



جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث
العلمي
جامعة بابل / كلية الهندسة

تحضير مواد خاصة للموجات

مقدمة الى جامعة بابل / كلية الهندسة – قسم هندسة المواد
وهي جزء من متطلبات نيل شهادة ماجستير علوم في هندسة المواد
قدمها المهندس :

حسين كمر محمود القيسي

آب

جمادی الاول 1423

2002م



وَمَا تَكُونُ فِي شَأْنٍ وَمَا تَتْلُوا مِنْهُ مِنْ
قُرْآنٍ وَلَا تَعْمَلُونَ مِنْ عَمَلٍ إِلَّا كُنَّا
عَلَيْكُمْ شُهُودًا إِذْ تُفِيضُونَ فِيهِ وَمَا يَعْزُبُ
عَنْ رَبِّكَ مِنْ مِثْقَالِ ذَرَّةٍ فِي الْأَرْضِ وَلَا
فِي

السَّمَاءِ وَلَا أَصْغَرَ مِنْ ذَلِكَ وَلَا أَكْبَرَ إِلَّا فِي
كِتَابٍ مُبِينٍ ﴿٦١﴾ أَلَا إِنَّ أَوْلِيَاءَ اللَّهِ لَا
خَوْفٌ عَلَيْهِمْ ﴿٦٢﴾ لَاهُمْ يَحْزَنُونَ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
الْحَقِّيقَةُ

(يونس / 61 62)

الاهداء

الى الذين بفضلهم عرفت معنى الحياة
الى روح ابي الطاهرة ..
والى امي مدّ الله في عمرها ..
والى من تضحياتهم وحبهم بلا حدود ، اخوتي ...
(عزيز ، ناصر ، محمد ، احمد)
والى اخواتي الفاضلات ...

... اهدي جهدي هذا ...

شكر وتقدير

وانا انهي بحثي هذا وبعد شكر الله العلي العظيم على عظيم
منه وقديم احسانه ، لايسعني الا ان اتقدم بوافر الشكر
وعميق الامتنان الى استاذي الفاضلين الاستاذ الدكتور عبد
الواحد كاظم راجح والاستاذ محمد حمزة المعموري لما ابدياه
من جهد قيم في انجاز هذا العمل فلهما مني كل التقدير
والامتنان .

ان واجب الوفاء يحتم علي تسجيل شكري واعتزازي الى
رئاسة جامعة بابل وعمادة كلية الهندسة وقسم هندسة المواد
على اتاحة الفرصة لي باكمال الدراسة .

كما اتقدم بالشكر الجزيل الى شركة الرشيد العامة لتمويلها
هذا البحث واتقدم ايضاً بالشكر الجزيل الى منتسبي مختبر
المعادن ومختبر التربة في كلية الهندسة / جامعة بابل
لدورهم المتميز في تسهيل انجاز العمل الخاص بهذا البحث .
واتقدم ايضاً بجزيل الشكر الى شركة الميلاد العامة وشركة
التحدي العامة .

ولا يفوتني ان اتقدم بخالص الشكر والتقدير الى المهندس
المبدع عباس زهير الاسدي لما ابداه من جهد في طباعة
وتنضيد هذه الرسالة.

حسين

الخلاصة

بات معروفا ان الحماية من الكشف الراداري يمثل اهمية كبيرة ليس في الصناعات العسكرية وحدها وبما يعطيه من وقاية للاشخاص والمنشآت بل يمتد بر من التطبيقات المدنية كما في الافران المايكروية والغرف اللاترددية .
 وينة والاخرى تتسرب بعض المعلومات العامة وربما الصناعية عن تكنولوجيا التخفي وحقيقة المادة المستخدمة .

وفلسفة الحماية تنطوي في اساسياتها على اضعاف الاشارة التي يستقبلها الرادار . او تقليل المقطع عرضي الراداري ، أي تقليل مديات الاهداف التي يكشفها الرادار .

في هذه الدراسة تم اعتماد مادة الاساس من البولي اثيلين العالي الكثافة واستخدام مواد حشو من اسود الكربون والمغنتايت والباريوم فرايت .

جرت الاختبارات بتردد، بين (8 – 12 GHz) وقد قيست السماحية الكهربائية المعقدة والموصلية الكهربائية .

أظهرت النتائج امكان اختزال في الكشف الراداري مقداره (75%) باستخدام اسود الكربون . كما ابدت النماذج ارتفاعاً بالامتصاصية بزيادة عدد الطبقات لنفس التركيز .

والنتيجة ذاتها تنسحب على مادة حشو (لمغنتايت) ولكن بفاعلية اقل .
 وتبدي الزيادة في سمك ووزن زيادة أيضاً في الامتصاصية ولكن بمقادير اقل من تعدد الطبقات لنفس النموذج .

اما مادة الفرايت فاعطت امتصاصية جيد ولكن لحزم ترددية ضيقة .



توصية الاساتذة المشرفين

ند ان اعداد هذه الاطروحة (تحضير مواد ماصة للموجات الرادارية) والمقدمة من قبل الطالب حسين كمر محمود قد جرى تحت اشرافنا في جامعة بابل - كلية الهندسة وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير علوم في هندسة المواد .

المشرف
السيد محمد حمزة المعموري
المرتبة العلمية : استاذ مساعد

المشرف
الدكتور عبد الواحد كاظم راجح
المرتبة العلمية : استاذ

توصية رئيس القسم :

اشارة الى التوصية المقدمة من قبل الاستاذ الدكتور عبد الواحد كظم والاساتذ المساعد محمد حمزة المعموري احيل هذه الرسالة الى لجنة المناقشة لدراستها وبيان الرأي فيها .

الدكتور تحسين علي حسين الحطاب
المرتبة العلمية : استاذ مساعد
رئيس قسم هندسة المواد

قرار لجنة المناقشة

نشهد بأننا أعضاء لجنة المناقشة قد اطلعنا على الرسالة الموسومة (تحضير مواد ماصة للموجات الرادارية) ب (حسين كمر محمود القيسي) ، وقد ناقشنا الطالب في محتوياتها وفيما له علاقة بها ورأينا إنها جديرة بالقبول لنيل درجة الماجستير في علوم هندسة المواد بدرجة (جيد جدا عالي).

()
/

()
/

.قيصر مسلم عبد علي

. بلقيس محمد ضياء

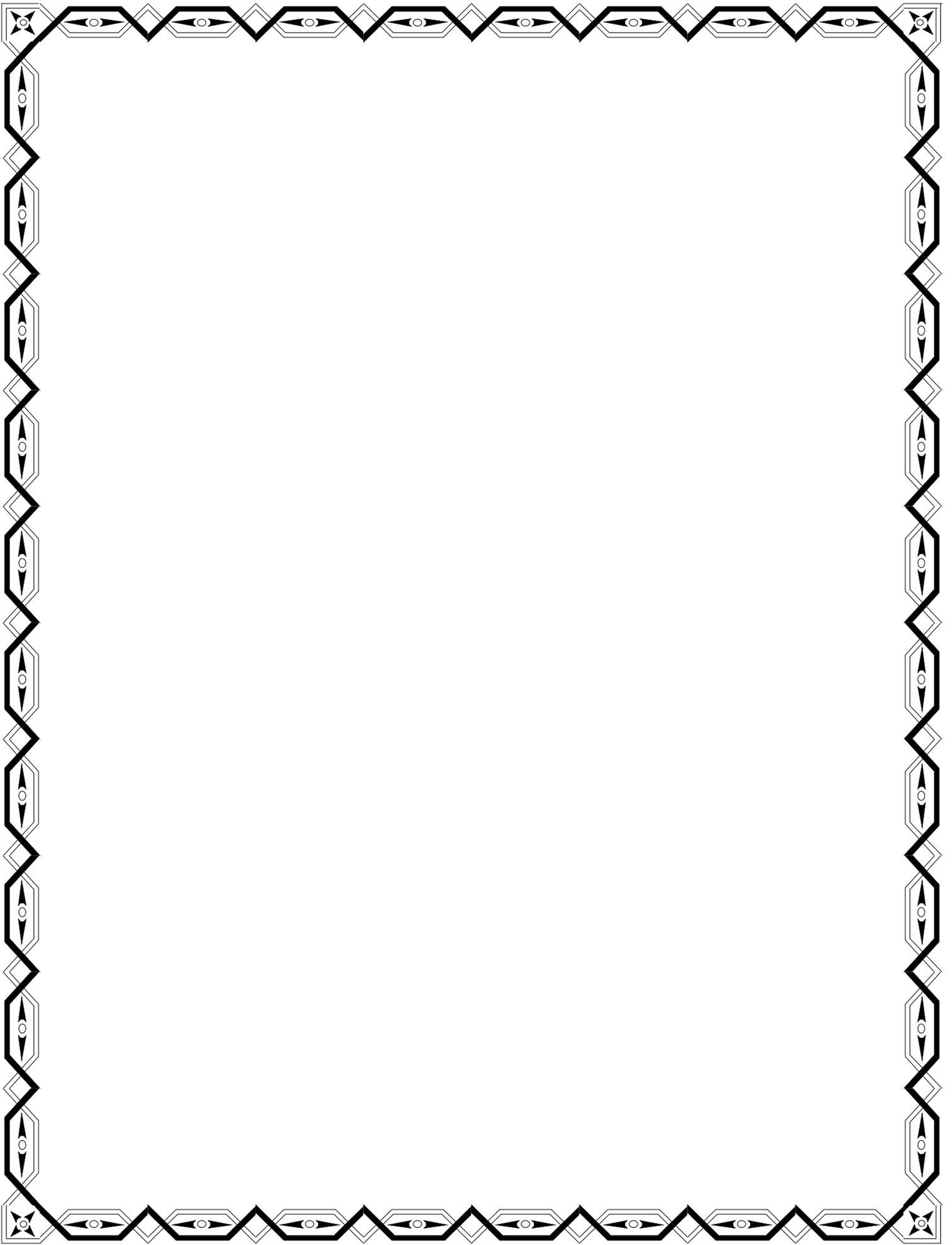
/

كنولوجي /

. حسن وريوش حلو
رئيس اللجنة
/

مصادقة رئيس قسم هندسة المواد
... تحسين علي حسين

عميد كلية الهندسة
.. عبد الأمير سهم رسن



هدف البحث

تهدف الدراسة الى تحضير مواد لها القابلية على امتصاص الموجات الرادارية الساقطة عا , ومبدأ تحضيرها يعتمد على انتاج مادة مركبة (Composite Material) اساسها مادة بوليمرية هي (البولي اثيلين) العالي الكثافة (High Density Polyethylene (HDPE)) تضاف اليها مواد حشو (Fillers) تمتلك خاصية التوصيل الكهربائي وهي اسود الكربون (Carbon Black) والمغنيتايت (Fe_3O_4) (Magnetite) والباريوم - فرايت بتراكيز مختلفة تحكم بشكل اساسي عمل هذه المواد .

ويتم في هذه الدراسة حساب مقدار طاقة الموجة الممتصة من بذه المواد ولمدى من الترددات ضمن مدى (X-Band) أي من (8 الى 12) كيكاهيرتز ويتم ايضا حساب السماحية الكهربائية المعقدة (Complex Permittivity) لتراكيز معينة من مادة الحشو (اسود الكربون) لالها من دور كبير في عمل هذه المواد .



المحتويات

الصفحة	الموضوع	التسلسل	الفصل
a	قائمة الرموز المستخدمة		
c	الخلاصة		
d	المقدمة		
e	هدف البحث		
1	1-1 مبدأ عمل الرادار	1-1	الفصل الأول : الجزء النظري
2	1-2 مبادئ أساسية عن المواد الماصة للموجات الرادارية	1-2	
4	1-3 مراجعة الأدبيات	1-3	
7	1-4 الموجات الكهرومغناطيسية	1-4	
9	1-5 علاقة المواد العازلة كهربائياً بالموجات الكهرومغناطيسية	1-5	
10	1-5-1 الاستقطاب الإلكتروني	1-5-1	
11	1-5-2 الاستقطاب الأيوني أو الذري	1-5-2	
12	1-5-3 الاستقطاب الاتجاهي	1-5-3	
14	1-6 علاقة الخسارة العزلية بامتصاص طاقة الموجات الكهرومغناطيسية	1-6	
16	1-7 أساسيات تخميد الموجات الكهرومغناطيسية (الرادارية)	1-7	
17	1-8 تحليل الانعكاس على سطح المادة الماصة للموجات الرادارية	1-8	
22	1-9 المواد المركبة	1-9	
22	المقدمة	1-9-1	
22	1-9-2 أنواع المواد المركبة	1-9-2	
26	1-10 البولي إثيلين عالي الكثافة	1-10	

المحتويات

الصفحة	الموضوع	التسلسل	الفصل
27	المقدمة	2-1	الفصل الثاني : الجزء العملي
27	مرحلة تهيئة المواد الأولية	2-2	
35	تحضير العينات	2-3	
35	تحديد نيراد الحشو (Fillers) المضافة الى المادة الاساس (Matrix)	2-3-1	
35	عملية خلط مواد الحشو بالمادة الاساس	2-3-2	
35	عملية الكبس والتسخين	2-3-3	
40	الاختبارات والقياسات	2-4	
40	فحص قابلية العينات على امتصاص الموجات الرادارية	2-4-1	
41	فحص السماحية المعقدة للعينات	2-4-2	
41	فحص الموصلية الكهربائية للعينات	2-4-3	
43	النماذج الحاوية على مادة ثمو (اسود الكربون)	3-1	الفصل الثالث : النتائج
43	تأثير التركيز	3-1-1	
49	تأثير سمك النموذج على مقدار الامتصاصية	3-1-2	
52	تأثير استخدام طبقات من المادة الحاوية على اسود الكربون على امتصاص الموجات الرادارية	3-1-3	
62	النتائج المتعلقة بالنماذج الحاوية على مادثمو (المغنتايت)	3-2	
62	تأثير التركيز	3-2-1	
64	تأثير استخدام طبقات من المادة الحاوية على المغنتايت على امتصاص الموجات الرادارية	3-2-2	
68	النتائج المتعلقة بالنماذج الحاوية على الحشو (الباريوم فرايت)	3-3	

الصفحة	الموضوع	التسلسل	الفصل
72	المقدمة	4-1	الفصل الرابع .. المناقشة
72	سلوك المادة الاساس 4-2	4-2	
72	تأثير مواد الحشو 4-3	4-3	
72	اسود الكربون 4-3-	4-3-1	
75	اوكسيد الحديد المغنسي (المغنثايت) 4-3-2	4-3-2	
76	الباريوم - فرايت 4-3-3	4-3-3	
78	الاستنتاجات		الفصل الخامس .. الاستنتاجات والتوصيات
79	التوصيات		
80			الملحق
83			المصادر

قائمة الرموز والمصطلحات المستخدمة

الرمز	دلالاته	وحداته
A	معامل الامتصاصية	
B	كثافة الفيض المغناطيسي	
C	سعة المتسعة	فاراد
D	كثافة الفيض الكهربائي	كولوم / متر ²
d	سمك النموذج	متر
E	شدة المجال الكهربائي	فولت / متر
H	شدة المجال المغناطيسي	امبير / متر
HDBE	HDBE البولي اثيلين عالي الكثافة	
J _c	كثافة تيار التوصيل	امبير / متر ²
P	طاقة لنقل الموجة	واط / متر ²
P _a	استقطاب المادة العازلة	كولوم/متر ²
P _m	عزم ثنائي القطب الكهربائي	كولوم . متر
q	الشحنة الكهربائية	كولوم
R _o	المقاومة	اوم
R	معامل الانعكاس	
RAM	RAM المواد الماصة للموجات الرادارية	
RCS	RCS المقطع العرضي الراداري	م ²
T	معامل النفاذية	
W	الطاقة المبددة	جول
Z	اعاقه الموجة	اوم
r	ثابت التوهين	نيبير / متر
S	ثابت الطور	راد /متر
X	ثابت الانتشار	1/متر
W _c	الكسر الحجمي لمادة الحشو	
U	الكسر الوزني لمادة الحشو	
W	زاوية الطور	درجة



قائمة الرموز والمصطلحات المستخدمة

الرمز	دلالاته	وحداته
f	التردد	هيرتز
$\tan u_e$	ميل الخسارة الكهربائي $\tan \delta_e$	
$\tan u_m$	ميل الخسارة المغناطيسي $\tan \delta_m$	
u	زاوية الخسارة δ	درجة
v	السماحية الكهربائية المركبة ϵ	فاراد / متر
v_r	السماحية الكهربائية المركبة الن	
v'	السماحية الكهربائية الحقيقية ϵ'	فاراد / متر
v''	السماحية الكهربائية الخيالية ϵ''	فاراد / متر
v_0	السماحية الكهربائية للفراغ ϵ_0	فاراد / متر
λ	الطول الموجي	متر
\sim	النفاذية المغناطيسية المركبة μ	هنري / متر
\sim_r	النفاذية المغناطيسية المركبة النسبية μ_r	
\sim'	النفاذية المغناطيسية الحقيقية μ'	هنري / متر
\sim''	النفاذية المغناطيسية الخيالية μ''	هنري / متر
...	المقاومية	اوم . متر
ρ_c	كثافة الشحنة الحجمية	كولوم / متر ³
τ	الموصلية الكهربائية	(اوم . متر) ⁻¹
ω	التردد الزاوي $(\tilde{S} = 2ff)$	هيرتز



المقدمة

تتطلب الكثير من الاهداف العسكرية ست ثابتة او متحركة (المقدوفات ، الطائرات) الى الاختفاء عن اجهزة رادارات الخصم وجعل مدى كشفها وتعقبها (Detected and track) قليلاً ، ويتم هذا عن طريق اختزال المقطع العرضي الراداري لها [Radar Cross Section Reduction (RCSR)] الى اقل حد ممكن مما يسبب ارباكاً لاجهزة القياس بالنسبة للخصم . ويعرف المقطع العرضي الراداري للهدف (RCS) بأنه مساحة المقطع العرضي الهندسي الواصل الى الرادار والناج من انعكاس طاقة الموجات

الكهرومغناطيسية بعد اصطدامها بالهدف (Target) [1,2] .

يتم الحصول على هذا لاختزال (Reduction) بطرق متعددة منها تغيير شكل الهدف (Shape Variation) ، حيث يتم توجيه سطح الهدف وحوافه بشكل يحرف (Deflect) الموجة المنعكسة بعيداً عن مستلةالموجة الراداري (Radar's Receiver) ولكن بسبب وجود النظام الراداري الذي يكون فيه هوائي المرسل في مكان وهوائي المستقبل في مكان آخر وبينهم مسافات معينة والمعروف باسم (Bistatic Radar) يجعل عملية كشف الهدف سهلة ، اما طريقة الاختزال الاخرى المستخدمة فهي تغطية الاهداف بواسطة المواد الماصة للموجات الرادارية [Radar Absorbing Materials (RAM)] حيث لها القدرة على اختزال الطاقة المنعكسة باي اتجاه وبالتالي تقلل من عملية الكشف التي تتم بواسطة (Bistatic Radar)

[3,4] .

ان مبدأ عملية تصنيع هذه المواد مبني على اساس المواد المركبة (Composite Materials) تتكون من مواد اساس (Matrix) مغمورة فيها مواد الحشو (Fillers) التي تكون اما بهيئة مساحيق (Powder) او حبيبات (Grains) او شرائح (Flaks) او الياف (Fibers) [1] .



References المصادر

- 1.K.J.Vinoy and R.M.Jha “Radar Absorbing Materials From Theory to Design and Characterization” , Kluwer academic Publishers , 1996.
- 2.J. A. Adam “How to Design an invisible aircraft” IEEE Spectrum , April 1988.
- 3.E.F.Knott , John F. Shaefer and Michel T. Tuley “Radar Cross section Its Predication , Measurement and Reduction” Artech House , Inc. 1985 .
- 4.S.Ashley and C.P. Gilmore “Stealth” Popular Science , July 1988 .
- 5.M. I. Skolnik “Introduction to Radar System” Mc Graw- Hill , Inc. 1962 .
- 6.A.K. Al-Janabi “Microwave reaction with various composite Barriers” M.Sc. Thesis , Mustansirya University , Iraq , May 1999 .
- 7.H.F. Harmuth “On the Effect of Absorbing Materials On Electromagnetic Waves with Large Relative Band Width” IEEE Transaction on Electromagnetic Compatibility , Vol. EMC-25 , No.1 , February 1983 .
- 8.H.M.(Skip) Kingston and S.J. Haswell “Microwave Enhanced Chemistry Fundamental , Sample Preparation , and Applications “Pag(7) , American Chemical Society 1997 .
- 9.E.F.Knott “Thickness Criterion For Single – layer Radar Absorbents” IEEE Transactions On Antennas and Propagation Vol. AP-27 , No.5 , September 1979 .
- 10.M.B. Amin and J.R. James “Techniques For Utilization of Hexagonal Ferrites In Radar Absorbing” Part 1 Broad Band planer coating” . The Radio and Electronic Engineer Vol.51 , No.5 , PP.209 – 218 , May 1981 .
- 11.H.F. Harmuth “Use of Ferrites For Absorption of Electromagnetic Waves” IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility , Vol. EMC-27 , No.2 , May 1985 .
- 12.R.Ruppin “Use of Ferrite for Absorption of Electromagnetic Waves” IEEE Transaction on Electromagnetic Compatibility , Vol. EMC-28 , No.2 , May 1986 .
- 13.P.Davies , J.Popplewell and J.P. Ilewellyn “Microwave Absorption Studies in Ferrofluid Composites” IEEE transactions on Magnetic , Vol. MAG-22 , No.5 , September 1986 .



- 14.V.K.Varadan and Others “Design of Ferrite – Impregnated Plastics (PVC) as Microwave Absorbers” IEEE Transactions on Microwave Theory and Technique , Vol. MTT-34 , No.2 February 1986 .
- 15.R.L. Fante and M.T. McCormack “Reflection Properties of the Salisbury Screen” IEEE Transaction on Antennas and Propagation , Vol. 36 , No.10 , October 1988 .
- 16.B.K. Kuanr and others “Dielectric and Magnetic Properties of Polycrystalline Cobalt – Substituted Li Ti Ferrites” Journal Applied Physics , Vol. 63 , No.8 , 15 April 1988 .
- 17.H.M. Musal , Jr. and H.T. Hahn “Thin – large Electromagnetic Absorber Design” IEEE Transaction on Magnetic Vol. MAG-25 No.5 , Sep. 1989 .
- 18.E.Michielsen and others “Design of Light weight , Broad – Band Microwave Absorbers Using Generic Algorithms” IEEE Transactions on Microwave Theory and Technique , Vol.41 , No. 6/7 , June /July 1993 .
- 19.S.I.Ganchev and others “Microwave Diagnosis of Rubber Compounds” IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques , Vol.42 , No.1 , January 1994 .
- 20.S.Sugimoto and others “Compositional Dependence of the Electromagnetic Wave Absorption Properties of $\text{BaFe}_{12-x-y}\text{Ti}_x\text{Mn}_y\text{O}_{19}$ in the GHz Frequency Range” Materials Transaction , JIM , Vol.40 , No.9 , 1999 .
- 21.Stoyanov Aj. and others “Effective – Medium model dependence of the radar reflectivity of conducting particle films (Abstract)” Journal of Applied Physics , Vol.86 , No.6 , 15 September 1999 . <http://www.aip.org>.
- 22.W.Mz. ,H.Hh. , Zhao Zs. and Yao X. “Electromagnetic and Microwave absorbing Properties of Iron Fiber – Epoxyresin Composites (Abstract)” Journal of physics D- Applied Physics Vol.33 , No.19 , 7 October 2000 , <http://www.iop.org>.
- 23.W.D. Callister , Jr “Materials Science and Engineering” Fifth Edition , John Wiley and Sons , Inc. , 2000
24. E.C. Jordon and K.G. Balmain “Electromagnetic Waves and Radiating Systems” . Second Edition , Prentice – Hall , Inc. Englewood Cliffs , N. J. 1968 .



المصادر

- 52.د.حسن الكمشوشي " هندسة الهوائيات وانتشارالموجات والكمبيوتر " المجلد الاول ، شركة منشورات دار الراتب الجامعية ، 1986 .
- 26.J. D.Kraus "Electromagnetic" Third Edition McGraw-Hell , Inc. , 1984 .
- 27.J.C. Anderson and K.D. Leaver "Material Science" J.C. Anderson and K.D. Leaver 1969 .
- 28.A.Chelkowski "Dielectric Physics" Pag.9 PWN-Polish Scientific Publishers , Warsaw 1980 .
- 29.Q.K.Omran "Influence of Thermal aging on the dielectric properties of PVC and PVC-C.B. Composites" M.Sc. Thesis Department of Electric Engineering , University of Technology 2001 .
- 30.S.O. Pillai "Solid State Physics" Pag.(625 - 628) New Age International (P) Limited , Publisher , New Delhi 1997 .
- 31.H.P.Neff , Jr. "Basic Electromagnetic Fields" Harper and Row , Publishers,Inc. 1981 .
- 32.S.Venkataraman and R.T. Haftka "Optimization of Composite Panels – A Review" 14th Annual Technical Conference of the American Society of Composites , Dayton , OH. Sep. 27-29 , 1999.
- 33.M.A. Meyers and K. K. Chawla "Mechanical Behavior of Materials" Prentic Hall , Inc. (Simon and Schuster) 1999 .
- 34.P.A. Thornton and V.J. Calangelo "Fundamentals of Engineering Materials" Prentic – Hall , Inc. Englewood Cliffs New Jersey , 1985 .
- 53.علي هوبي حليم "تحسين خواص المواد اللدائنية المقساء " رسالة ماجستير / 1999 .
- 36.N.G.Mc Crum , C.P. Buckley and C.B. Bucknall "Principles of Polymer Engineering" Second Edition , Oxford University Press 1997 .
- 73.الدكتور كوركيس عبد ألتور حسين علي كاشف الغطاء " تكنولوجيا وكيمياء البوليمرات " 17 و ص 33 ، مطبعة جامعة البصرة 1981 .
- 38.F.W. Billmeyer , Jr "Text Book of Polymer Science" Third Edition , Page (366-367) , John Wiley and Sons , Inc. 1984 .



المصادر

39. عماد علي دشر "تحضير الباريوم فرايت وداسة تأثيره على الخواص الهندسية للكاؤولين" . رسالة

ماجستير / قسم هندسة المواد – جامعة بابل 2001 .

40.H.E.Boyer , W.J. Carnes and others “Metals Handbook” 8th Edition Vol.11
Pag.246 , American Society for Metals , 1976 .

41.K.J.Standley “Oxide Magnetic Materials” Oxford University Press , 1962 .



الجزء العملي
Experimental Work

1-2: المقدمة

يمكن تقسيم مراحل العمل في هذه الدراسة الى ثلاثة مراحل هي :

اولاً: مرحلة تهيئة المواد الاولية **Raw Materials Preparation**

ثانياً: مرحلة تحضير العينات **Specimen Preparation**

ثالثاً: مرحلة اجراء الاختبارات والقياسات **Tests and Measurement**

وسيتم توضيحها بالتفصيل في الفقرات القادمة .

2-2: مرحلة تهيئة المواد الاولية **Preparation of Raw Materials**

المواد الاولية :

A المادة الاساس **Matrix**

تم اختيار البولي ايثيلين عالي الكثافة (High Density Polyethylene) وهو مادة بوليمرية

(Polymeric Material) والمبينة مواصفاتها في الجدول (1-4)

يتواجد هذا البوليمر على هيئة نسبية مما تطلب الامر اجراء عملية الاذابة له للحصول

على حجم حبيبي ناعم .

تمت عملية الاذابة باستخدام المذيب المناسب لهذا البوليمر وهو مادة التلويين (Toluene) . بعدها جرى

تحديد النسب الوزنية المناسبة التي اضيفت من المذيب الى البوليمر وهذه النسبة هي (1:1) ثم جرى خلط

المكونات في دورق زجاجي مثبت على مسخن حراري (Heater) لأن عملية الاذابة تجري في درجة حرارة

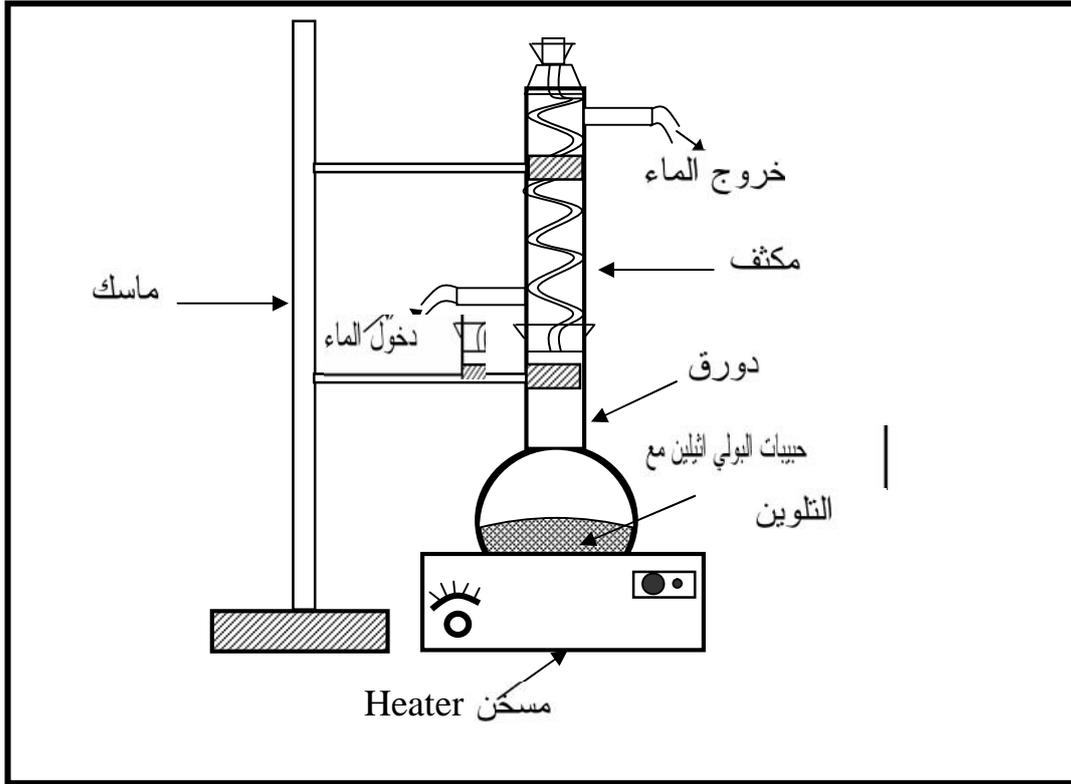
(85 °C) .

وبما ان العملية تتم في درجة حرارة عالية لذلك يتعين المذيب (التلويين) الى عملية تبخر ، فاستخدم

لذلك مكثف يعمل على تكثيف بخار المذيب وارجورق وعليه تكون العملية على شكل دورة مغلقة

الى ان تتم عملية الاذابة ويمكن توضيح هذه العملية بالمخطط المبين في الشكل (1-2) .





الشكل (1-2): الاجزاء الاساسية في عملية اذابة حبيبات البولي ايثيلين العالي الكثافة مع التلوين

وتعتمد الفترة الزمنية لعملية الاذابة على كمية المواد المخلوطة ويمكن ملاحظة انتهاء عملية الاذابة بتحويل المكونات الى منتج سائل ابيض اللون بعدها يترك هذا المنتج بالهواء الاعتيادي لفترة زمنية تستغرق

ثلاثة ايام لكي يتبخر المذيب منه . يكون الناتج عبارة عن بوليمر سهل الطحن والذي تم باستخدام هاون (Mortar) حيث يطحن طحنا جيدا .

بعدها جرت عملية الغربلة (Sieving) باستخدام جهاز الغرابيل المتعددة المنتج من قبل شركة (Wykeham Farrance , Stough , England) (شكل 2-2) والتابع الى مختبر التربة في قسم الهندسة المدنية /





الشكل (2-2): جهاز الغراييل المتعدد

فتم الحصول على حجم حبيبي يتراوح بين (325 Mesh – 100 Mesh)
أي ($150 \mu m - 45 \mu m$)

B مواد الحشو Fillers

وتشمل مواد الحشو مايلي :

1. اسود الكربون Carbon Black

تم الحصول عليه من شركة اطارات بابل واجريت له عملية الغربلة باستخدام جهاز الغراييل المتعدد
وكازمه الحبيبي يتراوح بين ($150 \mu m - 45 \mu m$) والجدول التالي يبين التركيب الكيميائي التقريبي

الجدول (2-1): التركيب الكيميائي لاسود الكربون

Carbon	98 – 99%
Hydrogen	0.2 – 0.5%
Oxygen	Up to 1%
Sulphur	Up to 0.6%



2. اليف الكربون Carbon Fiber

تم الحصول عليها من شركة الرشيد العامة وهي تمتاز بالموصلية الحرارية والكهربائية العالية والجدول التالي يبين خواصها .

الجدول (2-2) : أهم خواص اليف الكربون

المقدار	الوحدات	الخاصية
7.0 - 9.0	$\sim m$	القطر
1.95	10^3 kgm^{-3}	الكثافة
390	GNm^{-2}	معامل يونك
12	GNm^{-2}	معامل المرونة
2.2	GNm^{-2}	مقاومة الشد
0.5	%	الاستطالة عند القطع
105	$\text{Wm}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	التوصيل الحراري

3. المغنتايت Magnetite Fe_3O_4

تم الحصول عليه من السوق المحلية ولغرض التحقق من هويته تم اجراء التحليل المعدني له (Mineralogical analysis) في مختبرات شركة الراية العامة باستخدام طريقة حيود الاشعة السينية (X-Ray Diffraction , XRD) والجهاز المستعمل في هذا الفحص من نوع (Philips PW 1965/50) الذي يكونحاس فيه هدفاً (Target) لتوليد الاشعة والنيكل مرشحاً (Filter) للحصول على اشعة احادية الموجة ذات طول موجي يساوي ($\text{CuK}\alpha = 1.54178\text{A}^\circ$) وكانت القدرة المجهزة تساوي (30 كيلو فولت $\times 20$ ملي امبير) .

اما كيفية التحليل فتتم بوضع كمية قليلة من مسحوق هذه المادة على شريحة زجاجية بشكل مسحة (Smear) وتوضع الشريحة داخل الجهاز في مكان مخصص لها حيث يتم تعريضها للاشعة السينية بمدى معين من زوايا السقوط وفي الوقت نفسه يقوم مسجل الحيود (Diffractometer) بتسجيل الاشعة الحائدة عن مسحوق هذه المادة على شكل مخطط بياني يوضح العلاقة بين مقدار ضعف زاوية السقوط (2θ) وشدة الحيود (Intensity) ومن خلال تطبيق قانون (Bragge) لحيود الاشعة والذي ينص على :

$$n\lambda = 2d \sin \theta \quad \dots\dots\dots (2-1)$$

n : عدد صحيح

λ : الطول الموجي (والذي يساوي هنا الطول الموجي للاشعة السينية)



θ : زاوية السقوط (والتي يمكن استخراجها من المخطط الذي يعطيه مسجل حيود)

d : المسافة بين المستويات الذرية والتي تحسب من خلال هذا القانون

ونقارن فيه قيمة d مع بطاقات حيود الأشعة للمساحيق الصادرة من قبل الجمعية الأمريكية للفحص والمواد

(ASTM) لمعرفة المادة قيد الفحص .

يبين نتائج التحليل المعدني للمغنتايت . حيث تم تحديد مكوناته الرئيسية بالرجوع الى بطاقات

(ASTM) .

جدول (2-3) : تشخيص مكونات المغنتايت

الزاوية 2θ	d	Material	الزاوية 2θ	d	Material
30	2.96	Fe ₃ O ₄	45.8	1.71	Fe ₃ O ₄
33.25	2.69	Fe ₂ O ₃	54.2	1.69	Fe ₂ O ₃
35.5	2.53	Fe ₃ O ₄ + Fe ₂ O ₃	57.0	1.61	Fe ₃ O ₄
43.15	2.09	Fe ₃ O ₄	62.4	1.44	Fe ₃ O ₄

واجريت له عملية الغرلة للحصول على الحجم الحبيبي المطلوب باستخدام جهاز الغرايل المتعدد حيث تم

الحصول على حجم يتراوح بين ($m \sim 150 - m \sim 45$) . والشكل (2-3) يبين نتائج فحص حيود الأشعة

السنية للمغنتايت .



الفصل الثاني
الجزء العملي



4. الباريوم - فرايت :

الفرايت (Ferrite) كلمة تطلق في عالم المواد ويراد بها احد معينين :

المعنى الأول : هو حديد الفا (α) او المحاليل المتجمدة التي يكون فيها حديد الفا هو المكون المذيب وهذا المعنى مختص باعادن والسبائك الحديدية .

المعنى الثاني : وهو المراد هنا هو مادة سيراميكية مكونة من اتحاد اوكسيد الحديد مع واحد او اكثر من

اكاسيد الفلزات الانتقالية ثنائية التكافؤ ، وله الصيغة العامة التالية ($MOFe_2O_3$) او (MFe_2O_3) حيث (M)

هو ايون الفلز انتقالي ثنائي التكافؤ مثل (Zn^{+2} Ba^{+2} Mn^{+2} Fe^{+2} Co^{+2} Ni^{+2} Mg^{+2}) وتنتج

اغلب انواع الفرايت من توازن مول واحد من اوكسيد الحديد مع مول مثله من اوكسيد احد هذه العناصر ،

بينما تشذ بعض الانواع عن هذه الموازنة ومن ابرز الامثلة على ذلك الباريوم - فرايت حيث يمتلك الصيغة

($BaO.6Fe_2O_3$) او ($BaF_{12}O_{19}$) ويعتبر الباريوم - فرايت احد افراد الفرايت البسيط لأنه يحتوي على

نوع واحد من الايونات ثنائية التكافؤ ، بينما يعرف الفرايت الحاوي على اكثر من واحد منها بالفرايت

المركب او المخلوط ويمتلك الباريوم - فرايت بنية سداسية الشكل يصنف ضمن الفرايت ذي البنية

السداسية (Hexagonal Ferrite) الى جانب الكوبلت - فرايت والستريتيوم - فرايت [39] .

تم الحصول عليه من السوق المحلية واجريت له عملية الغرلة للحصول على الحجم الحبيبي المطلوب

باستخدام جهاز الغرايل المتعدد حيث تم الحصول على حجم يتراوح بين ($m \sim 150 - m \sim 45$) .

حقق من هويته تم اجراء التحليل المعدني له في مختبرات شركة الراية العامة باستخدام طريقة

حيود الاشعة السينية . والجدول (2-4) يبين نتائج هذا التحليل :

جدول (2-4) : تشخيص مكونات الباريوم-فرايت

الزاوية 2θ	d	Material	الزاوية 2θ	d	Material
34.95	2.567	باريوم فرايت	30.10	2.969	باريوم فرايت
35.15	2.553	باريوم فرايت	30.60	2.921	باريوم فرايت
35.35	2.539	باريوم فرايت	32.00	2.797	باريوم فرايت
36.8	2.442	باريوم فرايت	33.95	2.640	باريوم فرايت

والشكل (2-4) يبين فحص حيود الاشعة السينية لهذه المادة

الفصل الثاني
الجزء العملي



2-3: تحضير العينات Specimen Preparation

شملت هذه المرحلة الخطوات الآتية :

2-3-1: تحديد نسب مواد الحشو (Fillers) المضافة الى المادة الاساس (Matrix) .

تم اختيار الاوزان المطلوبة باستخدام جهاز ميزان حساس ذي مدى وزن (0 - 400gr) وبدقة وزن تصل الى (0.001gr) (2-5) .

2-3-2: عملية خلط مواد الحشو بالمادة الاساس

تمزج المكونات مزجا جيدا باستخدام خلاط كهائي (Mixer) المنتج من شركة (Cold Stream)

(2-5) (ENG) Limited /British التابع الى مختبر التربة في قسم الهندسة المدنية /

ولمدة ثلاثين دقيقة ويكون المزج باستخدام الماء المقطر بعدها يجفف الناتج ليكون جاهزا للمرحلة القادمة .



الشكل (2-5): الميزان الحساس والخلط الكهسي بائي

2-3-3: عملية الكبس والتسخين Pressing and Heating

حضرت العينات بكبس المسحوق الحاوي على مادة الحشو ومادة الاساس في قالب فولاذي اسطواني

الشكل باستخدام مكبس هيدروليكي من انتاج شركة (Simplimet II Buehler Ltd/U.S.A) (2-6)

بقوة مسلطة مدارها (1000 نيوتن) وترافق عملية الضغط تسخين لحد (100⁰C) حيث تتولد الحرارة

بواسطة مسخن (Heater) حلقي يحيط بالقالب الفولاذي . يستمر الضغط مسلطاً على العينة لمدة ساعة واحدة



بينما عملية التسخين مستمرة فقط لمدة نصف الساعة الاولى ، بعدها بقيت العينة لتبرد حتى درجة حرارة الغرفة في نهاية النصف ساعة الثانية . ان ارتفاع درجة الحرارة وانخفاضها يتم قياسه بواسطة جهاز مزدوج حراري (Thermocouple Thermometer) من انتاج شركة (Omega Engineering Inc) (2-6) . اما العينات الناتجة فتكوصية الشكل بقطر (32mm) وسمكها يعتمد على الكمية المكبوسة . من خلال التجربة وجد ان كمية (2gm) تعطي تقريباً سمك (2mm) وكمية (3gm) تعطي سمك (3mm) وهكذا.

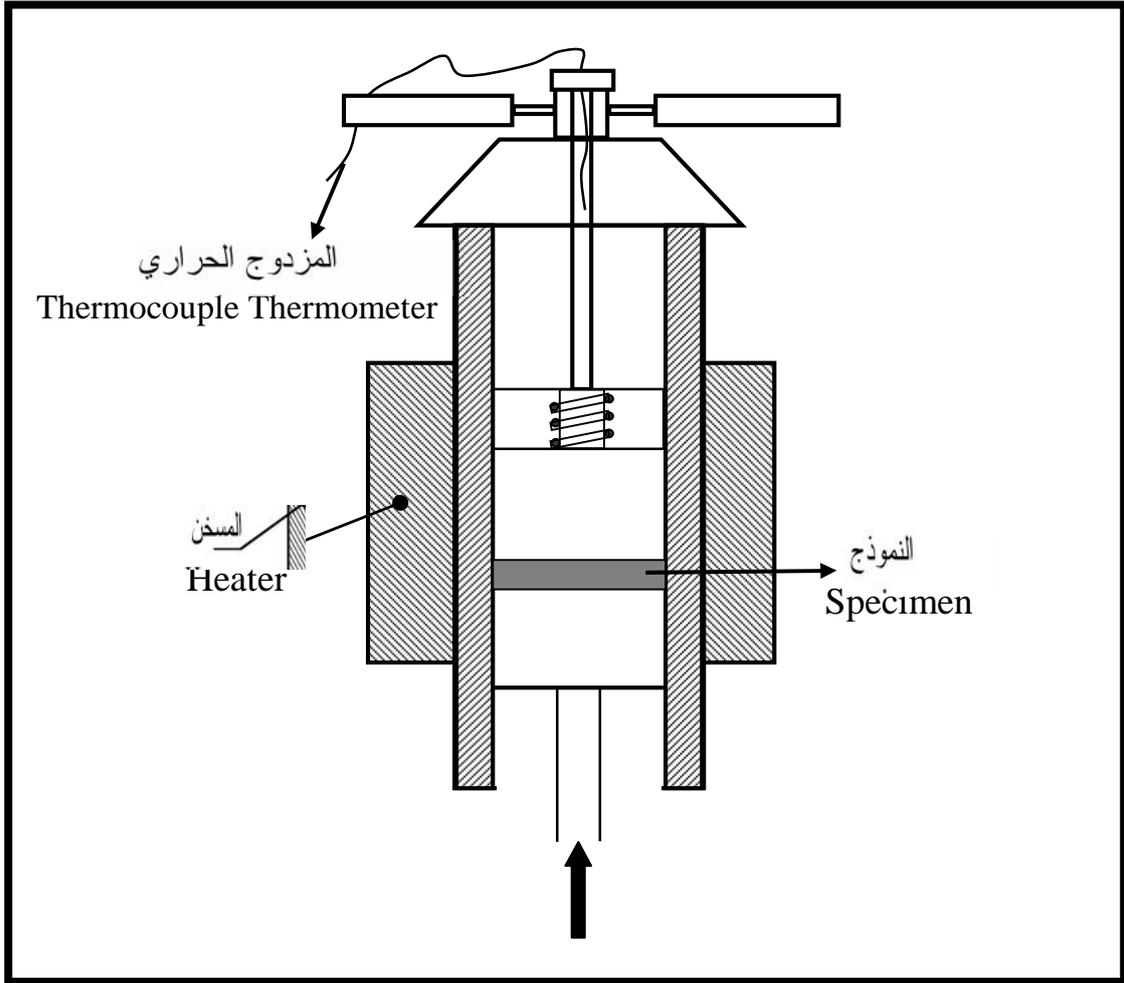
بعدها تقطع هذه العينات باستخدام منشار يدوي صغير الحجم للحصول على نماذج مستطيلة الشكل بابعاد (12mm * 25mm) لتكون جاهزة لعملية الفحوصات .



الشكل (2-6): المكبس الهيدروليكي والمزدوج الحراري

والشكل (2-7) يوضح القالب الفولاذي المستخدم في انتاج العينات .





الشكل (2-7): القالب الفولاذي المستخدم في إنتاج العينات

اما العينات التي تم انتاجها كما هي موضحة بالجدول الآتية :

1. البولي اثيلين واسود الكربون :

جدول (2-5) مكونات النماذج ذات السمك (2 ملم) ونسب مختلفة من

اسود الكربون

تركيز اسود الكربون	2%	4%	6%	8%	10%	12%
السمك (mm)	2	2	2	2	2	2
عدد الطبقات	2	2	2	2	2	2



جدول (2-6) مكونات النماذج ذات السمك (2.5 مللم) ونسب مختلفة من

اسود الكربون

12%	8%	4%	تركيز اسود الكربون
2.5	2.5	2.5	السمك (mm)
1	1	1	عدد الطبقات

جدول (2-7) مكونات النماذج ذات السمك (3.5 مللم) ونسب مختلفة من

اسود الكربون والياف الكربون

10%	8%	6%	تركيز اسود الكربون
5%	5%	5%	تركيز الياف الكربون
3.5	3.5	3.5	السمك (mm)
1	1	1	عدد الطبقات

2. البولي اثيلين والمغنتايت

جدول (2-8): مكونات النماذج ذات السمك (2 مللم) ونسب مختلفة من المغنتايت

50%	40%	30%	20%	10%	تركيز المغنتايت
2	2	2	2	2	السمك (mm)
2	2	3	3	3	عدد الطبقات



جدول (9-2): مكونات النماذج ذات السمك (3 ملم) ونسب مختلفة من

الباريوم فرايت

تركيز الباريوم فرايت	%10	%20	%30	%40
السمك (mm)	3	3	3	3
عدد الطبقات	1	1	1	1

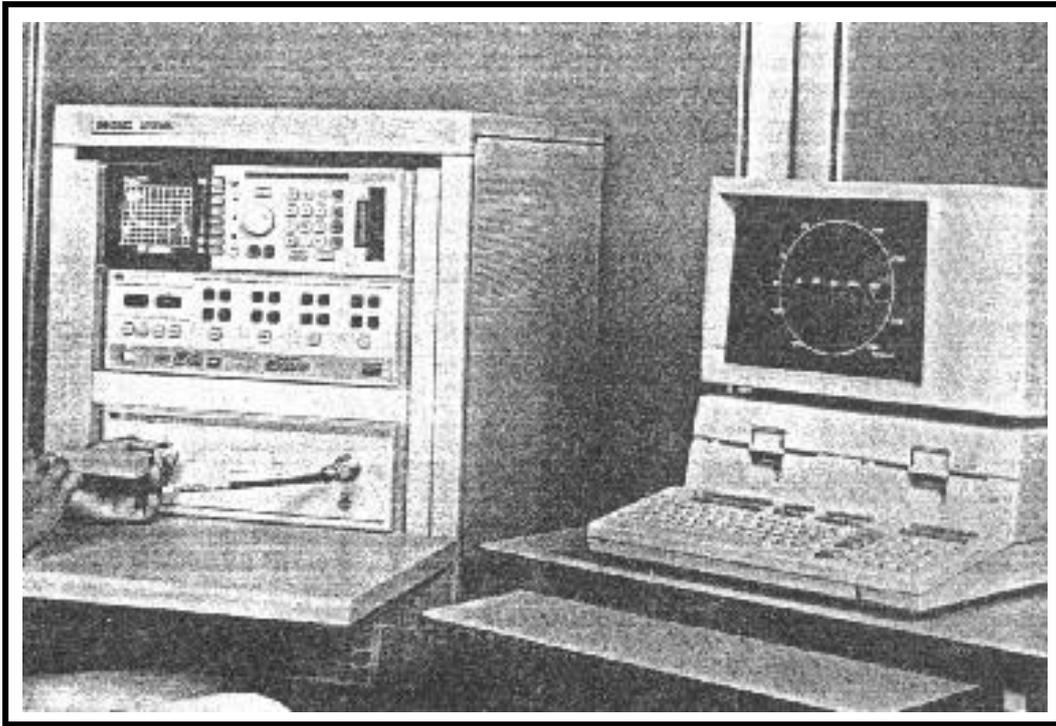


2-4: الاختبارات والقياسات Tests and Measurements

تضمنت عملية الاختبارات للعينات ما يلي :

2-4-1: فحص قابلية العينات على امتصاص الموجات الرادارية

اجري فحص قابلية العينات على امتصاص الموجات الرادارية في شركة الميلاد العامة باستخدام جهاز (Network Analyzer HP 8510C) حيث يعطي هذا الجهاز العلاقة بين خسارة الانعكاس (Reflection Loss) بوحدة (الديسبل (dB)) مع التردد (Frequency) وبمدى من (2GHz) الى (18GHz) كما يوضحه الشكل (2-8) .



الشكل (2-8): جهاز (Network Analyzer HP 8510 C)

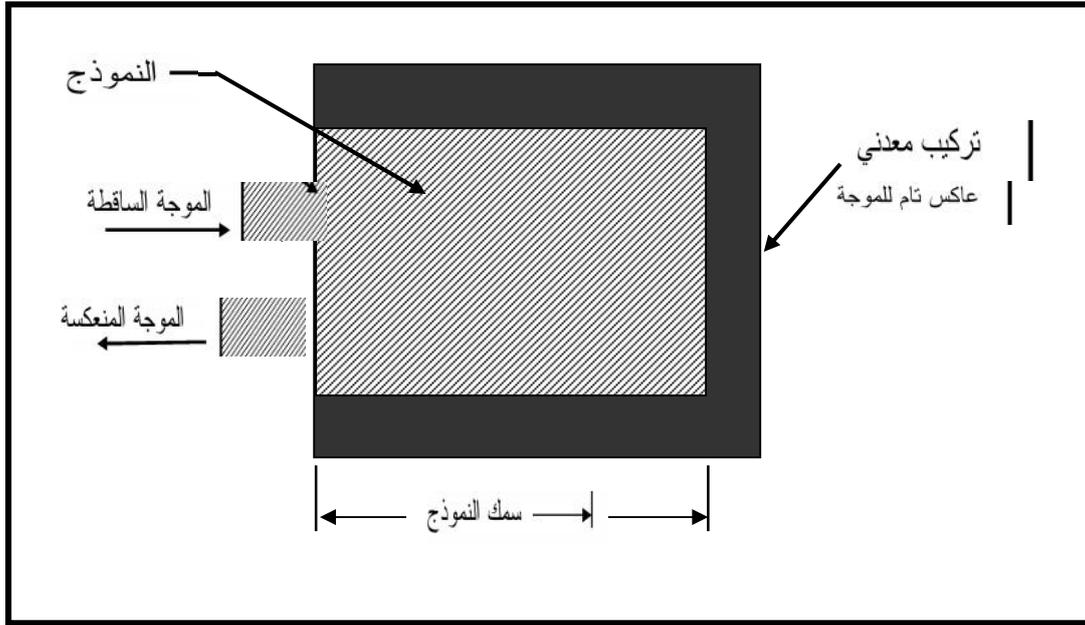
الآلية التي استخدمت في هذا الجهاز تدعى بـ (One Port Arrangement) وتعني ان كل من مرسل الموجات (Transmitter) ومستقبلها (Receiver) يكونان في نهاية واحدة من انبوب دليل الموجة (Wave guide) .

اثناء عملية الفحص تم احاطة العينة من ثلاث جهات بتركيب معدني والجهة الرابعة بقيت امام انبوب دليل الموجة .

فعندما ترسل الموجة وتمر بالمادة الماصة تنعكس على التركيب المعدني المحيط بالعينة وتعود مرة اخرى الى انبوب دليل الموجة وعليه توجد هنا موجة ممتصة ومنعكسة فتوجد موجة نافذة كما يبينها الشكل

(2-9) .





الشكل (2-9): يوضح آلية القياس لجهاز (Network Analyzer HP 8510 C)

حيث ان :

$$R+T+A=1 \dots\dots\dots(2-2)$$

R: معامل الانعكاس Reflection Coefficient

T: معامل النفاذية Transmission Coefficient

A: معامل الامتصاصية Absorption Coefficient

وبما انه لا توجد موجة نافذة فعليه تكون ($T=0$) وتصبح المعادلة (2-2) :

$$R+A=1 \dots\dots\dots(2-3)$$

2-4-2: فحص السماحية المعقدة للعينات Complex Permittivity Test

في هذا الفحص تم حساب الاجزاء الحقيقية ((Real Part (V')) والاجزاء الخيالية (Imaginary Part (V'')) للسماحية المعقدة للعينات (Complex Permittivity) واستخدم لهذا الغرض جهاز يعمل بطريقة دليل الموجة المغلقة من طرف واحد (Wave guide shorted at one end) وتم اجراء هذا الفحص في شركة التحدي العامة .

2-4-3: فحص الموصلية الكهربائية للعينات Electrical Conductivity Test

تم اجراء هذا الفحص بواسطة جهاز (3466A Digital Multimeter) التابع الى مختبر الالكترونيك

/قسم الهندسة الكهربائية /

اذ يتم في هذا الجهاز قياس مقدار المقاومة (Resistance (R)) للعينات من خلال تسليط فولد بواسطة مجسين (Two Propps) على طرفي النموذج فينجم عن ذلك مرور تيار كهربائي داخل العينة ومنه يحسب الجهاز مقدار المقاومة حسب العلاقة التالية :

$$R = \frac{V}{I} \dots\dots\dots(2-4)$$

حيث :

V : مقدار الفولت (فولت)

I : التيار (امبير)

وعن طريق حساب المقاومة يمكننا حساب مقدار المقاومة (Resistivity (...)) بوحدة (اوم .متر)

للنماذج كما يلي :

$$\dots = \frac{R \cdot W_o \cdot t_o}{L_o} \dots\dots\dots(2-5)$$

W_o : عرض النموذج (ملم)

t_o : سمك النموذج (ملم)

L_o : طول النموذج (ملم)

وبعد معرفة المقاومة يمكننا حساب الموصلية الكهربائية (Electrical Conductivity (†))

بوحدة (اوم .متر)⁻¹ حسب العلاقة التالية :

$$\dagger = 1 / \dots \dots\dots(2-6)$$



النتائج The Results

يمكننا ان نقسم النتائج التي تضمنتها هذه الدراسة الى ثلاثة اقسام :

- A - النتائج المتعلقة بالنماذج الحاوية الحشو (اسود الكربون) .
 - B - النتائج المتعلقة بالنماذج الحاوية على ملحشو (المغنتايت) .
 - النتائج المتعلقة بالنماذج الحاوية على مادة الحشو (الباريوم - فرايت) .
- وفيما يلي عرض مفصل لهذه النتائج :

3-1: النماذج الحاوية على مادة الحشو (اسود الكربون) :

اجريت مجموعة من الفحوصات المتمثلة بحساب خسارة طاقة الانعكاس للموجات الرادارية (Reflection Loss) مع التردد ضمن مدى (X-band) والمحدد بـ (8 - 12GHz) لعينات حاوية على مادة الحشو (اسود الكربون) وتضمنت النتائج تأثير مجموعة من العوامل على مقدار الامتصاصية شملت :

3-1-1: تأثير التركيز Concentration Effect

الشكل (3-1) و (3-2) يوضحان العلاقة بين تغير التركيز وطاقة الامتصاص للموجات الرادارية لستة نماذج بسلك (2mm) حاوية على التراكيز التالية لأسود الكربون (2% , 4% , 6% , 8% , 10% , 12%) ويظهر انه بزيادة التركيز تزداد خسارة طاقة الانعكاس وتصل ذروتها عند النموذج الحاوي على (10%) اسود الكربون وسة عند التردد (10.4GHz) اذ تبلغ قيمة خسارة طاقة الانعكاس عند هذا التردد مقدارا يساوي (5.2 ديسبل) والجدول التالي يبين ذلك بالنسبة للنموذج (10%) اسود الكربون .

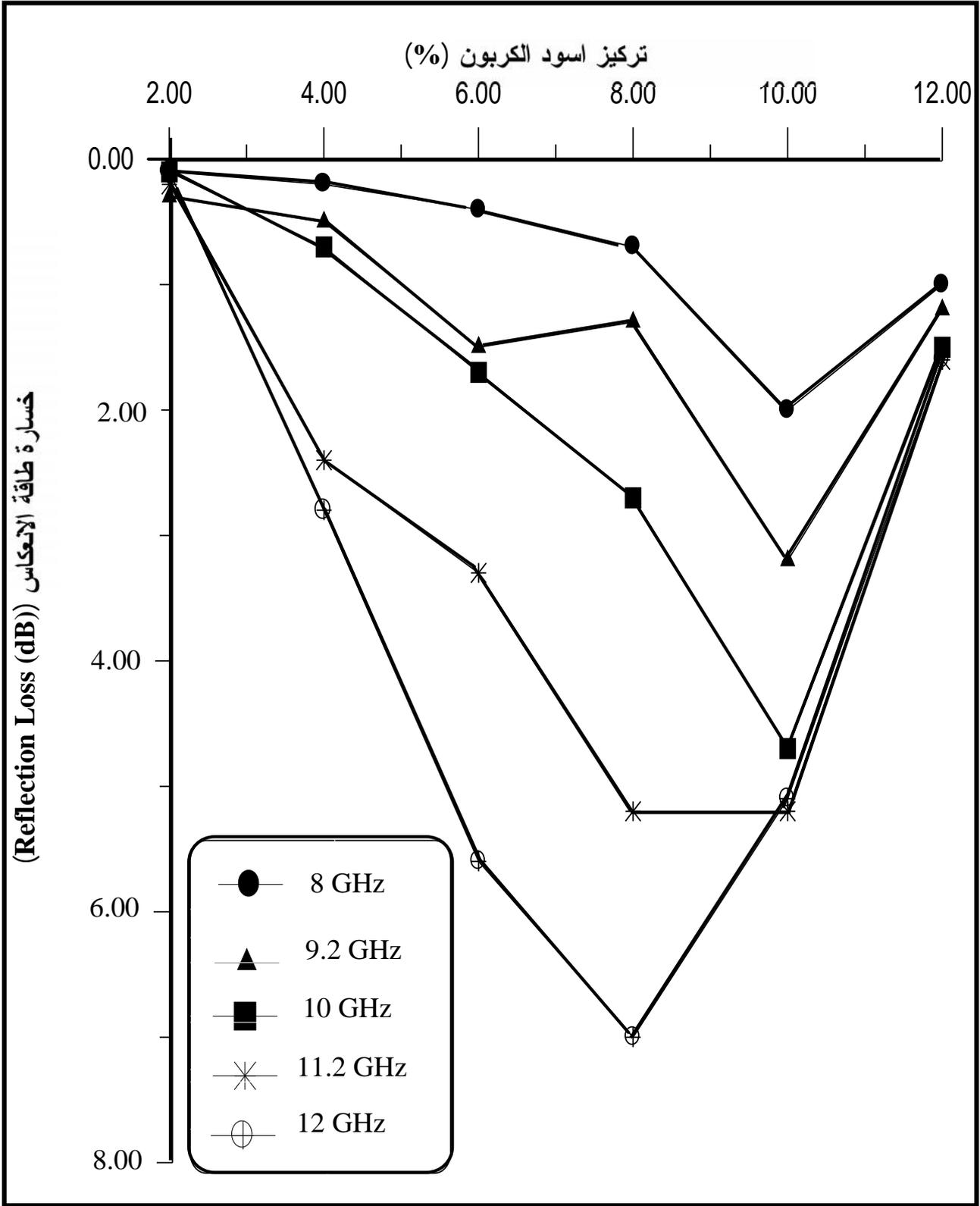


الجدول (3-1) العلاقة بين خسارة طاقة الانعكاس والتردد للنموذج الحاوي (10%)

اسود الكربون

التردد (كيكا هيرتز)	خسارة طاقة الانعكاس (د)
8	-2
8.4	-2.3
8.8	-4.1
9.2	-3.2
9.6	-3.1
10	-4.7
10.4	-5.2
10.8	-4.5
11.2	-5.2
11.6	-5.1
12	-5.1

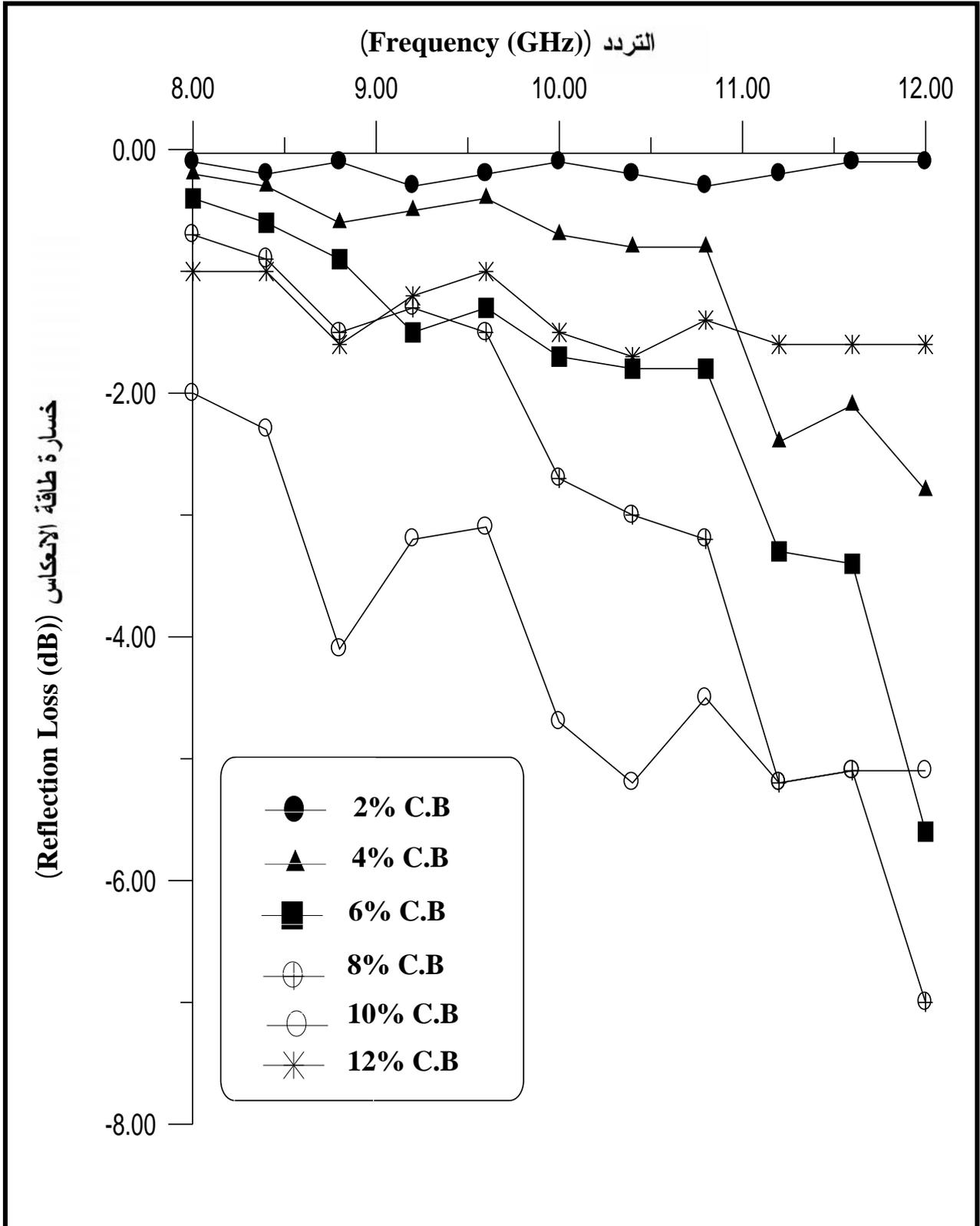




الشكل (a): تأثير تركيز اسود الكربون والتردد على خسارة طاقة

الانعكاس





الشكل (2-3): العلاقة بين التردد وخسارة طاقة الانعكاس والتركيز

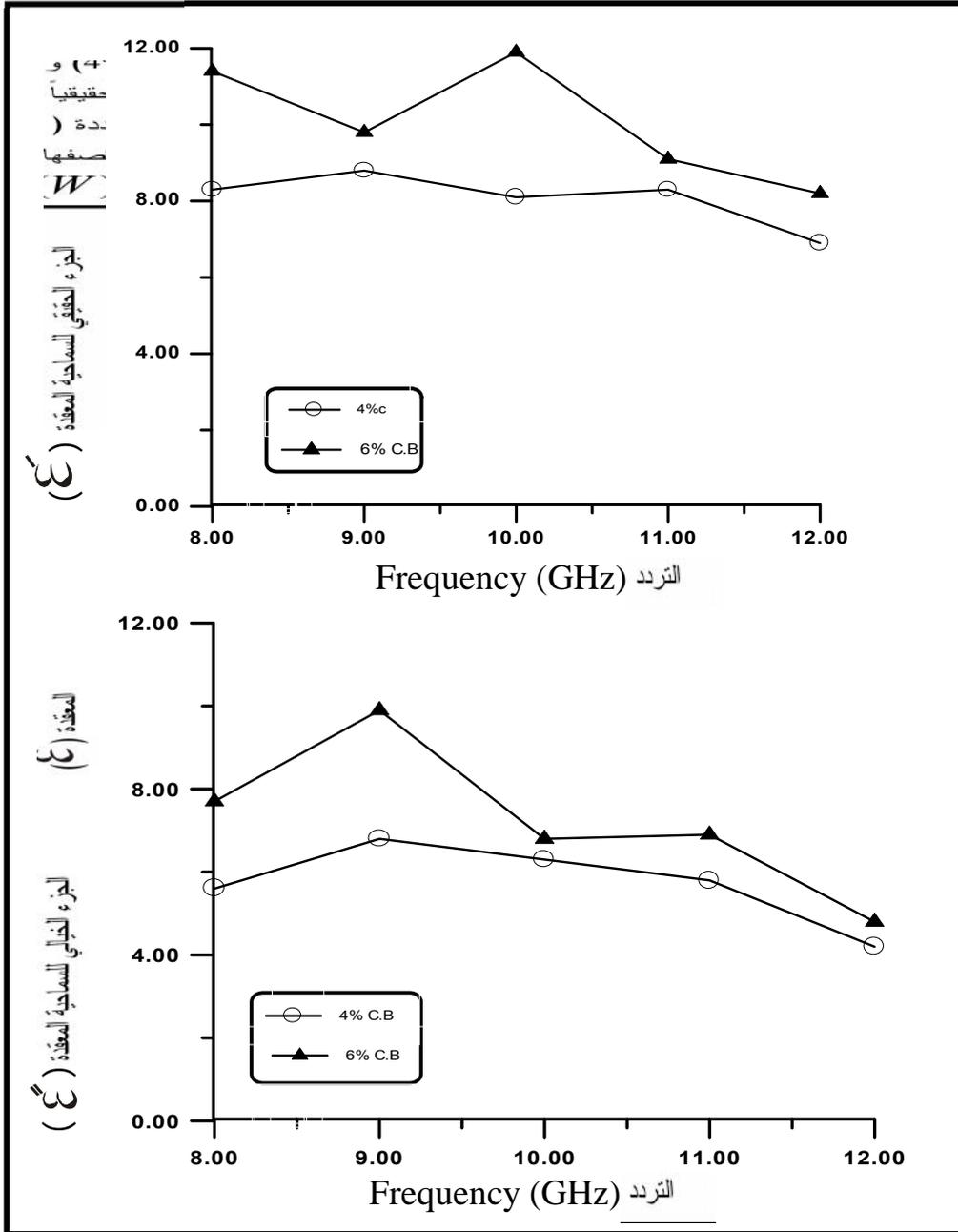


النتائج

ومما يعزز القول في الشكل (3-1) و (3-2) ماتم الحصول عليه في الشكل (3-3) فهو يوضح العلاقة بين الجزء الحقيقي (ϵ') والخيالي (ϵ'') للسماحية الكهربائية مع التردد لتركيزي (4%) و (6%) اسود . اذ نلاحظ ان النموذج الحاوي على تركيز (6%) اسود الكربون يمتلك جزءاً حقيقياً وخيالياً اعلى عليه في النموذج ذي تركيز (4%) اسود الكربون وعليه فان الطاقة المبددة (Dissipation Energy) في النموذج (6%) تكون اعلى لارتباطها الوثيق بالجزء الخيالي (ϵ'') كما تصفها العلاقة التالية:

$$W = (S / 2) * V_0 V'' E_0^2$$

الطاقة المبددة



الشكل (3-3): العلاقة بين الجزء الحقيقي والخيالي للسماحية المعقدة مع التردد لتركيزين

(4% ، 6%) اسود الكربون

النتائج

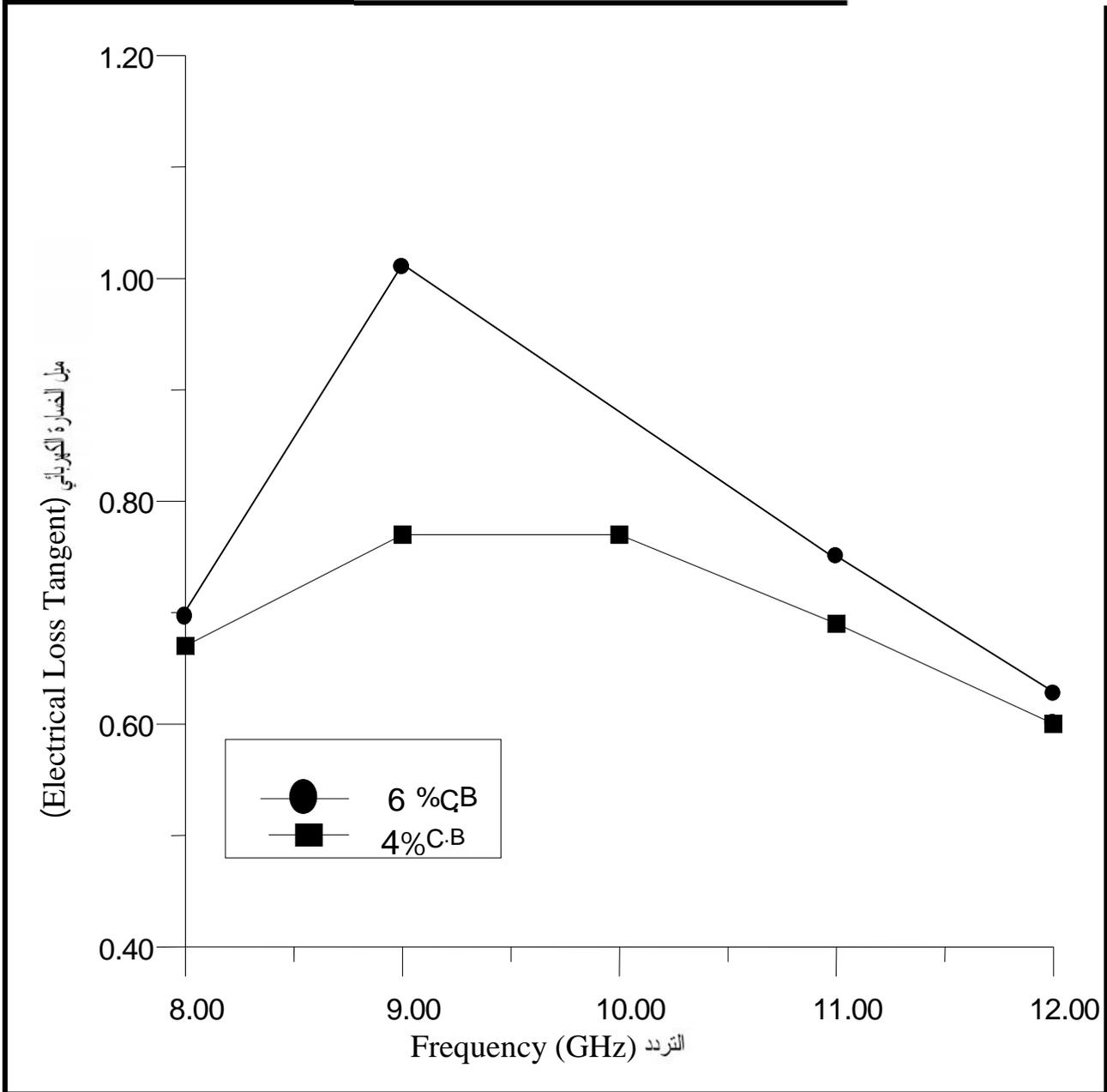
اما الشكل (3-4) فهو يوضح العلاقة بين ميل الخسارة الكهربائي (Electrical Loss Tangent) والذي

يساوي $\left(\frac{V''}{V'}\right)$ مع التردد للتركيزين (6% ، 4%) اسود الكربون. اذ يظهر هذا الشكل ان ميل الخسارة

الكهربائي لتركيز (6%) اسود الكربون اعلى بكثير مما هو عليه لـ (4%) ، ومنه يتأكد لنا ازدياد قابلية هذا

النموذج على امتصاص طاقة الموجات الرادارية بشكل من التركيز (4%) . اذ يعتبر ميل الخسارة

الكهربائي عاملاً أساسياً في تحديد كفاءة المادة لامتناس الموجات الرادار .

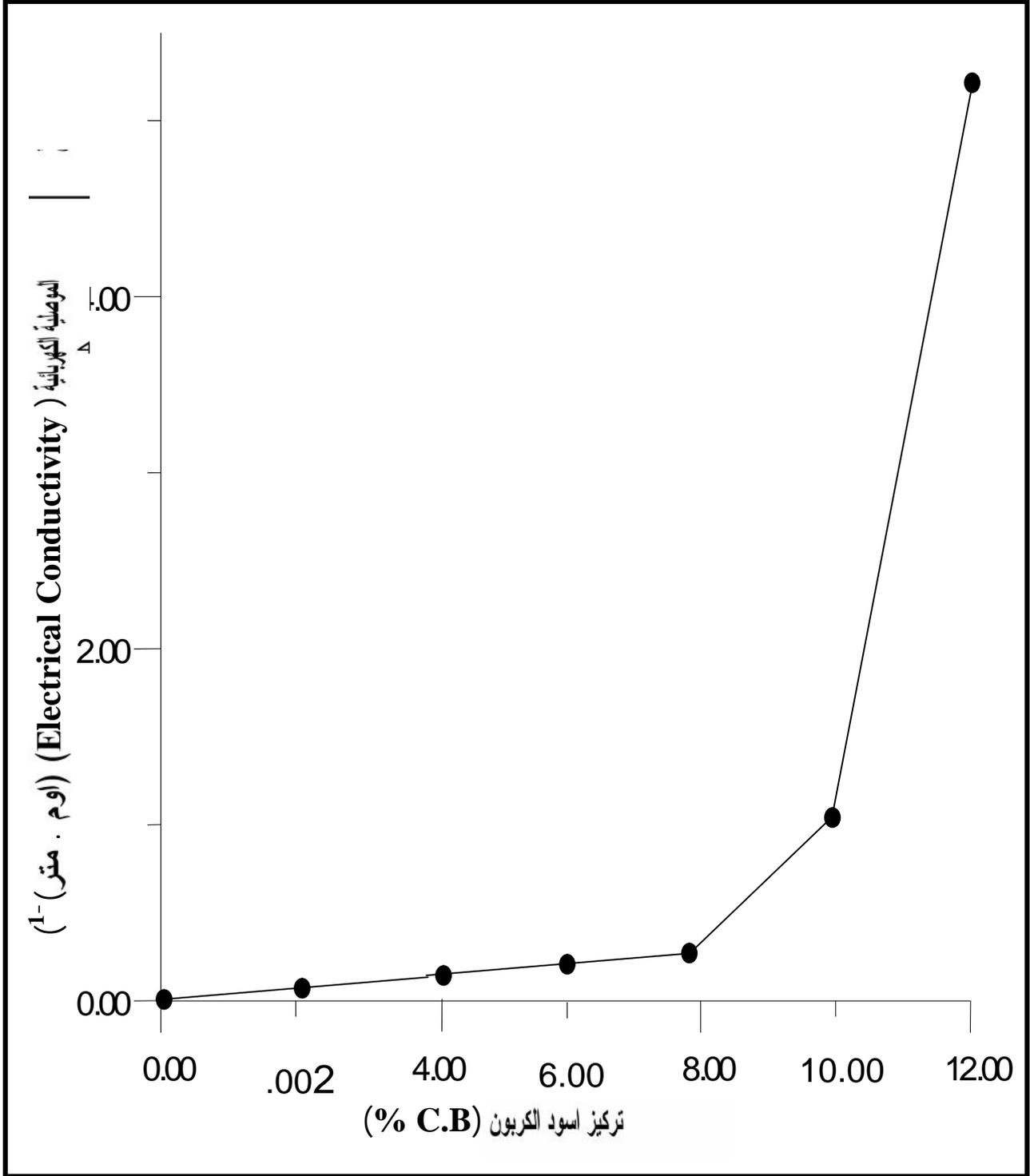


الشكل (3-4): العلاقة بين ميل الخسارة الكهربائي مع التردد لتركيزين (6% ، 4%) اسود

الكربون



والشكل (3-5) يوضح العلاقة بين الموصلية الكهربائية (Electrical Conductivity) (σ) مع تغير تركيز اسود الكربون ويلاحظ انه بزيادة التركيز تزداد الموصلية الكهربائية وتبلغ اعلى قيمة عند التركيز (12%) اسود الكربون اذ تساوي (5.2083) بوحدات (اوم . متر)⁻¹.



الشكل (3-5): العلاقة بين تركيز اسود الكربون في النماذج ومقدار الموصلية الكهربائية في كل نموذج



3-1-2: تأثير سمك النموذج على مقدار الامتصاصية

The Effect of Sample Thickness on the Absorption

الشكل (3-6) و (3-7) يوضحان العلاقة بين تغير السمك وخسارة طاقة الانعكاس لنموذجين الاول بتركيز (4%) اسود الكربون والثاني بتركيز (8%) اسود الكربون فبالنسبة للتركيز (4%) يبدي السمك (2.5mm) قابلية امتصاص اعلى من السمك (2mm) ويبلغ اقصى قابلية امتصاص له عند التردد (11.4GHz) وبمقدار (-2.4) ديسبل .

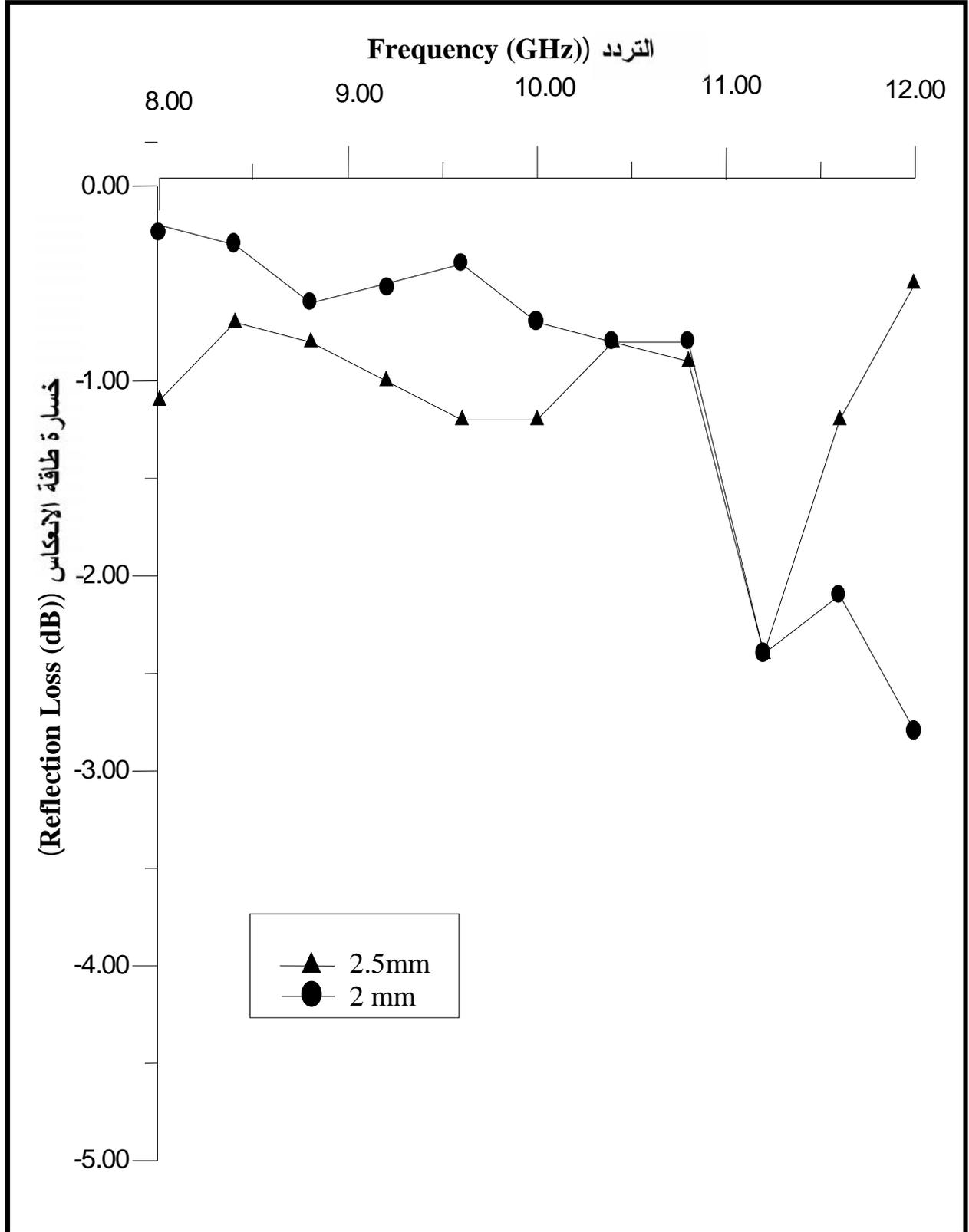
اما النموذج ذو تركيز (8%) اسود الكربون ففيه السمك (2.5mm) يعطي امتصاصية اعلى من السمك (2mm) وخاصة عند التردد (11.2GHz) اذ يبلغ مقدارها (-10.4) ديسبل والجدول الآتي يبين ذلك.

الجدول (3-2): العلاقة بين خسارة طاقة الانعكاس والتردد للنموذج الحاوي على (8%) اسود

الكربون وبسمك (2.5mm)

التردد (كيكا هيرتز)	خسارة طاقة الانعكاس (ديسبل)
8	-3.5
8.4	-2.6
8.8	-2.9
9.2	-3.7
9.6	-4.3
10	-4.4
10.4	-3.2
10.8	-3.7
11.2	-10.4
11.6	-3.7
12	-1.6

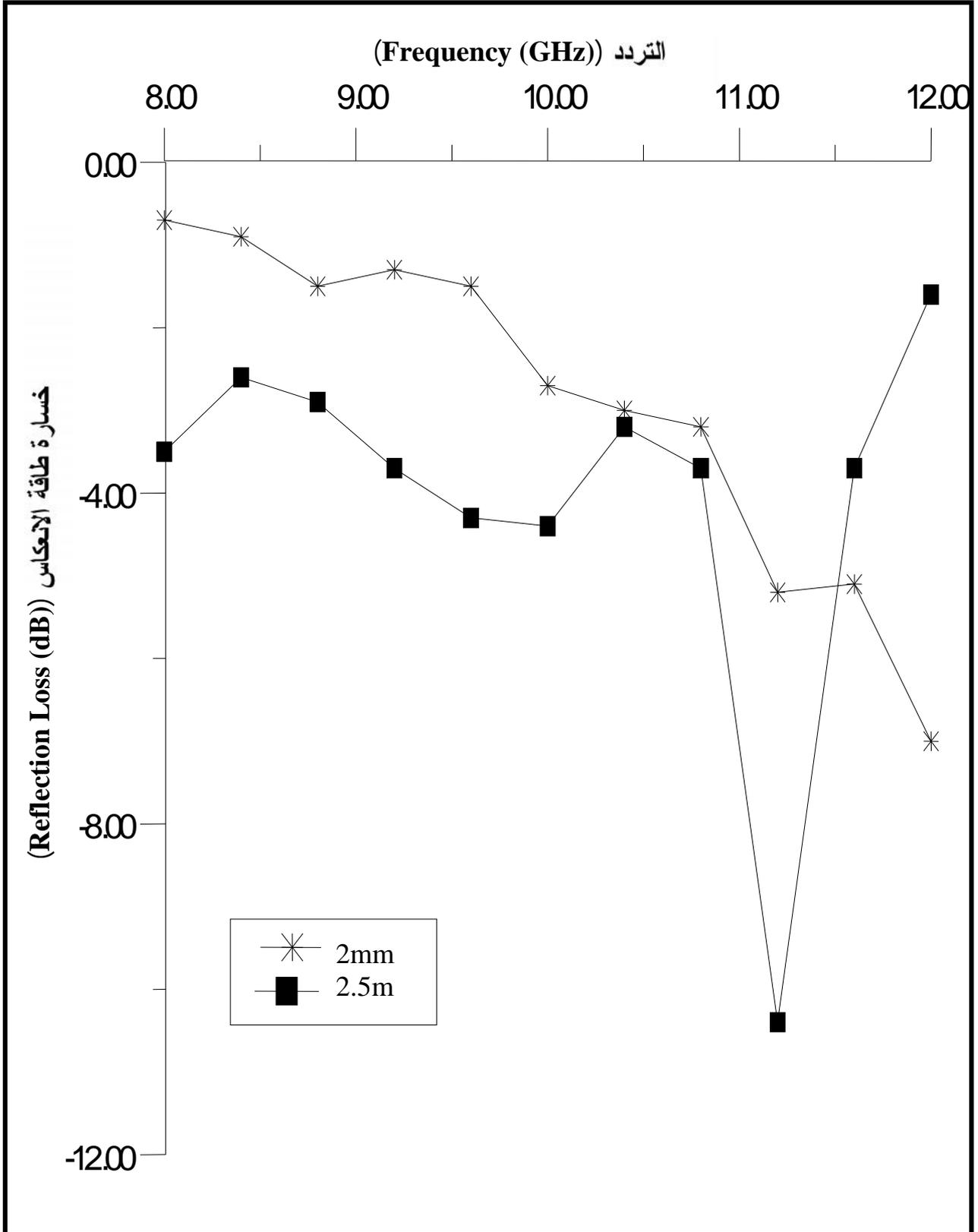




الشكل (3-6): العلاقة بين تغير السمك وخسارة طاقة الانعكاس لنسبة (4%) اسود

الكربون





الشكل (3-7): العلاقة بين تغير السمك وخسارة طاقة الانعكاس لنسبة (8%) اسود



3-1-3: تأثير استخدام طبقات من المادة الحاوية على اسود الكربون على امتصاص الموجات الرادارية

الاشكال (3-8) و (3-9) و (3-10) و (3-11) تبين العلاقة بين الطبقات وخسارة طاقة الانعكاس لتركيز (2% , 4% , 6% , 8%) اسود الكربون . ومن ملاحظة هذه الاشكال نجد ان هنالك علاقة واحدة تربطهن وهي ان الزيادة في عدد الطبقات تعقدار الامتصاصية ولمدى واسع من الترددات عما هو عليه في الطبقة الواحدة وبمقدار عال جداً .

فالشكل (3-8) يُظهر ان استخدام طبقتين (كل طبقة بسمك 2mm) لتركيز (2%) اسود الكربون تعطي امتصاصية اعلى من الطبقة الواحدة وخاصة ضمن حزمة الترددات التي يوضحها الجدول الآتي والمحصورة

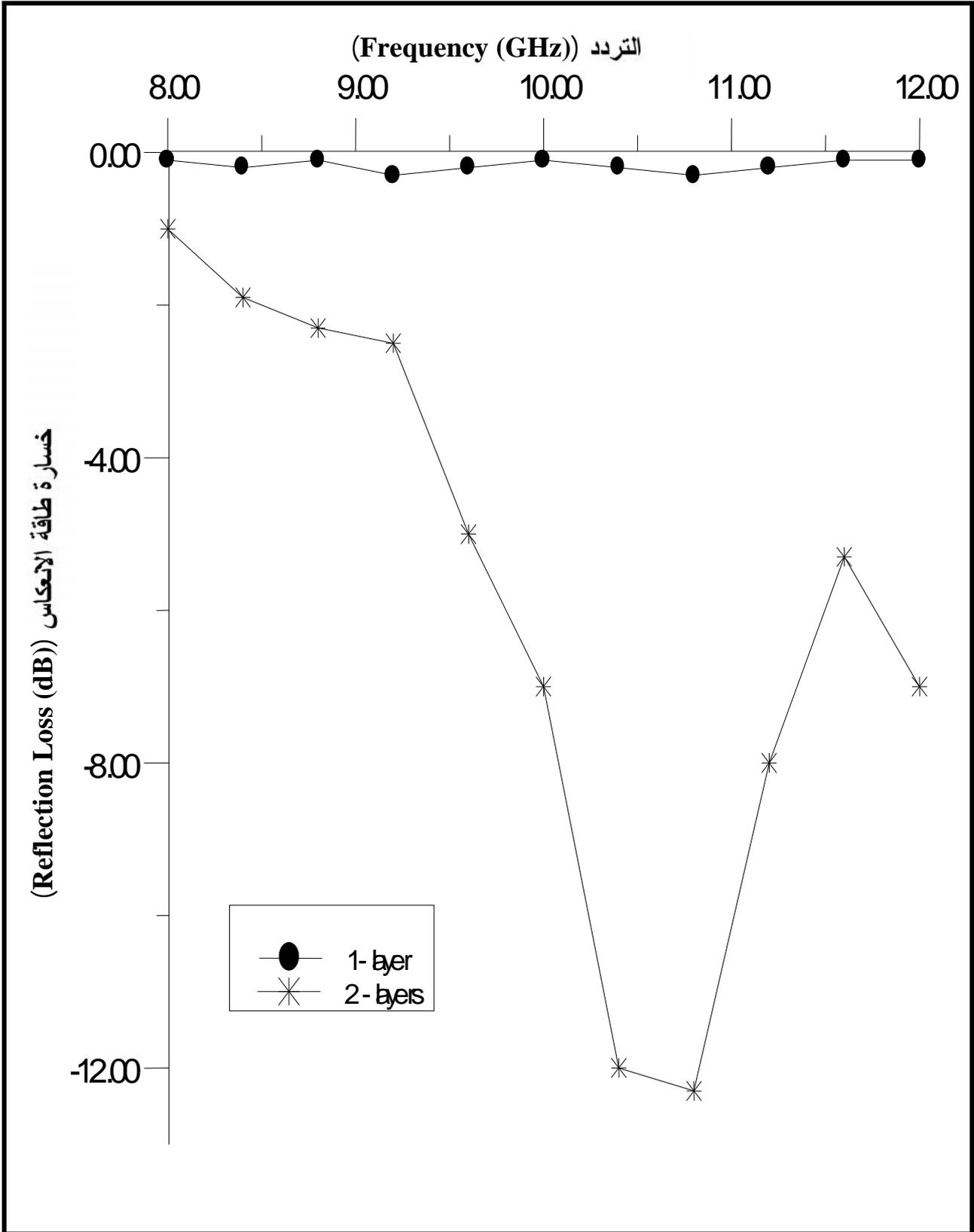
بين (9.6 – 12GHz) .

الجدول (3-3): العلاقة بين خسارة طاقة الانعكاس والتردد لطبقتين من النماذج الحاوية

على (2%) اسود الكربون

التردد (ميكا هيرتز)	خسارة طاقة الانعكاس (ديسبل)
9.6	-5
10	-7
10.4	-12
10.8	-12.3
11.2	-8
11.6	-5.3
12	-7





الشكل (3-8): العلاقة بين عدد الطبقات وخسارة طاقة الانعكاس لنسبة (2%) اسود

الكربون



النتائج

بينما الشكل (3-9) يعطي صورة واضحة جداً وهي انه بزيادة عدد الطبقات للنماذج الحاوية على تركيز (4%) اسود الكربون تعطي مدىً واسعاً لامتناس الموجات الرادارية ضمن الترددات الموجودة وكما

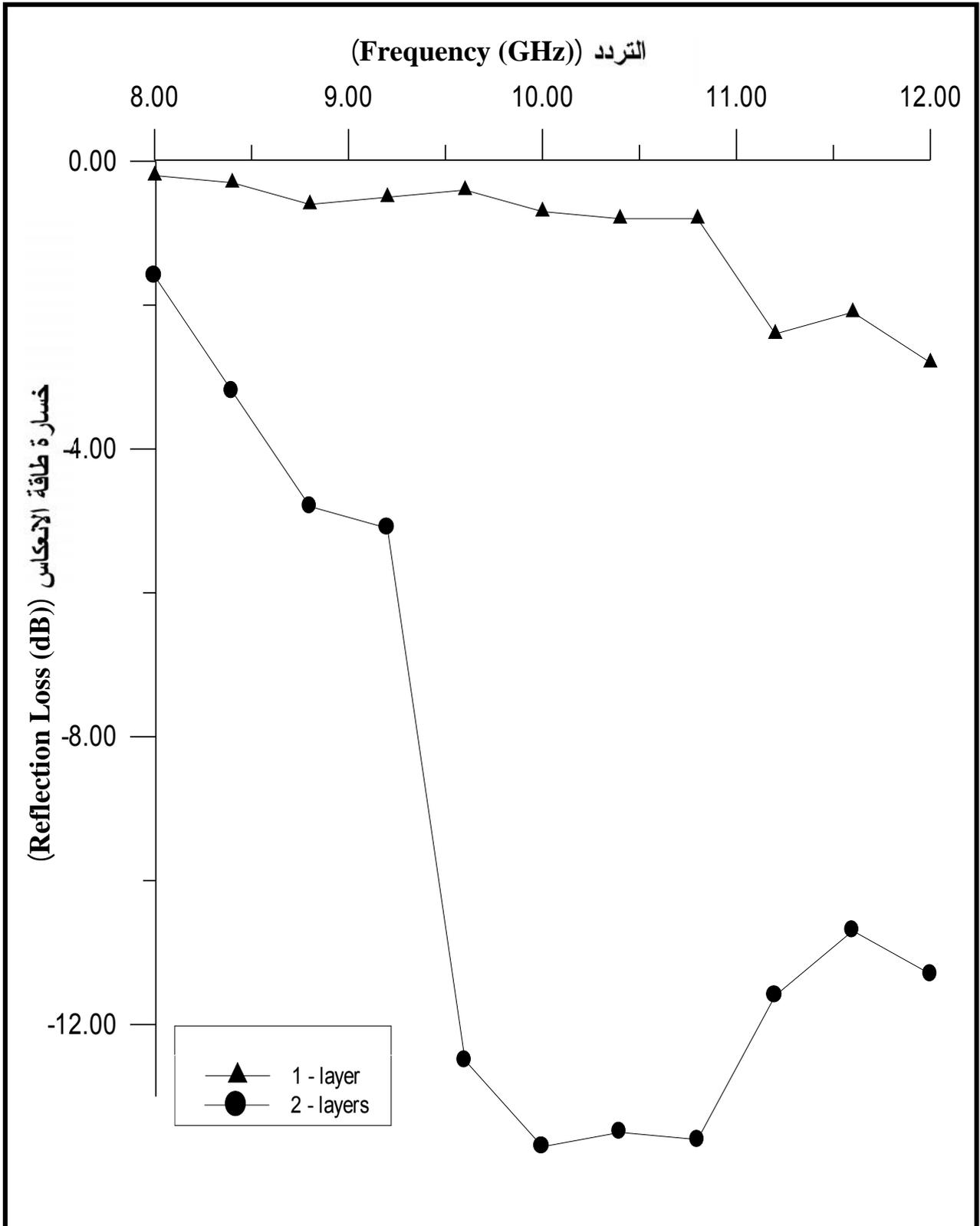
يوضحها الجدول الآتي :

الجدول (3-4) : قيم خسارة طاقة الانعكاس مع التردد لنماذج حاوية

على تركيز (4%) اسود الكربون وهيئة طبقتين

التردد (كيكا هيرتز)	خسارة طاقة الانعكاس (ديسبل)
8	-1.6
8.4	-3.2
8.8	-4.8
9.2	-5.1
9.6	-12.5
10	-13.7
10.4	-13.5
10.8	-13.7
11.2	-11.6
11.6	-10.7
12	-11.3





الشكل (9-3): العلاقة بين عدد الطبقات وخسارة طاقة الانعكاس لنسبة (4%) اسود

الكربون

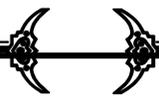
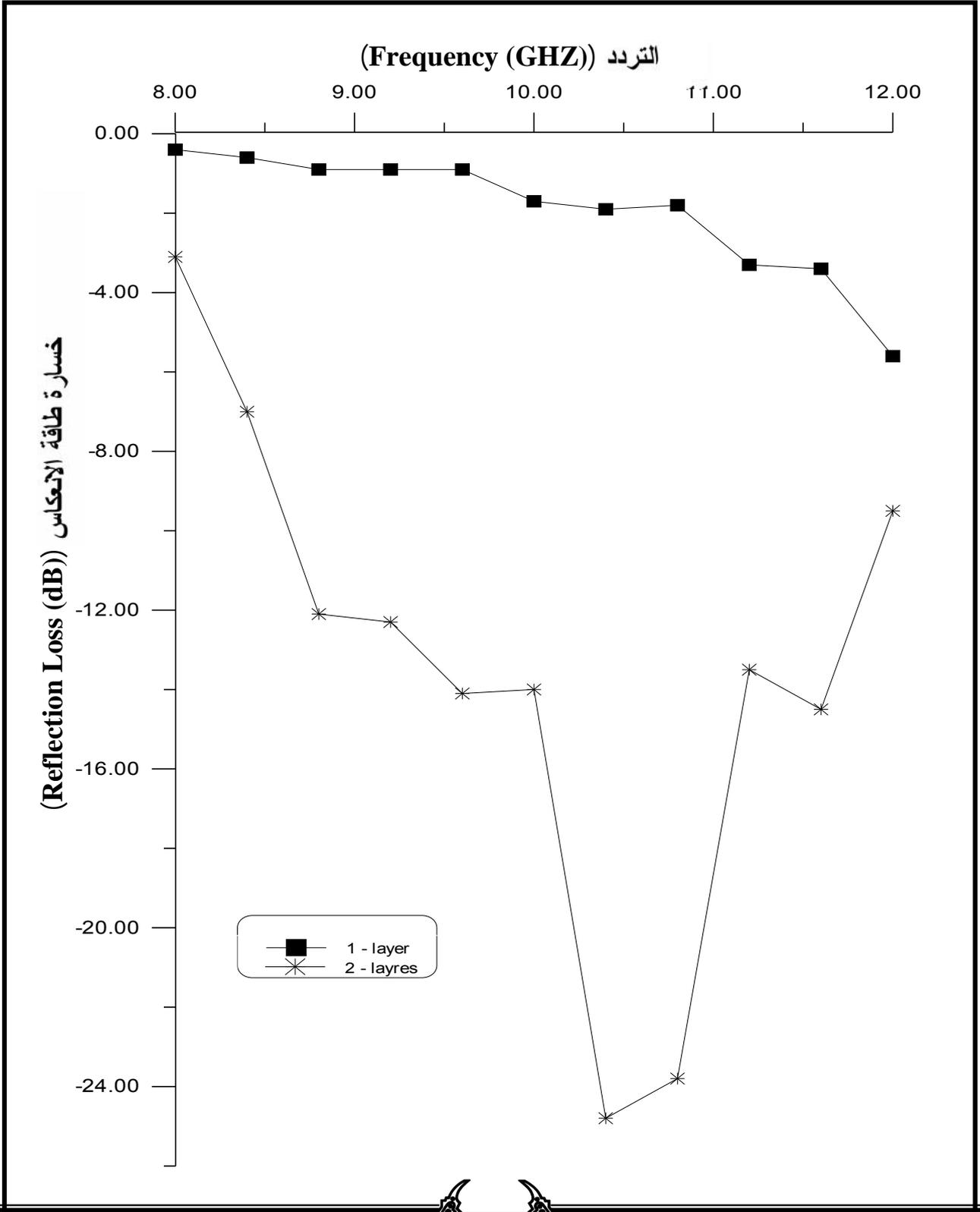
اما الشكل (10-3) فظهر من خلاله ان استخدام طبقتين لتركيز (6%) يعطي امتصاصية عالية وخاصة عند التردد (10.4GHz) ويبلغ مقدارها (-24.8) ديسبل كما يبينها الجدول الآتي :

الجدول (5-3): قيم خسارة طاقة الانعكاس مع التردد لنماذج حاوية

على تركيز (6%) اسود الكربون ونهية طبقتين

التردد (ميكا هيرتز)	خسارة طاقة الانعكاس (ديسبل)
8	-3.1
8.4	-7
8.8	-12.1
9.2	-12.3
9.6	-14
10	-14
10.4	-24.8
10.8	-23.8
11.2	-13.5
11.6	-14.5
12	-9.5



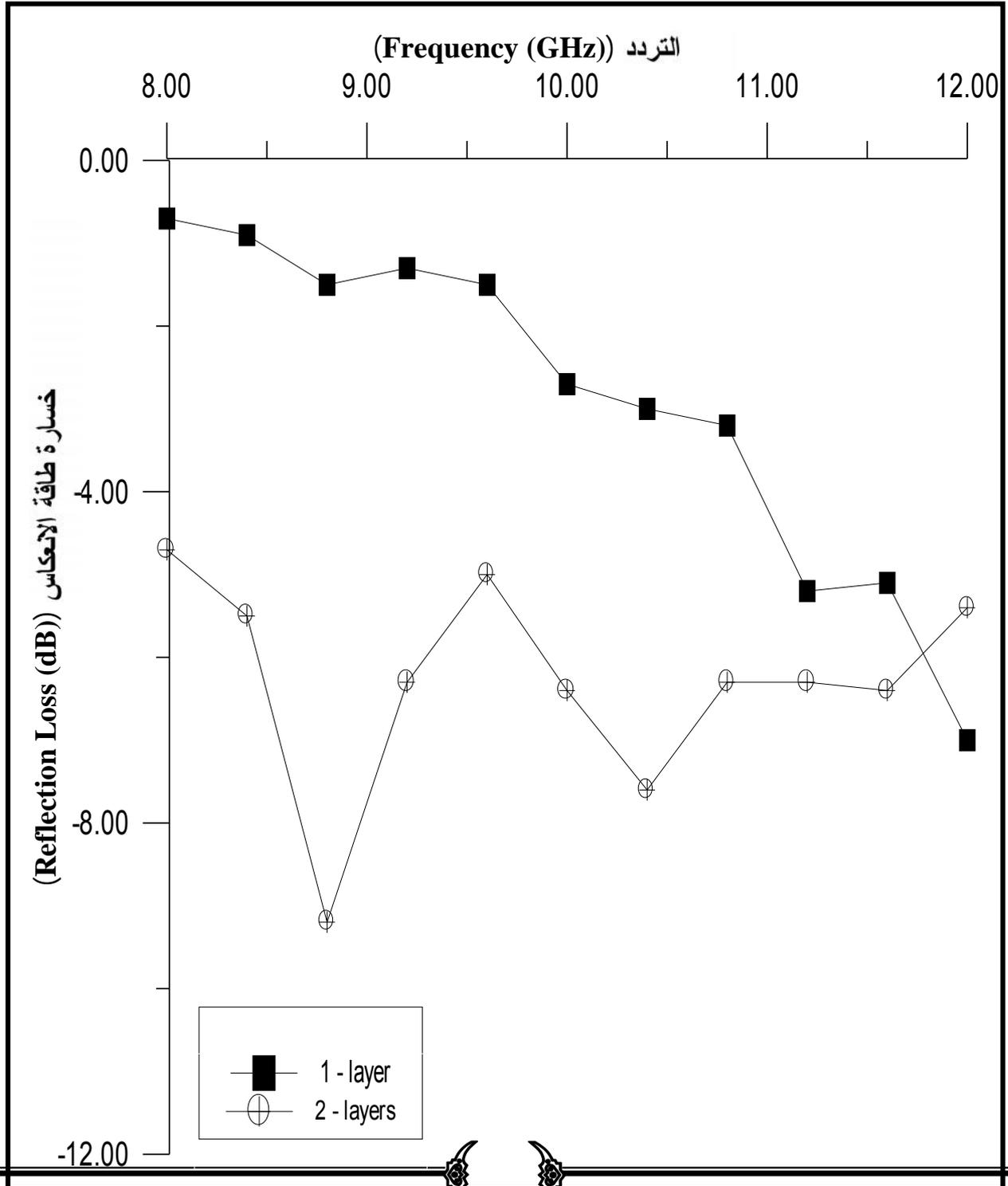


الشكل (10-3): العلاقة بين عدد الطبقات وخسارة طاقة الانعكاس لنسبة (6%) اسود

الكربون

اما الشكل (11-3) ففيه تأكيد كامل على انه باستخدام طبقات من المادة الماصة يزداد مقدار

الامتصاصية للموجات الرادارية .



الشكل (3-11): العلاقة بين خسارة الانعكاس وعدد الطبقات لنسبة (8%)

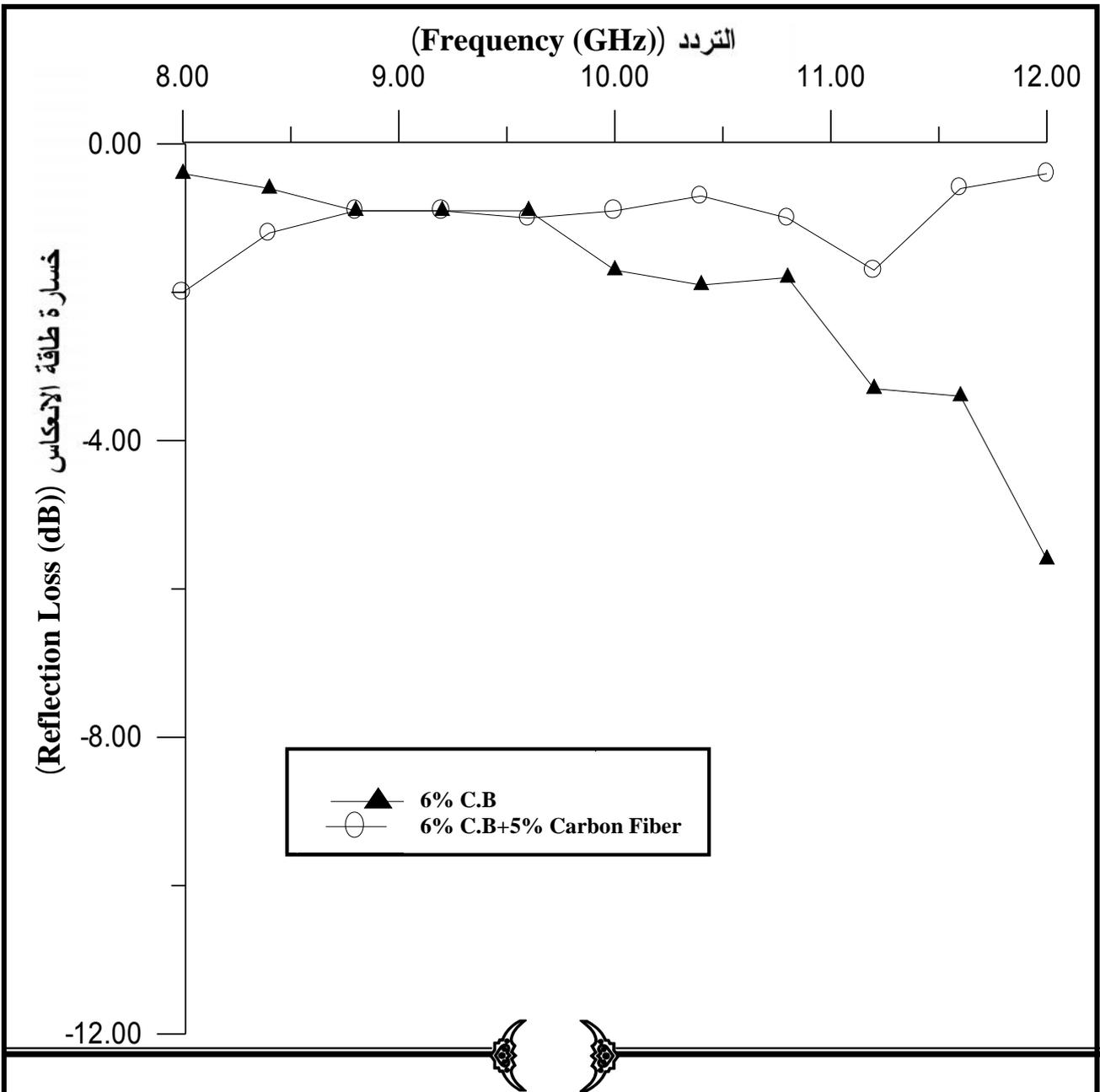
اسود الكربون

وزيادة التركيز لمادة الحشو الى حد عال يقلل من قابلية امتصاص المادة للموجات الرادارية وهذا ما

تؤكداه الاشكال (3-12) و (3-13) و (3-14) حيث انها توضح الفرق في مقدار خسارة طاقة الانعكاس

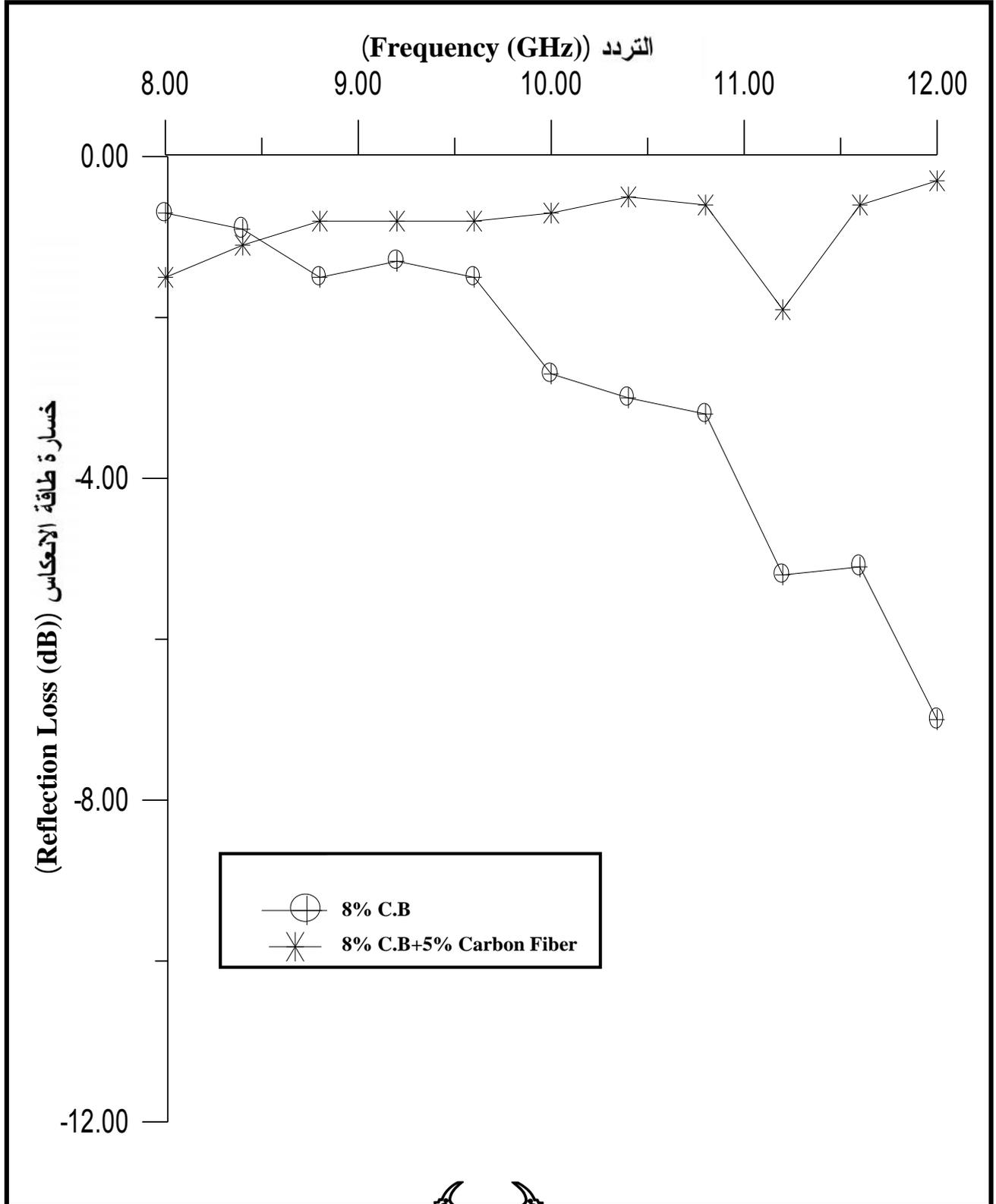
لنموذجين الاول يحتوي فقط تركيز اسود الكربون والثاني اسود الكربون بنفس التركيز في النموذج الاول مع

اضافة الياف الكربون اليه . ويظهر من خلال هذه الاشكال ان النموذج الثاني يعطي مقدار قليل



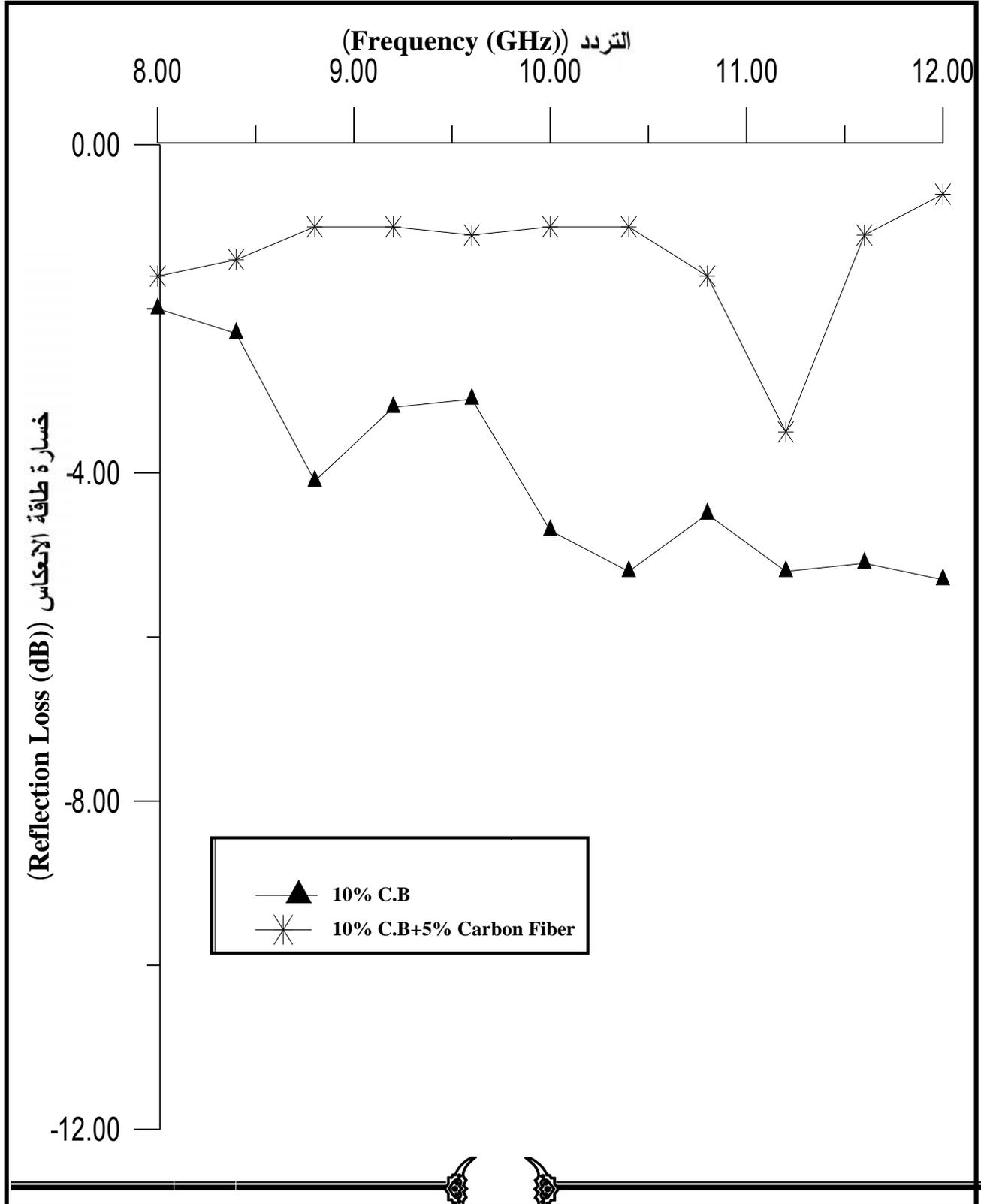
الشكل (12-3): الفرق في مقدار خسارة طاقة الانعكاس لنموذجين الاول (6%

C.B) والثاني (6% C.B +5% Carbon Fiber)



الشكل (3-13): الفرق في مقدار خسارة طاقة الانعكاس لنموذجين الاول

(8% C.B) والثاني (8% C.B +5% Carbon Fiber)



الشكل (3-14) : الفرق في مقدار خسارة طاقة الانعكاس لنموذجين الاول (10%

(C.B والثاني (10% C.B +5% Carbon Fiber)

3-2: النتائج المتعلقة بالنماذج الحاوية على مادة الحشو (المغنتايت) :

اجريت نفس الفت التي تم اجراؤها على النماذج الحاوية على مادة الحشو (اسود الكربون) وتضمنت النتائج أيضاً مجموعة من العوامل التي اثرت على مقدار امتصاصية الموجات الرادارية شملت

3-2-1: تأثير التركيز

الشكل (3-15) يوضح العلاقة بين تغير التركيز وطاقة الامتصاص للموجات الرادارية لاربعة نماذج

كل نموذج بسمك (2mm) حاوية على التراكيز (10% , 20% , 30% , 40%) مادة المغنتايت .

ويظهر انه بزيادة التركيز تزداد خسارة طاقة الانعكاس وتصل ذروتها عند النموذج الحاوي على

(40%) مغنتايت وخاصة عند التردد (11.2GHz) اذ تبلغ قيمة خسارة طاقة الانعكاس عند هذا التردد

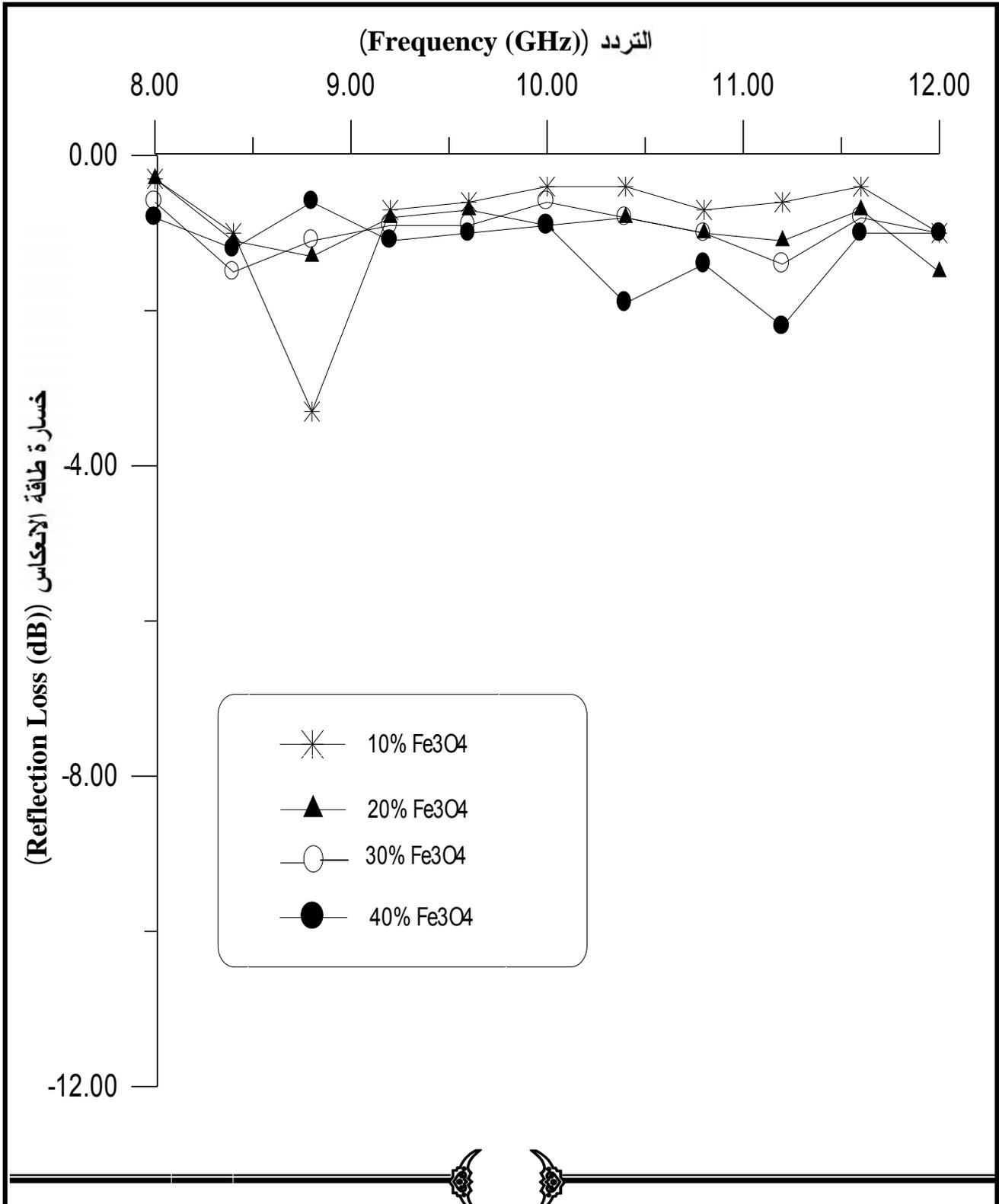
مقداراً يساوي (-202) ديسبل . والجدول الآتي يبين ذلك بالنسبة للنموذج (40%) مغنتايت .

الجدول (3-6) :العلاقة بين خسارة طاقة الانعكاس والتردد للنموذج الحاوي

على (40%) مغنتايت

التردد (كيكا هيرتز)	خسارة طاقة الانعكاس (ديسبل)
8	-0.8
8.4	-1
8.8	-0.7
9.2	-1.1
9.6	-1.5
10	-1
10.4	-1.1
10.8	-1.9

-2.2	11.2
-1	11.6
-1.2	12



الشكل (3-15) : العلاقة بين زيادة تركيز المغنثايت (Fe_3O_4) وخسارة

طاقة الانعكاس

2-2-3: تأثير استخدام طبقات من المادة الحاوية على المغنثايت على امتصاص الموجات الرادارية الاشكال (3-16) و (3-17) و (3-18) توضح العلاقة بين عدد الطبقات للنماذج الحاوية على تراكيز (10% , 20% , 40%) مغنثايت وخسارة طاقة الانعكاس . فالشكل (3-16) يُظهر ان استخدام ثلاث طبقات كل طبقة بسمك (2mm) افضل بكثير من استخدام طبقة واحدة لتركيز (10%) مغنثايت . اذ تعطي الطبقات الثلاث مدىً واسعاً للامتصاص من تردد (8GHz) الى حد (10GHz) ، بعدها تظهر الطبقتان اداء افضل وخاصة من التردد (10.4GHz) الى حد تردد (12GHz) ولكن بمستوى امتصاص للموجة ليس اعلى مما ينتج عن الطبقات الثلاث .

والشكلان (3-17) و (3-18) يظهران التصرف نفسه مع العلم ان الشكل (3-18) يستخدم مقارنة بين طبقة واحدة وطبقتين لتركيز (40%) مغنثايت حيث تظهر الطبقتين دوراً فعالاً في عملية الامتصاص كما يظهره الجدول الآتي :

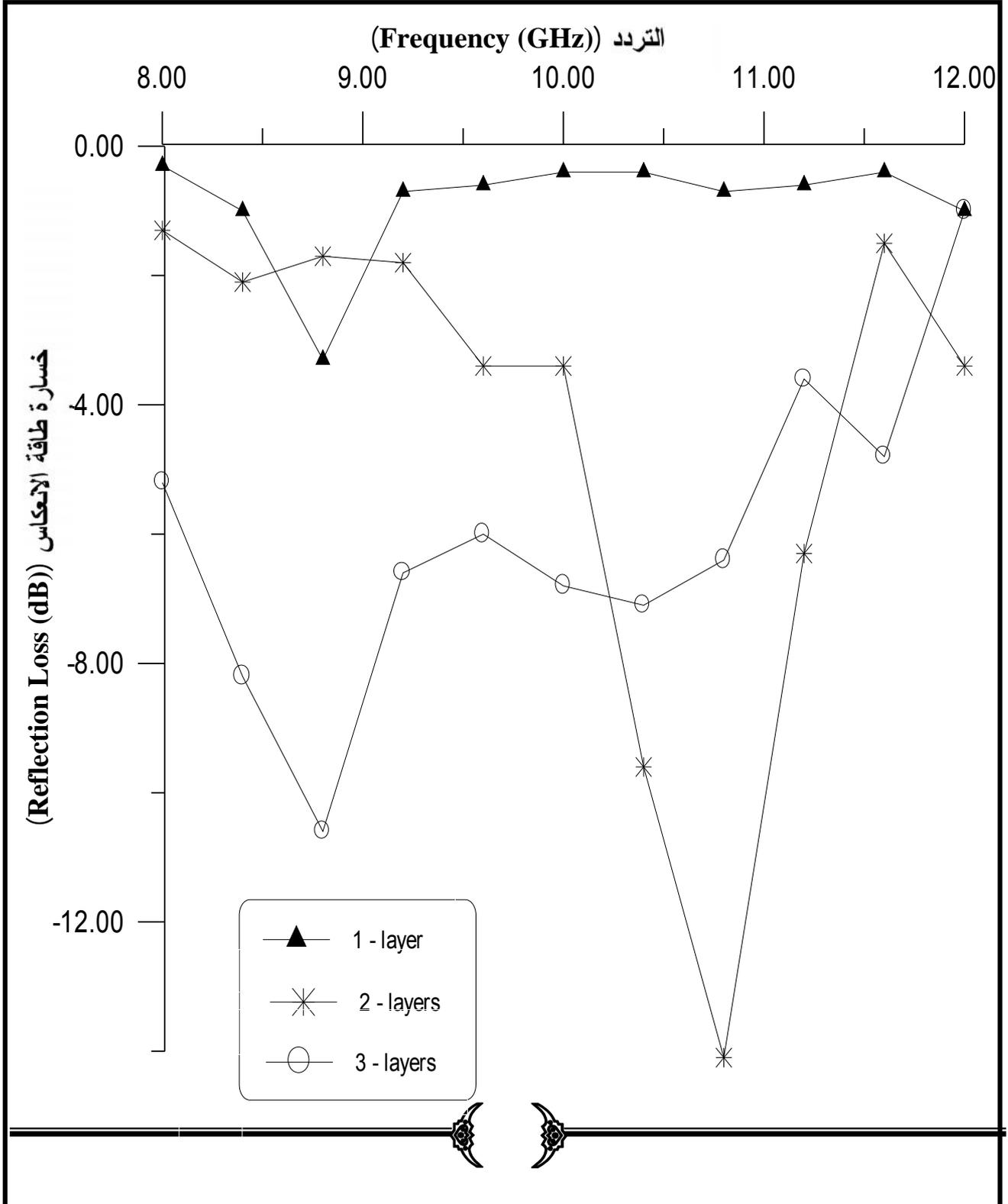
الجدول (3-7) : العلاقة بين خسارة طاقة الانعكاس والتردد لطبقتين كل طبقة

بسمك (2mm) وحاوية على تركيز (40%) مغنثايت

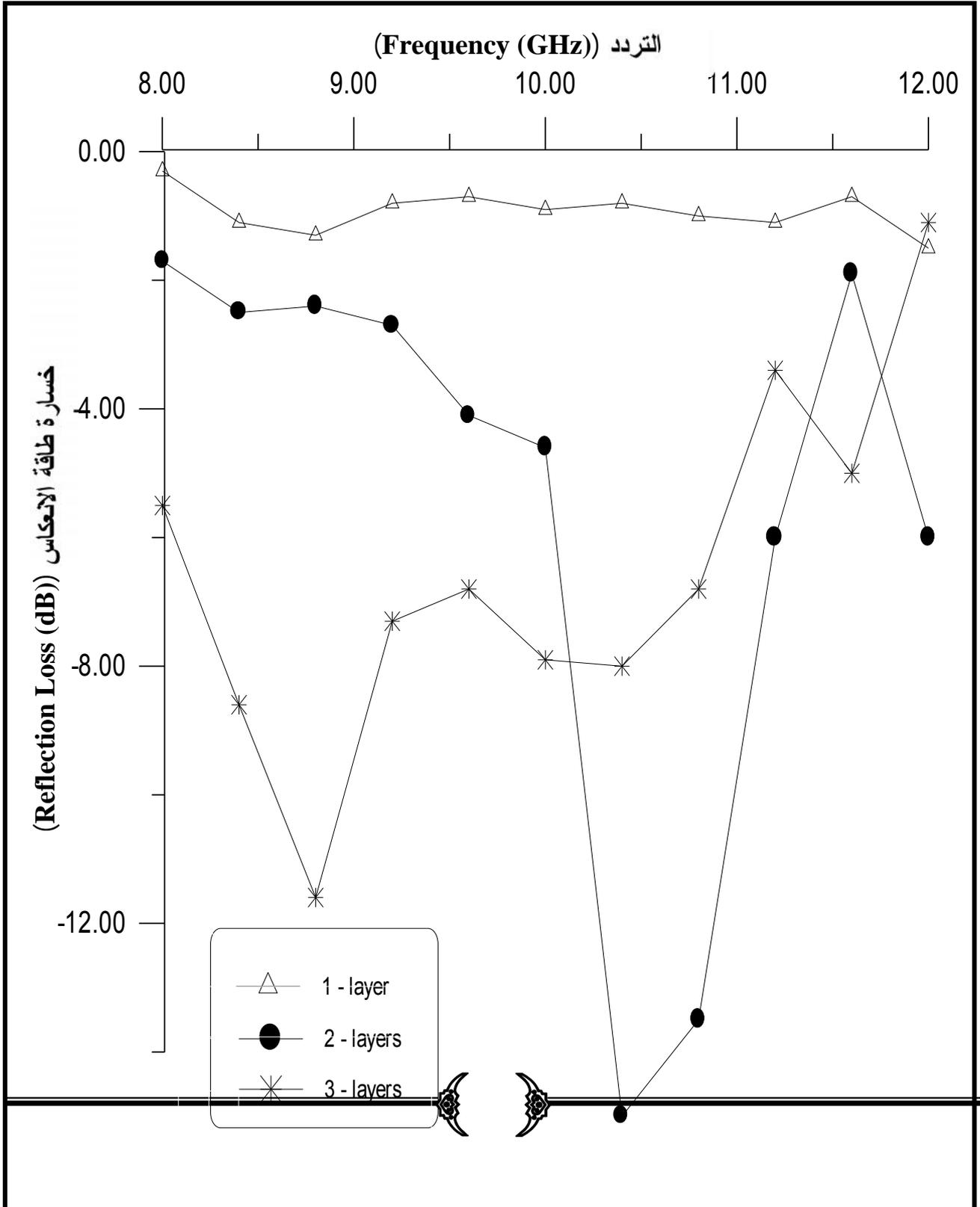
التردد (كيكا هيرتز)	بكا هيرتز	خسارة طاقة الانعكاس (ديسبل)
8		-2.4
8.4		-3
8.8		-3.5
9.2		-4.6
9.6		-7.1
10		-10
10.4		-11
10.8		-14.7

النتائج

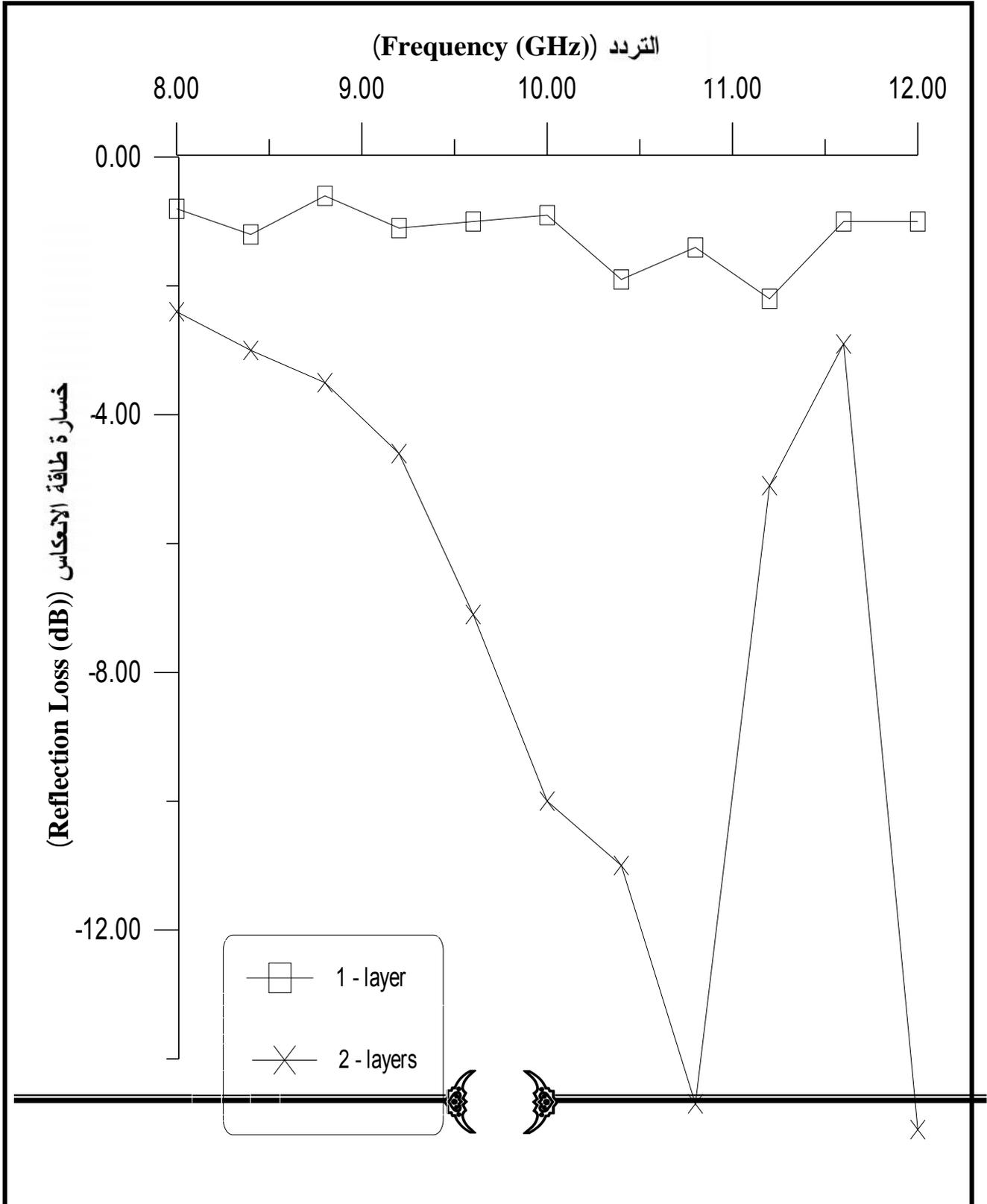
-5.1	11.2
-2.9	11.6
-15.1	12



الشكل (3-16): العلاقة بين عدد الطبقات وخسارة طاقة الانعكاس لنسبة (10% Fe₃O₄)



الشكل (17-3): العلاقة بين عدد الطبقات وخسارة طاقة الانعكاس لنسبة
(20% Fe_3O_4)



الشكل (3-18): العلاقة بين عدد الطبقات وخسارة طاقة الانعكاس لنسبة

(40% Fe₃O₄)

3-3: النتائج المتعلقة بالنماذج الحاوية على مادة الحشو (الباريوم فرايت)

الاشكال (3-19) و (3-20) و (3-21) و (3-22) توضح العلاقة بين التردد وخسارة طاقة

الانعكاس لمجموعة من العينات الحاوية على تراكيز (10% , 20% , 30% , 40%) باريوم – فرايت وكل

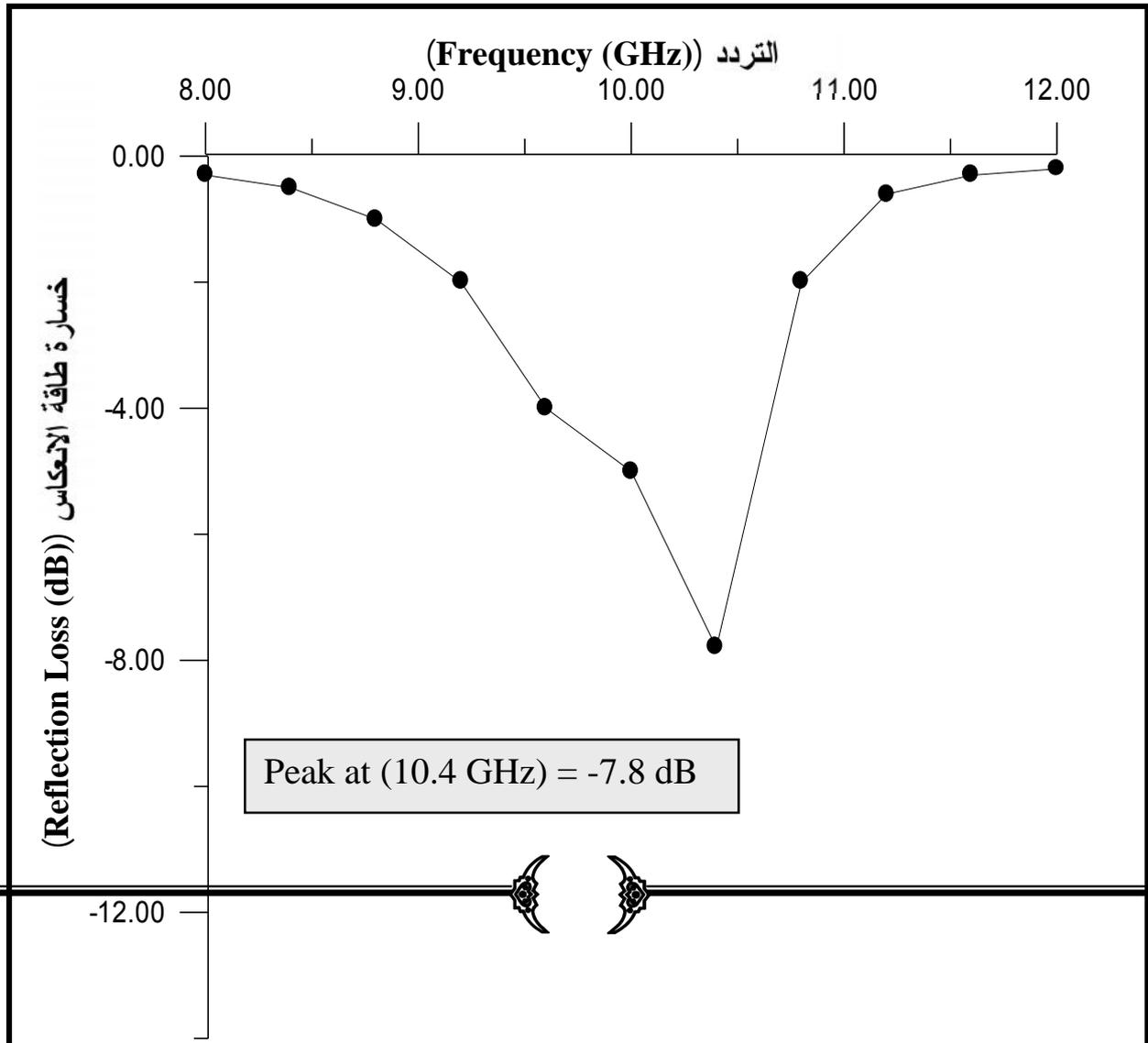
عينة بسمك (3mm) .

اذ تظهر هذه الاشكال ان قابلية الامتصاص تكون محددة ضمن حزم ترددية ضيقة وفضل اداء يكون

عند التركيز (40%) باريوم فرايت وخاصة عند التردد (11.3GHz) اذ تبلغ خسارة طاقة الانعكاس عند هذا

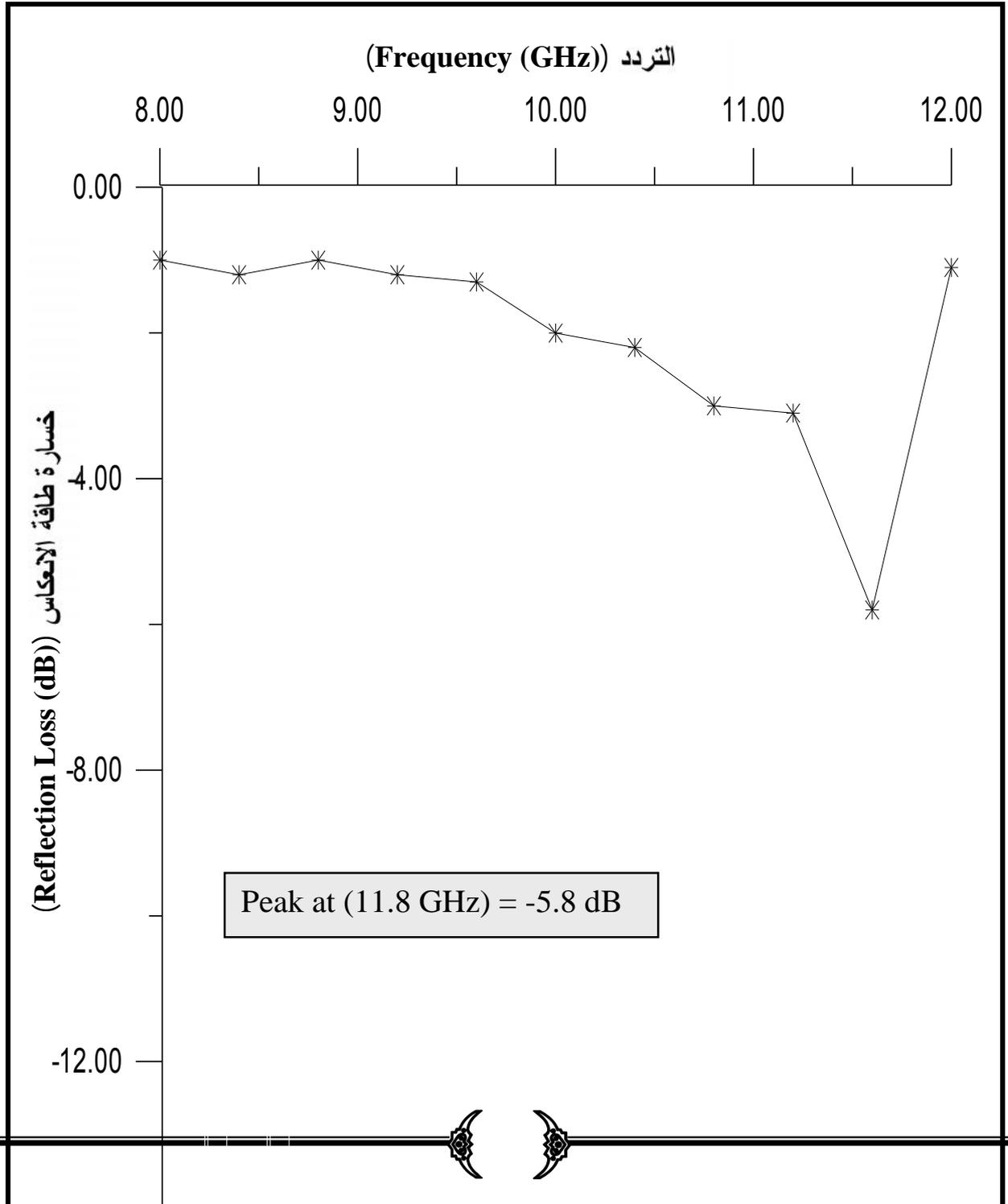
التردد مقداراً يساوي (-16.6) ديسبل . وهذا هو المعروف عن مركبات الفرايت فهي فعالة جداً ضد اشارات

الرادار التقليدية ذات العرض النسبي القليل .



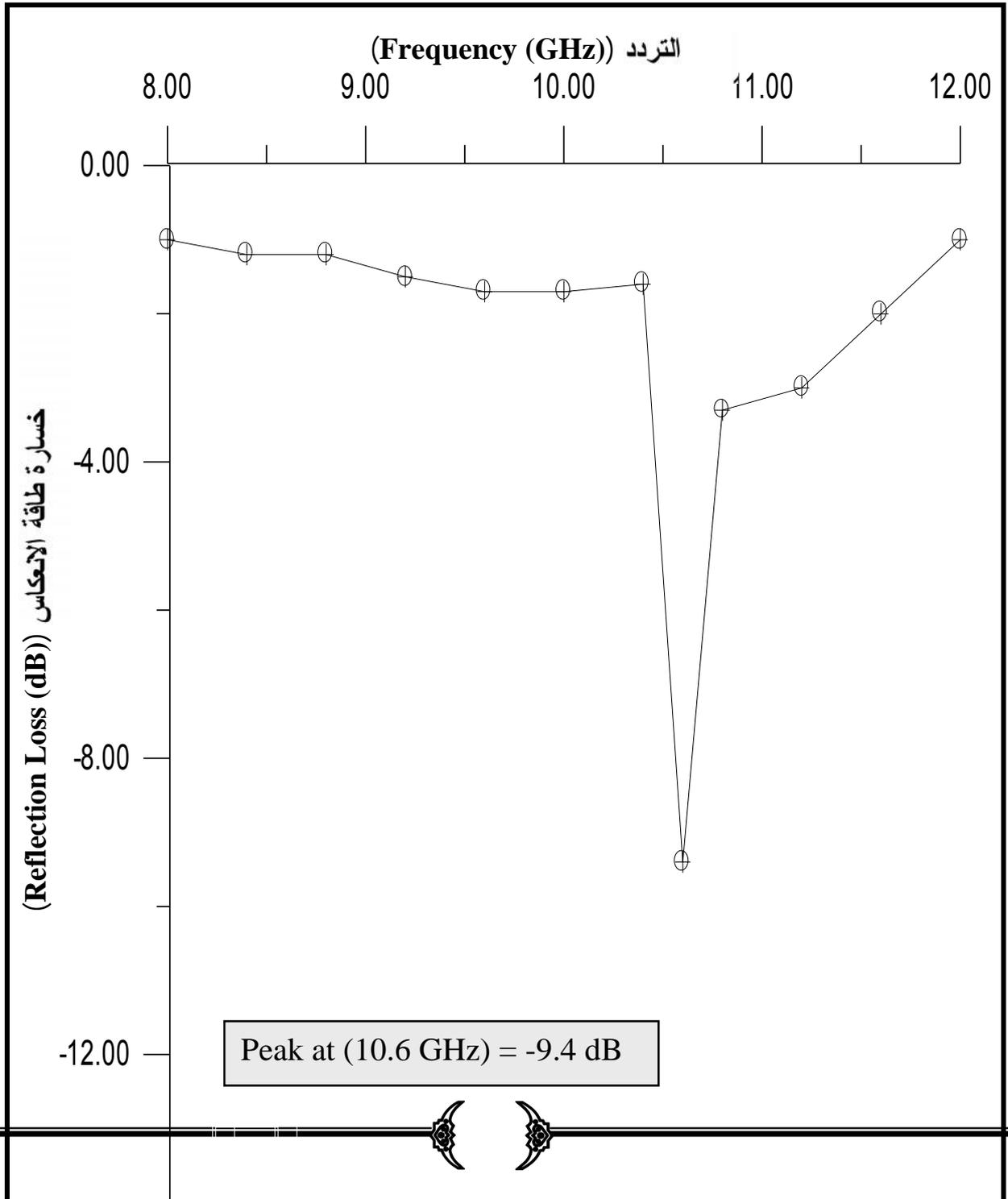
الشكل (3-19): العلاقة بين التردد و خسارة طاقة الانعكاس لعينة تخنوي (10%)

باريوم فرايت وبسمك (3mm)

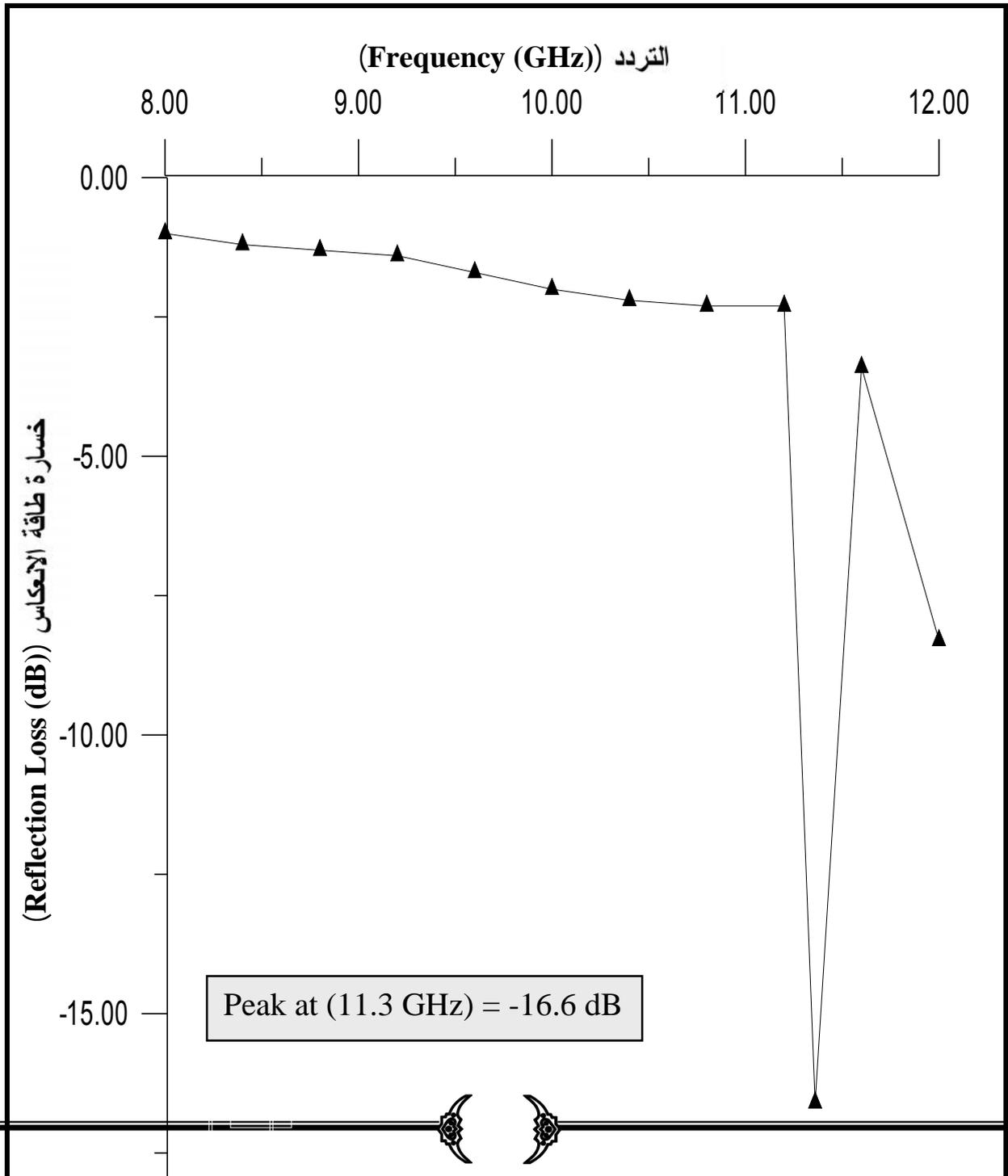


الشكل (20-3): العلاقة بين التردد وخسارة طاقة الانعكاس لعينة تخوي (20%)

باريوم فرايت وبسمك (3mm)



الشكل (3-21): العلاقة بين التردد، وخسارة طاقة الانعكاس لعينة تخنوي على
(30%) بامريوم-فرايت وبسمك (3mm)



الشكل (3-22): العلاقة بين التردد، وخسارة طاقة الانعكاس لعينة تحتوي على

(40%) باريوم فرايت وبسمك (3mm)



المناقشة Discussion

4-1: المقدمة Introduction :

تتناول هذه الدراسة تحضير مواد ماصة للموجات المايكروية وهذه السمة تؤهلها لتطبيقات يومية عديدة سواء منها المدنية او العسكرية . ففي الجانب المدني مثلاً ونتيجة لزيادة الدوائر الالكترونية التي تستخدم ترددات عالية في عملها أصبح من الضروري عزل الانظمة الالكترونية الحاوية على هذه الدوائر بعوازل مصنعة من هذه المواد . كما تستخدم بنطاق واسع كحواجز واقية داخل الافران المايكروية لمنع تسرب الاشعاع الى الجو . اما الجانب العسكري فلهذه دور كبير في الحماية للاهداف الثابتة والمتحركة . فقد بات معروفاً ان اختيار المادة للموجات الرادارية (RAM) يلعب دوراً حاسماً في التمويه (Stealth) والاختفاء للاهداف الثابتة والمتحركة .

ومنذ السبعينات وعلى و. التحديد بعد حرب عام 1973 مابين العرب والكيان الصهيوني عندما استطاعت صواريخ سام المصرية الموجهة بالرادار (Radar Guide Missiles) اسقاط اعداد كبيرة جداً من الطائرات الصهيونية ساد مراكز البحوث المتخصصة في كثير من البلدان الصناعية تزامم محموم لادراك ماتطوي عليه عمليات امتصاص (Absorption) وتشتيت (Scattering) هذه الموجات . وتكتسب هذه الدراسة اهميتها من امكانية وقاية الاهداف من الكشف الراداري لتلافي الاضرار التي قد تترتب على ذلك .

كما تعطي هذه التقنية في المجال العسكري ايضا امكانية الضربة الاولى بقيام الطائرات المتخفية عن الرادار (Stealth Aircraft) باختراق الدفاعات المعادية دون كشفها . ان المادة الماصة للموجات الرادارية لا تكفي وحدها لحماية الهدف بل ينبىء من التصميم (Design) المناسب الذي يعطي مع المواد (RAM) فعالية عالية للتمويه .

4-2: سلوك المادة الاساس Behavior of Matrix Material :

المادة الاساس تمثل البولي اثيلين العالي الكثافة (High Density Polyethylene) وعند تعرضها الى الترددات من (8) الى (12) كيكاهيرتز بواسطة جهاز (Network analyzer HB 8510C) ولأكثر من مرة لم ينحس لاز أية اعاقاة (امتصاص) وكانت قراءة الجهاز صفراً .

4-3: تأثير مواد الحشو Effect of Filler Materials

4-3-1: أسود الكربون Carbon Black :

يُظهر الشكلان (3-1) و (3-2) ان زيادة تركيز هذه المادة (اسود الكربون) يرافقها ارتفاع في امتصاص الموجات الرادارية . اذ تزداد هذه القابلية بارتفاع نسبة اسود الكربون الى قيمة عظمى (Maximum) عند مقدار في حدود (10%) ثم تتناقص بعدها القدرة على الامتصاص . ان هذه المنحنيات

تؤشر حقيقة أخرى هي أن زيادة التردد تتسبب في ارتفاع الامتصاصية بطريقة مشابهة لما ينتج عن الزيادة في المحتوى التآثير واضحا في الشكل (2-3) . ويرجع ذلك الى ان زيادة التركيز تؤدي الى ارتفاع قيمة السماحية الكهربائية المعقدة (Complex Permittivity) للمادة المركبة (البند 5-1) و (البند 6-1) ، اذ يزداد جزؤها الحقيقي (Real Part) بسبب زيادة عدد الدايبولات (ثنائيات الاقطاب) الناتجة من عمليات الاستقطاب الالكتروني (Electronic Polarization) ويرافق ذلك زيادة في الجزء الخيالي (Imaginary Part) بسبب زيادة الموصلية الكهربائية للمادة المركبة [40] .

فمن خلال العلاقة التالية ($\epsilon_r = \frac{1}{\omega \epsilon_0 R}$) يظهر لنا ان الجزء المبدد للطاقة هنا معتمد اساسا على

مقدار الموصلية الكهربائية (Electrical Conductivity ($\bar{\sigma}$)) التي تتولد بسبب اضافة اسود الكربون (البند 6-1) ، وقد تم قياس ذلك عمليا خلال البحث الحالي كما سيتم التطرق اليه لاحقا في هذا البند . وتتحكم

قيمة السماحية المعقدة بشكل كبير بقيمة اعاقه المادة الماصة للموجة الرادارية (Impedance (Z))

(البند 8-1) والتي تحكم بدورها مقدار قيمة معامل الانعكاس (Reflection Coefficient (R)) .

فيزيادة السماحية المعقدة تتخفض قيمة معامل الانعكاس وتزداد خسارة طاقة الانعكاس (Reflection

Loss) (البند 8-1) . وهذا يشابه ما توصل اليه الباحث (E.F. Knott) والباحث (H. F. Harmuth)

[9] [7] .

وتسحب النتيجة ذاتها على تأثير التردد في امتصاص الموجة الرادارية ، ويرجع ذلك الى الترابط

الوثيق بين السماحية المعقدة وقيمات تردد (البند 5-1) و (البند 6-1) .

وما يعزز القول في زيادة السماحية المعقدة بـه الشكل (3-3) ، اذ تزداد قيم السماحية المعقدة

بزيادة التركيز . وينجم عن زيادة السماحية المعقدة زيادة ميل الخسارة الكهربائي (The Electrical Loss

Tangent) كما يبينه الشكل (4-3) وهذا تأكيد قوي على انه بزيادة التركيز تزداد قابلية الامتصاص

للموجات الرادارية وهذا مطابق لما اشار اليه الباحث (E. F. Knott) [9] ، اذ انه بزيادة ميل الخسارة

الموجات الرادارية وهذا مطابق لما اشار اليه الباحث (E. F. Knott) [9] ، اذ انه بزيادة ميل الخسارة

الكهربائي للمادة تزداد قابليتها لامتصاص الموجات الرادارية .

ويظهر الشكل (5-3) انه بزيادة التركيز فان الموصلية الكهربائية سوف تزداد بسبب زيادة مادة الحشو

الموصلة للكهربائية وهذا يعزز ما ورد في الاشكال (1-3) و (2-3) .

وبلعب سمك المادة الماصة للموجات الرادارية دورا كبيرا في عملية الامتصاص ، اذ بزيادة السمك

لنفس التركيز تزداد قابلية الام لمدى واسع جدا ، وهذا ما نجده في الشكل (6-3) و (7-3) ويرجع

لى انه في السمك الثاني (2.5mm) تكون كمية مادة الحشو المضافة اكبر مما في حالة (2mm)

وبالتالي زيادة المقدار (ϵ_r) الذي يتسبب في زيادة قيمة الطاقة المبددة (البند 6-1) معادلة رقم (1-36)

[30] .



هنالك عامل تتحدد به الموجة ايضاً اثناء مرورها بوسط ماص فهي تتوهن (Attenuated)

The Attenuation $(e^{-\alpha u})$ أي اذا مرت بوسط ماص فهي تتحكم بشكل اساسي بثابت التوهين

(Constant (α)) لهذا الوسط وايضاً سمك هذا الوسط (d) فكلما زاد السمك زادت قيمة التوهين للموجة وهذا ما يتفق مع ما وجدته الباحث (H.F. Harmuth) [7].

كما يمكن ان نتواجد المواد الماصة للموجات الرادارية بصورة متعددة وهيئات مختلفة مثال على ذلك

المواد الماصة التي تتكون من تراكيب هرمية (Pyramids) او تراكيب مخروطية (Cones) او على شكل

اوئاد (Wedges) وهذه الاشكال تعطي تدرجا في مساحة المادة الماصة فمثلا في الشكل الهرمي تزداد نسبة

حمة المادة الماصة الى الحيز الحر (Free Space) من القيمة الدنيا عند رأس الهرم حتى القيمة العليا عند

القاعدة وعليه فان الخواص الكهرومغناطيسية تظهر نتيجة لذلك تغيروا واضحا وجليا وبسبب من ذلك تغيروا

في مقدار اعاقه هذه المادة (Impedance) وينتج عن ذلك تقليل مقادير انعكاسات الموجات على هذه

التراكيب وتسمى هذه التراكيب بـ (Geometric Transition Absorber) وتتواجد مثل هذه التراكيب

على الجدران الداخلية للغرف اللاترددية (Anechoic Chamber) وهي عبارة عن غرف مغلقة (Closed

Chamber) تغطي جدرانها الداخلية بهذه المواد بحيث تعطي سيطرة تامة للظروف التجريبية التي تجري

بداخلها سواء كانت هذه الموجات من المحيط الخارجي او من المحيط احيث توفر ظروف التشغيل

المناسبة لهذه الاجهزة واغلب القياسات التي بداخلها هي (قياسات الهوائي Antenna

Measurement) وقياسات التشتت (Scattering Measurement) وغيرها .

اما الاشكال (3-8) و (3-9) و (3-10) و (3-11) فتوضح انه يمكن زيادة مدى الامتصاص

للموجات الرادارية وذلك باستخدام عدد من الطبقات ، والسبب في ذلك يعود الى ان استخدام الطبقات للمواد

الماصة يعني دار الاعاقه للموجة (Impedance) والناجم من كثرة عدد الانعكاسات للموجة بين

الحدود اسلة لتلك الطبقات (البند 1-9) وعن طريقها تتخفف قيم معامل الانعكاس للموجة وبالتالي يزداد

مقدار طاقة الانعكاس الممتصة من قبل الطبقات المستخدمة وهذا ما يؤكد الباحثان (M.B. Amin

و(J.R.James) [9] ، [30] . والآن لو زادت نسبة مادة الحشو المضافة ذات خاصية التوصيلية الكهربائية

(Electrical Conductivity) في المادة المركبة وبلغت رقما عالياً مثلاً تركيز (12%) اسود الكربون في

الشكل (3-1) فان ذلك يعني ان المادة المركبة ذات العزل الكهربائي تبدأ بفقدان خواصها العزلية وتتحوّل

نوعاً ما الى مادة موصلة فنقل قابلية امتصاصها للموجات الرادارية وهذا ما تؤيده الشكل (3-12) و (3-13)

(3) و (3-14) . ولكي يتم تفسير ذلك نحتاج الى شيء من التفصيل ، اذ ان خواص العزل الكهربائي (The

Dielectric Properties) للمادة المركبة تحددها عدة عوامل منها على سبيل المثال الخواص الكهربائية لكل

من مادة الحشو (Filler) والمادة الاساس (Matrix) . اما العامل الآخر فهو حجم وكمية (Size and

amount) مادة الحشو المضافة ، حيث ان معظم المواد المركبة عند حساب قيمة السماحية الكهربائية المعقدة

لها فانها تعتمد علو المضافة على المادة العازلة . والنظرية التي تتحكم او تتكهن



(Predicting) بخوالمادة المركبة الكهربائية والمتكونة من مادة اساس عازلة كهربائياً ومادة حشو موصلة تدعى بنظرية زرشيح (Percolation Theory) وهي معتمدة اساساً على ما تفعله مادة الحشو بتغير الخواص الكهربائية للمادة المركبة [29] .

ويدعى الكسر الحجمي لمادة الحشو الذي بواسطته تتغير الخواص الفية للمادة المركبة بعتبة الترشيح او (Percolation Threshold) والذي يعتمد على عدة عوامل منها قابلية التفاعل (Interaction) التي تحدث بين المواد المركبة ، وايضا حجم وشكل كل طور واخيراً قابلية التبلل بين الأطوار (Wetting Behavior).

ويرمز لعدد الجزيئات المعدنية (Particles) الى العدد الكلي لجسيمات المادة المركبة بالرمز ϕ والتي تتغير قيمتها من (الصفر الى الواحد) . وعليه فاذا كان الكسر الحجمي للجسيمات المعدنية قليلاً جداً اذا المركبة ، أي بكلام آخر $\phi \ll 1$ فان هذا يعني ان الجسيمات المعدنية تكون متباعدة ولا يحدث بينها توصيل كهربائي وتبقى المادة المركبة محتفظة بالخواص العزلية [29] .

اما اذا كانت قيمة الكسر الحجمي للجسيمات الموصلة عالية جداً أي بمعنى آخر $\phi \geq 1$ في هذه الحالة فان التجمعات الواسعة للجسيمات الموصلة يسمح بمرور التيار الكهربائي داخل المادة المركبة وبالتالي تنهار جميع الخواص العزلية وتحول المادة المركبة الى مادة موصلة تقريباً ، فالتركيز الواقع بين هاتين الحالتين يدعى بالتركيز الحرج (The Critical Concentration) ويرمز له بالرمز ϕ_c وهو يتولد حالماً أ خواص المادة المركبة العزلية بالانهيار . ومن هنا نستنتج ان سبب انخفاض قابلية امتصاص الموجات الرادارية في المواد التي اضيفت اليها مع وجود نسب معينة من اسود الكربون ، الياف الكربون هو تجاوز مادة الحشو المضافة (التركيز الحرج) ومنه تحولت المادة المركبة الى مادة ذات موصلية عالية .

2-3-4: اوكسيد الحديد المغناطيسي (المغنتايت) Magnetite

الشكل (15-3) يُظهر ان زيادة الترددات المسلطة على النماذج التي تحتوي على قيم متزايدة من اوكسيد الحديد المغناطيسي بذبا في قابلية امتصاصها بصورة عامة فنسبة ($10\% \text{ Fe}_3\text{O}_4$) تبدي انخفاضاً ثابتاً الى حد ما أما النموذج ($40\% \text{ Fe}_3\text{O}_4$) فيظهر زيادة طفيفة مقارنة بنظيراته الاخريات ويمكن ان يعزى ذلك الى ان النسب المستخدمة في الحشو هي اصلاً عالية مقارنة مع النسب المضافة من اسود الكربون . اذ يبدو ان هذا القدر من الاضافات كان قد تخطى القيم الحرجة للامتصاص . اما سبب ازدياد قابلية امتصاص الموجات الرادارية بوجود المغنتايت فهذا راجع الى ان المغنتايت من الاكاسيد المغناطيسية (Magnetic Oxide) ومن اهم خواصها هو ما يعرف بالتمغنت (Magnetization) والناجمة من تأثير الالكترتون اثناء حركته المغزلة حول نفسه (Spinning) والدورانية حول نواة ذرته (Orbit Motion) بالمجال المغناطيسي الخارجي . ودوران الالكترتون حول النواة ما هو الا تيار كهربائي حلقي يكافئ ثنائي قطب مغناطيسي ومجموعة من هذه الثنائيات ضمن وحدة حجم منسبب ما يدعى بمتجه التمغنت . وعليه فتسليط مجال مغناطيسي خارجي على مثل هذه المادة معظمه يصرف في تكوين مغنطة داخل هذه المادة وينجم عن ذلك



تكوين تيار مغناطيسي مكافئ تحسب كثافته بالاعتماد على مقدار التمغنط حسب العلاقة التالية

$$(J_m = V_x M) \text{ ف } (M) \text{ مقدار التمغنط داخل المادة وعليه فزيادة التمغنط يعتمد على تركيز المغناتيات}$$

ومنه يزداد مقدار الموجات الممتصة داخل هذه المادة لتحول معظم مجالها المغناطيسي الى تيار مغناطيسي

[25] [41] .

ولو استخدمت طبقات من هذه المواد فسوف يزداد مدى الامتصاص للموجات الرادارية وهذا ،

الاشكال (3-16) و (3-17) و (3-18) .

وما يفسر زيادة الامتصاصية بزيادة عدد الطبقات هو ان زيادة عدد الطبقات يعني زيادة كمية الحشو

المضافة لنفس التركيز مما ينتج عنه زيادة كمية التمغنط الذي تتعرض له المادة بفعل المجال المغناطيسي

الخارجي ومن ثم زيادة التيار المغناطيسي المتولد . ايضا زيادة السمك تعني زيادة مقدار توهين الموجة

والأهم من هذا ان زيادة عدد الطبقات يعني زيادة مقدار الاعاقة التي تتعرض لها الموجة اثناء مرورها بتلك

الطبقات .

3-3-4: البارايوم - فرايت

الاشكال (3-19) و (3-20) و (3-21) و (3-22) تظهر انه بزيادة تركيز البارايوم — فرايت تزداد

قابلية هذه المواد على امتصاص الموجات الرادارية ولكن لحزم ترددية ضيقة وسبب قابلية المركبات الفريانية

على امتصاص الموجات الرادارية راجع الى ما يدعى بحلقات الهسترة التخلفية ، فما حدث في الاشكال اعلاه

ناجم عن كون مادة البارايوم — فرايت متكونة من بلورات متعددة وكل بلورة متكونة من اعداد كثيرة بما

تعرف بالحقول (Domains) ، وكل حقل تتواجد فيه ما يسمى بثنائيات الاقطاب المغناطيسية (Magnetic

Dipoles) والتي تكون متوازية فيما بينها ولكنها غير ميات الاقطاب المغناطيسية الموجودة بالحقل

المجاور ، فبتسليط مجال مغناطيسي خارجي يدفع ثنائيات الاقطاب الى تغير اتجاهها بشكل مواز للمجال

المسلط ، وعملية حركة ثنائيات الاقطاب المغناطيسية وانتظامها مع المجال الخارجي يتطلب صرف طاقة

لدايبلولات من المجال المغناطيسي الخارجي فينشأ عن ذلك تكون فيض مغناطيسي علاقته مع

المجال المغناطيسي المسلط ليست خطية وانما تأخذ هذه العلاقة شكلا مشابها للحلقة تدعى بالحلقة التخلفية

(Hysteresis Loop) ومساحتها تحدد كمية الطاقة المصروفة أي كلما زادت هذه الحلقة زادت خسارة طاقة

الموجة الكهرومغناطيسية الساقطة على هذه المادة ومساحة الحلقة التخلفية معتمدة بالاساس على كمية مادة

البارايوم — فرايت المضافة . أي كلما زادت كمية مادة البارايوم — فرايت زادت مساحة حلقة الهسترة التخلفية

[39] .



الاستنتاجات Conclusion

1. اظهرت هذه الدراسة امكانية خفض مدى الكشف الراداري الى (75%) للطبقة الواحدة لتركيز (10%) اسود الكربون .
2. يزداد هذا الانخفاض بزيادة عدد الطبقات ليبلغ (23%) في بعض الحالات (لتركيز 6% اسود الكربون).
3. الة في استخدام مادة الحشو (اسود الكربون والياف الكربون) يسبب ارتفاعاً في الموصلية وانخفاضاً في قابلية الامتصاص .
4. زيادة مدى قابلية الامتصاص للموجات الرادارية بزيادة سمك المادة الماصة لنفس التركيز .
5. تبدي النماذج للى مركبات الفرايت قابلية امتصاص جيدة ولكن لحزم ترددية ضيقة .
6. ابدت النماذج المحتواسود الكربون قابلية امتصاص جيدة لمجال ترددات واسع .
7. معظم المواد المستخدمة في هذه الدراسة متوفرة ورخيصة الثمن .



التوصيات Future Work

1. تحضير ودراسة مواد ماصة للموجات الرادارية تتحمل درجات ارة عالية ، أي استخدام مواد مركبة ذات اساس سيراميكي .
2. زيادة مدى الترددات المستخدم على سبيلمثال من (2 الى 18) كيكاهيرتز وفحص مدى قابلية الامتصاص لهذه المواد ضمن هذه الترددات .
3. دراسة الخواص المغناطيسية للمواد الماصة الحاوية على مركبات الفرايت وذلك من خلال حساب النفاذية المغناطيسية المعقدة (Complex Permeability) بجزأيها الحقيقي والخيالي ضمن الترددات المسلطة .
4. استخدام تقنيات اذى لامتصاص الموجات الرادارية .



Appendix (1)

$$1. (a + jb) \pm (c + jd) = (a \pm c) + (b \pm d)j$$

$$2. (a + jb)(c + jd) = (ac - bd) + (bc + ad)j$$

$$3. \frac{a + jb}{c + jd} = \frac{ac + bd}{c^2 + d^2} + \frac{bc - ad}{c^2 + d^2}j$$

$$4. Z = x + jy \quad r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad \theta = \tan^{-1} \frac{y}{x}$$

$$x = r \cos \theta \quad y = r \sin \theta$$

$$5. Z^n = r^n [\cos n\theta + j \sin n\theta]$$

$$6. \frac{1}{Z} = \frac{1}{r} [\cos(-\theta) + j \sin(-\theta)]$$

$$7. Z^{\frac{1}{n}} = r^{\frac{1}{n}} \left[\cos\left(\frac{\theta + 2kf}{n}\right) + j \sin\left(\frac{\theta + 2kf}{n}\right) \right]$$

$$k = 0, 1, 2, 3, \dots, (n-1)$$

$$8. Z^{\frac{p}{q}} = r^{\frac{p}{q}} \left[\cos \frac{p}{q} (\theta + 2kf) + j \sin \frac{p}{q} (\theta + 2kf) \right]$$

$$k = 0, 1, 2, \dots, (q-1)$$



Appendix (2)

$$1. \sinh x = \frac{e^x - e^{-x}}{2} = x + \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} + \frac{x^7}{7!} + \dots$$

$$2. \cosh x = \frac{e^x + e^{-x}}{2} = 1 + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} + \frac{x^6}{6!} + \dots$$

$$3. \tanh x = \frac{\sinh x}{\cosh x}$$

$$4. \sinh(x \pm jy) = \sinh x \cos y \pm j \cosh x \sin y$$

$$5. \cosh(x \pm jy) = \cosh x \cos y \pm j \sinh x \sin y$$

$$6. \cosh(jx) = \frac{1}{2}(e^{+jx} + e^{-jx}) = \cos x$$

$$7. \sinh(jx) = \frac{1}{2}(e^{+jx} - e^{-jx}) = j \sin x$$

$$8. e^{\pm jx} = \cos x \pm j \sin x = 1 \pm jx - \frac{x^2}{2!} \mp j \frac{x^3}{3!} + \frac{x^4}{4!} \pm \frac{x^5}{5!}$$

$$9. \cosh x = \cos jx \qquad j \sinh x = \sin jx$$

$$10. \tanh(x \pm jy) = \frac{\sinh 2x}{\cosh 2x + \cos 2y} \pm j \frac{\sin 2y}{\cosh 2x + \cos 2y}$$

$$11. \coth(x \pm jy) = \frac{\sinh 2x}{\cosh 2x - \cos 2y} \pm j \frac{\sin 2y}{\cosh 2x - \cos 2y}$$



Appendix (3)

1. $\log_{10} x = \log x$ Common logarithm

2. $\log_e x = \ln x$ Natural logarithm

3. $\log_{10} x = 0.4343 \log_e x = 0.4343 \ln x$

4. $\ln x = \log_e x = 2.3026 \log_{10} x$

5. $e = 2.71828$

6. $dB = 10 \log(\text{power ratio}) = 20 \log(\text{voltage ratio})$

7. $1(Np)[attenuation] = \frac{1}{e} = 0.368(\text{voltage}) = -8.68dB$



Abstarct

It is will established new that protection against radar detection played important role not only in military industries and protection of the people, but also extended to civilian application such as Microwave oven and anechois chambers. From time to time general information about the technolgy of stealth and the material used is obtained.

The principle of Philosophy of protection is based on the possibility of aflenuation of the received echo (wave) or in other words reduction of radar cross- section (RCS) , i.e reduction of the effective distance through which the radar and delect the target. In thin work , the high density ploy ethylen was adopted as a matrix material . Several filers were used such as carbon black, magnetite and barium – Ferrite.

Tests were conducted with in the frequency range of (8-12) GHz. Complex permittivity and electric conductivity were measured. Result showed that , areduction in radar detection of (75%) was obtained when carbon black filler was uses.

It is also found that obsorptiviyy increased as the number of layer increased for the same concentration. Asimilar behavior was observed when magnetite was used, but the effect was smaller.

Increasing the sample thickness caused an incease in absorptivity, however , this effect is smaller them that of increasing layer.

Ferrit filler gave good absorptivity within narrow frequency bands.

**Republic of Iraq
Ministry of Higher Education
and Scientific Research
University of Babylon**



Preparation of Radar Absorption Materials

**A thesis submitted to college of engineering / Department of materials
engineering as a part of requirements of obtaining the master's degree
in materials engineering by the engineer :**

Hussain G. Mahmood Al – Qaisi

June 2002

1423 A.H