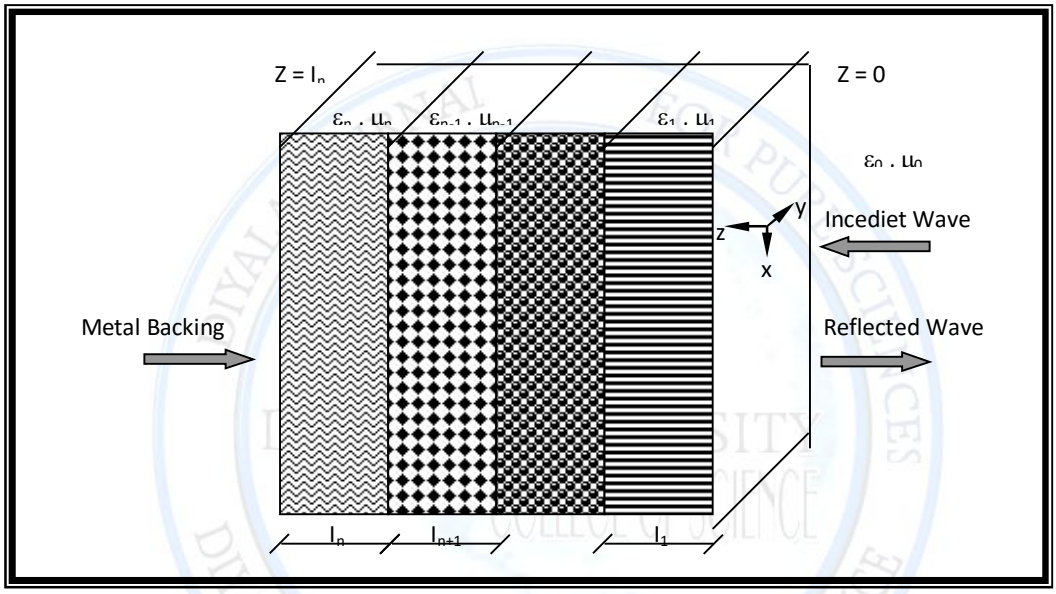
References

1. (IVSL) Mitsu uhiro Amando , Youji kotsoko ((A method of effective use of ferrite for microwave absorber)) IEEE Vol.51 No 1 P 238 – 245 2003
2. Y . Noite ,J Yin , Electronic and Communication in Japan 2. Vol 71 , No 7 , 1988.
3. K.J vinoy& R.M Jha ,, radar absorbing material ,,National aerospace laboratoriesIndia 1966
4. Y KaKi , N Yoshid IEEE Trans .ELECTROMAG .compact . vol 31. no3.p323 1989.
5. H.M . alscul r " handbook of microwave measurement "fox ,ch 9,1979.
6. H.F harmuth IEEE trans Electromag. compact ,vol 29, no 2,p112, 1986.
7. harmuth IEEE trans Electromag. compact ,vol 27, no 2,p100, 1985.

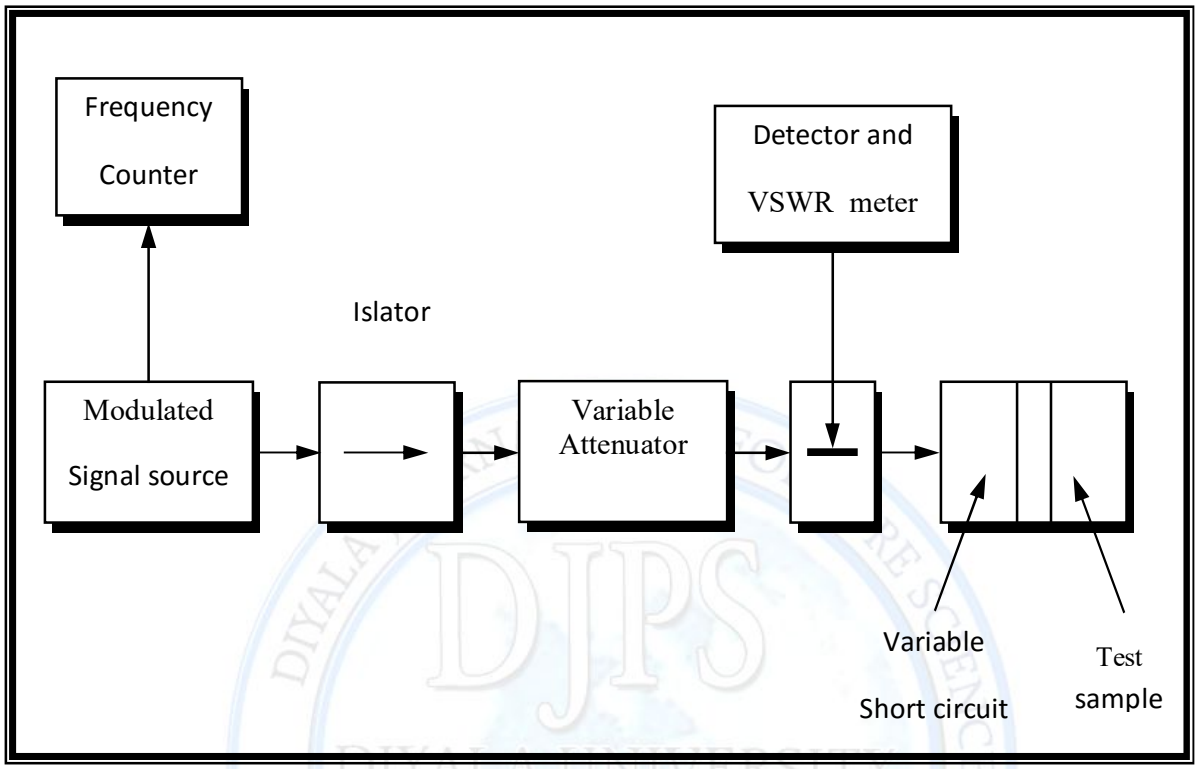
8. xpreparation and study of various RAMs in X-band))Aphp this is ,college of science university of Baghdad 2005

9. صباح محمد على "دراسة وتصميم مواد فيراتية لامتصاص الموجات الدقيقة في نطاق الحزمة -السينية "اطروحة دكتواه الجامعة التكنلوجية قسم علوم تطبيقية 2000 .

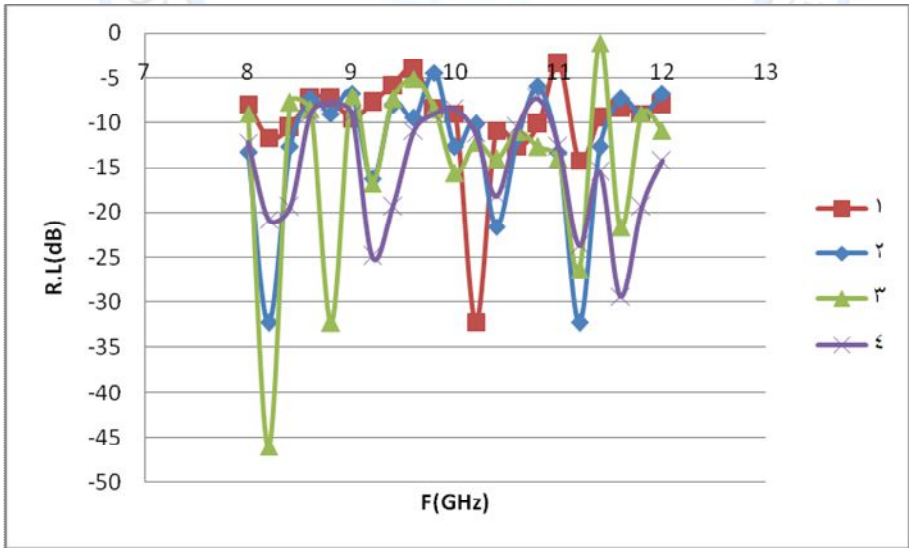
10. دريد فوزي مهدي "المواد الصلبة للموجات الدقيقة "اطروحة ماجستير قسم علوم تطبيقية- الجامعة- التكنلوجية 2002.



شكل (1) يمثل منظومة ماصة للموجات الرادارية متعددة الطبقات



شكل (2) منظومة الدليل الموجي المستخدمة في قياس الخواص المغناطيسية للفيرايت



شكل (3) التغير في قيم التردد مع معامل التوهين لجميع النماذج المتراكبة

جدول (1) يوضح الخصائص الكهربائية والمغناطيسية للنموذج الاول

F (GHz)	μ'_r	μ''_r	ε'_r	ε''_r	σ (Ω.cm)-1	$\tan\delta\mu$	$\tan\delta\varepsilon$	R.L (- dB)
8	0.63	0.86	0.52	1.2	0.5335	1.3561	2.3077	– 7.9
8.2	0.5	1.8	0.18	0.96	0.4375	0.878	5.3333	– 11.7
8.4	1.51	2.67	0.53	2.53	1.1811	1.7682	4.7736	– 10.5
8.6	0.2	1.62	1.54	0.64	0.3059	8.1	0.4156	– 7.35
8.8	1.6	1.25	0.92	2.3	0.1249	0.7813	2.5	– 7.35
9	0.4	0.5	0.3	1.04	0.5202	1.25	3.4667	– 9.54
9.2	0.63	0.72	0.52	0.5	0.2557	1.1429	0.9615	– 7.7
9.4	0.8	0.5	0.17	0.02	0.0104	0.625	0.1176	– 5.8
9.6	0.42	0.44	0.7	0.04	0.0213	1.0476	0.0571	– 3.9
9.8	0.1	0.22	0.23	1.03	0.561	2.2	4.4783	– 8.5
10	1.27	1.01	0.06	1.34	0.7447	0.7953	22.333	– 9
10.2	0.78	1.51	0.34	1.12	0.6349	1.9359	3.2941	– 32.2
10.4	0.86	0.76	0.2	0.84	0.4855	0.8837	4.2	– 10.9
10.6	0.74	0.6	0.13	0.4	0.2357	0.8108	3.0769	– 12.7
10.8	0.3	0.18	0.73	0.18	0.108	0.6	0.2466	– 10.16
11	0.14	0.24	0.01	0.53	0.324	1.7143	53	– 3.45
11.2	0.1	1.1	1.08	0.02	0.0124	11	0.01385	– 14.2
11.4	0.19	0.62	1.14	0.23	0.1457	3.2632	0.2018	– 9.5
11.6	0.3	0.42	0.008	1.5	0.9671	1.4	187.5	– 8.3
11.8	1.92	2.6	1.73	2	1.3116	1.3542	1.1561	– 9
12	0.5	0.23	0.21	0.2	0.1334	0.46	0.9524	– 8

جدول (2) يوضح الخصائص الكهربائية والمغناطيسية للنموذج الثاني

F (GHz)	μ'_r	μ''_r	ε'_r	ε''_r	σ (Ω.cm)-1	$\tan\delta\mu$	$\tan\delta\varepsilon$	R.L (- dB)
8	1.3	4.2	0.06	2.06	0.91593	3.23077	34.333	– 13.3
8.2	0.44	1.41	0.23	0.8	0.36459	3.20455	3.47826	– 32.3
8.4	0.5	2.24	1.75	0.34	0.15873	4.48	0.19429	– 12.7
8.6	0.24	1.15	1.39	0.05	0.0239	4.79167	0.3597	– 7.3
8.8	0.13	0.44	0.1	2.24	1.09555	3.38462	22.4	– 9
9	0.2	0.98	0.41	0.63	0.31513	4.9	1.53659	– 6.7
9.2	0.01	2.37	0.6	0.7	0.35792	237	1.16667	– 16.3
9.4	1.25	5.51	1.43	0.42	0.21942	2.008	0.29371	– 8
9.6	1.35	1.38	0.7	0.5	0.26677	1.76296	0.71429	– 9.5
9.8	0.5	0.6	0.09	0.51	0.27778	1.2	5.66667	– 4.43
10	1	1.85	0.3	1.4	0.77809	1.85	4.66667	– 12.7
10.2	1	1.35	0.2	1.11	0.62925	1.35	5.55	– 10.16

10.4	0.33	3.26	0.22	1	0.57801	9.87879	4.54545	– 21.6
10.6	0.6	4.17	1	0.6	0.35348	6.95	0.6	– 11.7
10.8	1.23	0.74	0.03	0.68	0.40816	0.060163	22.6667	– 6
11	1.48	1	0.34	1	0.61136	0.677568	2.94118	– 8.5
11.2	1	1.38	0.4	1.24	0.77187	1.38	3.1	– 12.7
11.4	0.32	2.24	0.32	0.5	0.31679	7	1.5625	– 10.16
11.6	1.38	2.78	0.63	1.73	0.11534	2.01449	2.74603	– 22
11.8	0.56	2.06	1.12	0.1	0.06558	3.67857	0.08929	– 12
12	0.23	1.98	0.7	0.16	0.10671	8.6087	0.22857	– 8

جدول (3) يوضح الخصائص الكهربائية والمغناطيسية للنموذج الثالث

F (GHz)	μ'_r	μ''_r	ε'_r	ε''_r	σ (Ω.cm)-1	$\tan\delta\mu$	$\tan\delta\varepsilon$	R.L (- dB)
8	1.4	1.23	0.5	0.85	0.37793	1.13821	1.7	– 9
8.2	1.55	3.28	0.4	0.01	0.00456	0.47256	0.023	– 46
8.4	0.35	1.26	1.83	0.19	0.0887	0.27778	0.10383	– 7.7
8.6	0.16	1.3	1.26	0.25	0.11949	0.12308	0.19841	– 8.5
8.8	2.69	0.87	0.53	0.85	0.41572	3.09195	1.60377	– 32.25
9	0.8	0.9	0.36	0.76	0.38015	0.88889	2.11111	– 7
9.2	0.01	2.61	1	0.1	0.05113	0.00383	0.1	– 16.75
9.4	0.6	1.1	0.81	0.24	0.12538	0.54545	0.2963	– 7.35
9.6	0.5	0.7	0.8	0.05	0.02668	0.71429	0.0625	– 5.1
9.8	1.4	0.91	0.5	1.17	0.63726	1.53846	2.34	– 8.5
10	1	2.06	0.56	0.06	0.03335	0.48544	0.1074	– 15.6
10.2	1.13	1.69	0.16	0.9	0.51021	0.66864	5.625	– 12.2
10.4	0.21	0.85	0.23	0.4	0.2312	0.24706	1.73913	– 14
10.6	2.05	1.83	0.5	0.6	0.35384	1.12022	1.2	– 11
10.8	1	4.7	0.2	1.03	0.61825	0.21277	5.15	– 12.7
11	1.17	1.84	0.22	1.83	1.11879	0.63587	8.31818	– 14
11.2	0.15	3.62	0.42	0.74	0.46063	0.04144	1.7619	– 26.4
11.4	1	1	1	0.8	0.50687	1	0.8	– 1..1
11.6	0.4	2.45	0.5	0.8	0.51576	0.16327	1.6	– 21.66
11.8	1	0.72	0.7	0.17	0.11149	1.38889	0.24286	– 9
12	0.33	1.83	0.7	0.17	0.11338	0.18033	0.24286	– 10.9

جدول (4) يوضح الخصائص الكهربائية والمغناطيسية للنموذج الرابع

F (GHz)	μ'_r	μ''_r	ε'_r	ε''_r	σ (Ω.cm)-1	$\tan\delta\mu$	$\tan\delta\varepsilon$	R.L (- dB)
8	0.7	0.83	0.3	1.58	0.70251	1.18571	5.26667	– 12.2
8.2	4.1	4.63	0.64	0.84	0.38282	1.12927	1.3125	– 20.8
8.4	2.17	2.17	0.5	1.66	0.77498	1	3.32	– 19.4
8.6	0.6	1.57	3.37	0.8	0.38238	2.61667	0.23739	– 9
8.8	1.84	0.36	0.06	4.25	2.07862	0.19565	70.8333	– 7.7
9	0.31	1.84	0.8	1.15	0.57523	5.93548	1.4357	– 9
9.2	0.3	4	0.63	0.45	0.23009	13.3333	0.71429	– 24.9
9.4	0.006	3.39	0.66	0.35	0.18285	565	0.5303	– 19.4
9.6	1	3.3	1	0.4	0.21342	3.3	0.4	– 10.9
9.8	2.23	2.64	0.52	1.54	0.83878	1.18386	2.96154	– 9
10	0.14	1.09	0.15	1.09	0.6058	7.78571	7.26667	– 8.5
10.2	1	1.66	0.1	0.8	0.45352	1.66	8	– 11.2
10.4	1.15	4.5	0.18	1	0.57801	3.91304	5.55555	– 18.2
10.6	1.92	2.31	0.05	0.63	0.37115	1.20313	12.6	– 10.5
10.8	2.9	1.35	0.22	0.6	0.36015	0.46552	2.72727	– 7.3
11	0.6	5.28	1.18	0.4	0.24454	8.8	0.33898	– 12.7
11.2	0.34	3.55	0.15	1.84	0.14535	10.4412	12.2667	– 23.7
11.4	0.34	1.62	0.3	0.8	0.50687	4.76471	2.66667	– 15.5
11.6	1	3.25	0.81	1.5	0.96706	3.25	1.85185	– 29.4
11.8	0.6	2.7	0.85	0.66	0.43284	4.5	0.77647	– 19.4
12	0.7	2.6	0.8	0.3	0.20008	3.71429	0.375	– 14.26

جدول (5) يوضح معامل التوهين لمتراكبات بوليمر-فيرايت لمختلف النسب الحجمية

Reflection Loss (-dB)				
F (GHz)	Vf = 0.7 Vp = 0.3	Vf = 0.75 Vp = 0.25	Vf = 0.65 Vp = 0.35	Vf = 0.8 Vp = 0.2
8	– 14.9	– 11.8	– 13.2	– 12.5
8.2	– 15.3	– 12.0	– 13.6	– 12.8
8.4	– 15.8	– 12.3	– 13.9	– 13.0
8.6	– 16.0	– 12.6	– 14.3	– 13.64
8.8	– 16.5	– 12.9	– 14.7	– 14.0
9	– 16.9	– 123.0	– 15.0	– 14.3
9.2	– 17.3	– 13.4	– 15.4	– 14.5
9.4	– 17.6	– 13.7	– 15.8	– 14.9
9.6	– 18.0	– 14.0	– 16.2	– 15.12
9.8	– 18.5	– 14.2	– 16.5	– 15.4
10	– 18.9	– 14.5	– 16.9	– 15.7
10.2	– 19.15	– 14.8	– 17.3	– 16.0

10.4	– 19.5	– 15.0	– 17.6	– 16.3
10.6	– 19.9	– 15.3	– 18.0	– 16.5
10.8	– 20.2	– 15.4	– 18.0	– 16.8
11	– 20.68	– 15.5	– 18.4	– 17.0
11.2	– 20.9	– 15.6	– 18.8	– 17.3
11.4	– 21.12	– 15.9	– 19.4	– 17.6
11.6	– 21.37	– 16.1	– 19.8	– 17.9
11.8	– 21.31	– 16.4	– 20.1	– 18.12
12	– 21.37	– 17.0	– 20.5	–28.2

PREPARATION OF BaCoxTix Fe12-2x o19 Ferrite as RAM material at x-Band

Dr. Ahmed .Rafeeq

ABSTARACT

Composite RAM Material Single on Multilayer at x- Band Frequency (8-12.5 GHZ) Such as $BaC_{ox}T_{ix}$ Fe_{12-2x} O_{19}Prepared in Our Work For Different Values of x (0.25 , 0.5 , 0.7 , 0.9 ,).

Reflection Loss (-dB)AND TANGENT Loss TAN δ_{ε} , TANδ_{μ} were Measured using Wave Guide System. Powder Technology used to Prepare the Above Ferrite at 1350 c^{o} for 12 hr as Sintering Temperature to be as Filler for Composite Absorber using Epoxy Resin as Amatrix. We Found in our Work that Barium Ferrite at Microwave Frequencies and That We Can Prepare Thin Layer Absorber Less Than 1mm Think RAMMaterials. We Found Also That at x=0.5 , 0.7 , 0.9 We Can Cover The Most Frequencie of the x – Band With Reflection Loss Larger Than (-20db) . So We Can Prepare Four Larger With Less Than 4mm Thickness With Band Width (3.5 GHZ).

Key word : Barium Ferrite RAM .