تحضير ماصات رادارية متعددة الطبقات لفيرايت نوع $(Ni_{0.4}\ Zn_{0.6})_{1-x}(Fe_2O_3)_{1+x}$ ودراسة خواصها المغناطيسية والكهربائية

د. احمد رفيق عبدالمجيد

الخلاصة

لبناء ماصات رادارية متراكبة (احادية ومتعددة الطبقات)في النظام الترددي (8-12.5 GHz) يجب علينا اولا دراسة خصائصها المغناطيسيه والكهربائية وكذلك خصائص التوهين مثل قيم فقد الانعكاس وعرض النطاق الترددي الماص وسمك الماص الراداري وفي هذا البحث تم تحضير فيرايت النيكل زنك نوع $(Zn_{0.6}\ Ni_{0.4})_{1-X}\ (Fe_2O_3)_{1+X}$ بطريقه السيراميك التقليدية عند درجة تلبيد (1300°C) لمده عشرة ساعات لاستخدامها كمادة حشو في عدة بوليمرات كمواد متراكبه لبناء ماصات رادارية احادية ومتعددة الطبقات وباستخدام الدليل الموجي تم قياس خصائص التوهين لهذه الطبقات وتبين ان هذه المواد الفيرايتية تمتلك دورة توهين مقداره dB(-29.4) عند التردد (11.8GHz) و (-20.8) عند التردد (11.4GHz) و dB(-34.1) عند التردد (10.2)GHz و(-46.06) dB عند التردد 10 GHz وذلك حسب اختلاف القيم (x) وكذلك نوع المضيف (matrix) مثل الايبوكسي او البولي يورثين ولاجل زيادة عرض النطاق تم اضافة مسحوق اسود الكاربون له وبنسب وزنية مختلفة وكذلك بناء ماصات متكونة من اربع طبقات وبسمك كلي لايتجاوز (4mm) لتغطية مديات النطاق الترددي باكمله وبعرض نطاق (3.5GHz)

المفتاح :الفيرايت :- **ماصات رادارية** ,طريقة السيراميك, الخواص المغناطيسية والكهربائية

تحضير ماصات رادارية متعددة الطبقات لفيرايت نوع $(Ni_{0.4}\ Zn_{0.6})_{1-x}(Fe_2O_3)_{1+x}$
ودراسة خواصها المغناطيسية والكهربائية

د. احمد رفيق عبدالمجيد

PREPARATION OF Single and multilayer RAMs of $(Ni_{0.4}\ Zn_{0.6})_{1-x}(Fe_2O_3)_{1+x}$ Ferrite And studying Its Electrical And Magnetic Properties

Dr AHMED RAFEEQ.

ABSTRACTS

Composite RAM materials single and multi layer at x-Band frequencies (8-12.5GH_z) were prepared by using ferrite of spindle type($Ni_{0.4}\ Zn_{0.6})_{1-x}\ (Fe_2o_3)_{1+x}$ as a filler and resins as matrix. The attenuation properties of the used ferrite $(Ni_{0.4}\ Zn_{0.6})_{1-x}\ (Fe_2o_3)_{1+x}$ in our work such as reflection loss (-dB) and tangent loss tan δ_μ ,tan δ_E and the angle of loss δ_μ δ_E were studied carefully. Power technology Method used in our work to prepare the ferrite at sintering temperature 1300 °C as Filler for composite absorber. Attenuation character istic test was done by using slotted waveguide system show that ferrite mentioned above . having maximum attenuation (-29.4dB) at frequency 11.8GHz and (-20.8 dB) at frequency 11.4 GHz (-34.1 dB) at frequency (10.2 GHz) and (-46.06) at frequency (10GHz) for different values of (x) .To increase the bandwidth frequencies we prepared multi layer absorber by using epoxy or PU resins as a matrix and add carbon- black powders to build multi-layer ferrite composites .We found that we have built excellent multi- layer RAMs with attenuation Greater than (-10dB) consisted of four layers less than 4mm thickness to cover the X-band frequencies with broadband width equal 3,5 GHz.

المقدمة

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

ولاجل اخماد الانعكاسات من هيكل الماصات الكهرومغناطيسية يستخدم تركيب متعدد الطبقات المراكبة من مواد مختلفة

[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 تمتلك الماصات الفيراتية عرض نطاق ترددي أوسع مقارنة بالماصات العازلة الاخرى عند الترددات العالية [7-8] .

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 [1-10] .اذ ان المفاقيد المغناطيسية سوف تزيد من السمك بحيث يصبح اكبرمن ربع الطول الموجي , علاوة على دوره في زيادة عرض النطاق والاستفادة من هذه المعلومات تم فرض ان المجالات الكهرومغناطيسية تعتمد على الزمن وان القيم$(\mu_r,\varepsilon_r,\omega)$ 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) والنفاذية النسبية (μ_r) واعتماد هذه القيم على الزمن ستجبر الاجزاء الخيالية ان تكون موجبة وبذالك فأن معامل الانكسار $n=(\mu_r\varepsilon_r)^{1/2}$, والممانعة الذاتية للمادة هي $Z_r=(\mu_r/\varepsilon_r)^{1/2}$ و زاوية الفقد المغناطيسي والكهربائي هي $\delta\mu$, δ_E على التوالي :-

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

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

وان العدد الموجي للمركب $K=K_o n$, $K_o=2\pi/\lambda$

معامل االتوهين Γ (-dB) هو :- $\Gamma = 20\log_{10}|R|$

$$R=\{Z_r \tan(-iKd)-1\}/\{Z_r \tan(-iKd)+1\}$$

حيث ان:-

وهي تمثل معامل انعكاس الفولتيه و d تمثل السمك الفيزياوي للوح الماص . لذا الماصات الرادارية ذات الطبقة الواحدة تعمل عند نطاق ترددي ضيق على متعدد الطبقات حيث تعمل عند نطاق ترددي اوسع بكثير .والشكل (1) يمثل ماص متعدد الطبقات يتكون من(N)طبقه متجانسة حيث يلاحظ موجه كهرومغناطيسية مستعرضة تنتقل باتجاه المحور- X ومجالها الكهربائي موازي للمحور –X والمغناطيسي للمحور –Y فتسقط بأتجاه عمودي على سطح الماص وتسير بكلا الاتجاهين السالب والموجب للمحور -Z. [2] وتكون مركبات المجال الكهربائي E_X والمغناطيسي H_y ثابتة اي مستوى (x,y)

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

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

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

سعة الموجة الساقطة في الفضاء . والمجالات b_oسعة الموجة المنعكسة, b_j سعة الموجة الساقطة a_jحيث

المغناطيسية يمكن الحصول عليها بأستخدام معادلة ماكسويل:-

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

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

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

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

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

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

ويمكن ايجادQ من خلال المعادلات التالية :-

$$L_j=\sum_{m=1}^{j} |M \qquad Q_n=e^{-i2KoLo}$$

$\Gamma\ R=|b_o|$, $20Log_{10}|R|=$ معامل الأمتصاص

الجزء العملي

لبناء ماصات فيراتية احادية ومتعددة الطبقات تم تحضير الفرايتات $(Ni_{0.4}\ Zn_{0.6})_{1-X}\ (Fe_2o_3)_{1+X}$ لقيم x (x=0.04,0.08,0.12,0.16)بطريقة تكنلوجيا المساحيق اوالطريقة السيراميكية حيث تم اختيار اكاسيد المواد الاولية ذات النقاوة العالية وطحنها وخلطها ومن ثم اجراء عمليات الكلسنة بدرجه 1700℃ولمدة تسع ساعات واخذ فحص حيود

الاشعة السينية لها ومن ثم تلبيدها بدرجة 1300℃ لمدة عشرة ساعات في فرن مبرمج واختبرت العينات على شكل قرص بقطر 20 mm وبأسماك مختلفة من 2mm فما فوق وتم تحضير عينات لتلائم فحص الدليل الموجي wave guide والتي من خلاله تتم قياس μ_r و ε_r لكل تردد ضمن النطاق X – .ومعرفة $\tan\delta_E$ و $\tan\delta_\mu$ من خلال حساب النتائج المقاسة وكذلك قيم معامل التوهين Γ ومن ثم استخدام برنامج (matlab) لتصميم قيم ماصات احادية ومتعددة الطبقات للموجات الكهرومغناطيسية ضمن النطاق المدروس ومعرفة عرض النطاق الماص لكل تردد وكما مبين في الجدول (1)

وتم ايضا استخدام مادة الايبوكسي كمادة رابطة للفرايتات وتكوين متراكب composite ماص وبنسب وزنية مختلفة وقياس معامل الامتصاص لها ضمن النطاق اعلاه كمادة احادية ومتعددة الطبقات والشكل (2) يوضح المخطط لمنظومة قياس الدليل الموجي .النماذج رقمت حسب قيم x فالنموذج الاول يمثل الفيرايت لقيمة x= 0.04 والثاني للقيمة 0.08وهكذا لبقية النماذج.

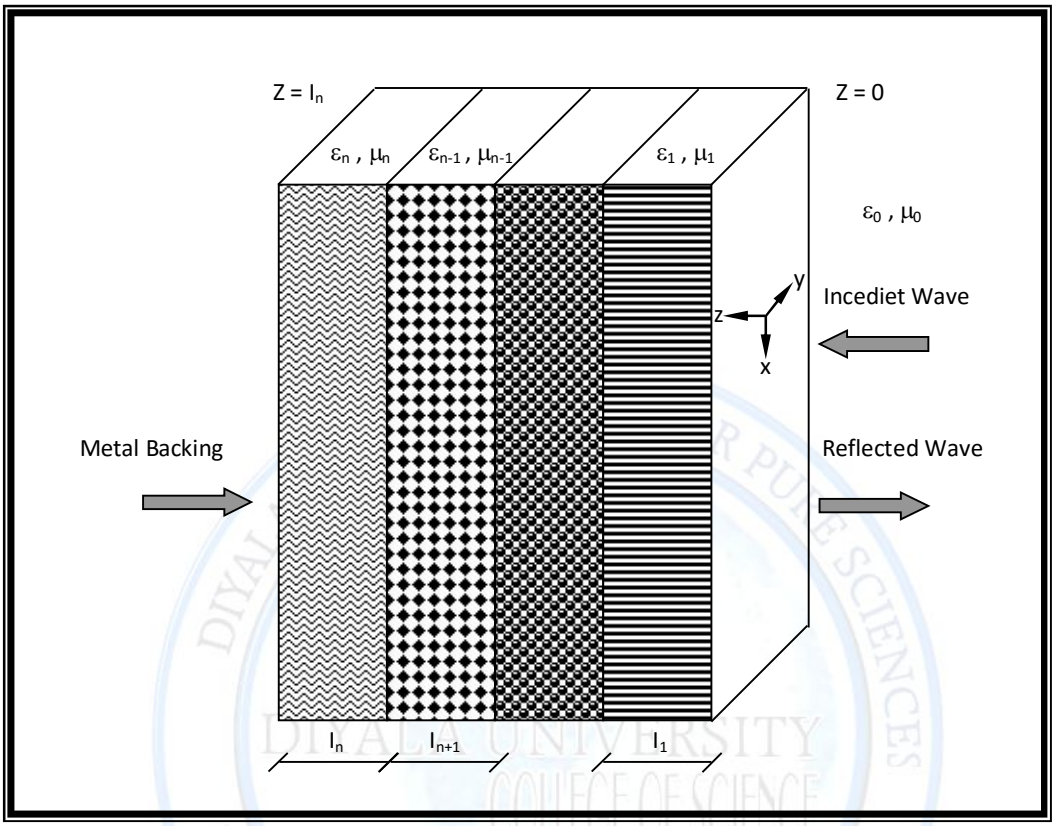
النتائج والمناقشة

ان المواد الفيرايتية هي مواد سيراميكية تمتلك خصائص توهين عالية للموجات المايكروية ومنها الفيرايت المستخدم في البحث حيث عند السمك 3mm تمتلك قيم توهين تصل الى (30 dB-) عند التردد 10.2 GHZ وقيم توهين بحدود (10-12 (dB-))عند الترددات 8-9 GHz وحسب تغير قيم (x) وبسبب كثافتها العالية فان المواد الفيرايتية لاتناسب استخدامها كماصات رادارية للاجسام المتحركة والارضية لذا تطلب تخفيف وزنهامن خلال تقليل السمك ولانها مواد هشه تطلب استخدام مضيف راتنجي لها مثل الايبوكسي او اليولي بورثين واضافة مواد اخرى مثل اسود الكاربون وذلك لزيادة قيم التوهين لترددات اقل من 11.5 GHz والتي اظهرت قيم توهن عاليه لها و من خلال بناء اربع طبقات ماصة رادارية من المتراكب الفرايتي وبسمك كلي بحدود 4 mm تم تغطية معظم ترددات النطاق وبعرض يساوي 3.5 GHz والجداول من (1) الى (5) تظهر خصائص الفيرايت كماص احادي ومتعدد الطبقات وكذلك الشكل البياني (3) يبين قيم المتغير بين التردد وقيم معامل التوهين .

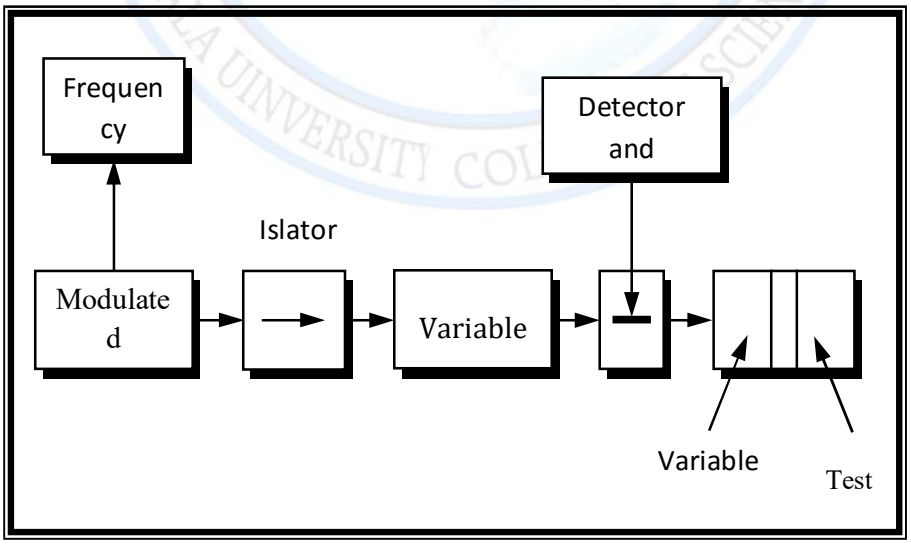
ومنها نستنتج ان الفيرابيت Ni Zn يمكن استخدامه كـ (ماص راداري احادي ومتعدد الطبقات للموجات الراديوية ضمن النطاق- x) ولكن بسبب الخسائر المغناطيسية العالية له يفضل استخدامه ضمن الترددات MHzوالترددات الواطئه بكفاءة اعلى حيث تظهر البحوث استخدامه بكفاءة كقلب للمحولات الكهربائية وغيرها من التطبيقات الاخرى .

References

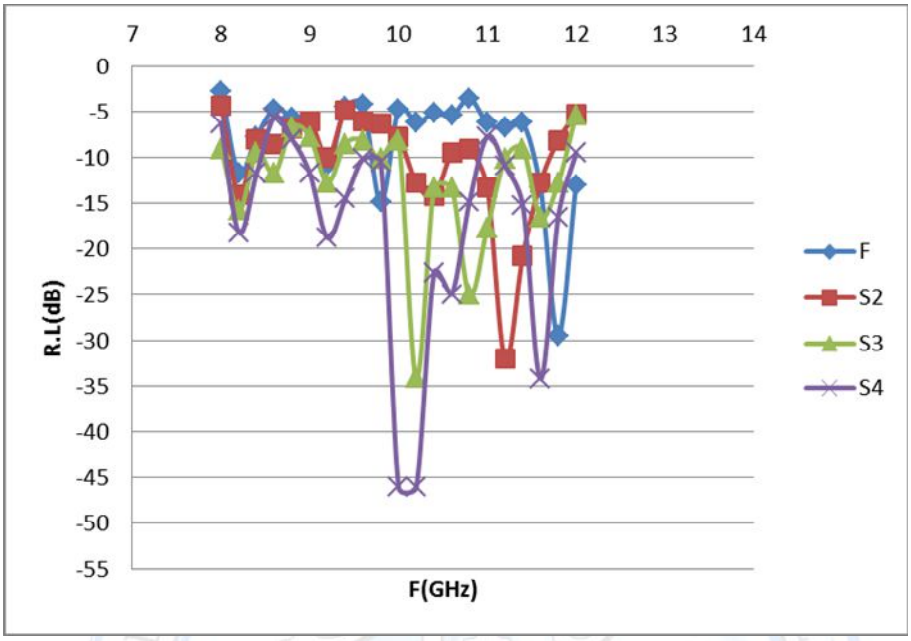
1. Y . Noite ,J Yin , Electronic and Communication in Japan 2. Vol 71 ,No 7 , 1988.
2. K.J vinoy& R.M Jha," radar absorbing material ",National aerospace laboratories India 1966
3. Y KaKi , N Yoshid IEEE Trans .ELECTROMAG .compact . vol 31. no3.p323 1989.
4. H.M . " Handbook of microwave measurement "fox ,ch 9,1979.
5. H.F harmuth IEEE trans Electromay compact ,vol 29, no 2,p112, 1986.
6. Harmuth IEEE trans Electromay compact ,vol 27, no 2,p100, 1985
7. F. I. Hussain ((preparation and study of various RAMs in X-band))A PhD thieses ,college of science university of Baghdad 2005
8. صباح محمد على "دراسة وتصميم مواد فيراتية لامتصاص الموجات الدقيقة في نطاق الحزمة -السينية "اطروحة دكتواه الجامعة التكنلوجية قسم علوم تطبيقية 2000 .
9. دريد فوزي مهدي "الموادالماصة للموجات الدقيقة "طروحة ماجستير قسم العلوم تطبيقية- الجامعة- التكنلوجية 2002.
10. D, Singh A, Kumar. S.Meena and V, Agawala " Analysis of Frequency Selective Surfaces For Radar Absorbing Materials" Progress In Electromagnetics Research B,Vol,38, Pag.297-314,2012.



شكل (1) يمثل منظومة ماصة للموجات الرادارية متعددة الطبقات



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



شكل (3) رسم بياني يوضح العلاقة بين التردد المستخدم ومعامل التوهين لفيرايت النيكل – زنك فيرايت لجميع النماذج المتراكبة

جدول(1) يوضح الخصائص المغناطيسية والكهربائية للنموذج الاول (f)

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	0.4	1	5.98	0.4	5.98	1	-2.7
8.2	1	8.16	0.31	8.03	8.16	25.903	3.2258	-11.7
8.4	1	2.6	2.88	4.35	2.6	1.5104	0.3472	-7.7
8.6	0.01	1.25	1.5	7.06	125	4.7067	0.0067	-4.7
8.8	0.1	1.072	4.13	0.16	10.72	0.0387	0.0242	-5.6
9	1.61	0.7	1.04	5.5	0.4348	5.2885	1.5481	-6.7
9.2	1	2.37	0.33	5.24	2.37	15.879	3.0303	-10.9
9.4	1.95	0.8	1.5	5.74	0.4103	3.8267	1.3	-4.5
9.6	1	0.9	3.53	1.61	0.9	0.4561	0.2833	-4.2
9.8	0.7	0.7	0.23	2.31	1	10.043	3.0435	-14.9
10	2.18	2.31	9.79	5.26	1.0596	0.5373	0.2227	4.7
10.2	4.35	2.31	4.89	9.4	0.531	1.9223	0.8896	-6.2

10.4	1.1	1.175	3.39	2.13	1.0682	0.6283	0.3245	-5.1
10.6	0.3	0.16	1	0.9	0.5333	0.9	0.3	-5.4
10.8	4.13	0.32	3	3.39	0.0775	1.13	1.3767	-3.5
11	1.28	0.7	1	1.5	0.5469	1.5	1.28	-6.2
11.2	0.14	0.3	1.08	1.53	2.1429	1.4167	0.1296	-6.7
11.4	0.2	1.29	3.91	1.61	6.45	0.4118	0.0512	-6.2
11.6	0.1	0.5	1	0.13	5	0.13	0.1	-13.3
11.8	0.23	0.51	1	0.3	2.2174	0.3	0.23	-29.4
12	0.1	0.5	0.1	1.81	5	18.1	1	-13

جدول(2) يوضح الخصائص المغناطيسية والكهربائية للنموذج الثاني(S2)

F (GHz)	μ'_r	μ''_r	ε'_r	ε''_r	σ (Ω.cm)-1	tan δ μ	tan δ ε	R.L (- dB)
8	1.07	0.93	0.4	1.35	0.8692	3.375	2.675	-4.3
8.2	1	3.8	1	0.6	3.8	0.6	1	-14
8.4	0.5	1.76	0.4	0.8	3.52	2	1.25	-8
8.6	1.07	1.76	0.02	1.3	1.6449	65	53.5	-8.5
8.8	0.5	1.29	0.4	2	2.58	5	1.25	-6.8
9	0.6	0.98	0.0001	2.5	1.6333	25000	6000	-6
9.2	1	1.6	0.35	1.14	1.6	3.2571	2.8571	-10
9.4	0.68	0.71	0.2	1.27	1.0441	6.35	3.4	-4.9
9.6	1.24	0.9	0.43	1.7	0.7258	3.9535	2.8837	-6
9.8	1.03	0.93	0.6	1.76	0.9029	2.9333	1.7167	-6.24
10	1.44	3.22	4.22	5.31	2.2361	1.2583	0.3412	-7.7
10.2	1.93	3.3	0.4	4.64	1.7098	11.6	4.825	-12.7
10.4	0.6	1.6	0.43	1.3	2.6667	3.0233	1.3953	-14.2
10.6	0.7	0.62	0.5	0.9	0.8857	1.8	1.4	-9.5
10.8	2.27	0.9	0.5	2.64	0.3965	5.28	4.54	-9
11	1.14	0.8	0.1	1.32	0.7018	13.2	11.4	-13.3
11.2	0.43	0.3	0.6	0.71	0.6977	1.1833	0.7167	-32
11.4	1.26	0.5	0.6	1.24	0.3968	2.0667	2.1	-20.8
11.6	0.41	1.76	0.7	0.4	4.2927	0.5714	0.5857	-12.7
11.8	0.03	0.7	0.7	0.2	23.333	0.2857	0.0429	-8.09
12	0.8	0.4	0.4	0.91	0.5	2.275	2	-5.26

جدول(3) يوضح الخصائص المغناطيسية والكهربائية للنموذج الثالث (S3)

F (GHz)	μ'_r	μ''_r	ε'_r	ε''_r	σ (Ω.cm)-1	$\tan\delta\mu$	$\tan\delta\varepsilon$	R.L (- dB)
8	0.6	2.68	0.2	1.19	4.4667	5.95	3	-9
8.2	0.12	5.84	0.3	1.79	48.667	5.9667	0.4	-15.8
8.4	2.02	9.04	1.97	17.9	4.4752	9.0863	1.0254	-9.5
8.6	2.02	5.6	0.4	4.9	2.7723	12.25	5.05	-11.7
8.8	0.2	0.2	3.54	1.19	1	0.3362	0.0565	-6.7
9	0.2	0.2	3.54	0.62	1	0.1751	0.0565	-7.7
9.2	1	2.71	0.2	1.56	2.71	7.8	5	-12.7
9.4	4.33	9.04	6.6	8.06	2.0878	1.2212	0.6561	-8.5
9.6	8.65	10.2	4.9	5.14	1.1792	1.049	1.7653	-8.1
9.8	1.46	1.35	0.5	0.97	0.9247	1.94	2.92	-10.16
10	0.05	2.41	1	0.33	48.2	0.33	0.05	-8.1
10.2	1	2.41	0.33	1.46	2.41	4.4242	3.0303	-34.1
10.4	1.3	0.9	0.1	1.04	0.6923	10.4	13	-13.3
10.6	0.4	6.6	1.62	1.3	16.5	0.8025	0.2469	-13.3
10.8	2.15	0.8	0.5	1	0.3721	2	4.3	-25
11	1.05	0.6	0.3	1.33	0.5714	4.4333	3.5	-17.7
11.2	0.1	0.97	1.28	0.4	9.7	0.3125	0.0781	-10.1
11.4	0.34	0.92	1	0.9	2.7059	0.9	0.34	-9
11.6	1.1	0.4	0.6	1.47	0.3636	2.45	1.8333	-16.5
11.8	0.03	1.14	1	0.6	38	0.6	0.03	-12.73
12	1	0.6	0.6	0.31	0.6	0.5167	1.6667	-5.3

جدول(4) يوضح الخصائص المغناطيسية والكهربائية للنموذج الرابع (S4)

F (GHz)	μ'_r	μ''_r	ε'_r	ε''_r	σ (Ω.cm)-1	tan δ μ	tan δ ε	R.L (- dB)
8	1	1.32	0.26	0.97	1.32	3.7308	3.8462	-6.24
8.2	1	6.56	0.04	2.05	6.56	51.25	25	-18.2
8.4	1	3.71	0.3	2.28	3.71	7.6	3.3333	-11.7
8.6	1	0.95	0.15	1.73	0.95	11.533	6.6667	-5.6
8.8	0.23	3.09	1.65	0.7	13.435	0.4242	0.1394	-8
9	1.32	3.46	0.14	3.37	2.6212	24.071	9.4286	-11.7
9.2	0.12	15.9	1.47	9.68	132.5	6.585	0.0816	-18.8
9.4	2.05	3.98	0.4	2.05	1.9415	5.125	5.125	-14.5
9.6	1.42	7.59	1.28	0.76	5.3451	0.5938	1.1094	-10.1
9.8	1.42	1.57	0.5	1	1.1056	2	2.84	-10.5
10	0.6	6.18	1	2.56	10.3	2.56	0.6	-46.06
10.2	2.1	1.57	1	0.87	0.7476	0.87	2.1	-46.06
10.4	0.65	0.8	0.25	0.76	1.2308	3.04	2.6	-22.6
10.6	1.89	1.07	0.5	1.22	0.5661	2.44	3.78	-24.9
10.8	0.13	1.89	1	0.4	14.538	0.4	0.13	-14.8
11	0.15	0.8	1	0.4	5.3333	0.4	0.15	-7.7
11.2	0.15	1.13	1	0.36	7.5333	0.36	0.15	-10.9
11.4	0.44	0.6	1.53	0.21	1.3636	0.1373	0.2876	-15.2
11.6	1	0.4	0.54	0.94	0.4	1.7407	1.8519	-34.15
11.8	0.5	2.38	0.23	0.45	4.76	1.9565	2.1739	-16.5
12	1.93	5.47	1.95	1.13	2.8342	0.5795	0.9897	-9.5

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

(النموذج الثاني x=0.08)				
Reflection Loss (-dB)				
F (GHz)	Vf = 0.25 Vp = 0.75	Vf = 0.3 Vp = 0.7	Vf = 0.8 Vp = 02	Vf = 0.35 Vp = 0.65
8	– 12.4	– 13.8	– 13.5	– 11.97
8.2	– 12.9	– 14.12	– 14.0	– 12.2
8.4	– 13.2	– 14.7	– 14.4	– 12.4

8.6	– 13.6	– 15.0	– 14.9	– 12.6
8.8	– 14.0	– 15.3	– 15.4	– 12.8
9	– 14.4	– 15.6	– 15.8	– 12.98
9.2	– 14.8	– 15.9	– 16.3	– 13.2
9.4	– 15.2	– 16.2	– 16.8	– 13.4
9.6	– 15.6	– 16.5	– 17.3	– 13.6
9.8	– 16.0	– 16.8	– 17.7	– 13.8
10	– 16.4	– 17.3	– 18.2	– 14.0
10.2	– 16.8	– 17.6	– 18.7	– 14.1
10.4	– 17.2	– 17.9	– 19.08	– 14.3
10.6	– 17.6	– 18.12	– 19.5	– 14.5
10.8	– 180	– 18.4	– 19.9	– 14.63
11	– 18.4	– 18.7	– 20.3	– 14.81
11.2	– 18.8	– 189	– 20.6	– 15.0
11.4	– 19.0	– 19.0	– 20.9	– 15.2
11.6	– 19.4	– 19.2	– 21.1	– 15.3
11.8	– 19.7	–19.5	– 21.3	– 15.5
12	– 20.0	–28.2	– 21.4	– 15.7