



Using De-embedding Techniques for Analyzing Die-to-Die Interconnects through Interposer Technology

Milad Seyedi

Supervisor: Prof. N. Masoumi

Advisor: Dr. M. R. Nezhadahmadi

CIARS Project, University of Waterloo

SEPTEMBER 9, 2021

Outline of the Paper

2

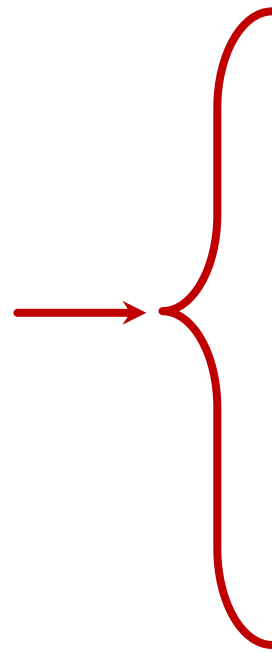
1. Abstract

2. Introduction

3. Main Sections

4. Conclusion

5. References

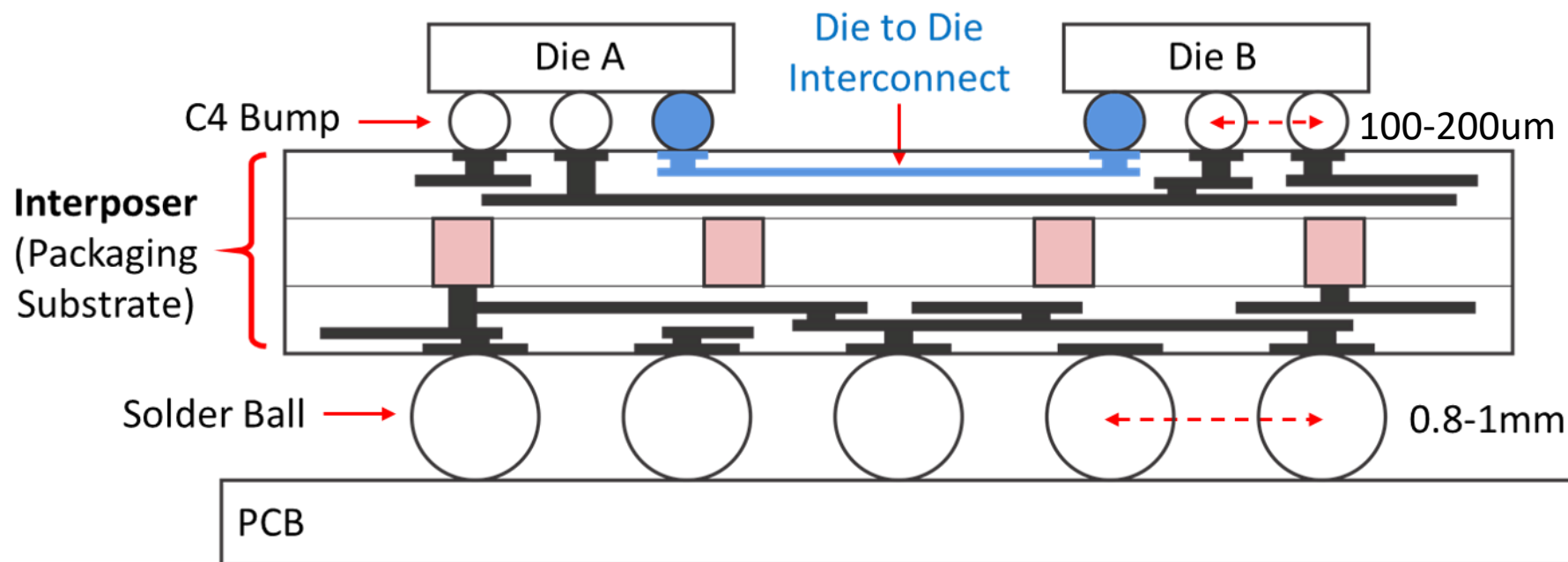


1. L-2L Method for Microstrip

2. 2x-Through or Modified Method for other Signaling Schemes

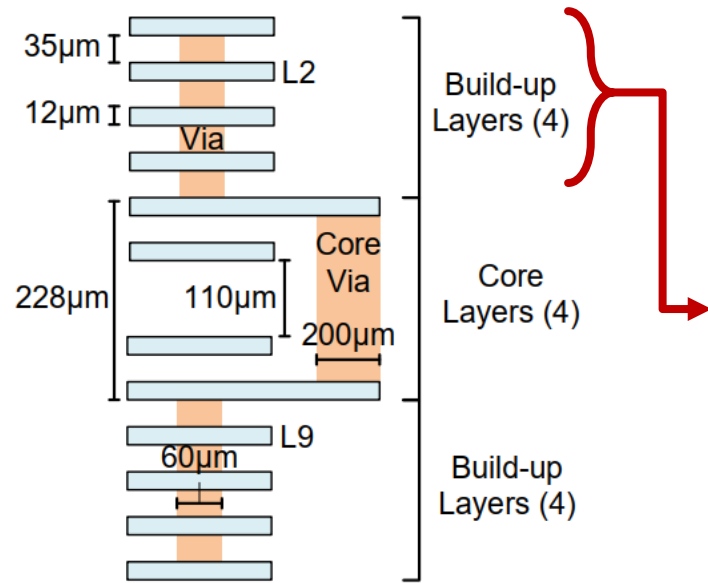
3. Propose a New Optimized Structure in terms of Signal Integrity Issues (Loss, Reflection, Crosstalk)

بررسی اتصالات تراشه به تراشه در اینترپوزر



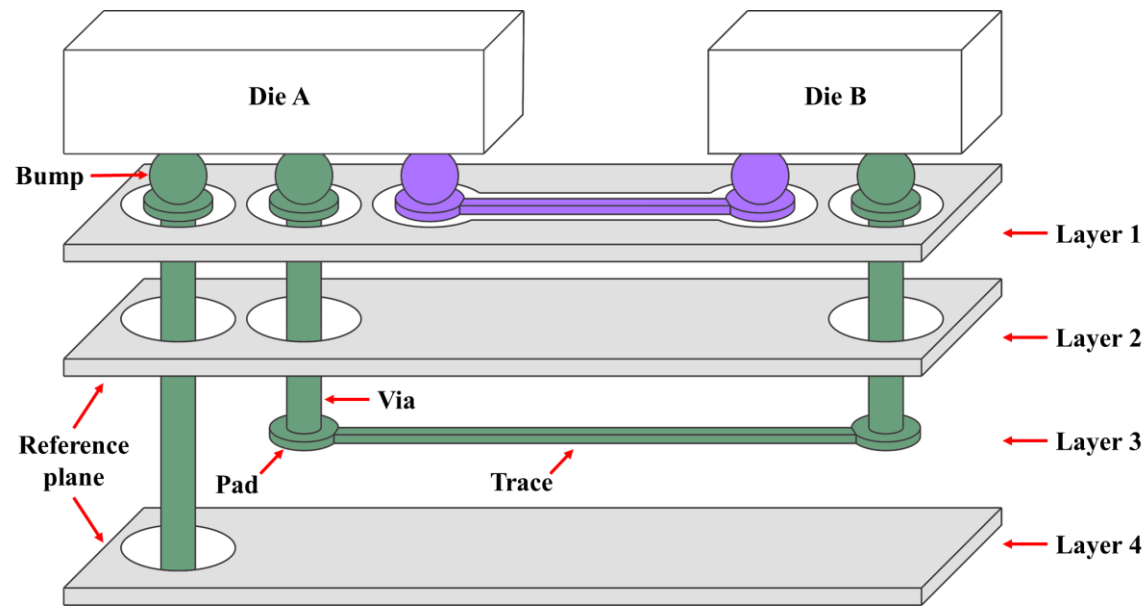
- انتخاب جنس و ساختار اینترپوزر
- شبیه‌سازی ساختارهای مختلف اتصالات پر کاربرد در بستر اینترپوزر و بررسی یکپارچگی سیگنال در آنها
- ارائه روشی بر اساس نتایج شبیه‌سازی و کارهای پیشین برای مدل‌سازی سریع و دقیق اتصالات تراشه به تراشه

ساختار اینترپوزر آلی (Organic Interposer)



4 لایه بالا و 4 لایه پایین برای مسیرکشی‌های سیگنال‌های پرسرعت و 4 لایه وسط که اندازه مشخصه بزرگتری نیز نسبت به سایر لایه‌ها دارند برای مسیرکشی سیگنال‌های تغذیه و توان مورد استفاده قرار می‌گیرد.

Source: B. Dehlaghi Jadid. Parallel Ultra-Short Reach Die-to-Die Links. PhD Thesis, University of Toronto, Canada, 2017



Microstrip → Bump + Pad + Trace
Stripline → Bump + Pad + Via + Trace

4 لایه بالای اینترپوزر با جزئیات بیشتر

معمولا ساختار متداولی که برای مسیرکشی خطوط پرسرعت خطوط میکرواستریپ و استریپ لاین هستند که به ترتیب با رنگ‌های بنفش و سبز مشخص شده‌اند.

	Die
	Via
	Organic Int.
Bump	C4
Bump/Via Diameter	100/60 µm
Pitch	150 µm

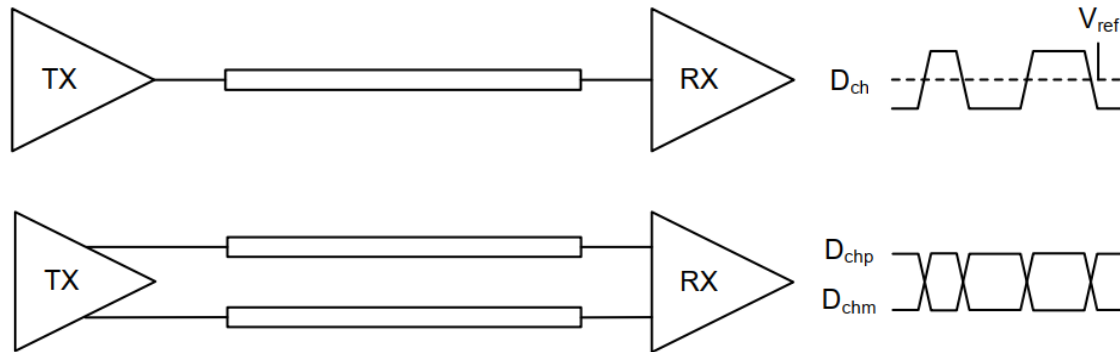
	Organic Int.
ϵ_r	3.7
$\tan\delta$	0.013
σ_M	4.83×10^7
H	35 µm
T_S	12 µm
T_{GB}/T_{GT}	12/12 µm

مشخصات پارامترهای اتصال تراشه به سابستریت

Source: B. Dehlaghi Jadid. Parallel Ultra-Short Reach Die-to-Die Links. PhD Thesis, University of Toronto, Canada, 2017

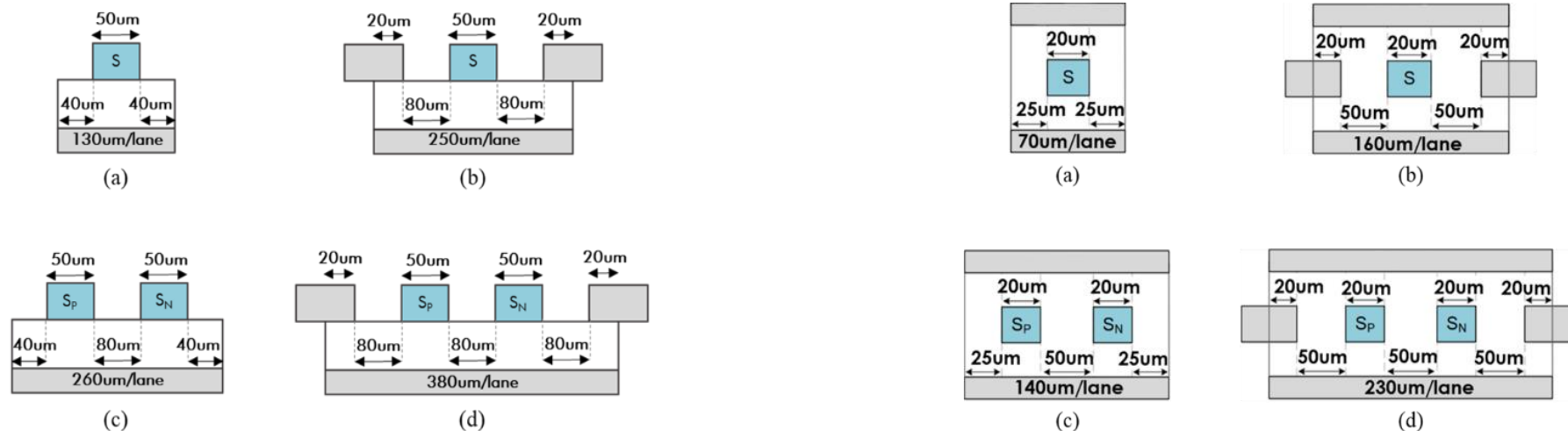
شبیه‌سازی و تحلیل اتصالات تراشه به تراشه

نحوه انتقال سیگنال



- مدلاسیون 2-PAM
- سیگنال تک‌سر
- سیگنال دیفرانسیلی

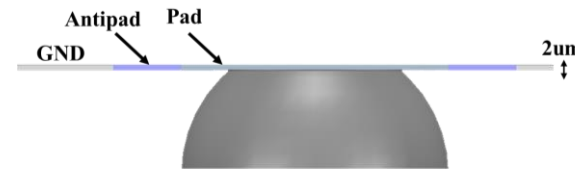
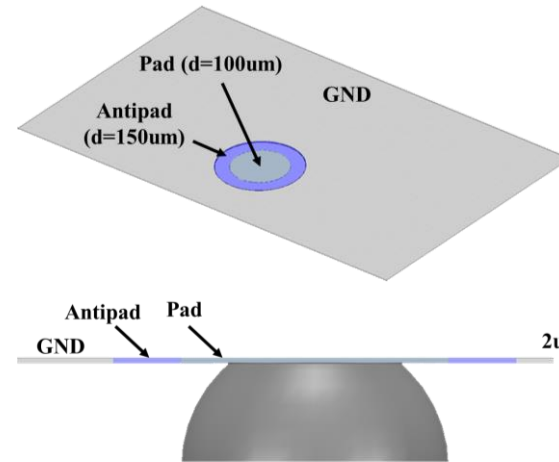
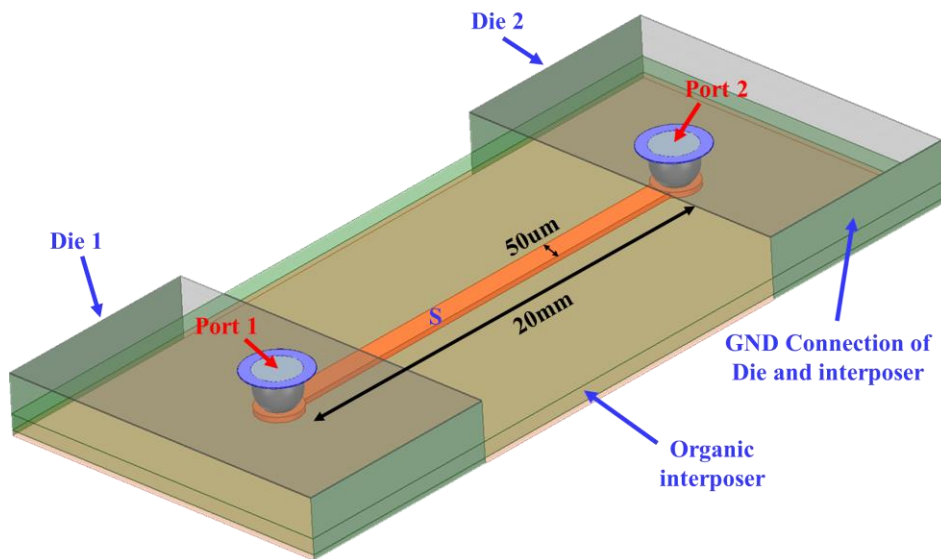
- ساختار خطوط انتقال



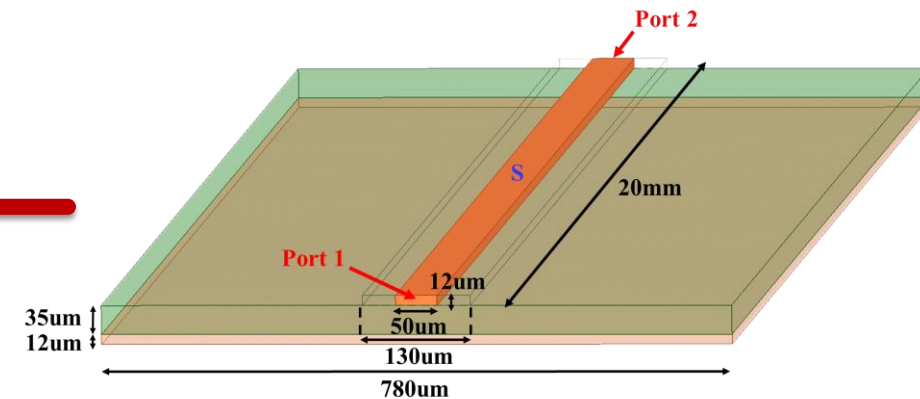
نمای جانبی خطوط میکرواستریپ و استریپ لاین در نظر گرفته شده در حالت‌های مختلف همراه با نمایش فضای اشغال شده توسط هر کدام برای داشتن ابعادهای 50 و 100 اهم به ترتیب در حالت تک‌سر و دیفرانسیلی

جزئیات نمونه‌ای از ساختارهای اتصالات در نظر گرفته شده

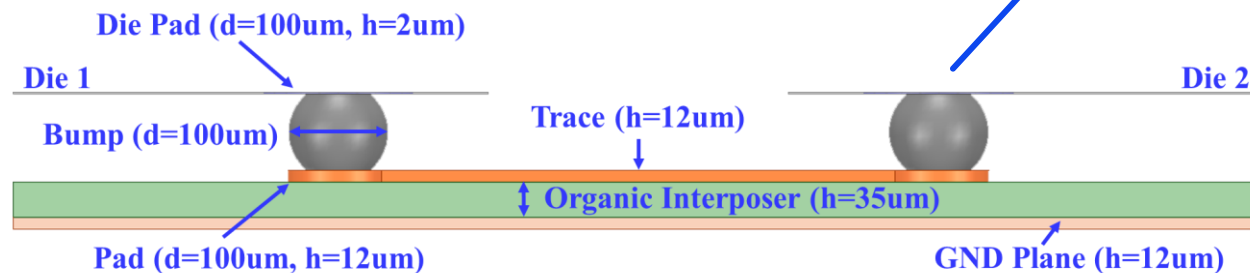
• مایکرواستریپ تکسر تک
کاناله



Details of Die



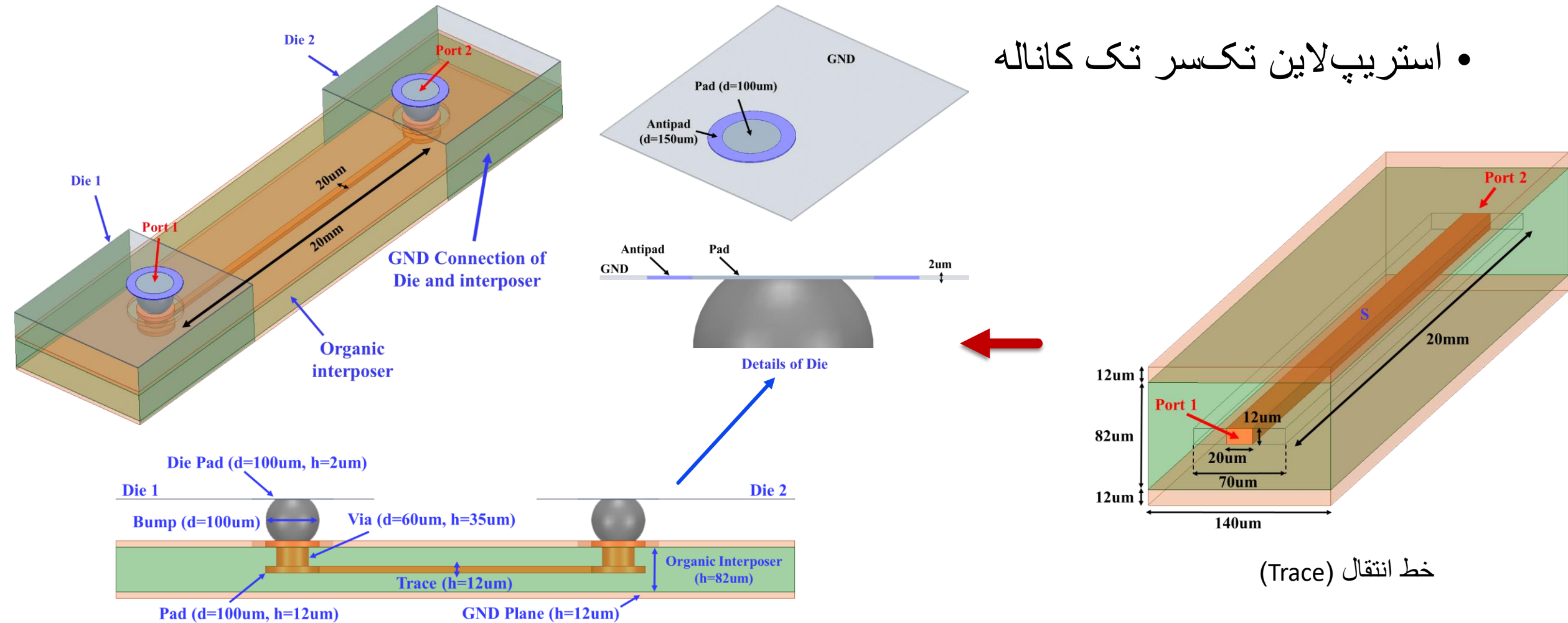
خط انتقال (Trace)



اتصال تراشه به تراشه (Trace + Bump + Pad)

جزئیات نمونه‌ای از ساختارهای اتصالات در نظر گرفته شده

• استریپ‌لاین تک‌سر تک کاناله



اتصال تراشه به تراشه (Trace + Bump + Pad)

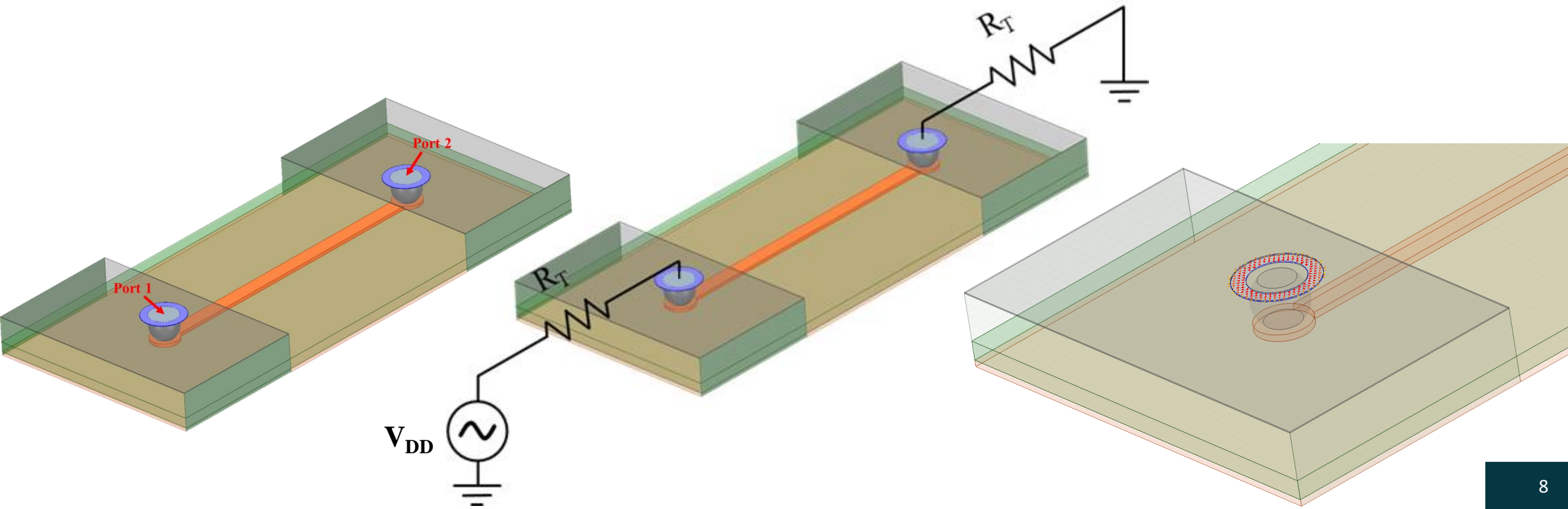
نحوه اعمال پورت‌های ورودی خروجی

• تک‌سر:

$$R_T = 50\Omega, V_{DD} = 1V$$

• دیفرانسیلی:

$$R_T = 100\Omega, V_{DD} = \pm 0.5V$$



شبیه‌سازی و تحلیل اتصالات تراشه به تراشه

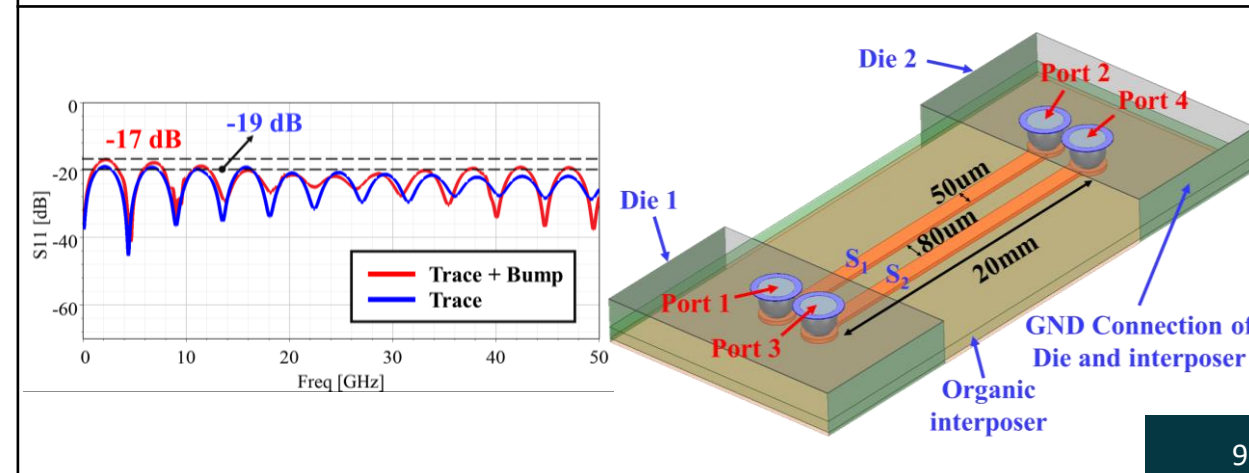
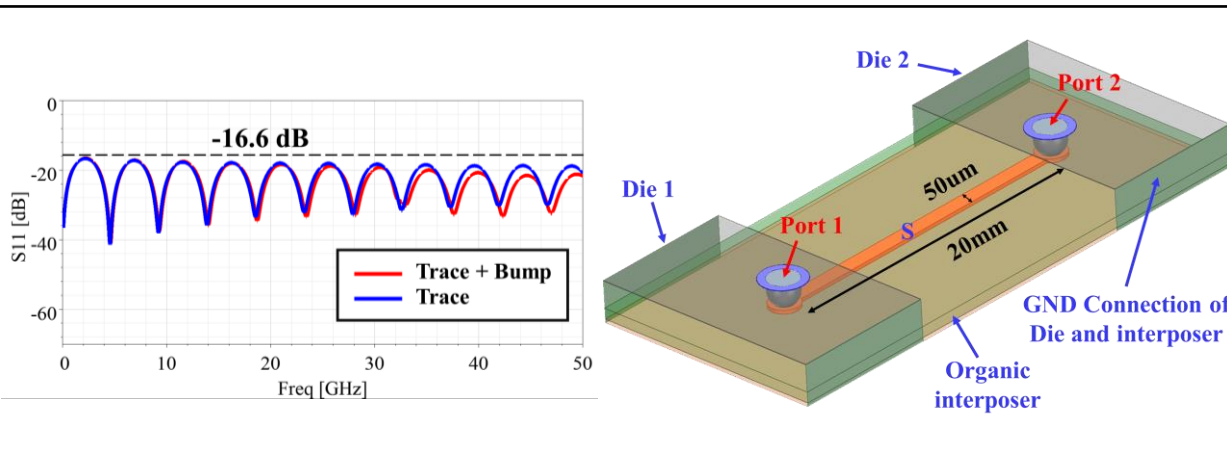
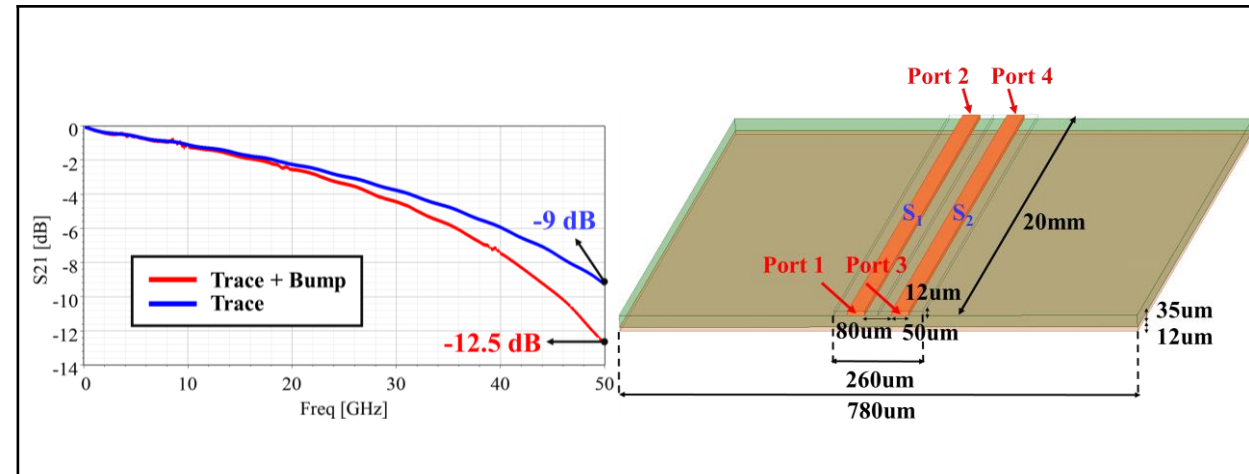
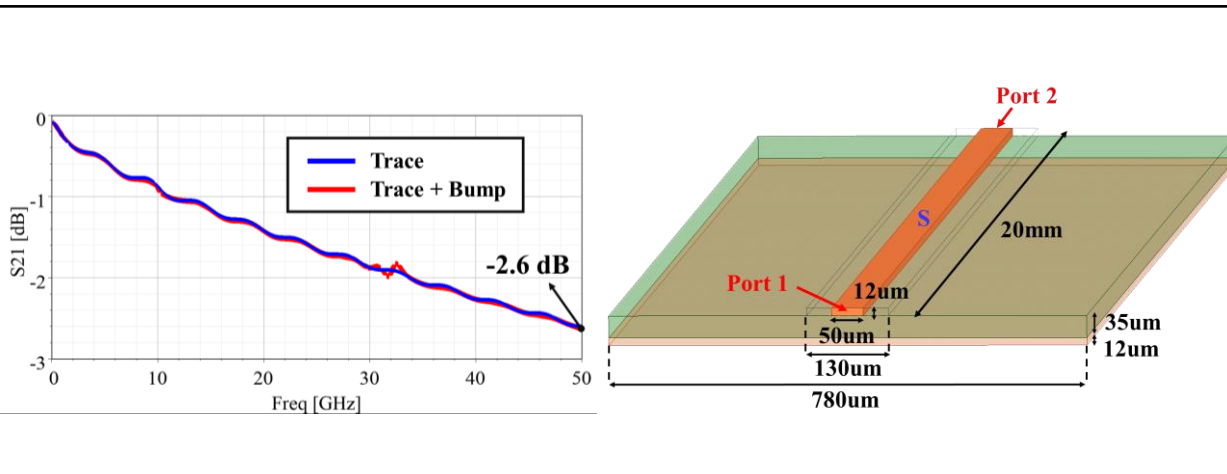
نتایج شبیه‌سازی مایکرو استریپ تک‌سر

تلفات تزریقی

تلفات بازگشتی

تک کاناله

دو کاناله



شبیه‌سازی و تحلیل اتصالات تراشه به تراشه

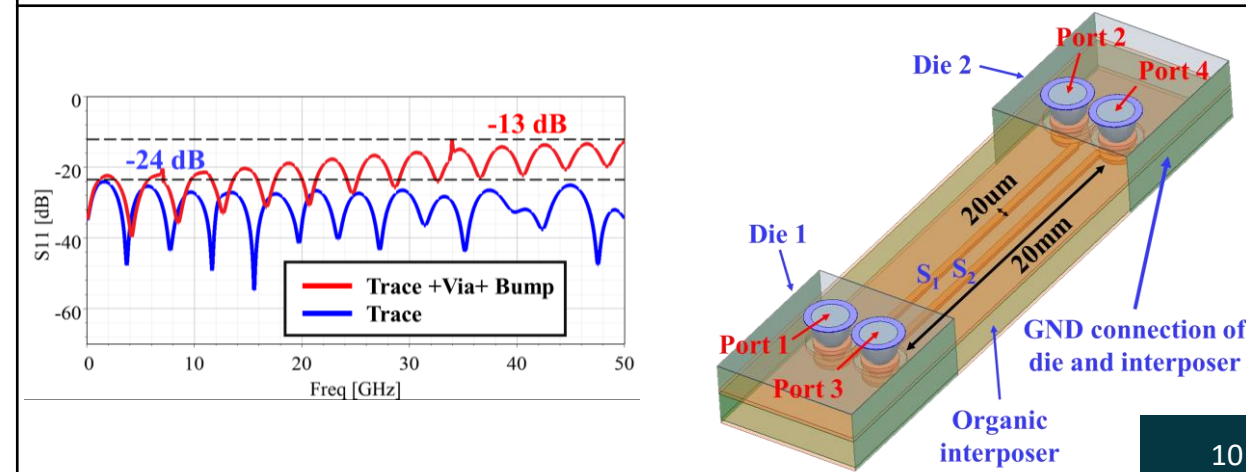
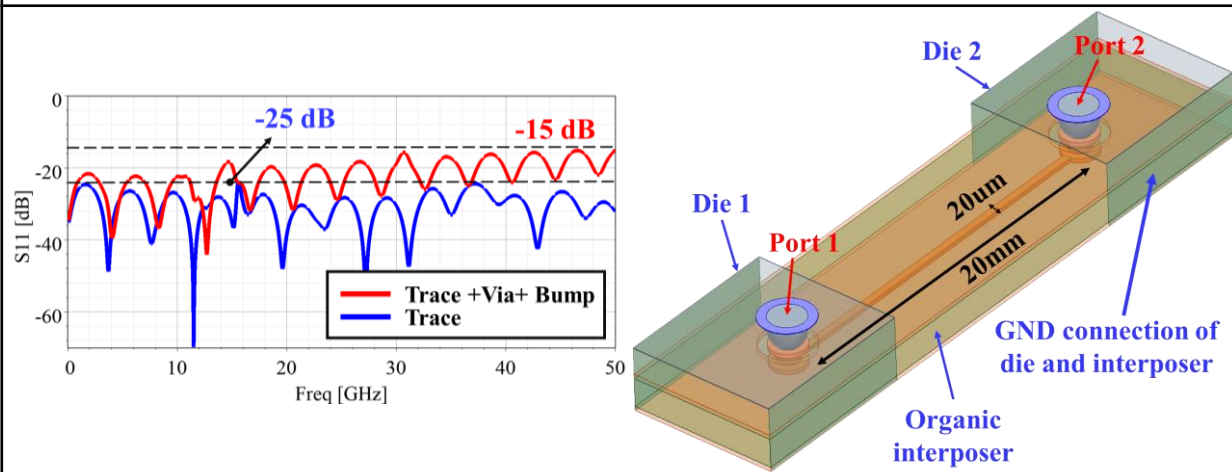
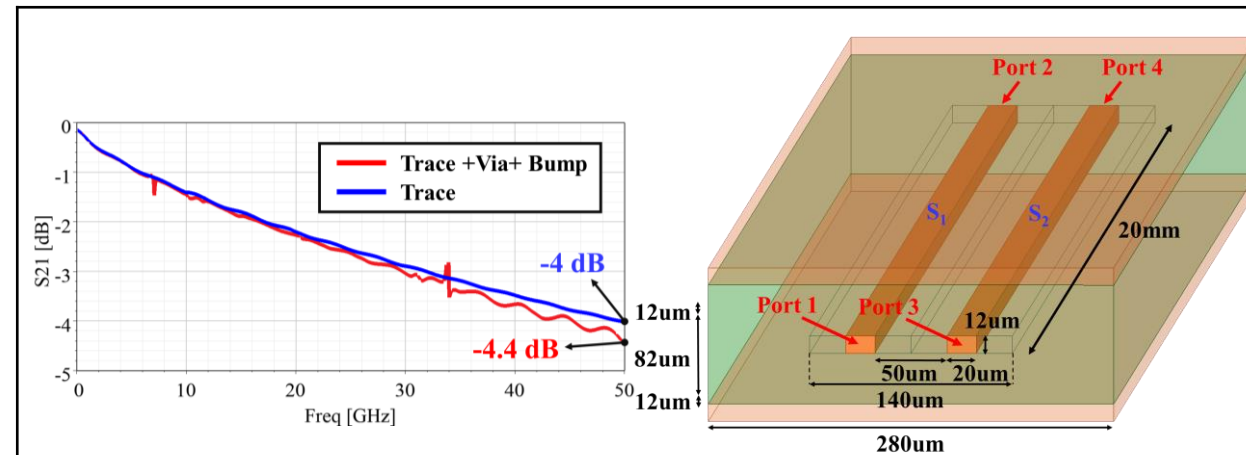
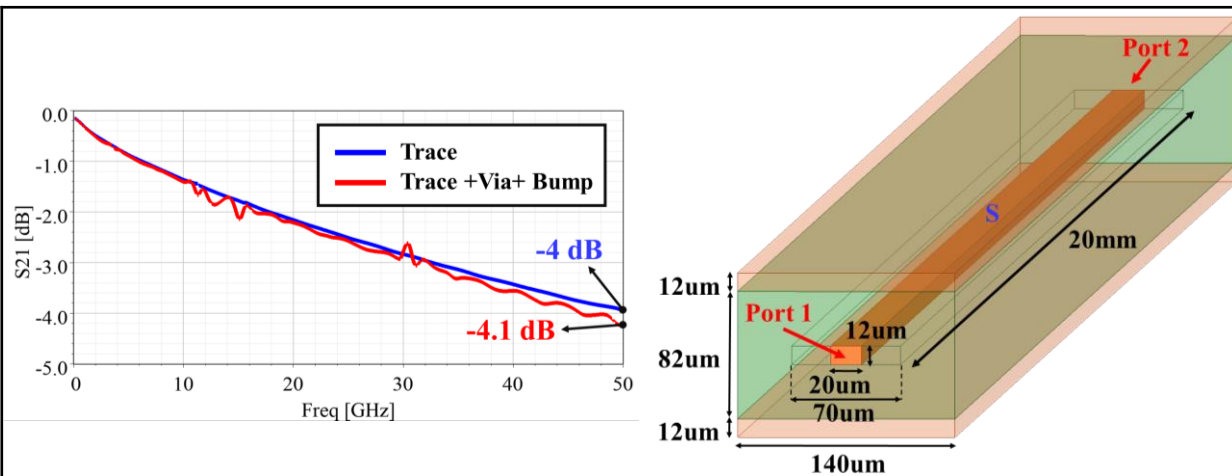
نتایج شبیه‌سازی استریپ لاین تک‌سر

تلفات تزریقی

تلفات بازگشتی

تک کاناله

دو کاناله



شبیه‌سازی و تحلیل اتصالات تراشه به تراشه

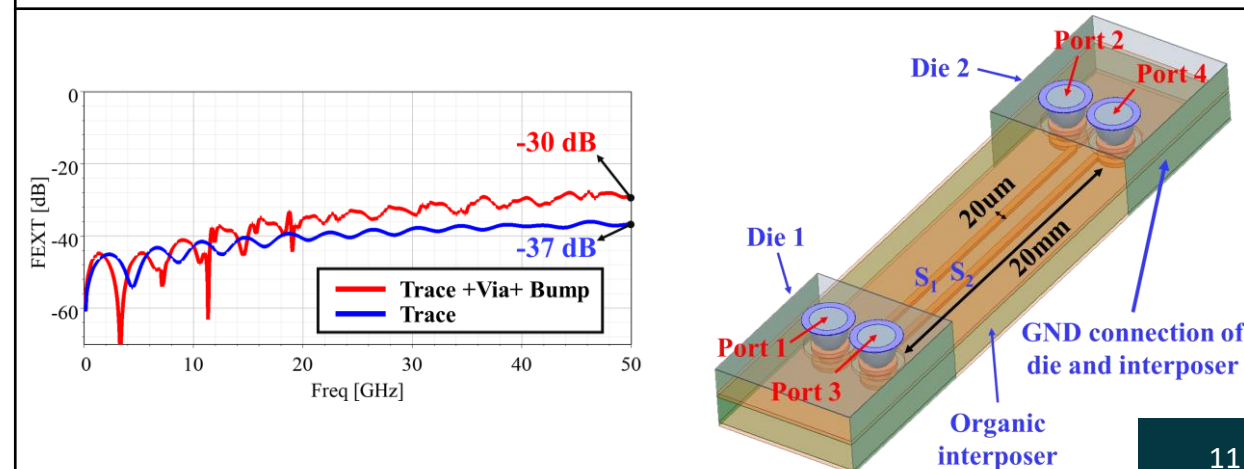
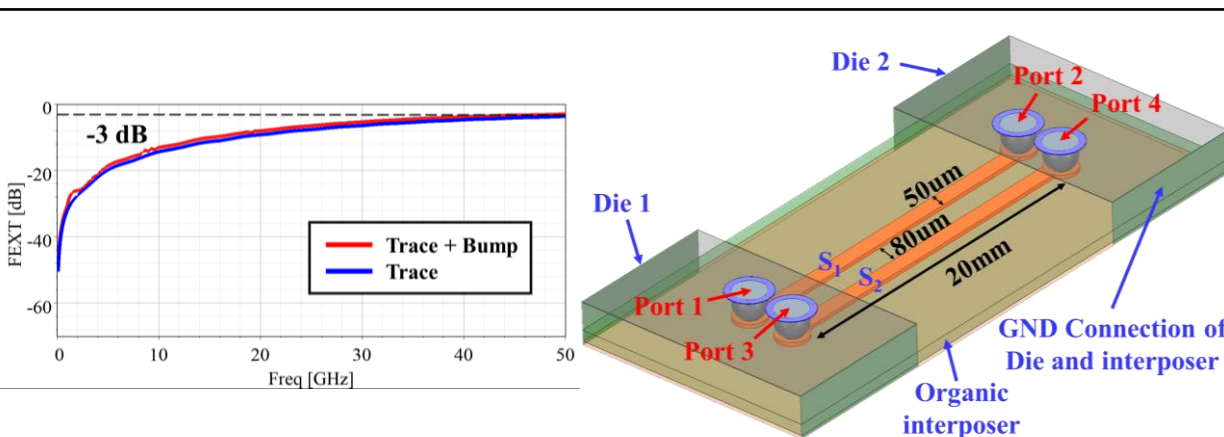
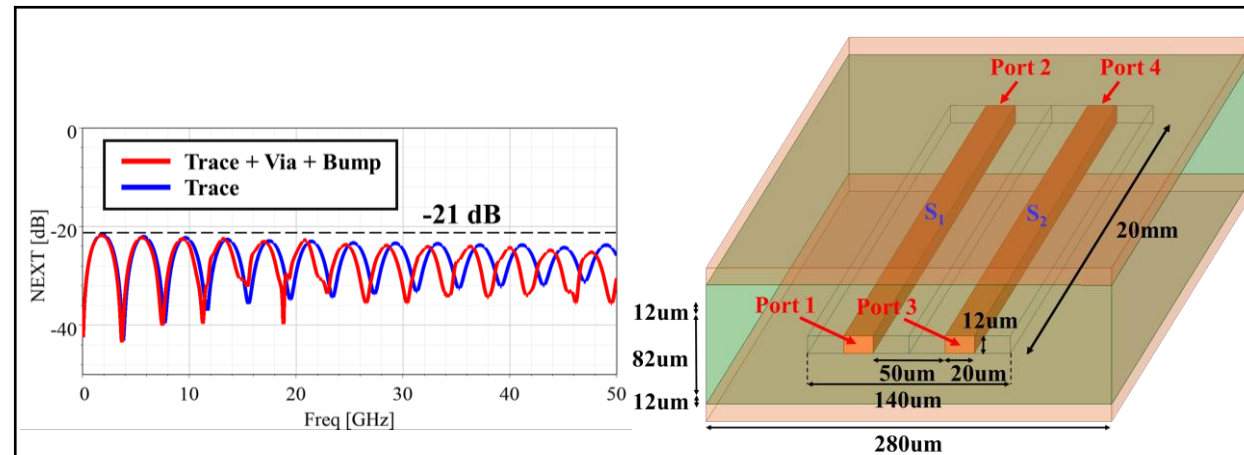
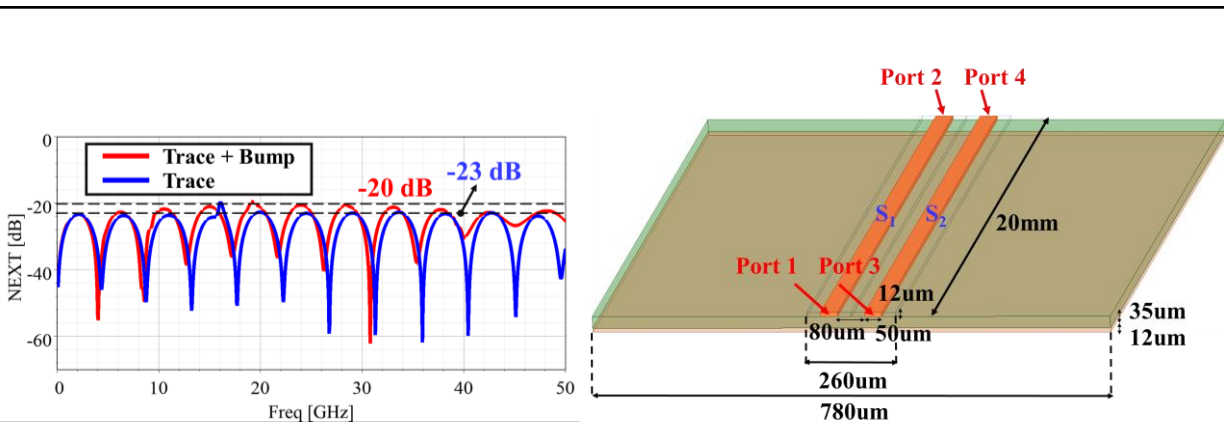
نتایج شبیه‌سازی تک‌سر دو کاناله

نویز هم‌بنوایی سر نزدیک

نویز هم‌بنوایی سر دور

استریپ‌لاین

مایکرواستریپ



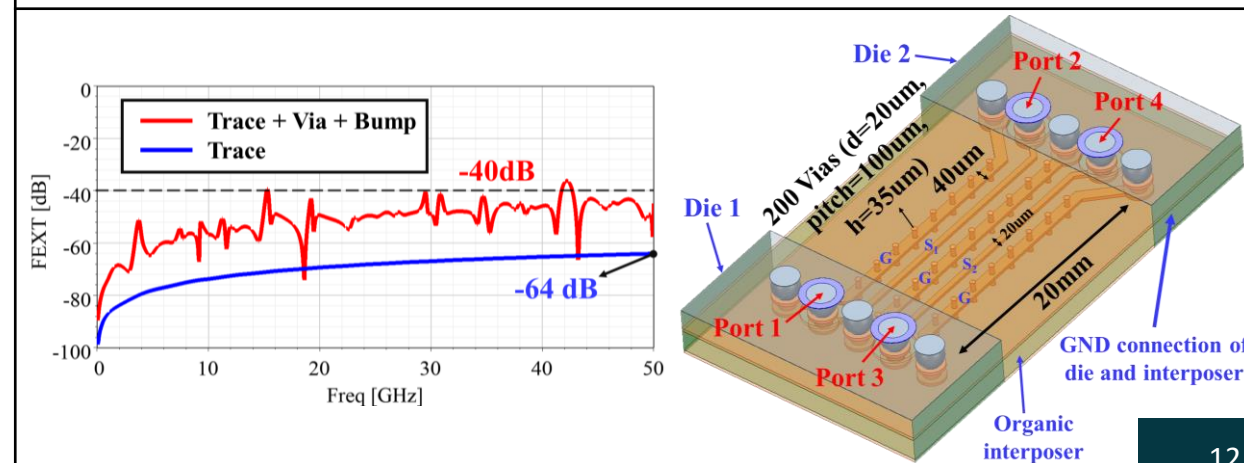
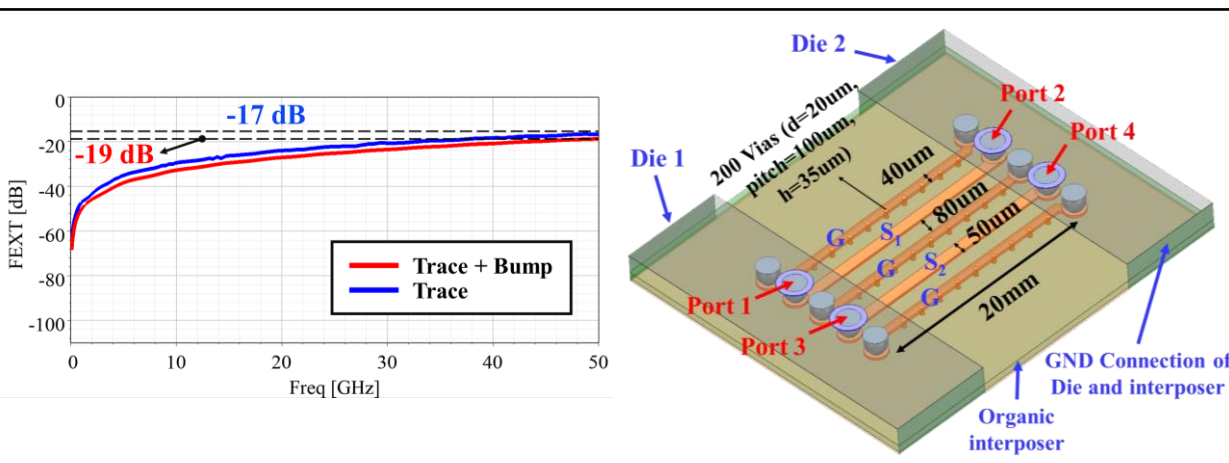
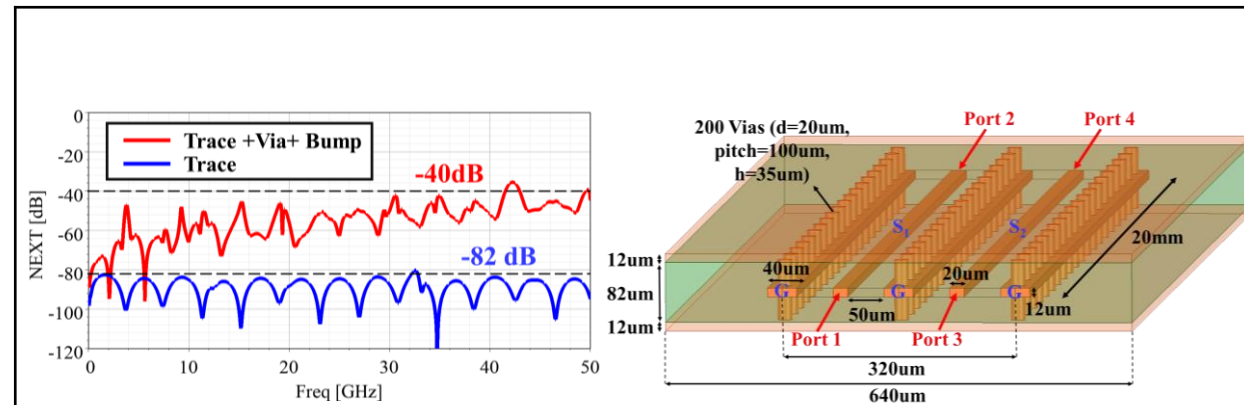
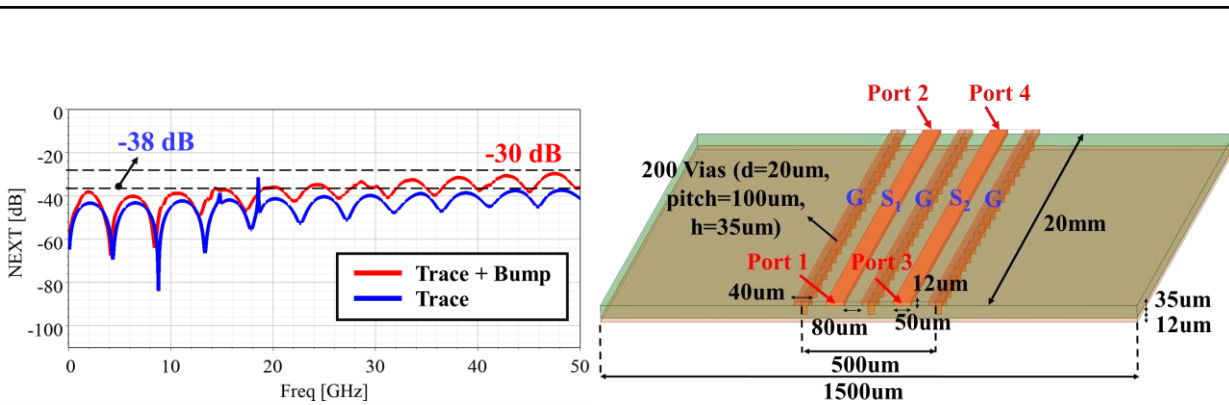
نتایج شبیه‌سازی تک‌سر دو کاناله محافظت شده با زمین

نویز هم‌نشوایی سر نزدیک

نویز هم‌نشوایی سر دور

استریپ‌لاین

مایکرواستریپ



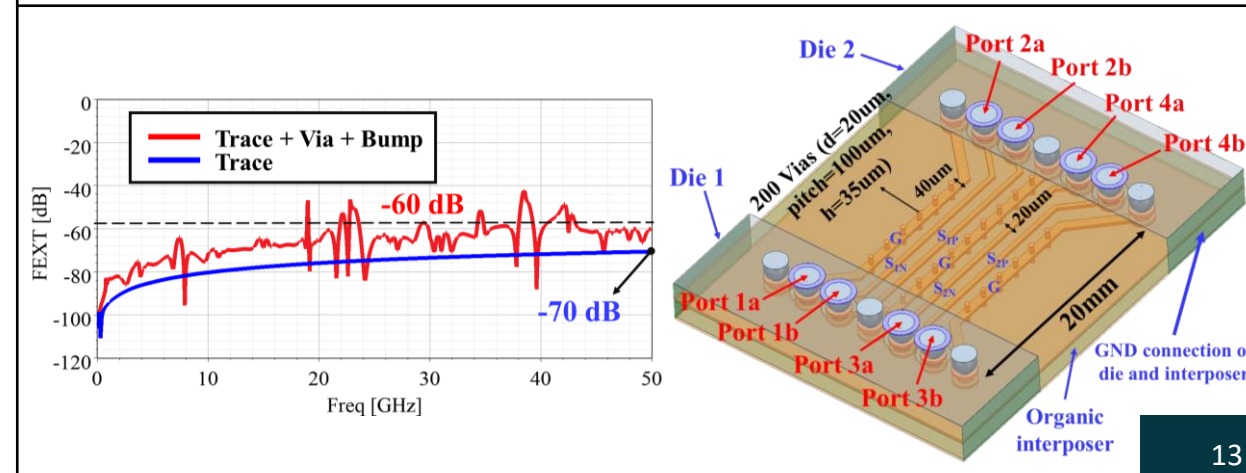
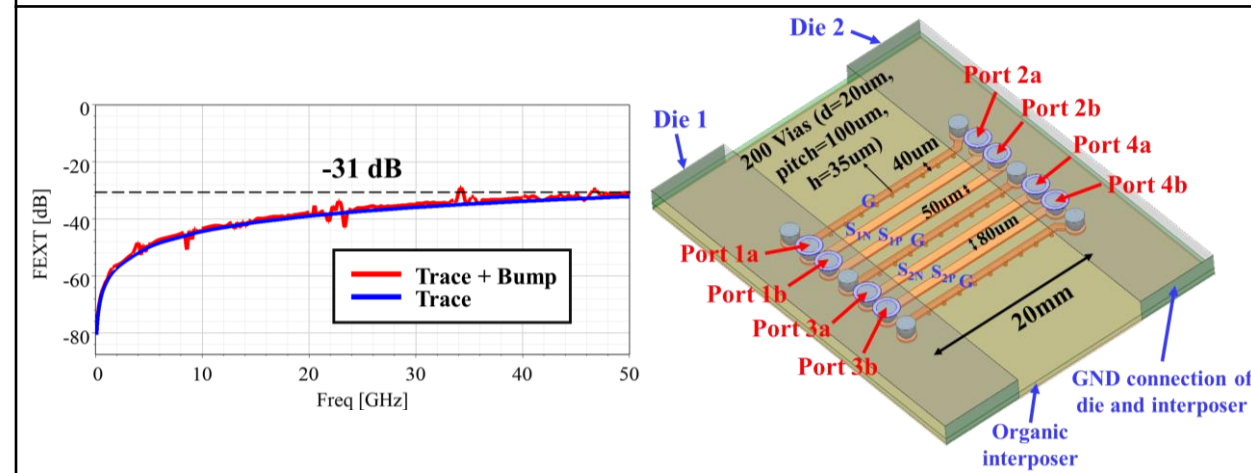
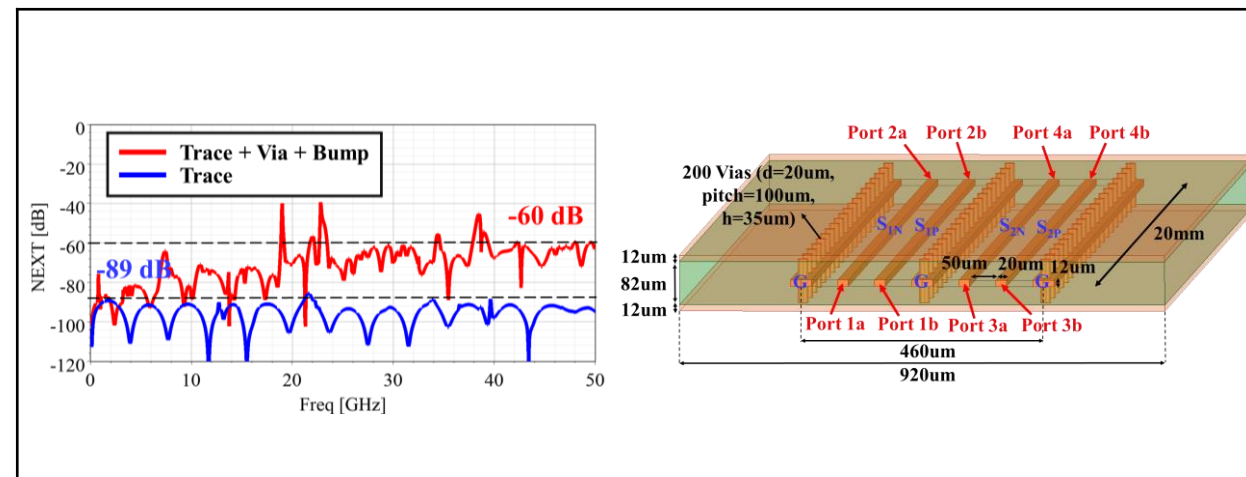
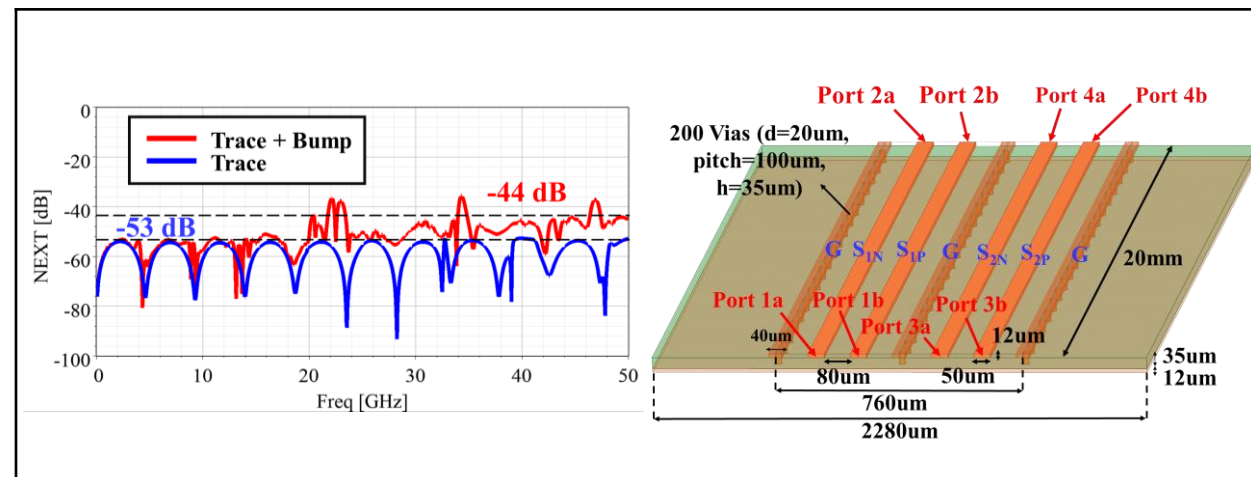
نتایج شبیه‌سازی دیفرانسیلی دو کاناله محافظت شده با زمین

نویز هم‌نشوایی سر نزدیک

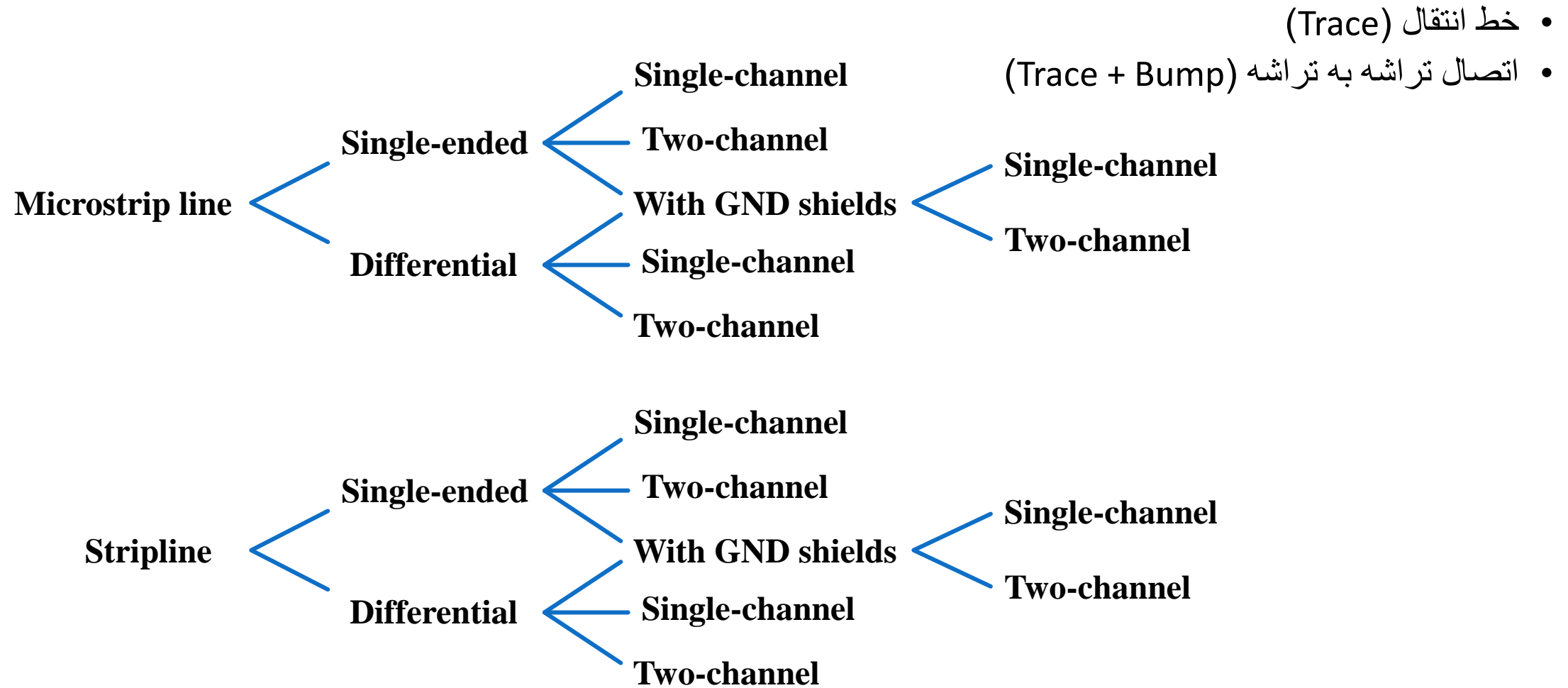
نویز هم‌نشوایی سر دور

استریپ‌لاین

مایکرواستریپ

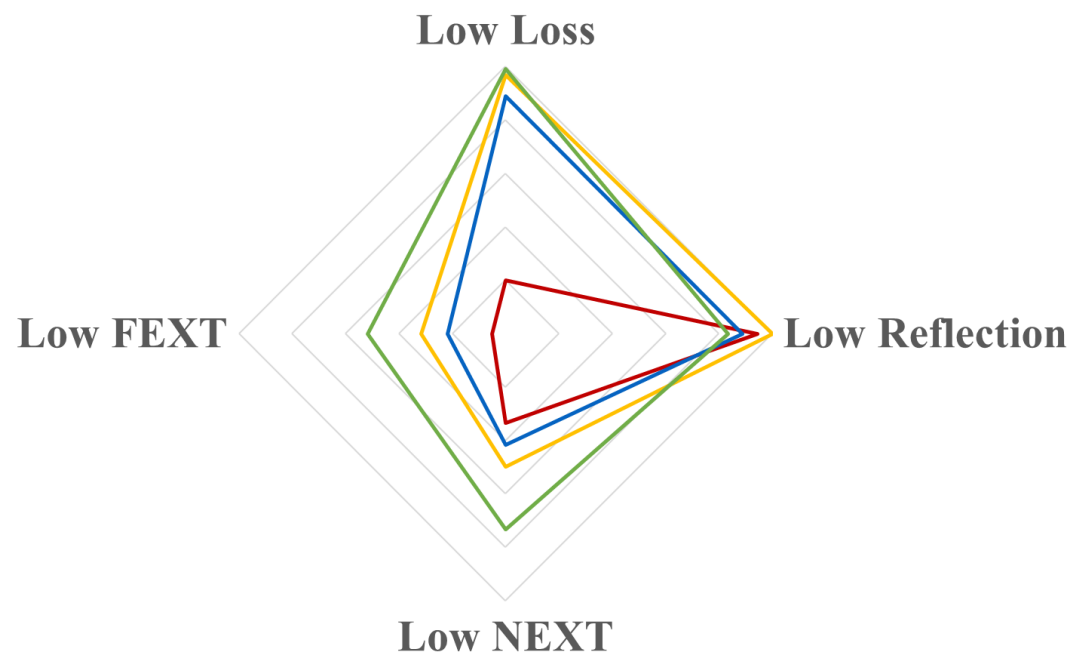


نمودار درختی تمامی شبیه‌سازی‌های انجام شده

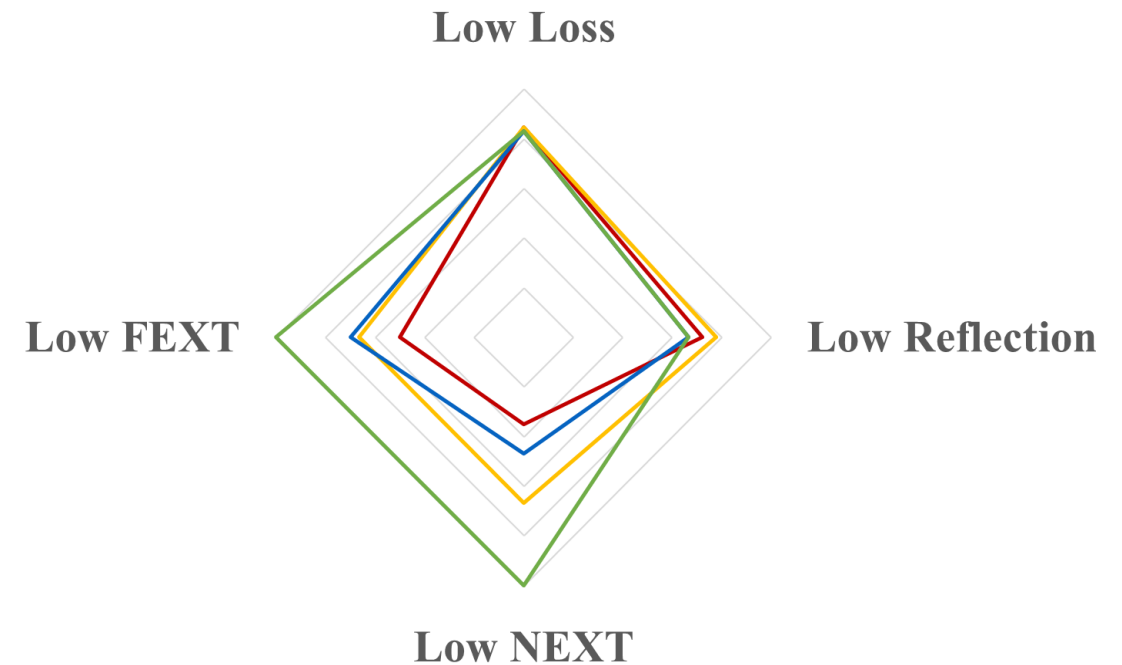


مقایسه نتایج شبیه‌سازی اتصالات در حالت دوکاناله

اتصالات تراشه به تراشه میکرواستریپ



اتصالات تراشه به تراشه استریپ لاین



- Single-Ended
- Differential
- Single-Ended with GND Shields
- Differential with GND Shields

مقایسه نتایج شبیه‌سازی اتصالات در حالت دوکاناله

نتایج عددی برای حالت تک‌سر

		Microstrip line				Stripline			
		S21 (@50GHz)	S11 (Max)	NEXT (Max)	FEXT (Max)	S21 (@50GHz)	S11 (Max)	NEXT (Max)	FEXT (Max)
Single-ended	Trace	-9 dB	-19 dB	-23 dB	-3 dB	-4 dB	-24 dB	-21 dB	-37 dB
	Trace + Bump	-12.5 dB	-17 dB	-20 dB	-3 dB	-4.4 dB	-13 dB	-21 dB	-30 dB
Single-ended with GND Shields	Trace	-2.7 dB	-18 dB	-38 dB	-17 dB	-4 dB	-23 dB	-82 dB	-64 dB
	Trace + Bump	-2.9 dB	-18 dB	-30 dB	-19 dB	-4.4 dB	-14 dB	-40 dB	-40 dB

نتایج عددی برای حالت دیفرانسیلی

		Microstrip line				Stripline			
		S21 (@50GHz)	S11 (Max)	NEXT (Max)	FEXT (Max)	S21 (@50GHz)	S11 (Max)	NEXT (Max)	FEXT (Max)
Differential	Trace	-3.7 dB	-27 dB	-32 dB	-13 dB	-4.1 dB	-30 dB	-28 dB	-42 dB
	Trace + Bump	-3.9 dB	-16 dB	-25 dB	-13 dB	-4.6 dB	-12 dB	-28 dB	-42 dB
Differential with GND Shields	Trace	-2.5 dB	-24 dB	-53 dB	-31 dB	-4 dB	-33 dB	-89 dB	-70 dB
	Trace + Bump	-2.6 dB	-15 dB	-44 dB	-31 dB	-4.6 dB	-12 dB	-60 dB	-60 dB

جمع‌بندی

- خلاصه‌ای از نتایج بدست آمده از شبیه‌سازی‌های ساختارهای مختلف میکرواستریپ و استریپ لاین در حالت با و بدون بامپ در اینتریوزر آلی:

پارامترهای یکپارچگی سیگنال	خط انتقال (Trace)	اتصال تراشه به تراشه (Trace + Bumps)
کمترین فضای اشغالی	استریپ لاین تک‌سر	استریپ لاین تک‌سر
کمترین تلفات	میکرواستریپ دیفرانسیلی محافظت شده با زمین	میکرواستریپ دیفرانسیلی محافظت شده با زمین
کمترین ضریب انعکاس	همه ساختارها تقریباً مشابه	میکرواستریپ تک‌سر
بیشترین مصونیت در برابر نویز هم‌شنوایی	استریپ لاین دیفرانسیلی محافظت شده با زمین $S_{11_{max}} = -33\text{dB}$ $NEXT_{max} = -90\text{dB}$	استریپ لاین دیفرانسیلی محافظت شده با زمین $S_{11_{max}} = -12\text{dB}$ $NEXT_{max} = -60\text{dB}$ اثر مخرب بامپ و ویا ←

- اثر مخرب "بامپ" و "ویا" روی نویز هم‌شنوایی و ضریب انعکاس ساختار استریپ لاین خصوصاً در حالت دیفرانسیلی محافظت شده با زمین
- عدم بررسی تغییر پارامترهای ساختارهای شبیه‌سازی شده همچون ϵ_r ، $\tan\delta$ ، ارتفاع سابستریٹ، امپدانس خطوط و ...
- عدم بررسی و مقایسه اتصالات در سایر فناوری‌های اینتریوزر همچون سیلکون، گلس و سرامیک

References

- [1] B. Dehlaghi Jadid. Parallel Ultra-Short Reach Die-to-Die Links. PhD Thesis, University of Toronto, Canada, 2017.
- [2] B. C. Wadell, Transmission Line Design Handbook, Artech House Inc., 1991.

Thank you