

レーダ用固体化増幅器向けGa_N HEMTシリーズ

GaN HEMT Line-up Suitable for Radar Applications

高木 一考, 菅藤 和博, 荒井 重光
(株式会社 東芝 社会システム社 小向工場 マイクロ波技術部)

Kazutaka Takagi, Kazuhiro Kanto and Shigemitsu Arai
Microwave Solid-State Engineering Department, Komukai Operations, Social Infrastructure
Systems Company, Toshiba Corp., 1, Komukai Toshiba-cho, Saiwai-ku, Kawasaki 212-8581, Japan

Summary;

Gallium nitride (Ga_N) power HEMT line-up suitable for solid-state amplifiers used in radar applications has been developed. The line-up will contribute to realize smaller size, lighter-weight and higher performance radar systems.

各種半導体の物性定数と性能指標

材料	GaN	4H-SiC	6H-SiC	GaAs	Si
格子定数()	a 3.189 c 5.185	a 3.073 c 10.053	a 3.08 c 15.12	5.6533	5.4301
禁制帯幅(eV)	3.39	3.26	3	1.43	1.12
電子移動度 μ	900 2DEG 2000	850 // 1020	400 // 80	8500	1400
正孔移動度	150	115	90	400	600
破壊電界 E_c	3.3E+06	2.2E+06	2.5E+06	4.E+05	3.E+05
熱伝導度 (W/cmK)	1.3 ~ 2	4.9	4.9	0.5	1.5
飽和速度 v_{sat}	2 ~ 2.7E+07	2.2E+07	1.9E+07	1.3E+07	1.0E+07
誘電率	9	9.7	10	12.8	11.8
バルク成長	x				
エピ成長	SAP, SiC, Si				
BM(対Si)	653	340	191	16	1
BHFM(対Si)	78	50	25	11	1
デバイスターゲット	青色光素子 高周波素子 パワー素子	パワー素子	パワー素子	高周波素子	半導体産業 の中心

BM: バリガー性能指数(低周波) = μE_c^3
 BHFM: バリガー性能指数(高周波) = μE_c^2

サファイア: $\mu = 0.42$
 $a = 4.76, c = 12.99$

GaN材料の特長

- ∅ 高い飽和速度
(GaAsの1.35倍)
- ∅ 大きな絶縁破壊電界
(GaAsの約10倍)
- ∅ ヘテロ構造が可能
- ∅ 大きなバンドギャップ
(GaAsの2.4倍)
- ∅ 高い熱伝導率
(GaAsの2.6倍)
- ∅ 低い誘電率
(GaAsの約3/4倍)
- ∅ 安全で豊富な材料
- ∅ 原子間結合力大
- ∅ 直接バンドギャップ

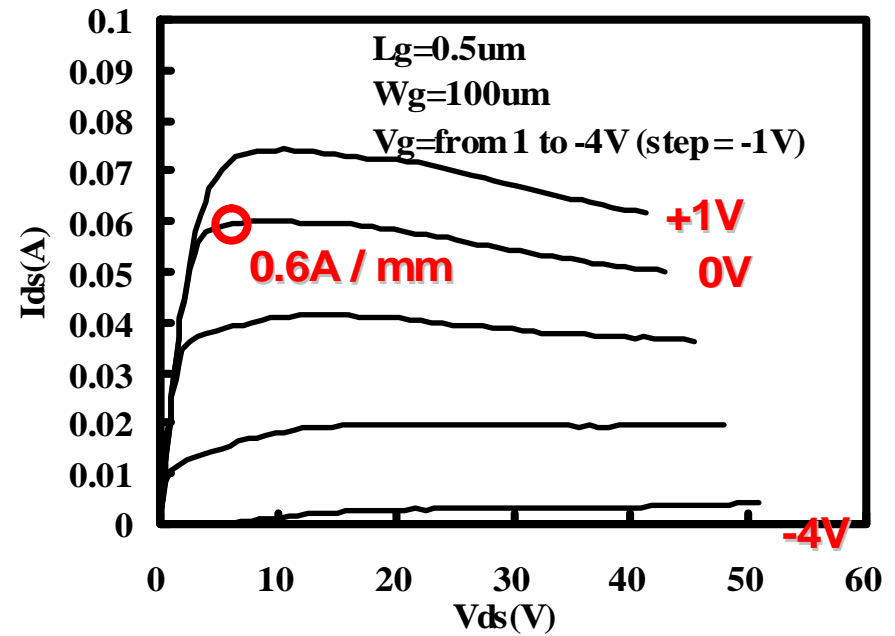
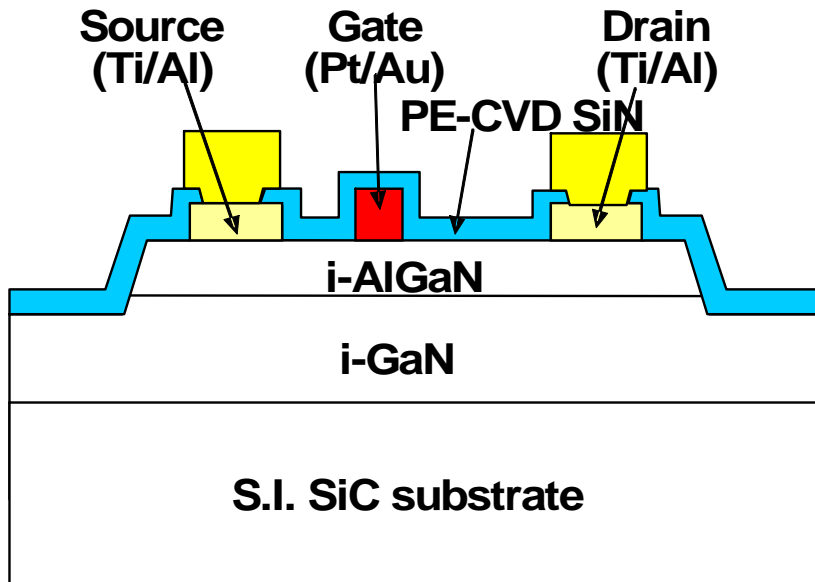
- ∪ 高速・高周波数動作
- ∪ 高出力・高耐圧
- ∪ 高温安定動作
- ∪ 環境調和(Asフリー)
- ∪ 化学的安性
- ∪ 光る(LED、LD)

大きな信号電圧

寄生容量が少ない

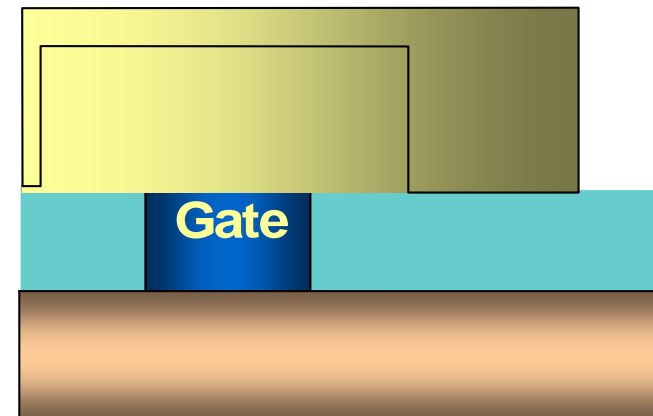
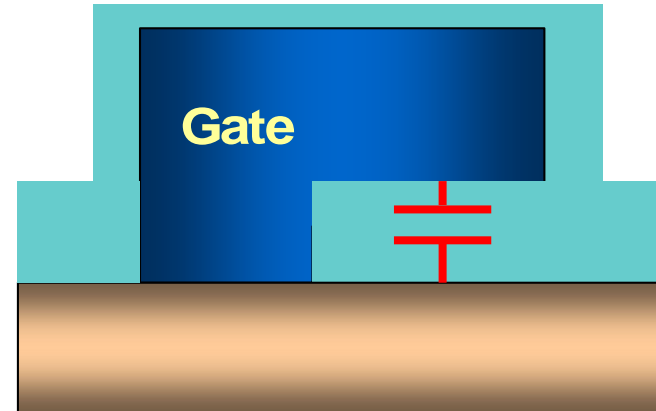
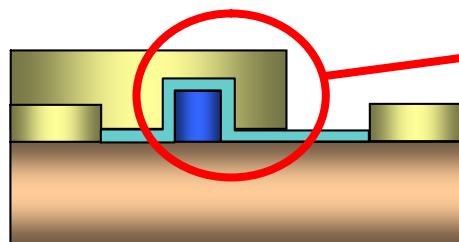
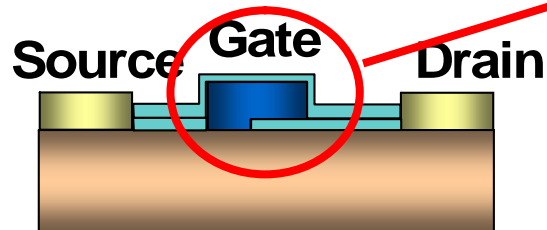
熱放散大

GaN素子構造(HEMT)とDC特性例



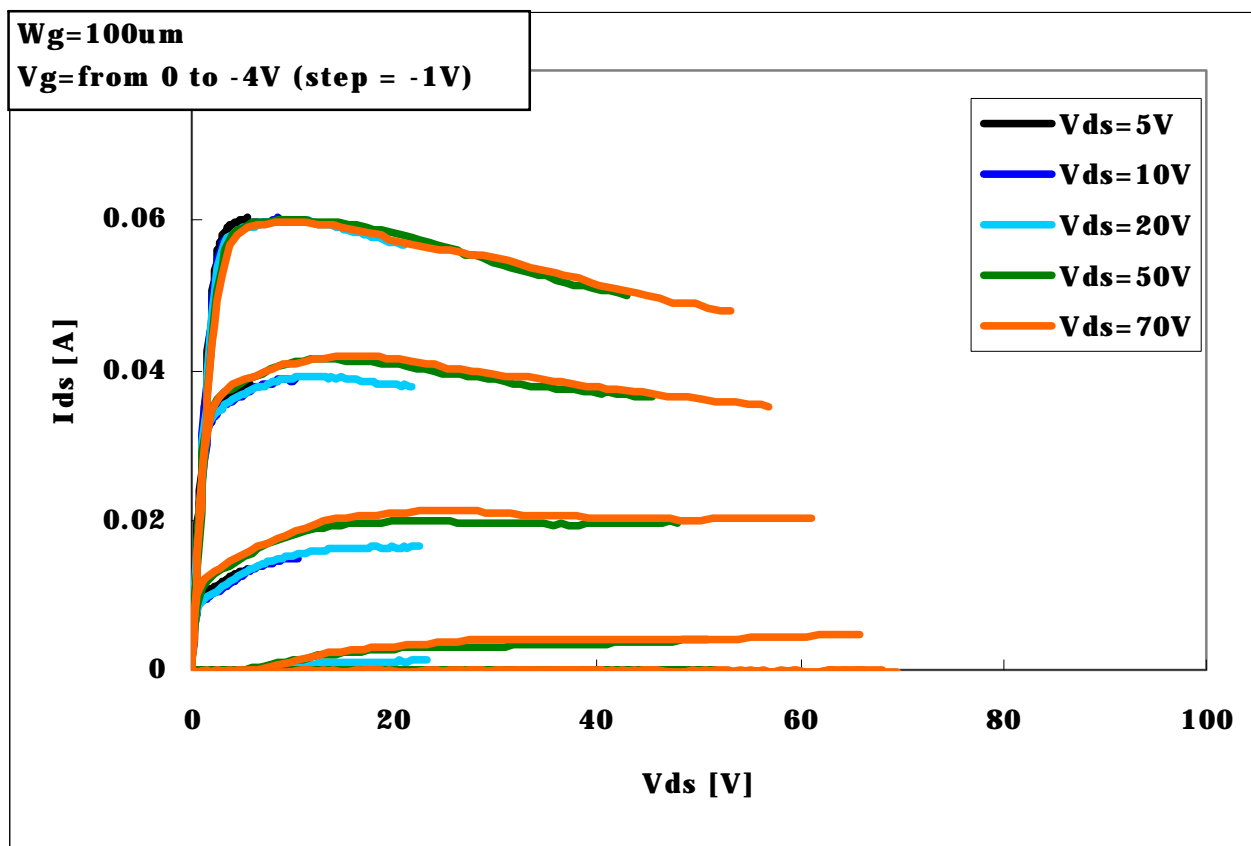
電流コラプス問題

低周波数域(L ~ S帯)では
フィールドプレートが有効である



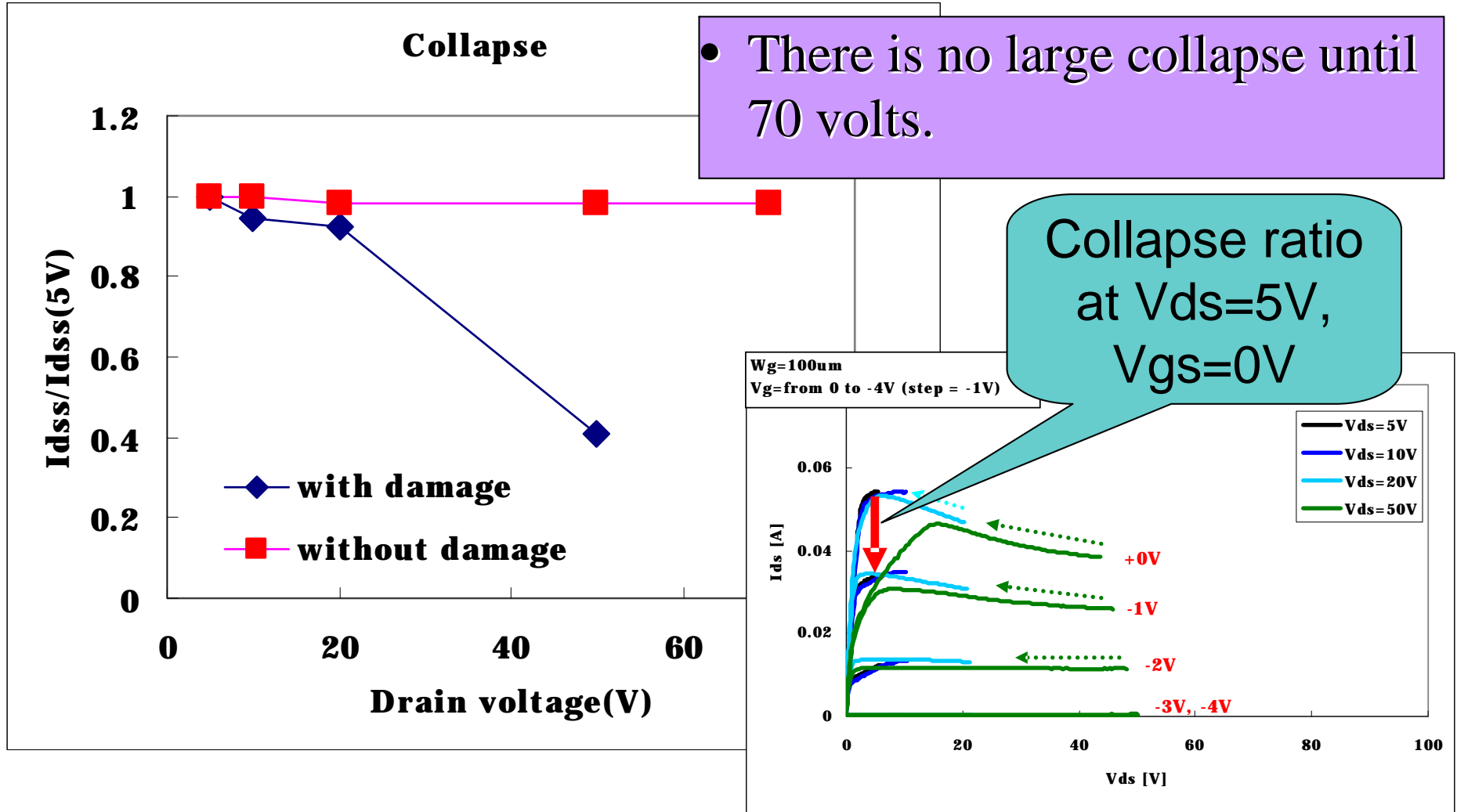
C帯以上の周波数では寄生容量として見える 特性低下

電流コラプス対策

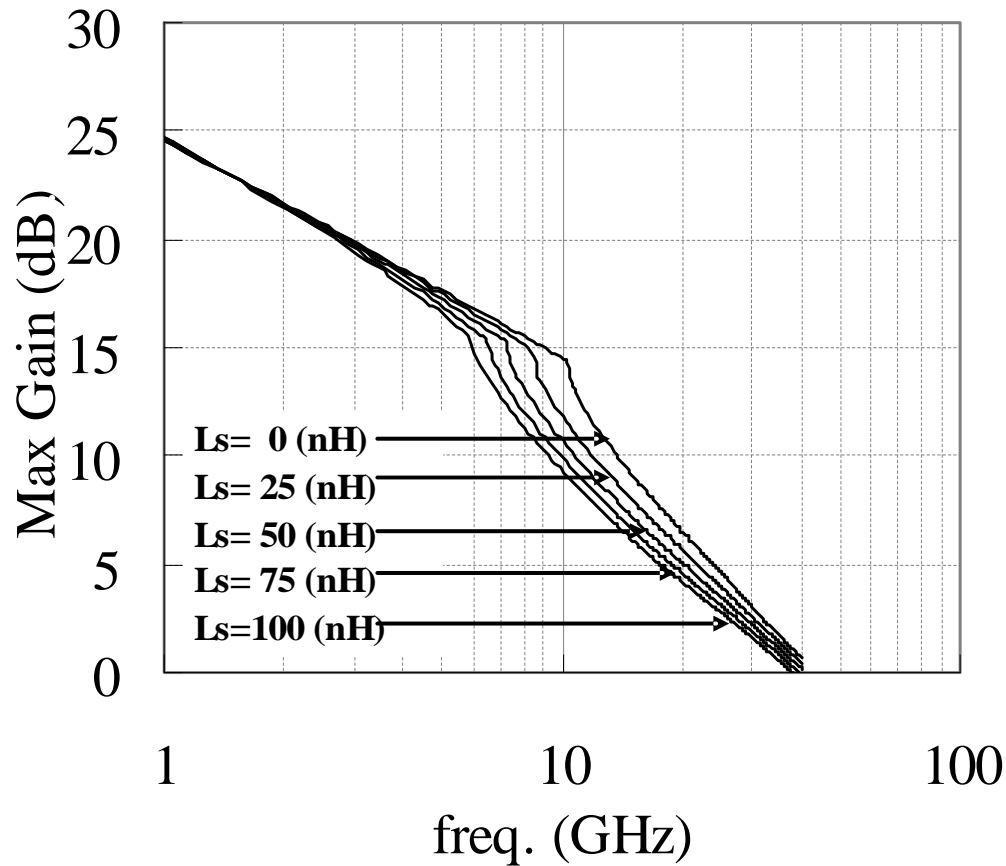


ダメージ低減プロセスによりFPがなくても、電流コラプスは現れていない。

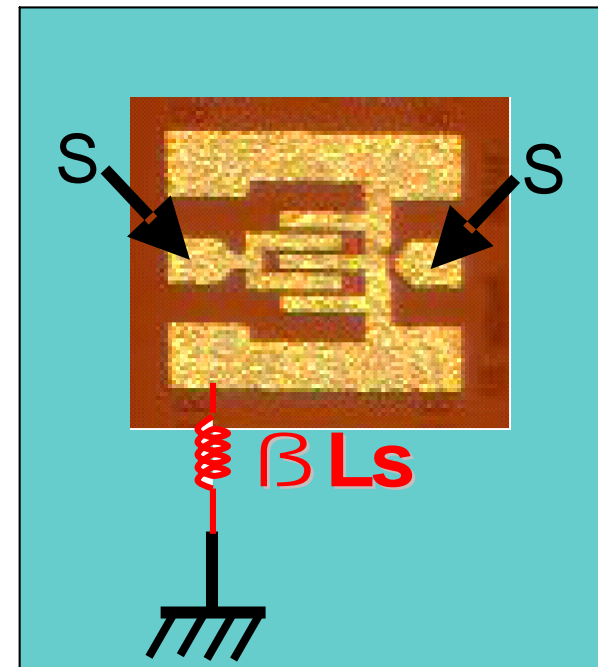
電流コラプスとドレイン電圧



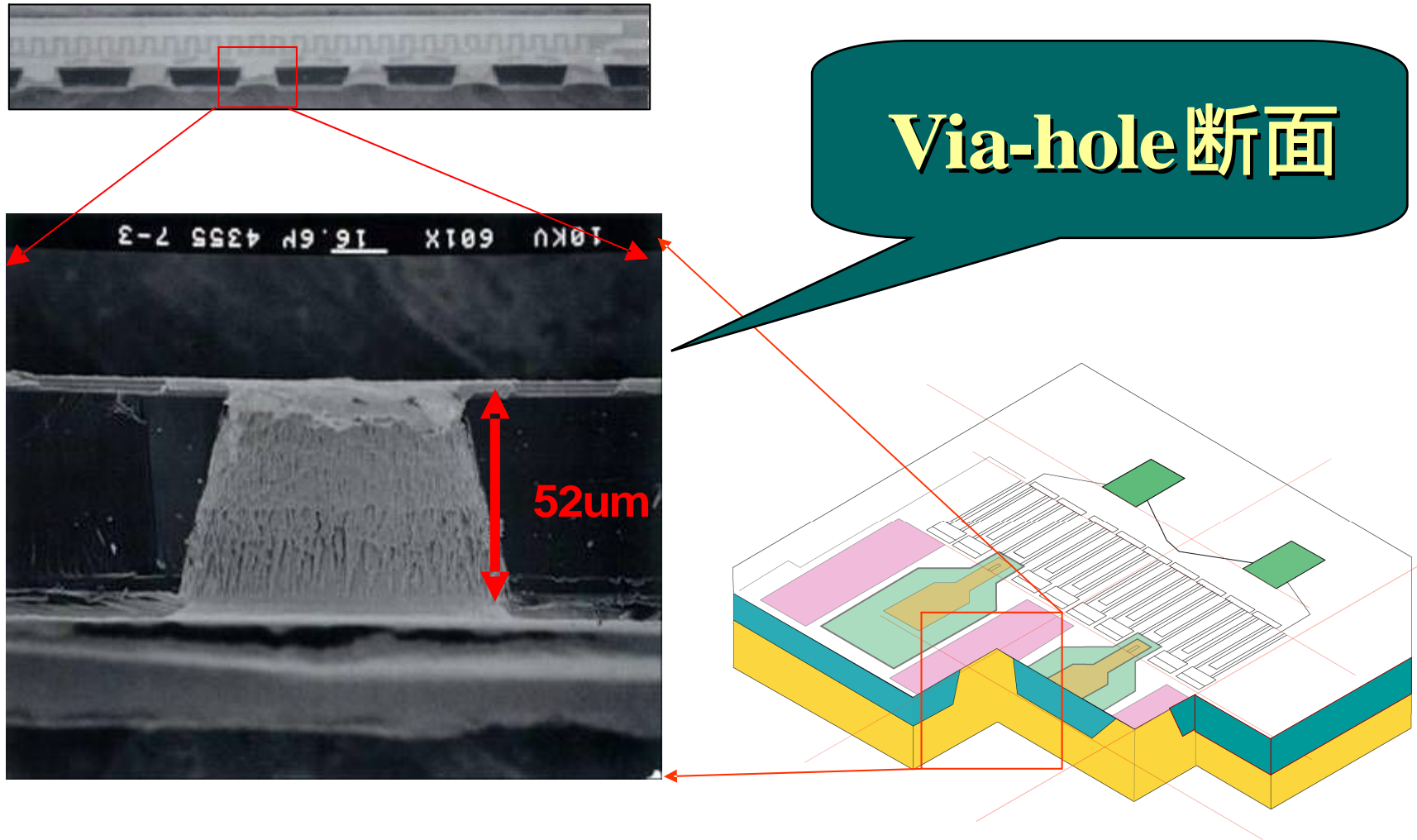
寄生インダクタンスの影響 - simulation -

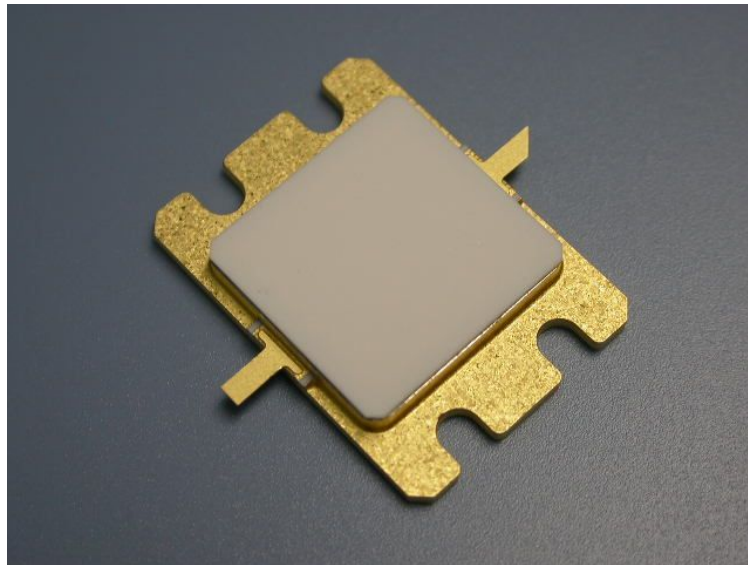


- Ls was swept from 25pH to 225pH.
- Reduction of the inductance less than 25pH.



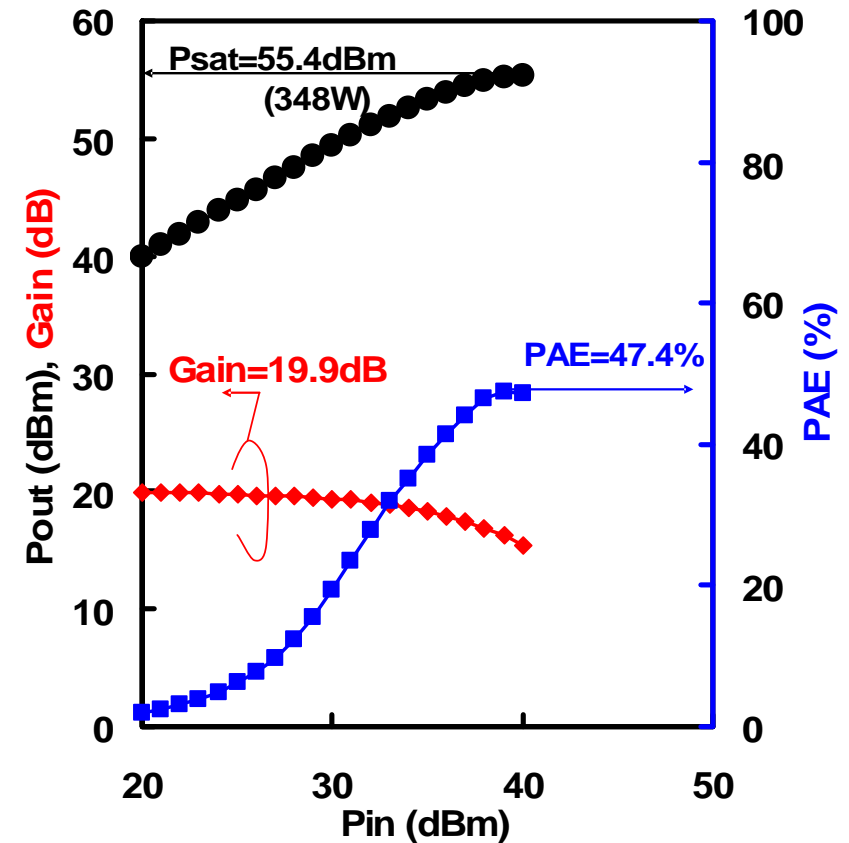
接地インダクタンス対策 - Via-hole -





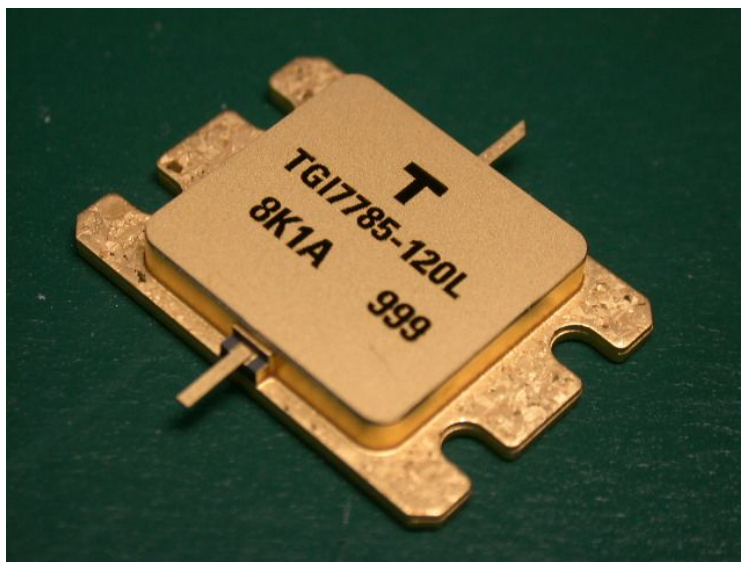
S帯350W級電力FET (GaN)のパッケージ

* パッケージサイズ(最外周寸法):
24.0mm × 17.4mm



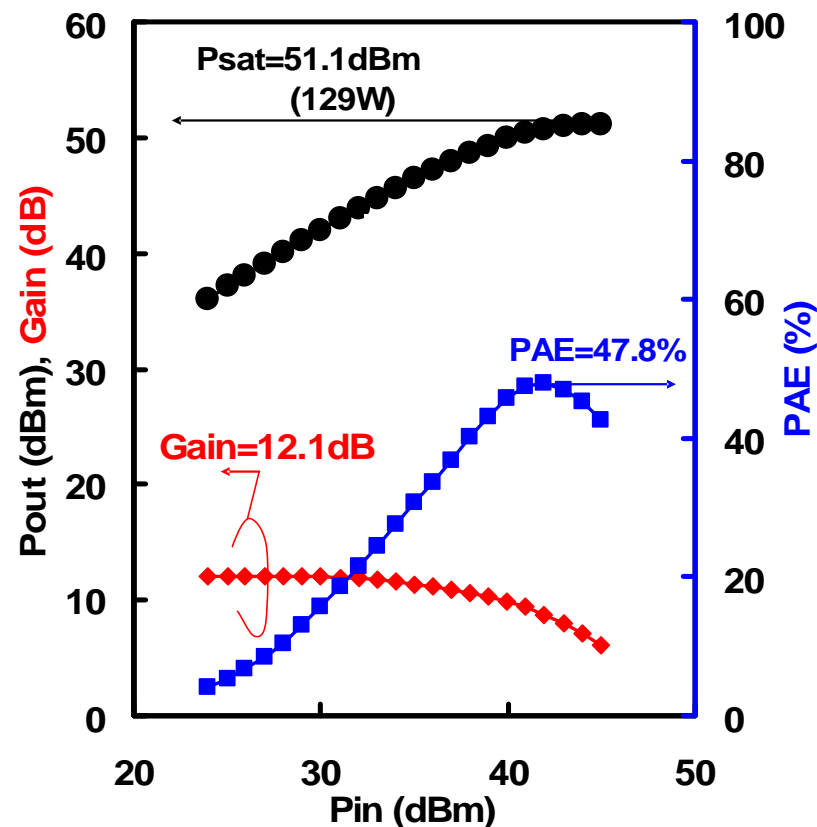
当社における評価結果

348W, 47.4%



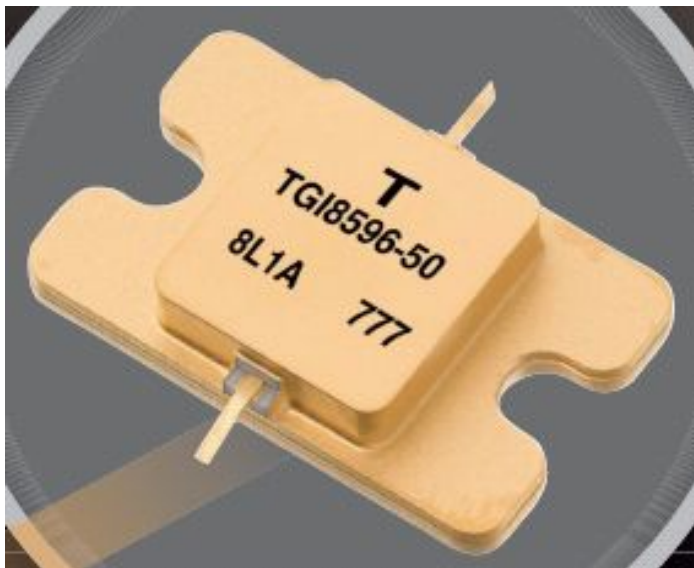
X帯120W級電力FET (GaN)のパッケージ

* パッケージサイズ(最外周寸法):
24.4mm x 17.4mm

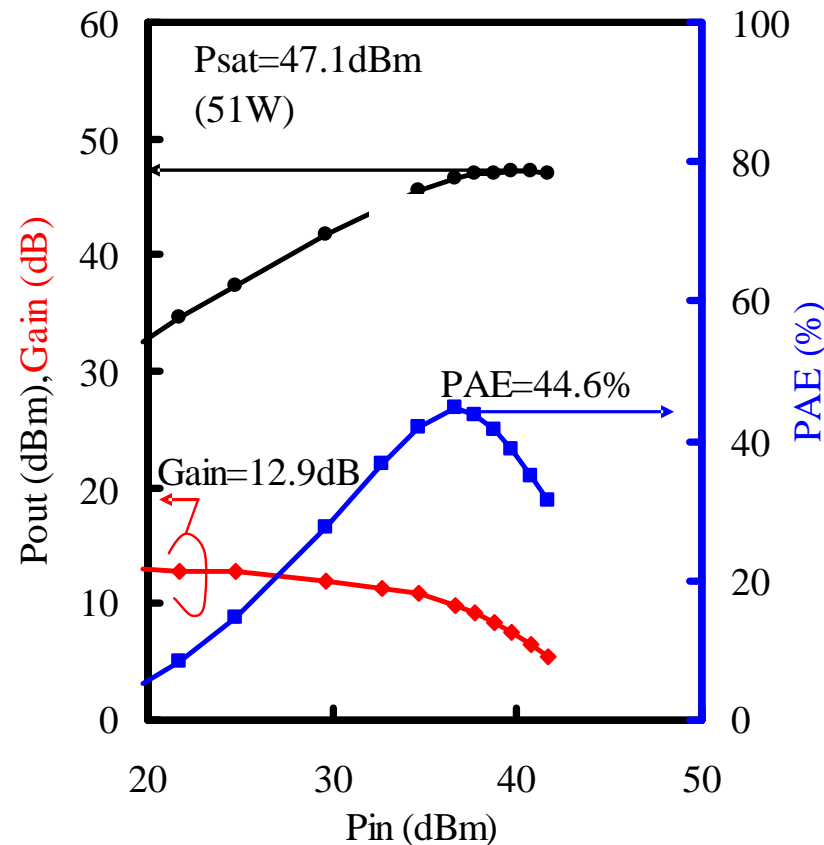


当社における評価結果

129W, 47.8%

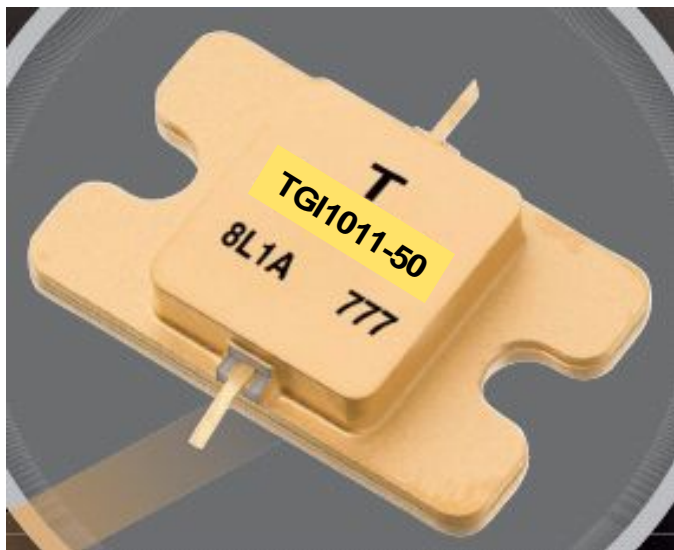


X帯50W級電力FET (GaN)のパッケージ
 * パッケージサイズ(最外周寸法):
 21.0mm x 12.9mm



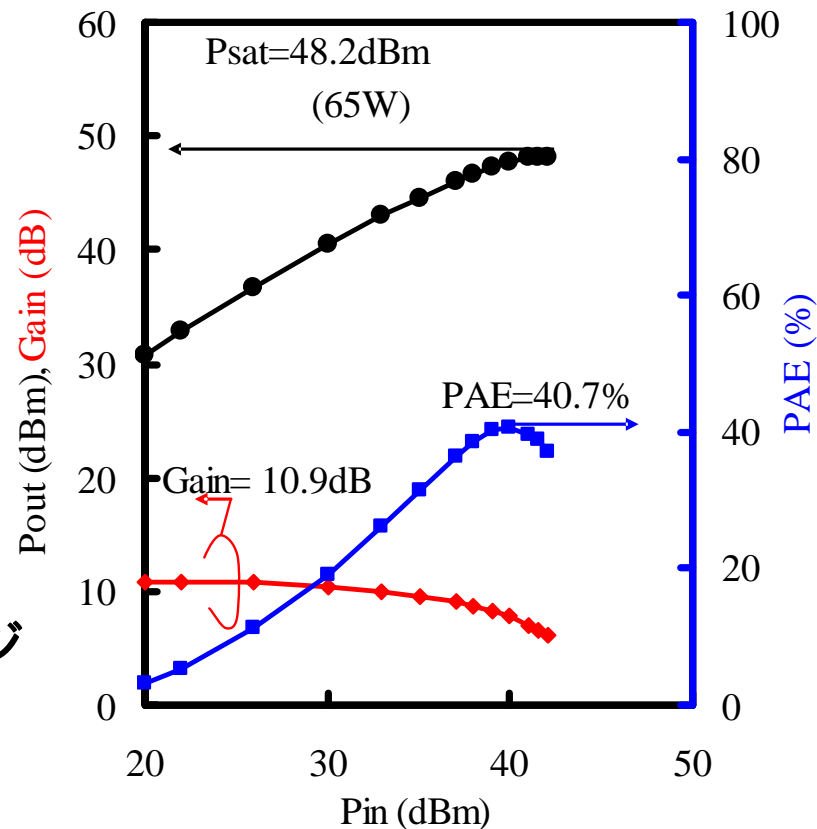
当社における評価結果

51W, 44.6%



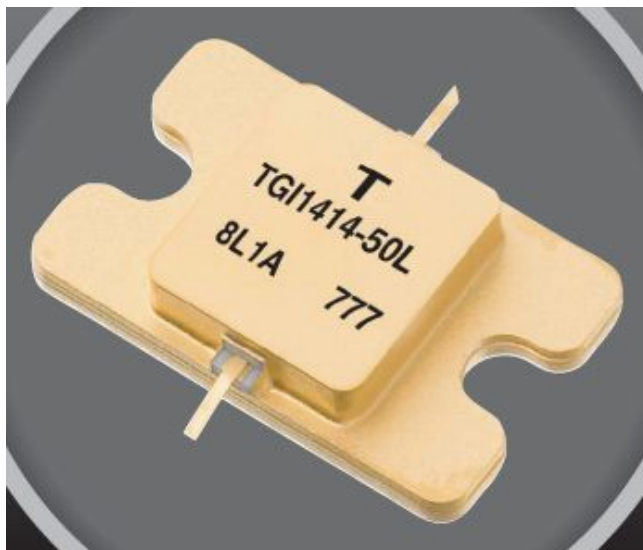
11GHz帯50W級電力FET(GaN)のパッケージ

* パッケージサイズ(最外周寸法):
21.0mm × 12.9mm

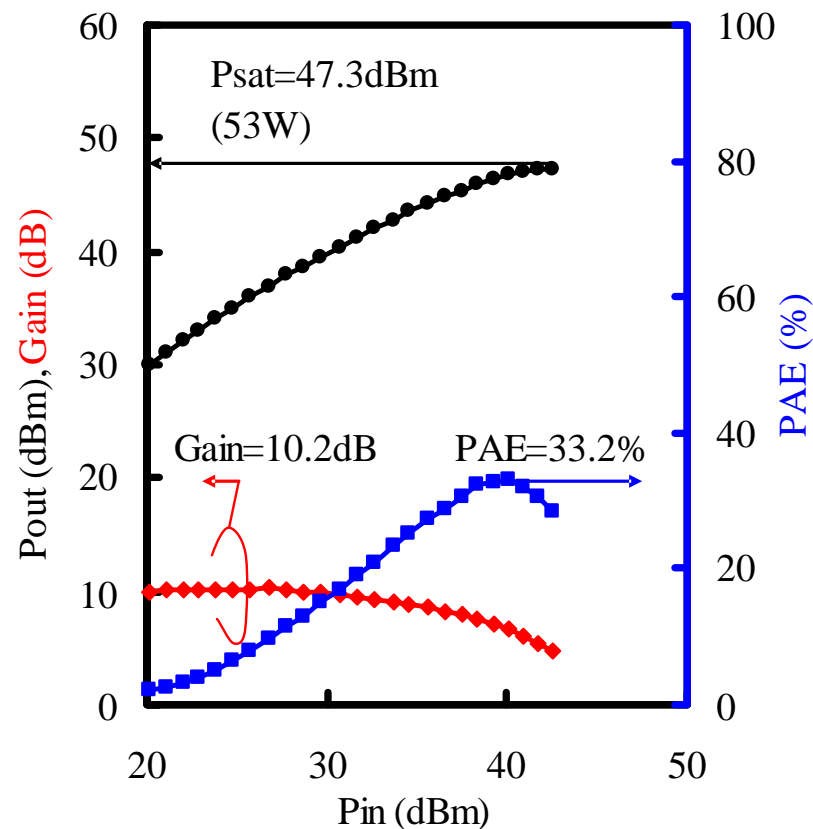


当社における評価結果

65W, 40.7%

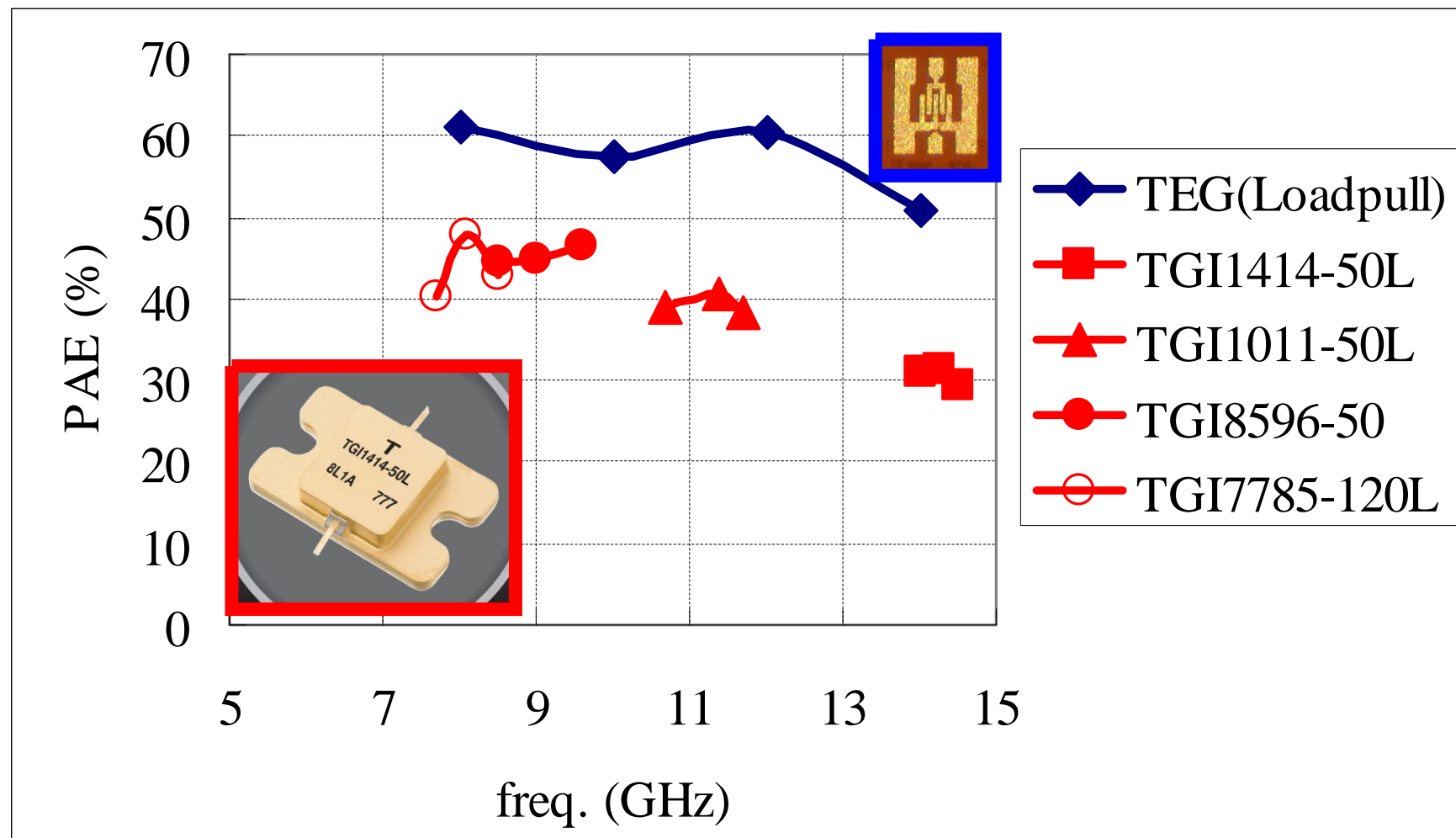


Ku帯50W級電力FET (GaN)のパッケージ
* パッケージサイズ(最外周寸法):
21.0mm × 12.9mm

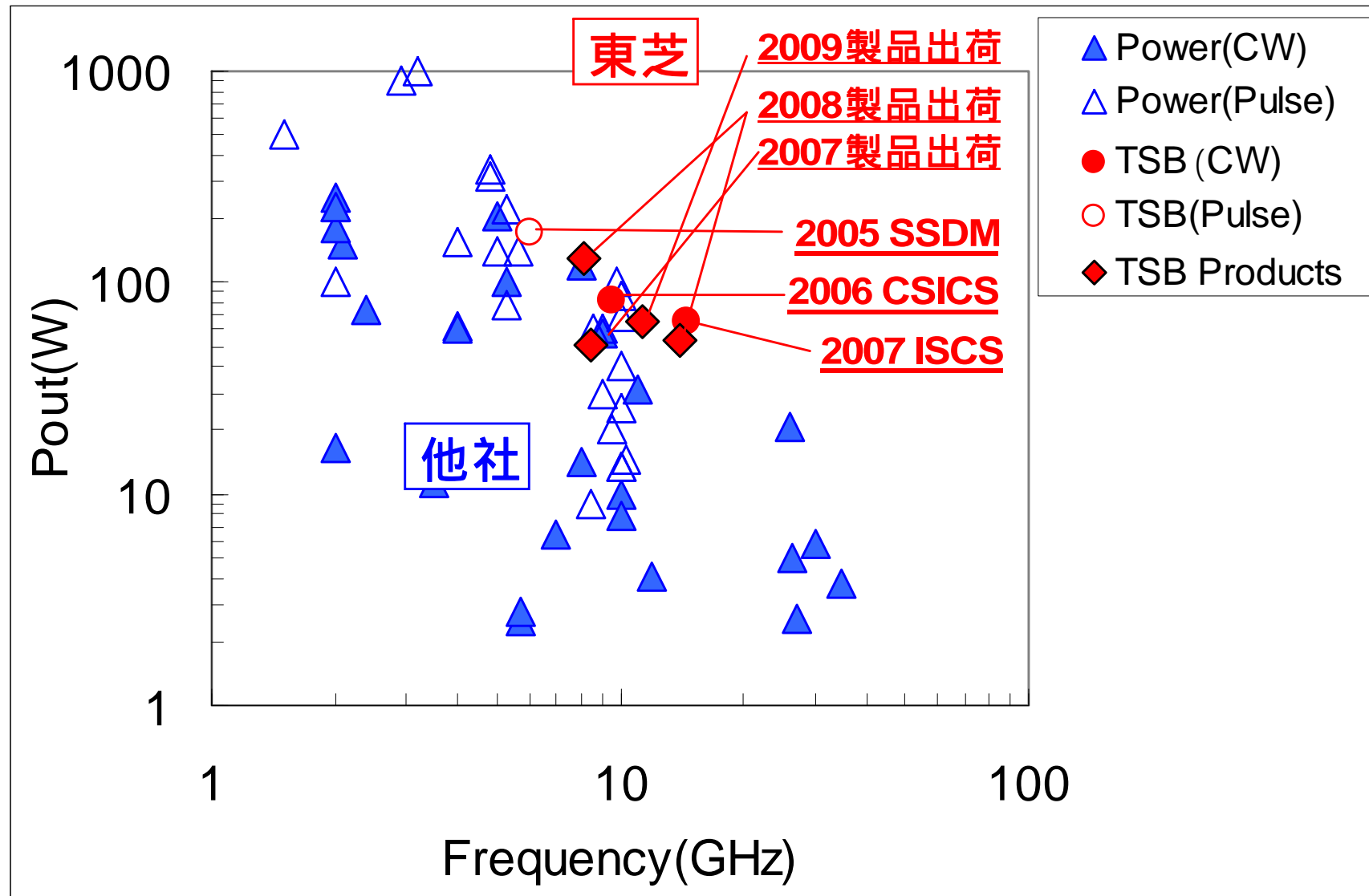


当社における評価結果

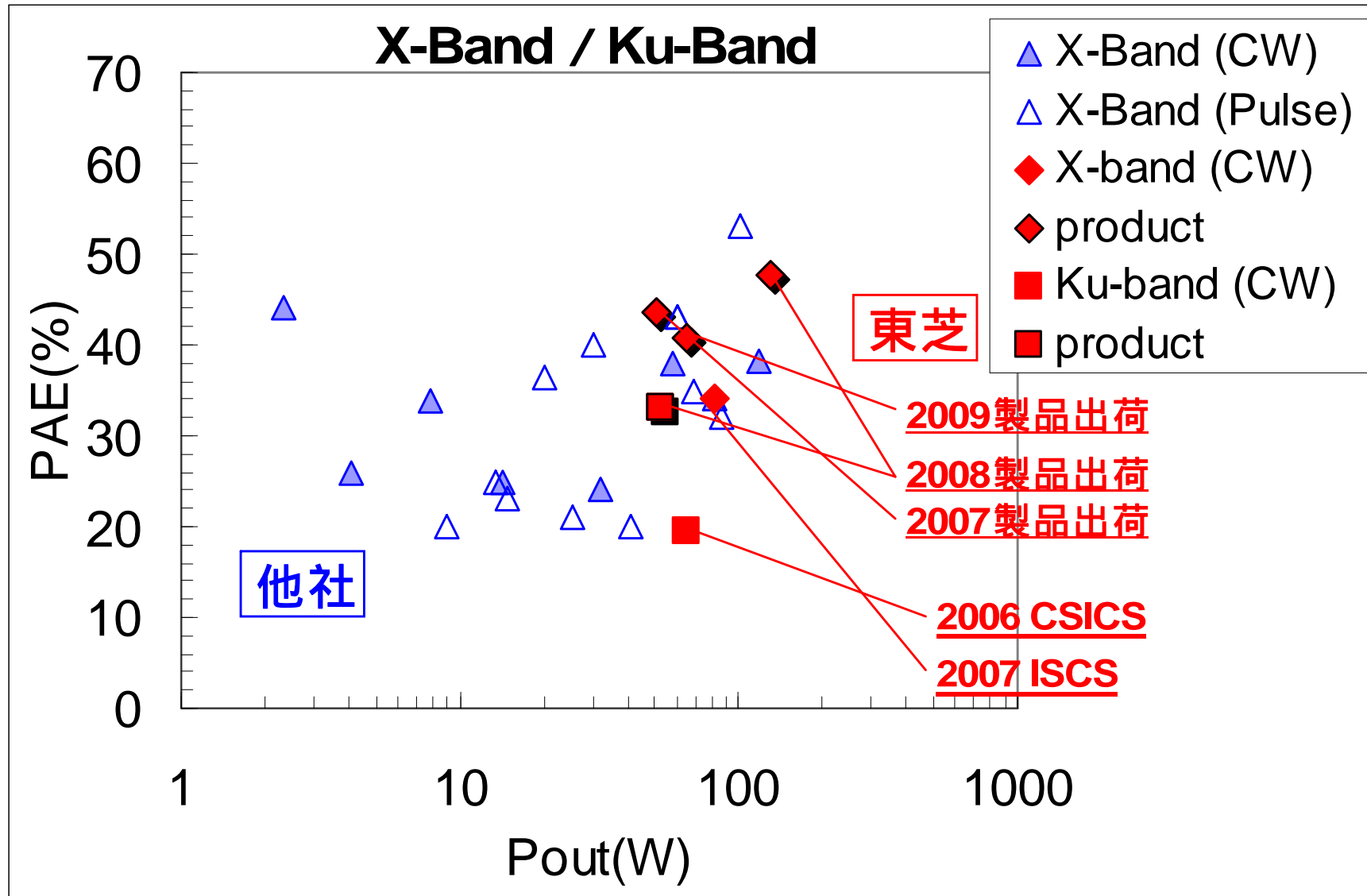
53W, 33.2%



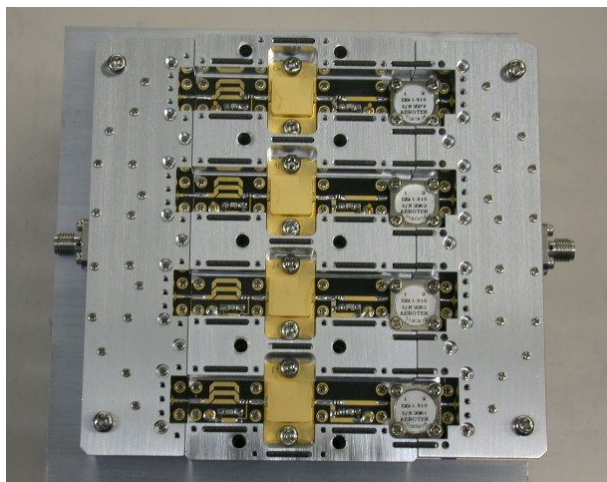
各社開発状況(抜粋)(1/2)



各社開発状況(抜粋) (2/2)



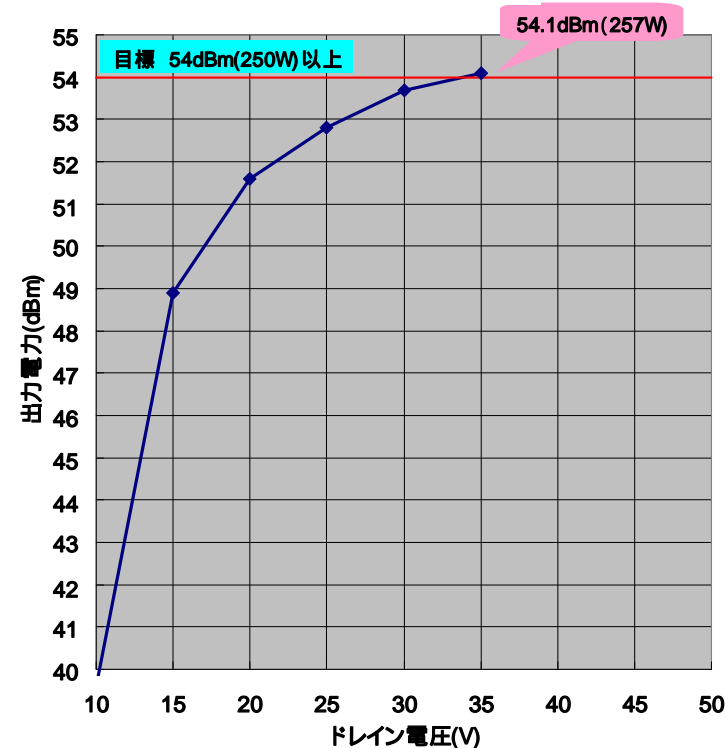
X帯送信機用250W級GaNモジュールの試作例



GaNモジュールの試作例

GaNモジュールの諸元表

周波数	X帯(帯域500MHz)
出力電力	250Wピーク
利得	25dB
電源電圧	+35V / -5V
寸法(製品時)	150mm × 150mm × 45mm

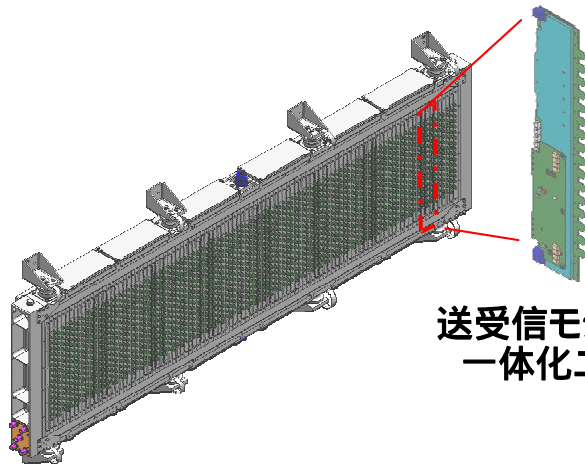


GaNモジュール特性の一例

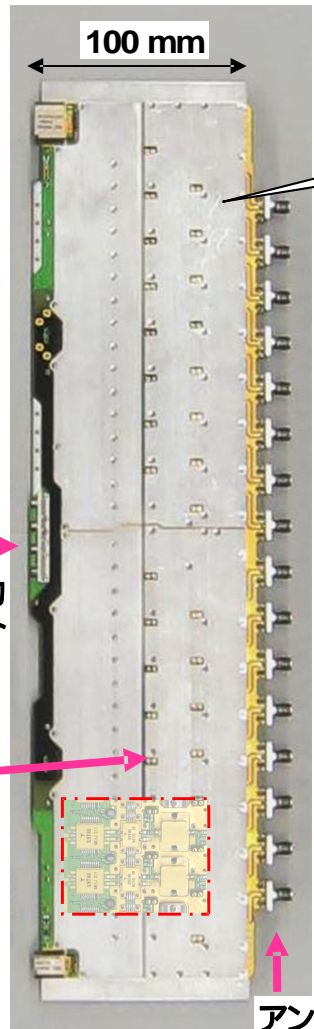
気象レーダにて製品化

X帯フェーズドアレイの試作例

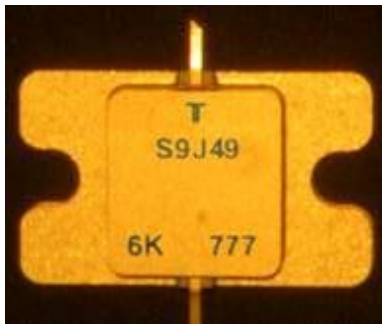
アクティブ・フェーズドアレイ・アンテナ



送受信モジュール
一体化ユニット



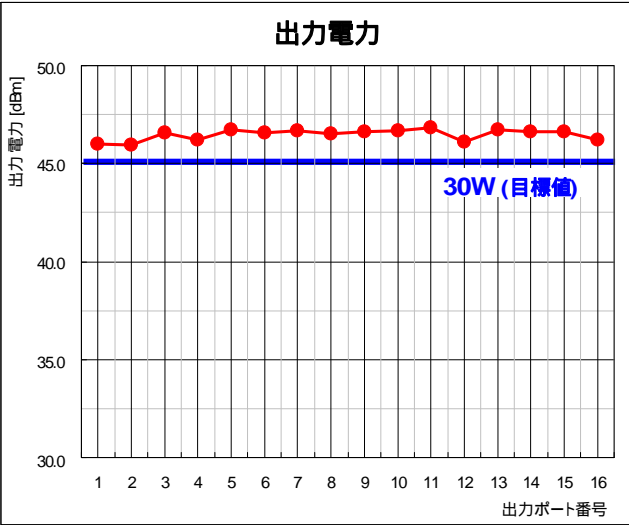
GaN適用16モジュール
一体化ユニット試作例



X帯GaN素子

入力
ポート

アンテナ入出力ポート



出力特性の例

GaNの適用例: Ku帯SSPA

P3-6

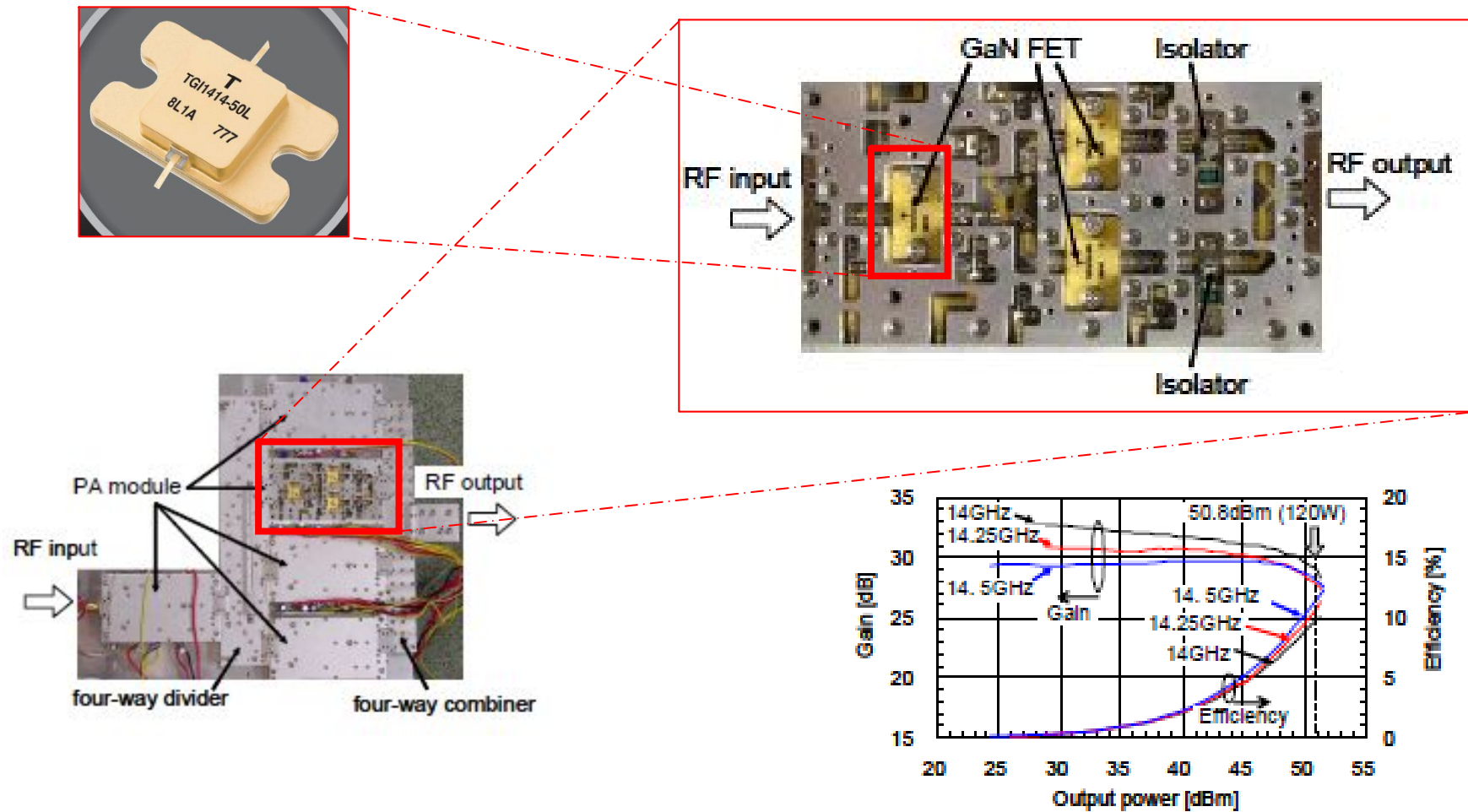


Fig. 8. Measurement results of 120-W SSPA: gain and power efficiency (one-tone CW)

H Sumi, et al, "Ku-Band, 120-W Power Amplifier Using Gallium Nitride FETs", 2009 IEEE MTT-S Int. Microwave Symp., Dig., pp. 1389-1392, June 2009.

TOSHIBA

Leading Innovation >>>