بسمه تعالی

دانشگاه تهران

دانشکده فني
گروه مهندسي برق و کامپيوتر

شبیه سازی های EM , 3D FEM برای فیلترهای تشدید کننده دی الکتریک DRFs

نگارش:
محسن غفاری میاب

اردیبهشت سال ۱۳۸۴

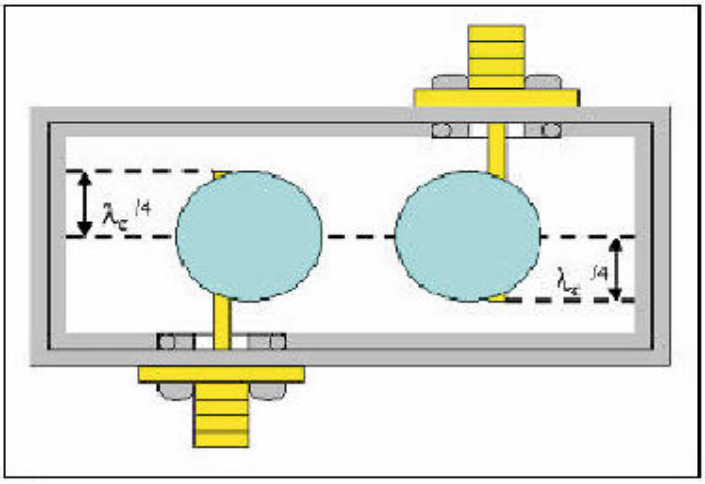
مقدمه :

در این پروژه تحلیل سه بعدی تمام موج (full wave) مربوط به فیلتر تشدید کننده دی الکتریک(DRF) محصور در مکعب مستطیل فلزی (rectangular metallic enclosure) ارائه شده است.
با استفاده از روش المان محدود سه بعدی (3D FEM) (برای انجام شبیه سازی های عددی ، پارامترها و پیشگویی هایی که اندازه گیری آنها دشوار می باشد ولی روی کارایی DRF تاثیر می گذارند به طور دقیق قابل تعیین می باشند.
در اینجا ما از تحریک مود TE_{01} که بیشترین ضریب کیفیت را در تشدید کننده دی الکتریک استوانه ای با تزویج خطوط نواری دارد استفاده می کنیم.
شبیه ساز HFSS برای ساختار سه بعدیDRF مورد استفاده قرار گرفته است.

مراحل طراحی و ساخت DRF :

ضرایب تزویج بین تشدید کننده های دی الکتریک ضریب کیفیت تزویج خارجی تشدیدکننده به یک خط ریزنوار توسط sun, et al.[2] به طور روشن توضیح داده شده است.
مراحل طراحی و ساخت یک DRF به اختصار به صورت زیر توضیح داده شده است :
در ابتدا اندازه حفره فلزی و تشدید کننده های حفره ای به گونه انتخاب شده است که ویژگی های فیلتر میان گذر را داشته باشد. سپس ضریب کیفیت خارجی و ضرایب تزویج فیلتر میان گذر مورد نظر تعیین شده اند. در نهایت DRF روی حفره فلزی سوار شده است.
نمای بالایی DRF در شکل ۱ نمایش داده شده است.که دو تشدید کننده دی الکتریک تزویج شده به دو خط نواری ریز مستقیم در یک محفظه فلزی مکعب مستطیل شکل را نشان می دهد.DRF طراحی شده دارای مشخصات زیر می باشد :

$g_0 = 1.0000, g_1 = 1.0378, g_2 = 0.6745, g_3 = 1.5386$ با پارامترهای تزویج $Q_{ein} = 58.38$ و $K_{12} = 0.02125$ و $Q_{eout} = 58.38$ [2] که در آن $Q_{ein}, Q_{eout}, K_{12}$ به ترتیب ضرایب کیفیت خارجی در پورت های ورودی و خروجی و ضریب تزویج بین دو DRF می باشند.



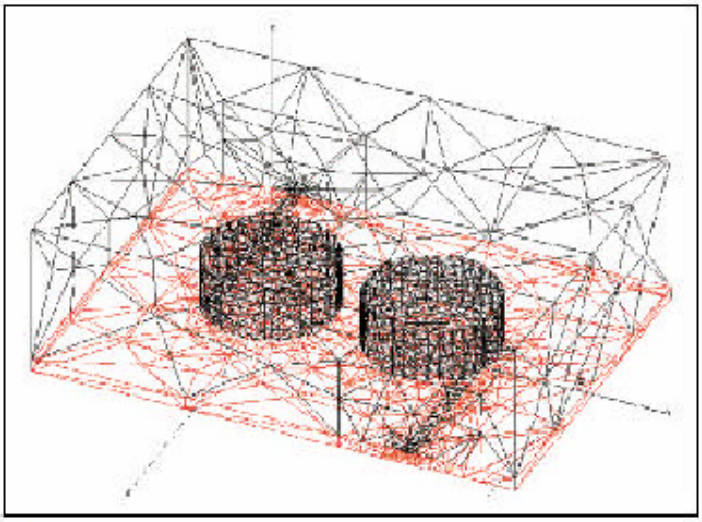
شکل ۱ : نمای بالا از یک فیلتر تشدید کننده دی الکتریک

شبیه سازی های سه بعدی DRF با استفاده از روش المان محدود:

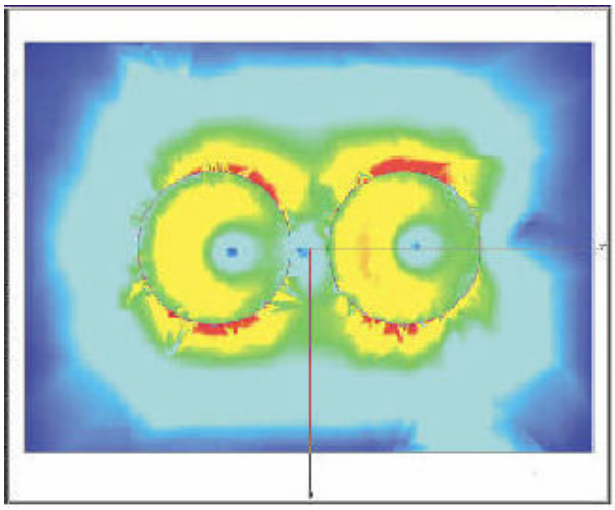
به طور کلی برای تحلیل EM بایستی ساختار مورد تحلیل ما به تعدادی زیرناحیه مثلثی دو بعدی یا چهارضلعی tetrahedron سهبعدی تقسیم شود. برای حل معادلات ماکسول برای ساختار سه بعدی DRF ، FEM اعمال می شود.

شکل ۲ ، FEM را با ۱۵۲۹۲ مش ساختار سه بعدی DRF را مدل می کنند نشان می دهد. شکل ۳ توزیع میدان الکتریکی موازی با صفحه X-Y ، DRF را با

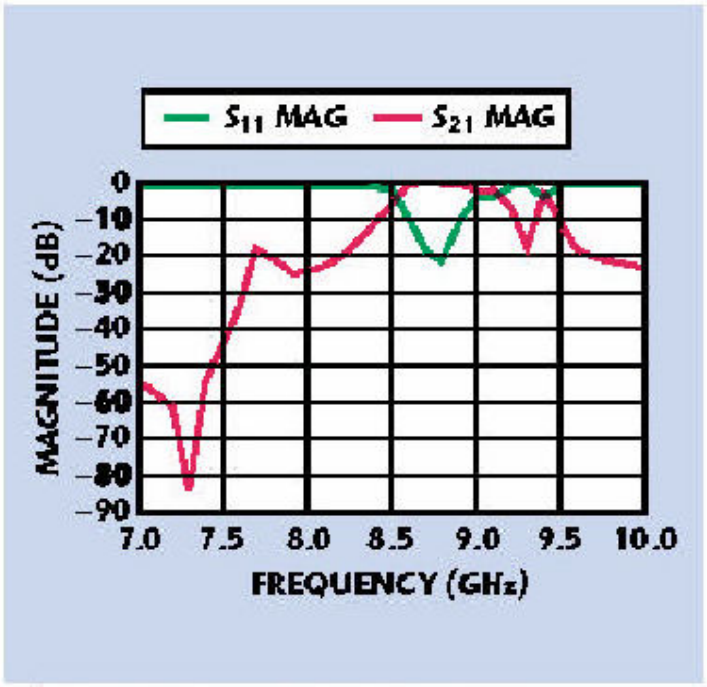
دو خط تزویج ریزنوار مستقیم نشان می دهد.
واضح است که توزیع میدان الکتریکی به طور متقارن در صفحه دایره ای دی الکتریک های DR متمرکز نشده است.
شکل ۴ ، S_{11}, S_{21} شبیه سازی شده مربوطه را نشان می دهد.که نشان دهنده ناحیه پهن شده rejection slope روی باندکناری sideband می باشد.



شکل ۱ : روش المان محدود با ۱۵۱۶۱ مش برای ساختار
فیلتر تشدید کننده دی الکتریک



شکل ۳ : توزیع میدان الکتریکی فیلتر
تشدیدکننده دی الکتریک
با دو تشدید کننده دی الکتریک
تزویج شده به دو خط
نواری ریز مستقیم

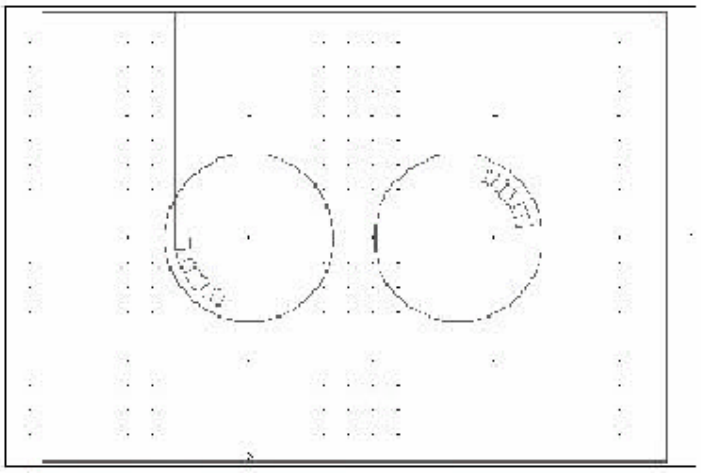


با دو

ساختار

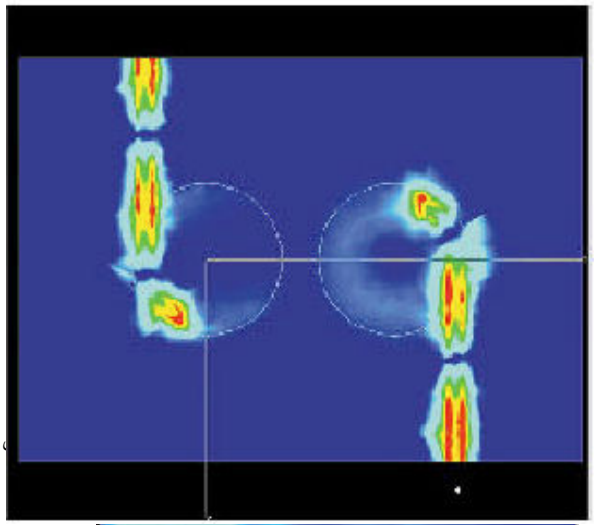
پس از تغییر ساختار تزویج چنانکه در شکل ۵ نشان داده شده است ، کارایی فیلترها به طرز قابل ملاحظه ای بهبود یافته است. توزیع جریان روی سطح زیرلایه DRF در شکل ۶ نمایش داده شده است. شکل ۷ توزیع میدان الکتریکی را که اطراف مرکز سرامیک های DR تقریبا متقارن است نشان می دهد. این پدیده موثر توزیع میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی نشان می دهد که یک خط ریز نوار تزویج شده با انتهای باز قوسی شکل ، توزیع میدان الکتریکی متقارن تری را نسبت به یک خط تزویج ریزنوار مستقیم تنها ، تحریک می کند.

این پدیده با ذخیره قسمت اعظم انرژی میدان الکتریکی به صورت متقارن در تشدید کننده دی الکتریکی با ضریب کیفیت بالا ، باعث بهبود کارایی DRF می شود.
شکل ۸ توزیع بردار میدان مغناطیسی دیده شده از یک سطح مقطع موازی با محور y ها مربوط به DRF را نشان می دهد. این شکل به وضوح نشان می دهد که توزیع بردار میدان مغناطیسی ، تزویج میدان مغناطیسی مد TE_{10} که مانند مد دوقطبی مغناطیسی با تزویج مغناطیسی بین آنها عمل می کند.شکل ۹ اطلاعات شبیه سازی شده را که بهتر از مورد قبلی و سازگار با نتایج اندازه گیری شده است نشان می دهد.

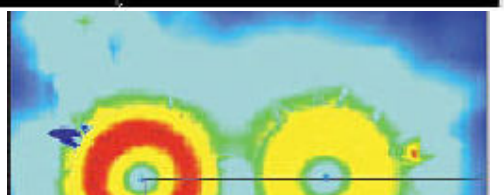


یزنوار تزویج

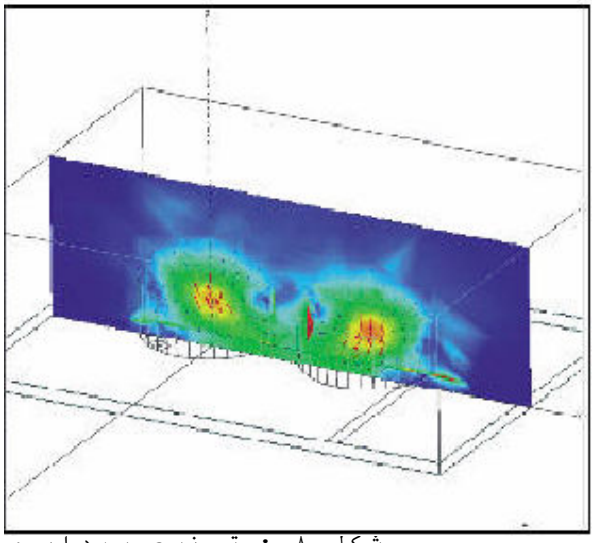
شده



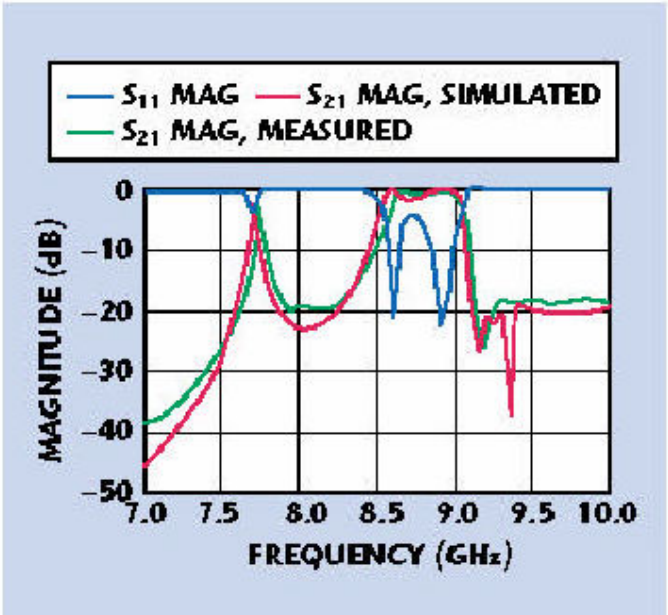
سطح زیرلایه



شکل ۷ : میدان الکتریکی با توزیع تقارن دایره ای مربوط به *DRF* با ساختار ریز نواری تزویج شده



شکل ۸ : توزیع بردار میدان مغناطیسی ریز نوار قوسی شکل *DRF*



شکل ۹ : مقایسه بین مقایسه بین اندازه گیری و نتایج شبیه سازی شده مربوط به *DRF*

نتیجه گیری :

در این پروژه یک تحلیل سه بعدی تمام موج یک microwave DRF محصور در یک مکعب مستطیل فلزی ارائه شد. با استفاده از 3D FEM برای شبیه سازی های عددی میدان افزاره ها و توزیع جریان می تواند در یک ساختار فیزیکی تجسم شود تا باعث تقویت پروسه طراحی شود. تحلیل EM باعث تعیین دقیق پارامترها و پیش گویی هایی می شود که از طرفی اندازه گیری آنها مشل و از طرف دیگر دانستن آنها برای یک طراح microwave DRF ضروری می باشد. همچنین در این پروژه توزیع جریان و میدان های DRF طراحی شده ، با ساختار تزویج متفاوت مورد بررسی قرار گرفت. به این نتیجه رسیدیم که کارایی DRF با تغییر ساختار تزویج ریزنوار به یک ساختار قوسی شکل بهبود می یابد. توزیع میدان الکتریکی به صورت یک دایره متقارن اطراف مرکز DR می باشد. واضح است که بخش اعظم میدان الکتریکی بدین صورت در تشدید کننده حفرهای با ضریب کیفیت بالا ذخیره می شود.

References

[1] D. Kajfez and P. Guillon, Dielectric Resonators, Artech House, 1986.
[2] J.S. Sun and Y.L. Huang, "Design and Implementation of an X-Band DR Bandpass Filter," Microwave Journal, Vol. 42, No. 11, September 1999, pp. 92103.
[3] Okaya and Barash, "The Dielectric Microwave Resonator," Proceedings of the IRE, Vol. 50, October 1962, pp. 20812092.
[4] A.W. Glisson, D. Kajfez and J. James, "Evaluation of Modes in Dielectric Resonators Using a Surface Integral Equation Formulation," IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 31, December 1983, pp. 10231029.