



جامعة مصراتة | كلية الهندسة
قسم الهندسة الكهربائية والإلكترونية | شعبة الاتصالات

تصميم ومحاكاة هوائى رقعة ميكروستريب ثنائى النطاق (4.2 GHZ & 6 GHZ) باستخدام CST

عمل الطالبة : غادة عادل الشمامى.
إشراف: د.حسن الديب.
رقم القيد: 062220014
الفصل الدراسى : ربيع 2026

المحتويات

- المقدمة ومشكلة البحث.
- الأهداف والتطبيقات المستهدفة.
- الهيكل الهندسي والمواد المستخدمة.
- تقنية حفر الشقوق وتوليد الرنين ثنائي النطاق.
- منهجية التصميم والنمذجة الرياضية.
- أبعاد بناء الهيكل الهندسي والشكل المعتمد في برنامج CST.
- تحليل النتائج والمناقشة.
- الاستنتاج.

المقدمة ومشكلة البحث



تحديات التصميم:

تتحدى التصميم التقليدي من قيود فيزيائية مثل ضيق النطاق الترددي والاستجابة لتردد رنيني واحد فقط، مما يستوجب ابتكار حلول ثنائية النطاق.



الأهمية التكنولوجية:

تعد هوائيات الرقعة (Microstrip Patch) خياراً مثالياً للتطبيقات المحمولة والفضائية نظراً لخفة وزنها، تكلفتها المنخفضة، وسهولة دمجها مع الدوائر المتكاملة.

- يهدف المشروع لتخطي عقبة الرنين الأحادي ودمج خدمات C-Band و Wi-Fi في منصة فيزيائية واحدة.

الأهداف والتطبيقات المستهدفة



تقنية الشقوق

تعديل مسارات التيارات
السطحية باستخدام (Slots)
لتوليد رنين ثانٍ دون زيادة
الحجم.



نطاق 6 GHz

دعم بروتوكولات شبكات
الواي فاي المتقدمة
والاتصالات العريضة السريعة.



نطاق 4.2 GHz

استهداف تطبيقات C-Band
المستخدمة في الرادارات
البحرية والملاحة الجوية.

الهيكل الهندسي والمواد المستخدمة

تم الاعتماد في التصميم على الشكل المستطيل وذلك:

- لسهولة الحسابات والتصميم من ناحية حساب الأبعاد وتحديد مسارات التيار الكهربائي داخله.
- التحكم بالتردد والممانعة حيث يسهل علينا حفر الشقوق (Slots) في أماكن دقيقة لإنتاج التردد الثاني.

الركيزة العازلة (Substrate)

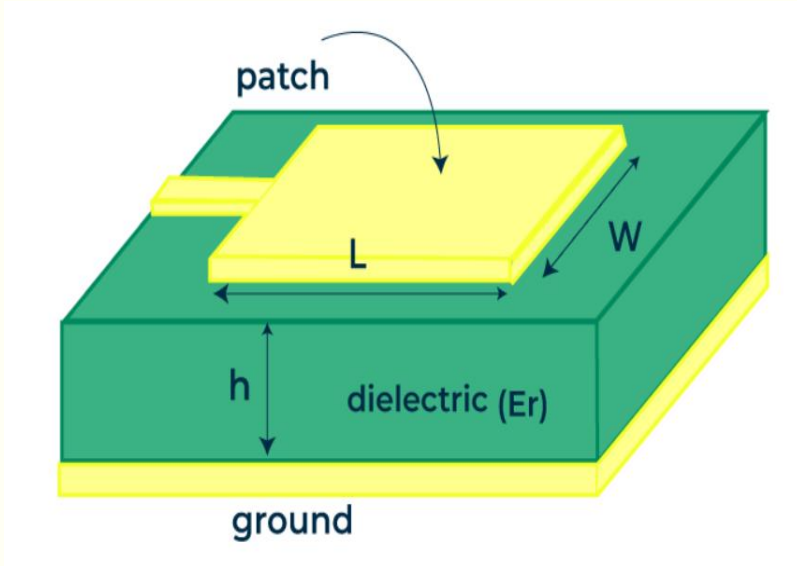
تم اختيار مادة Rogers RT/duroid لتمييزها بـ:

ثابت عزل مستقر ($\epsilon_r = 2.2$).

عامل فقد مماثل منخفض جداً (0.0009).

استقرار ترددي عالٍ يمنع إزاحة الرنين.

تقنية التصميم: حفر شقوق جانبية وفتحة مركزية لتغيير الطول الكهربائي للمسارات.



تقنية حفر الشقوق وتوليد الرنين ثنائي النطاق

- **الحفرة المركزية:** تعمل كـ (Slot Resonator) لإعادة توزيع التيارات السطحية وتوليد النطاق الترددي الثاني 6GHz.
- **الشقوق الجانبية:** وظيفتها تحسين مطابقة الممانعة مع خط التغذية 50 أوم لضمان أقصى انتقال للطاقة وتقليل الانعكاس، وذلك الحصول على رنين ثنائي النطاق عالي الكفاءة بنفس المساحة الفيزيائية الصغرى للهوائي.

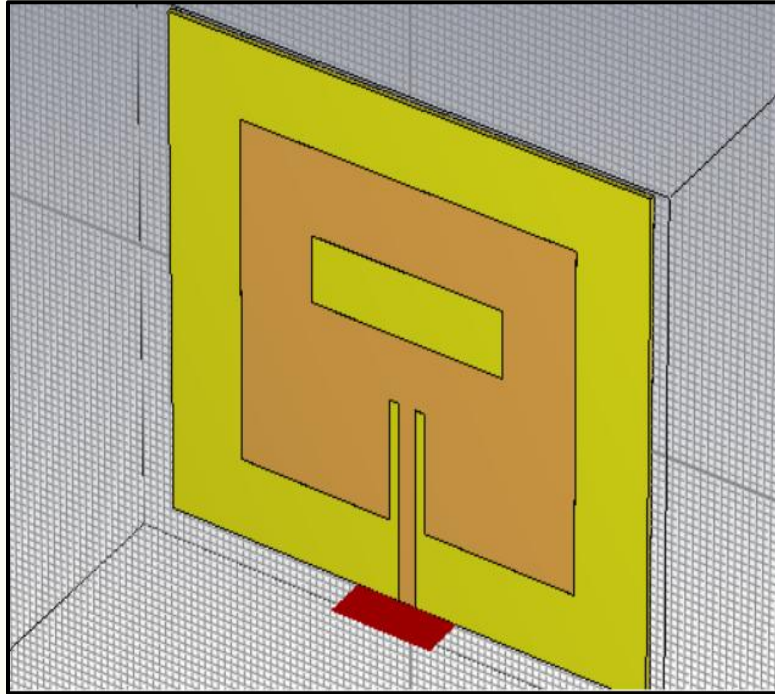
منهجية التصميم والنمذجة الرياضية

الحسابات النظرية تم حساب الأبعاد الأولية للرقعة يدوياً باستخدام القوانين الرياضية.

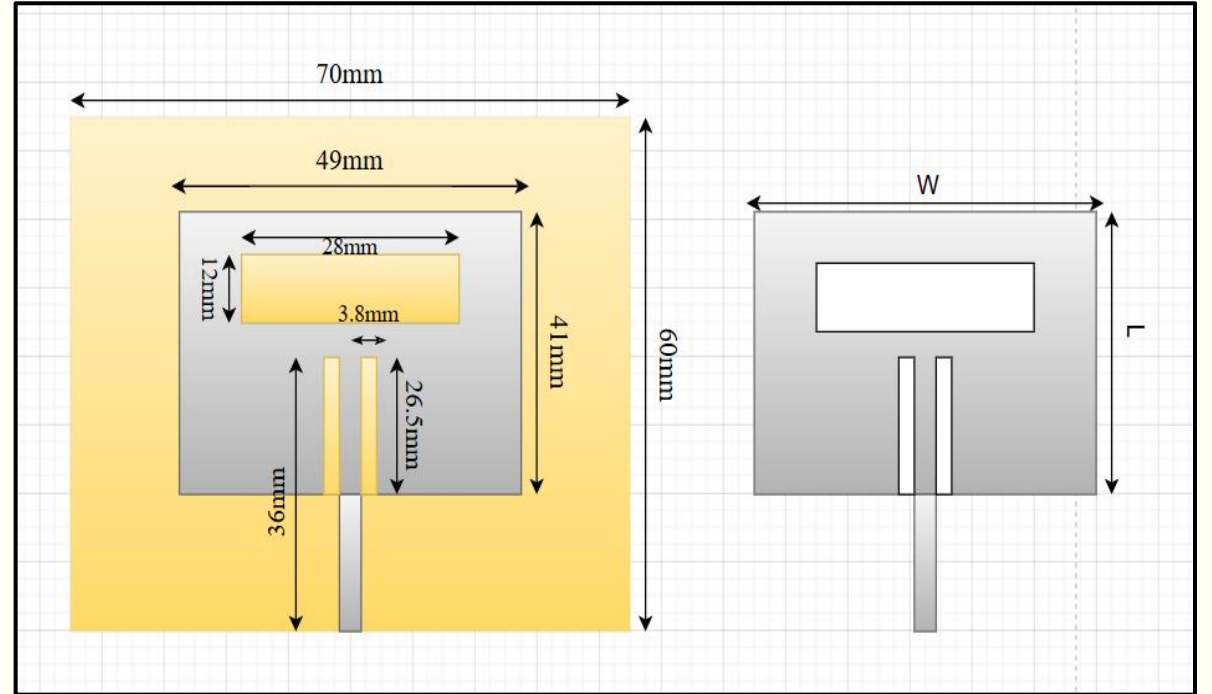
- الهيكل الخارجي (الرقعة المشعة): تم حساب أبعاده الكلية بناءً على التردد الأقل 4.2 GHz لأن طوله الموجي أكبر ويتطلب حجماً فيزيائياً أكبر للرنين.
- التجويف الداخلي (الفتحة المركزية): تم حساب أبعادها بناءً على التردد الأعلى 6 GHz ، وتعمل كـ "رنان ثانٍ" يستحدث التردد الجديد.

أخيراً تمّ التحسين بالبرنامج (Optimization) عند إدخال التصميم لبرنامج CST، وذلك لضبط أبعاد الشقوق بدقة حتى وصلنا للمطابقة المثالية عند الترددين معاً.

أبعاد بناء الهيكل الهندسي والشكل المعتمد في برنامج CST



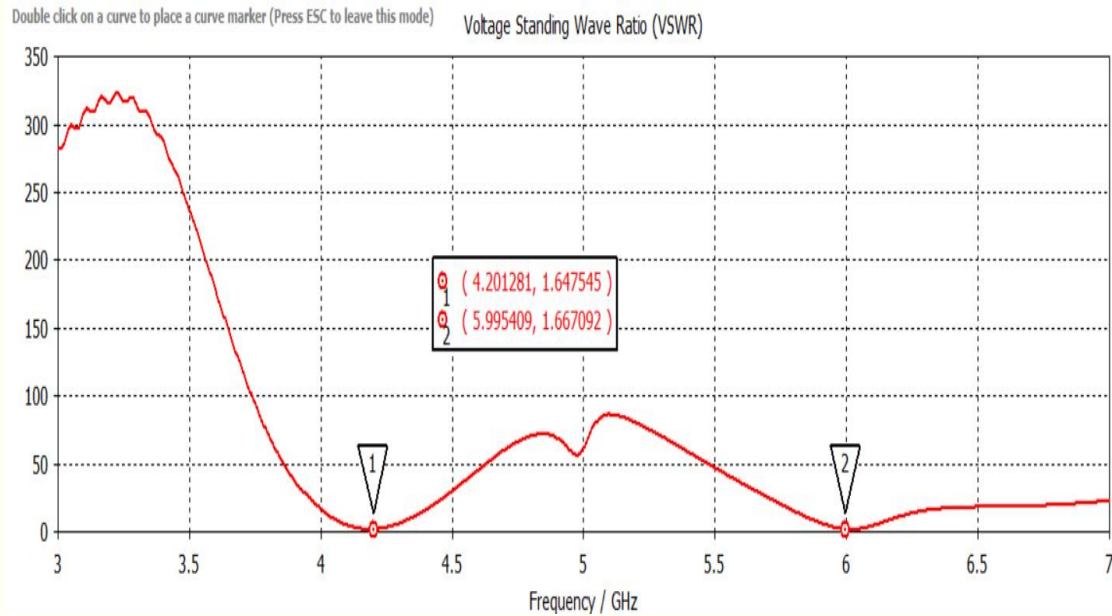
النموذج ثلاثي الأبعاد المعتمد داخل بيئة برنامج CST.



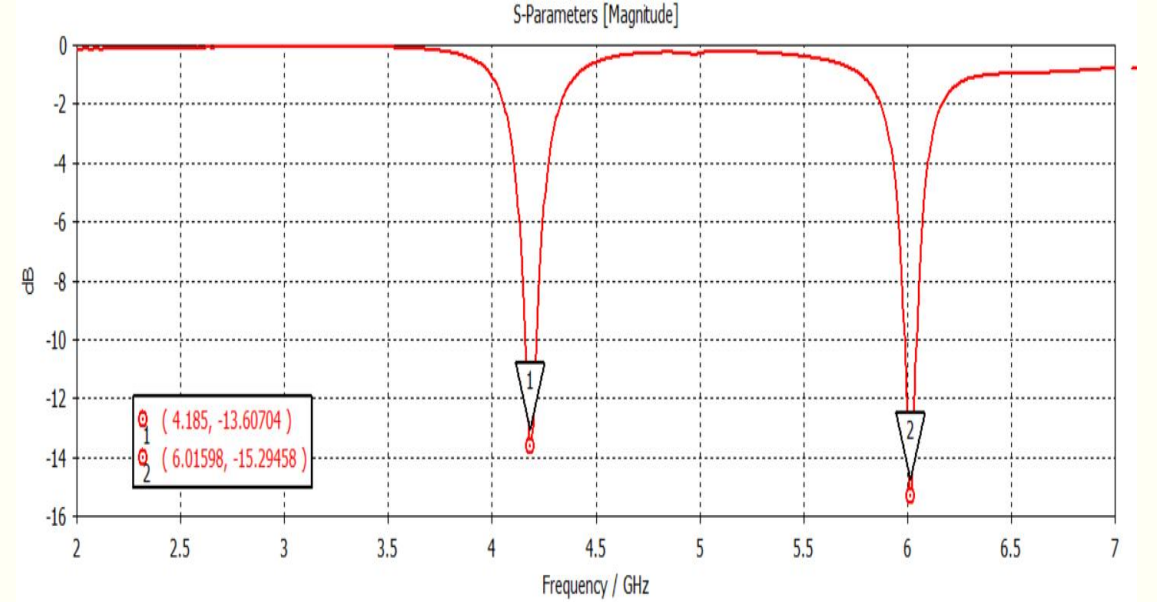
أبعاد الهوائى المعتمدة

تحليل النتائج والمناقشة

نسبة الموجة الواقفه



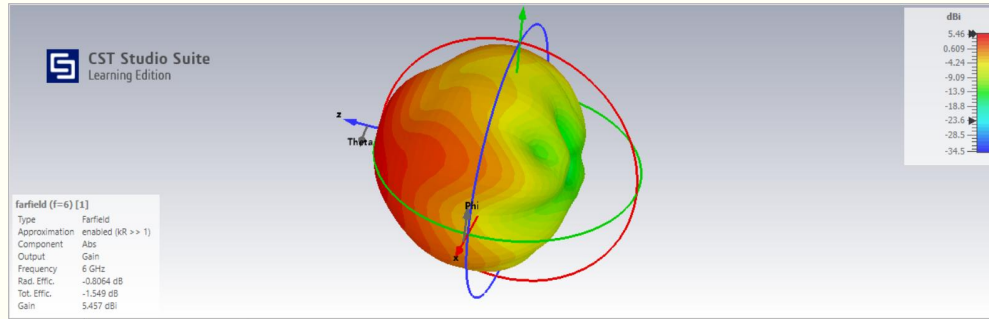
معامل الانعكاس



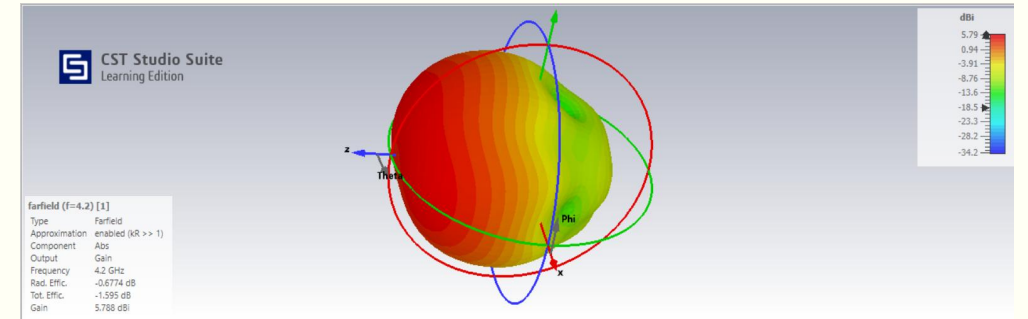
- استقر التردد الفعلي الأول عند 4.185GHz بمعامل انعكاس (S_{11}) قيمته -13.6dB بينما ينزل منحنى VSWR ليصل إلى القيمة 1.65 القريبة جداً من القيمة المثالية (1).
- استقر التردد الفعلي الثاني عند 6.015GHz بمعامل انعكاس (S_{11}) قيمته -15.29dB بينما ينزل منحنى VSWR مجدداً ليصل لقيمة 1.667 وبشكل دقيق ليقترب من القيمة (1)

تحليل النتائج والمناقشة

عند 6 GHz



عند 4.2 GHz



- نمط الإشعاع: يحافظ على النمط التوجيهي نحو الأعلى، مع انبعاجات طبيعية لتأثر الطول الموجي القصير بحواف الشقوق.

- نمط الإشعاع: توجيهي نحو الأعلى بفضل الأرضية الكاملة التي تمنع الإشعاع الخلفي، مع انبعاجات جانبية بسبب الشقوق.

- الكسب والاتجاهية: حقق كسبا ممتازا بقيمة 3.51dBi واتجاهية قصوى 6.264dBi مما يثبت الكفاءة العالية وتقليل الفقد.

- الكسب والاتجاهية: حقق كسبا ممتازا بقيمة 5.788dBi واتجاهية قصوى 6.466dBi مما يثبت الكفاءة العالية وتقليل الفقد.

الاستنتاج

- أظهر الهوائى المقترح أداءً تشغيلياً عالياً واستقراراً كبيراً.
- نجحت الشقوق والحفرة فى توليد التردد الثانى (6 جيجاهرتز) على نفس الرقعة دون الحاجة لزيادة الحجم أو إضافة هوائى آخر.
- حققت منحنىات الأداء توافقاً ممتازاً وعميقاً عند خط التغذية القياسى (50 أوم)، مما يضمن عبور الطاقة بالكامل ومنع ارتدادها.
- حافظ الهوائى على نمط توجيهى أمامى نظيف وكفاءة كلية مستقرة ومتوازنة تقارب 70 بالمئة عبر الترددین معاً.

شكراً لحسن استماعكم

نرحب بأسئلتكم واستفساراتكم.