

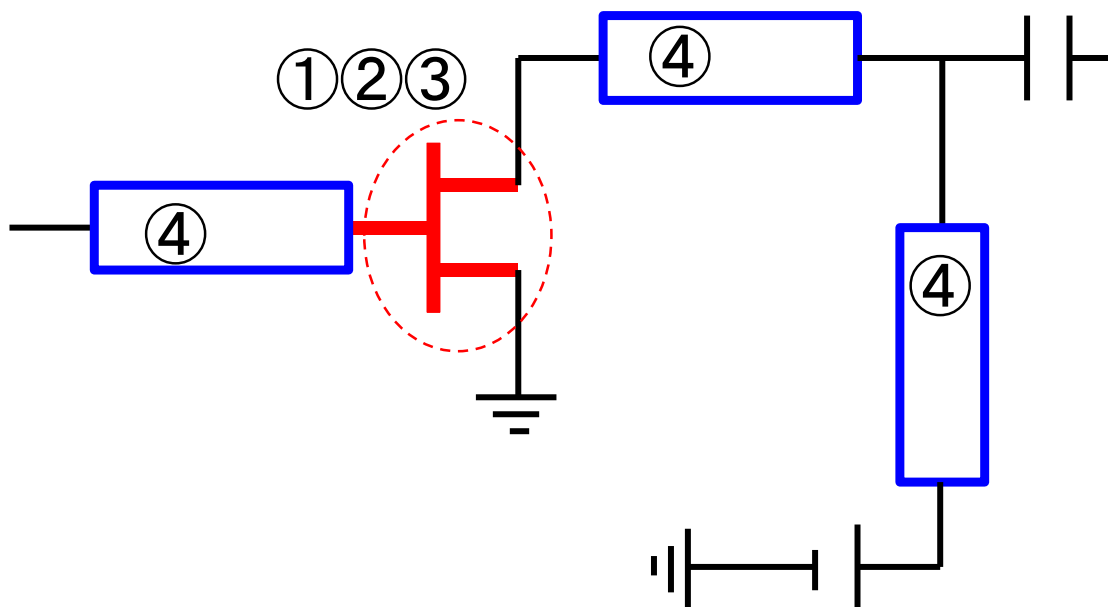
ミリ波による高速通信の拡大を牽引する Si基板上の窒化物半導体トランジスタの研究開発 (145006001)

研究代表者 名古屋工業大学
分島 彰男

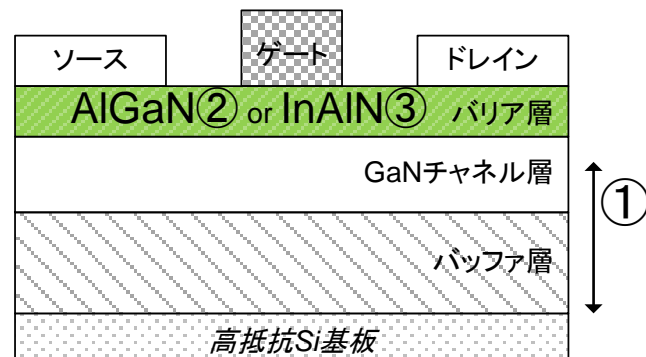
研究分担者 名古屋工業大学 福井大学 広島工業大学
江川 孝志 葛原 正明 細谷 健一

研究開発内容

- ① Si基板上のGaN系エピタキシャルの低損失化に向けた成長用緩衝層（バッファ層）の検討
- ② Si基板上のAlGaN/GaN系HEMTの80GHz帯適応可能性実証
- ③ Si基板上のInAlN/GaN系HEMTによる高周波特性改善
- ④ Si基板上のミリ波帯用配線技術



GaN系トランジスタ



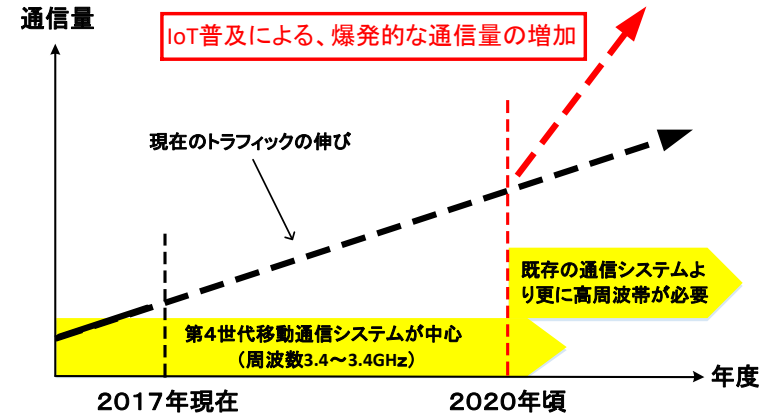
④ CPW線路



研究背景と目的

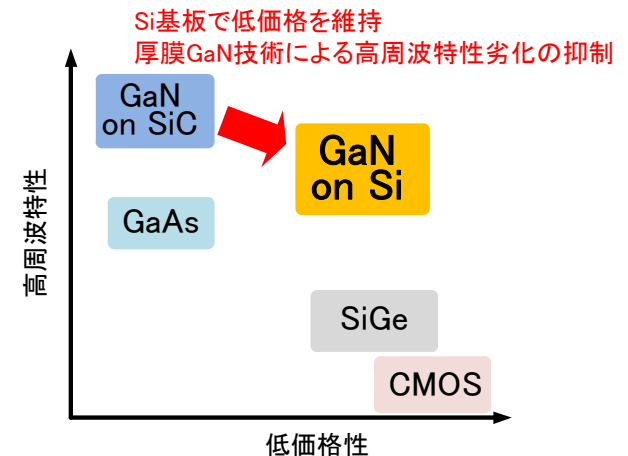
背景: 大容量通信に向けた5G化への動きの中で、最も帯域の取れるE-Band (70~80GHz)の検討遅れ。E-Band素子作製技術の未熟さ。

- 高速・大容量モバイル通信システムの急激な普及による移動体通信トラフィックの爆発的増大。
- 基幹ネットワークのみならず末端の基地局へのエントランス回線の大容量無線通信への要求。



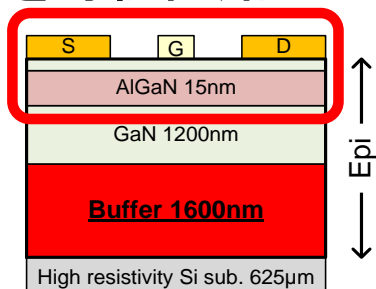
目的: Si基板上GaN系トランジスタのE-band無線機器への適用可能性の実証、高周波数帯への移行推進。

- 低価格化E-band無線機器の要求の高まり
- 高速・大電力動作可能であり、低価格なSi基板上GaN系トランジスタはE-Band無線機器での使用に好適

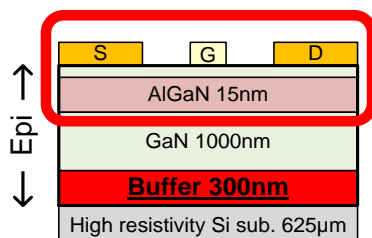


① Si基板上のGaN系エピタキシャルの低損失化に向けたバッファ層厚の検討

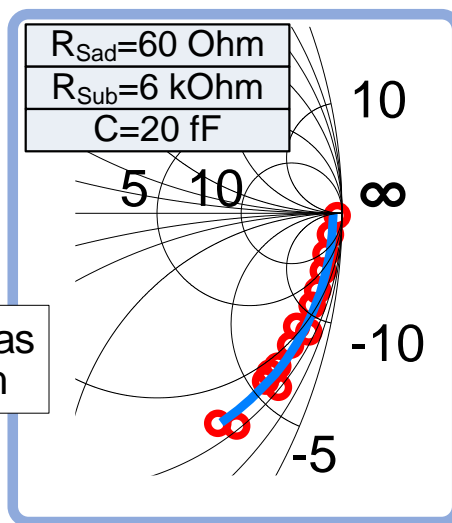
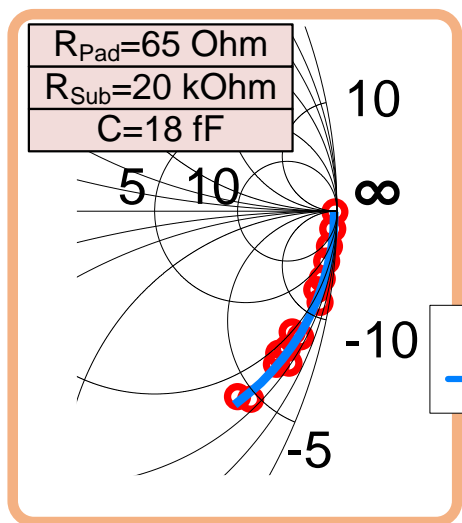
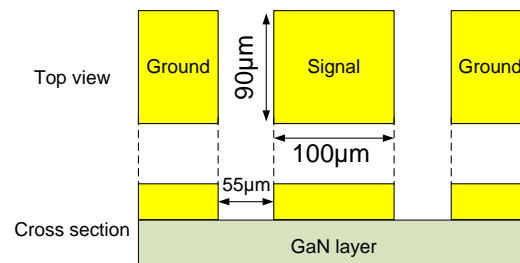
- 高抵抗Si基板では基板方向の高周波信号漏れが問題。
- GaNチャンネル層下のバッファ層厚が異なるサンプルにて、高周波信号の漏れを等価回路にて評価



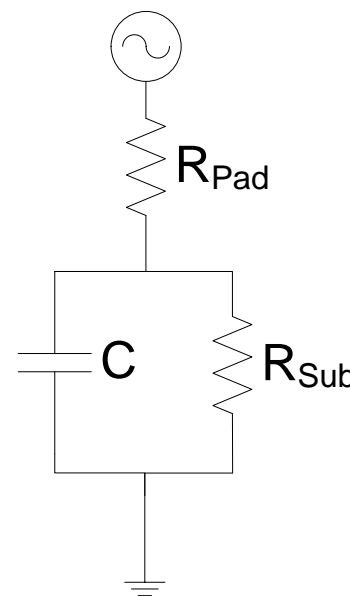
タイプ1



タイプ2

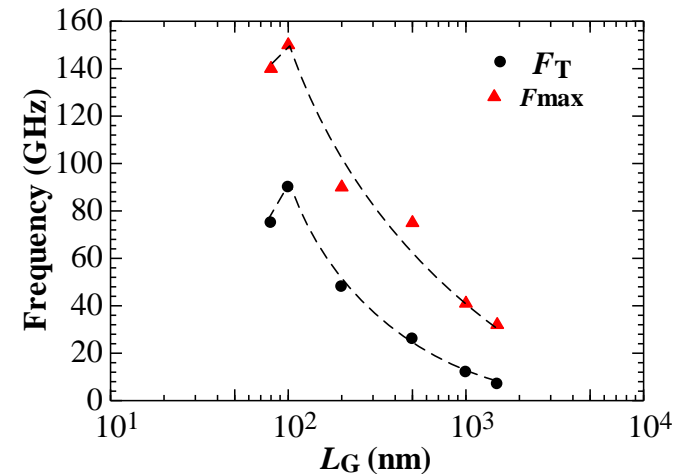
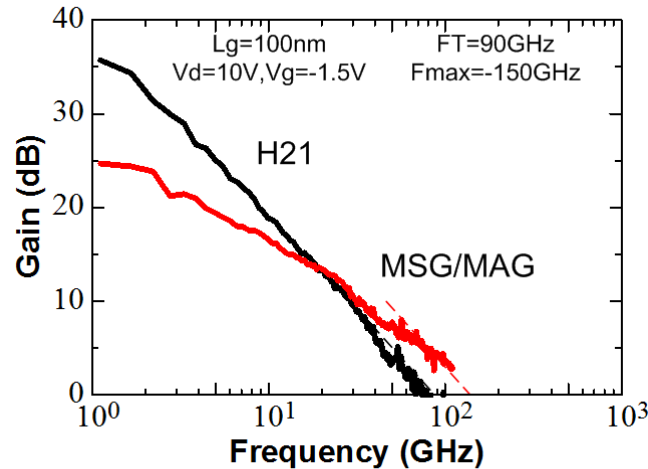
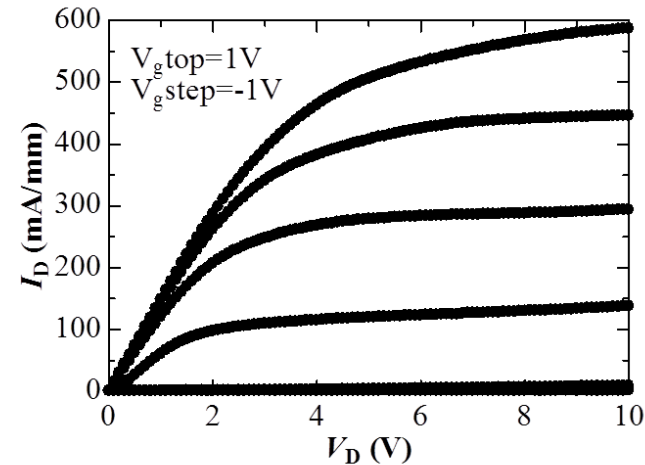
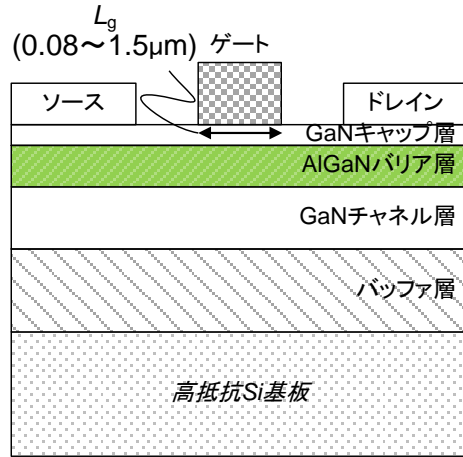


○ Meas
— Sim



厚いバッファ層で、電力の漏れを抑制

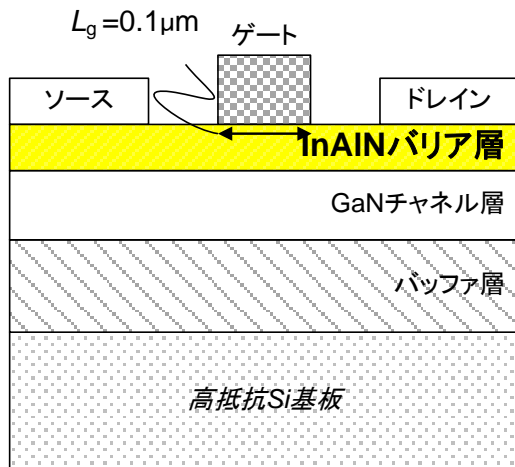
②Si基板上のAlGaN/GaN系HEMTの80GHz帯適応可能性実証



- 80GHz帯で使用可能 ($F_t = 90\text{GHz}$ 、 $F_{\text{max}} = 150\text{GHz}$)
- $L_g = 0.1\mu\text{m}$ 以下で短チャネル効果確認

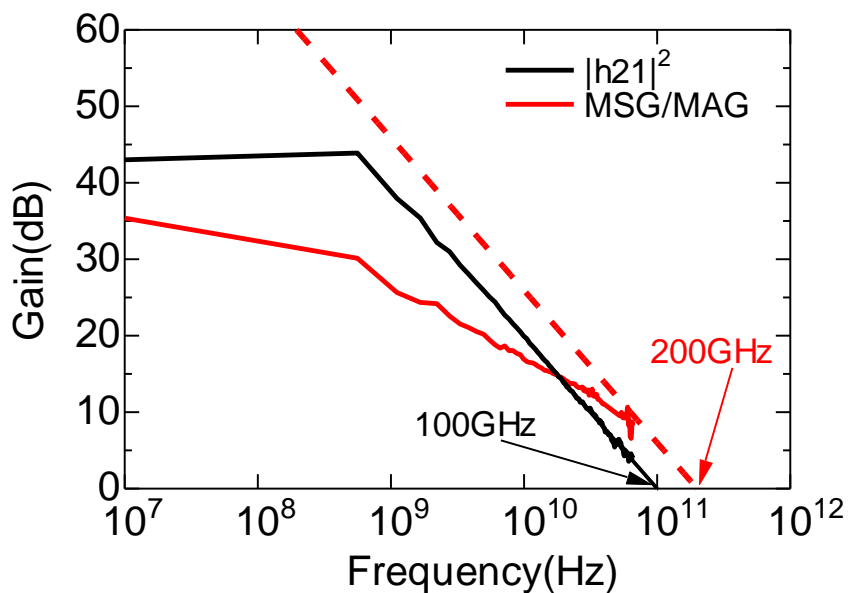
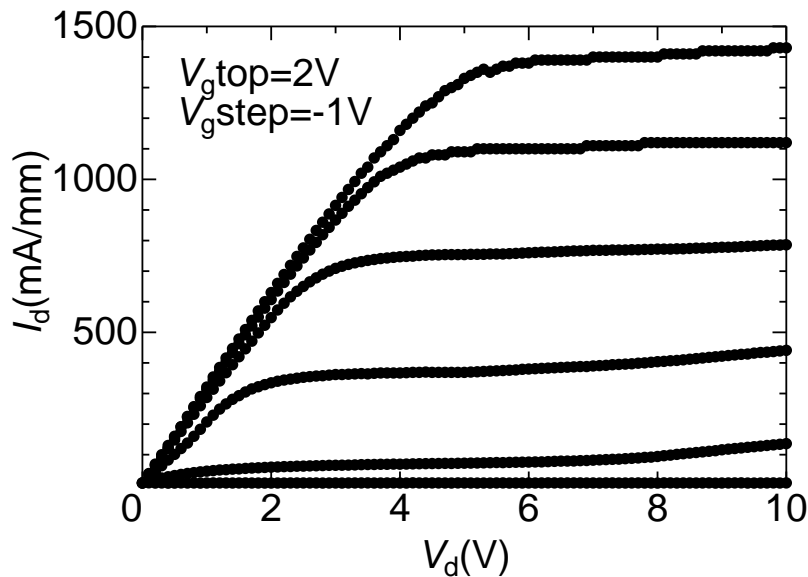
③ Si基板上のInAlN/GaN系HEMTによる高周波特性改善

大電流密度確保・短チャネル効果抑制のためにInAlN/GaN系のHEMTを検討



バリア層を従来のAlGaNからInAlNへ

- 大きなバンドギャップ = 5.2eV
AlGaN: 4eV
- 大きな分極電荷量 $2 \times 10^{13} \text{cm}^{-2}$
AlGaNの場合: $1 \times 10^{13} \text{cm}^{-2}$

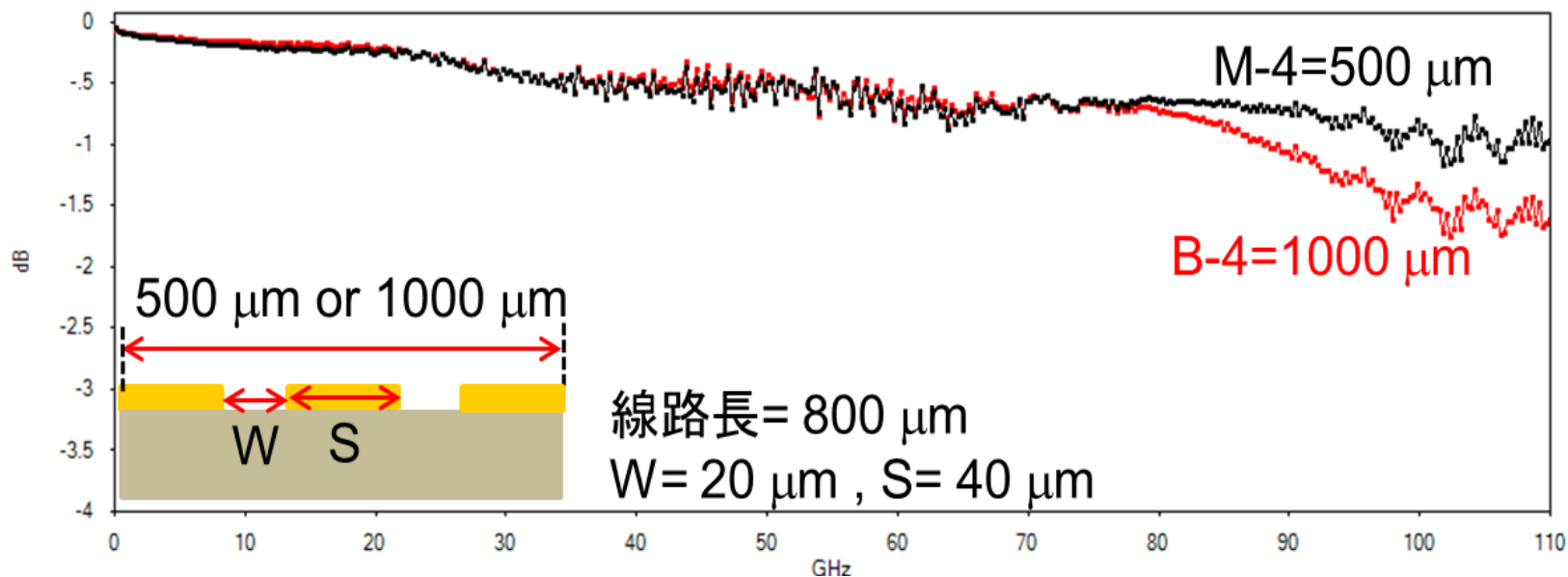


$I_{d \text{ max}} = 1400 \text{mA/mm}$, $F_t = 100 \text{GHz}$, $F_{\text{max}} = 200 \text{GHz}$

(参考: AlGaN/GaN HEMT $I_{d \text{ max}} = 590 \text{mA/mm}$, $F_t = 90 \text{GHz}$, $F_{\text{max}} = 150 \text{GHz}$)

④ Si基板上のミリ波帯用配線技術

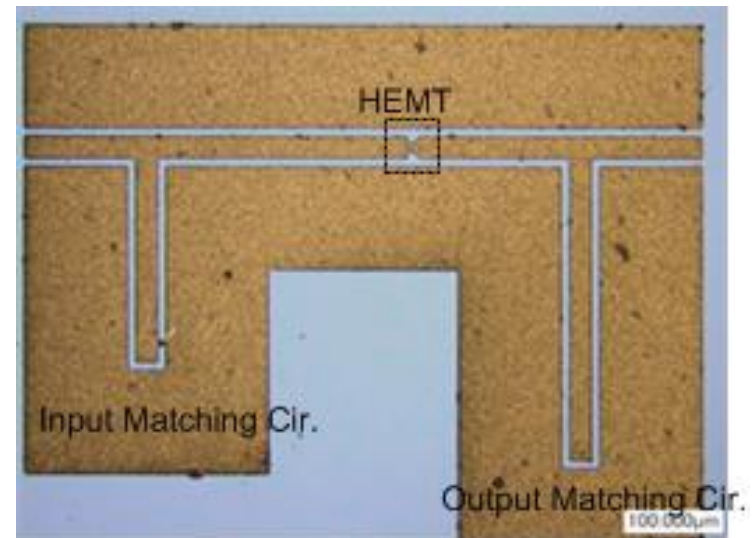
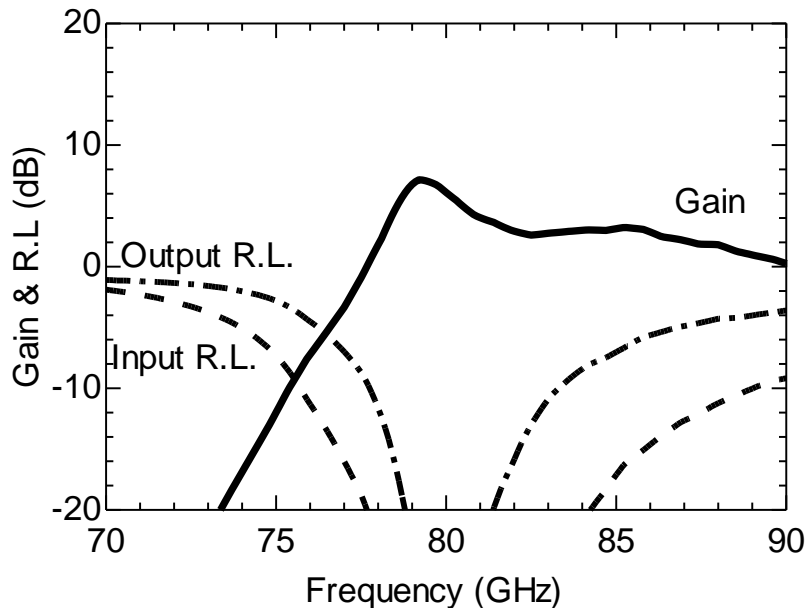
Si基板上にGaN系トランジスタを用いてICを作製するため、低損失で基板の導電性の影響を受けにくいCPW線路を検討



CPW線路の挿入損失=0.8dB/mm。ミリ波IC用線路として使用可能。

今後の研究開発への取り組み

- ミリ波トランジスタ技術、配線技術を組み合わせたIC技術にて、増幅器としての動作実証へ。実用化を加速。
- 5G基地局に対応可能であること（パワー、帯域、効率等）を検証。



InAlN/GaN HEMTを用いた80GHz帯ICの設計利得特性と試作中のIC外観