

**ワイヤレスICTスマートグリッドネットワーク
の研究開発
(101603006)
平成22年度～平成24年度**

2013年 10月 1日

電気通信大学

研究代表者 本城和彦

研究分担者 高山 洋一郎、石川 亮、齊藤 昭

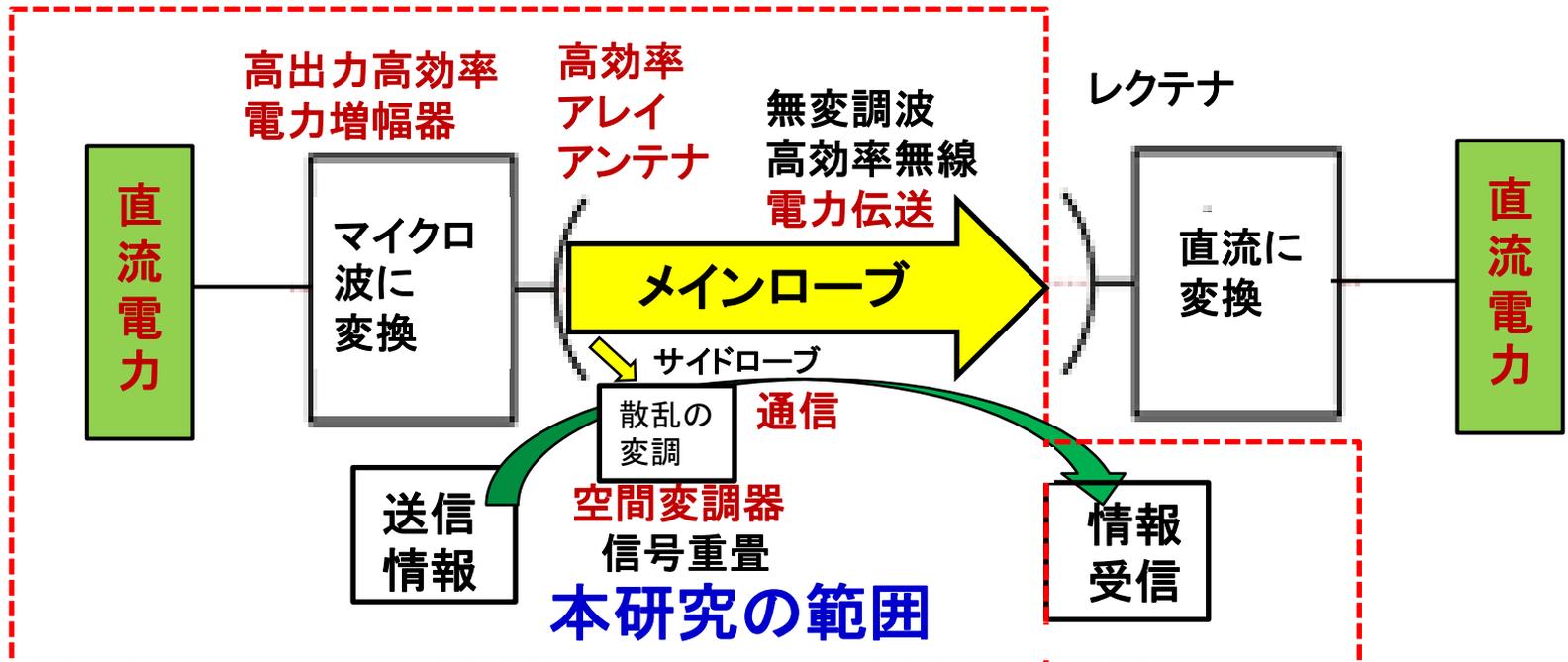
研究の背景と目的

大規模災害時でも、途切れない通信ネットワーク

本研究の目的

○災害に強い無線で、電力・情報両方を伝送する
高効率伝送システムを提案・実証

災害停電時も+電力・通信を無線で実現

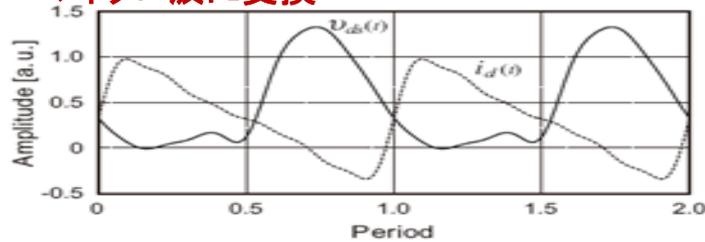


電力のマイクロ波への高効率変換

類を見ない世界最高効率の高出力電力増幅器の開発

(理論)

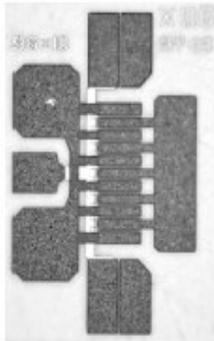
電圧/電流波形を制御し、全DC電力を5GHz帯マイクロ波に変換



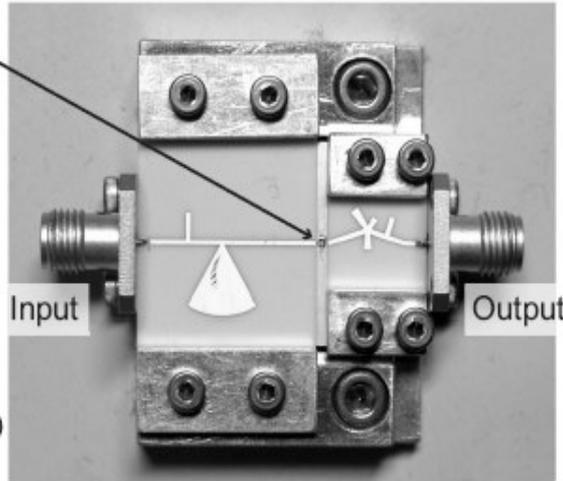
$$\left\{ \begin{aligned} i_d(t) &= \frac{1}{\pi} + \frac{1}{2} \sin \omega_0 t + \sum_{m=1}^5 \frac{1}{(m+1)^2} \sin(m+1)\omega_0 t \\ v_{ds}(t) &= \frac{1}{2} - \frac{2}{\pi} \sin \omega_0 t + \frac{2}{\pi} \sum_{m=1}^5 \frac{(-1)^m}{(m+1)^2 - 1} \cos(m+1)\omega_0 t \end{aligned} \right\}$$

(設計・試作)

AlGaIn/GaN HEMT

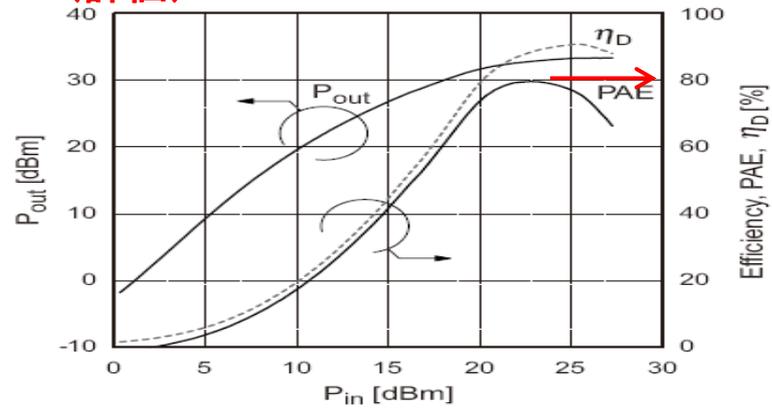


(Gate width: 96 μm × 10 fingers)



5GHz帯2W GaN-HEMT 電力増幅器の写真

(評価)



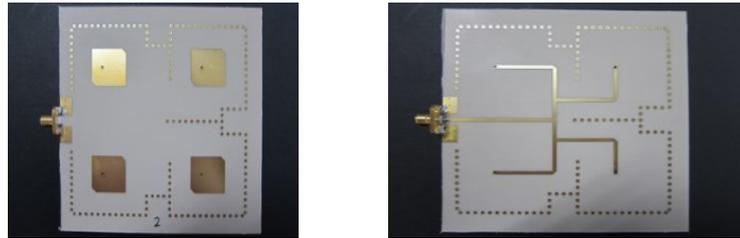
5GHz帯 GaN-HEMT 電力増幅器の特性 (実測値)

5GHz帯高効率増幅器 世界の研究機関との比較

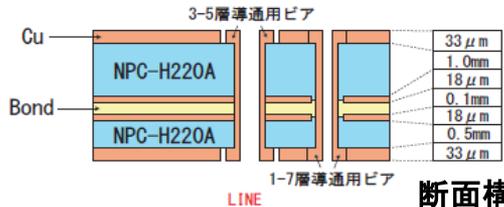
文献	周波数 [GHz]	PAE [%]	ηD [%]	飽和出力 [dBm]	トランジスタ
[8]	4	73	—	31	GaN HEMT
[9]	5.3	52.5	64.1	20.5	SiGe Bi CMOS
[10]	5.5	45	63	34	GaN HEMT
[11]	5.8	70.5	—	38	GaN HEMT
[5]	5.86	71.4	79.9	33.4	GaN HEMT
本報告	5.65	79.5	90.7	33.3	GaN HEMT
	5.6	75.9	82.0	38.0	

無線で遠方に高効率電力伝送

収束ビームをアレイアンテナで実現する基礎検討



表面 アレイアンテナ 裏面 給電回路



多層低損失テフロン上に試作した4素子アレイアンテナ

高効率アレイアンテナの開発

総合効率 (反射損失、導体損失、誘電体損失、...) **83%**

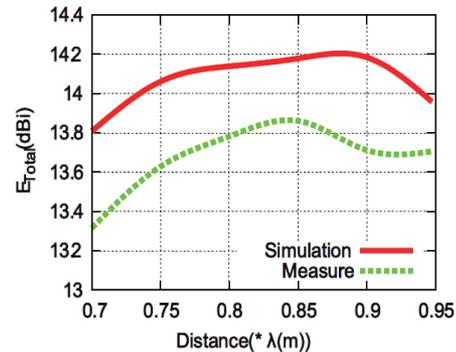
利得 **11.5dBi** 円偏波 軸比 **1.2**

送電効率 (目標 出力10Wで60%)

10W増幅器付加効率 × アレイアンテナ総合効率
78% × **83%** = **65%**

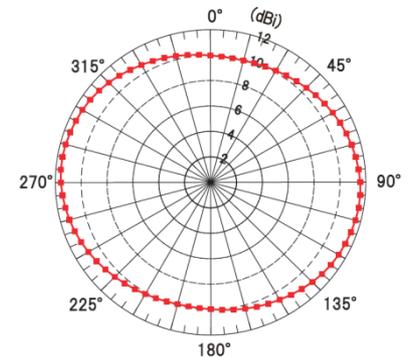
収束ビームの検討

アンテナ間隔最適化でビーム幅縮小

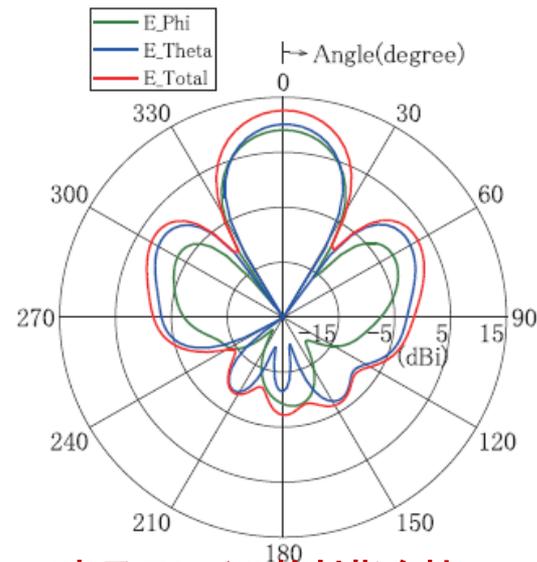


実用性の向上

円偏波で、送受間軸合わせ不要



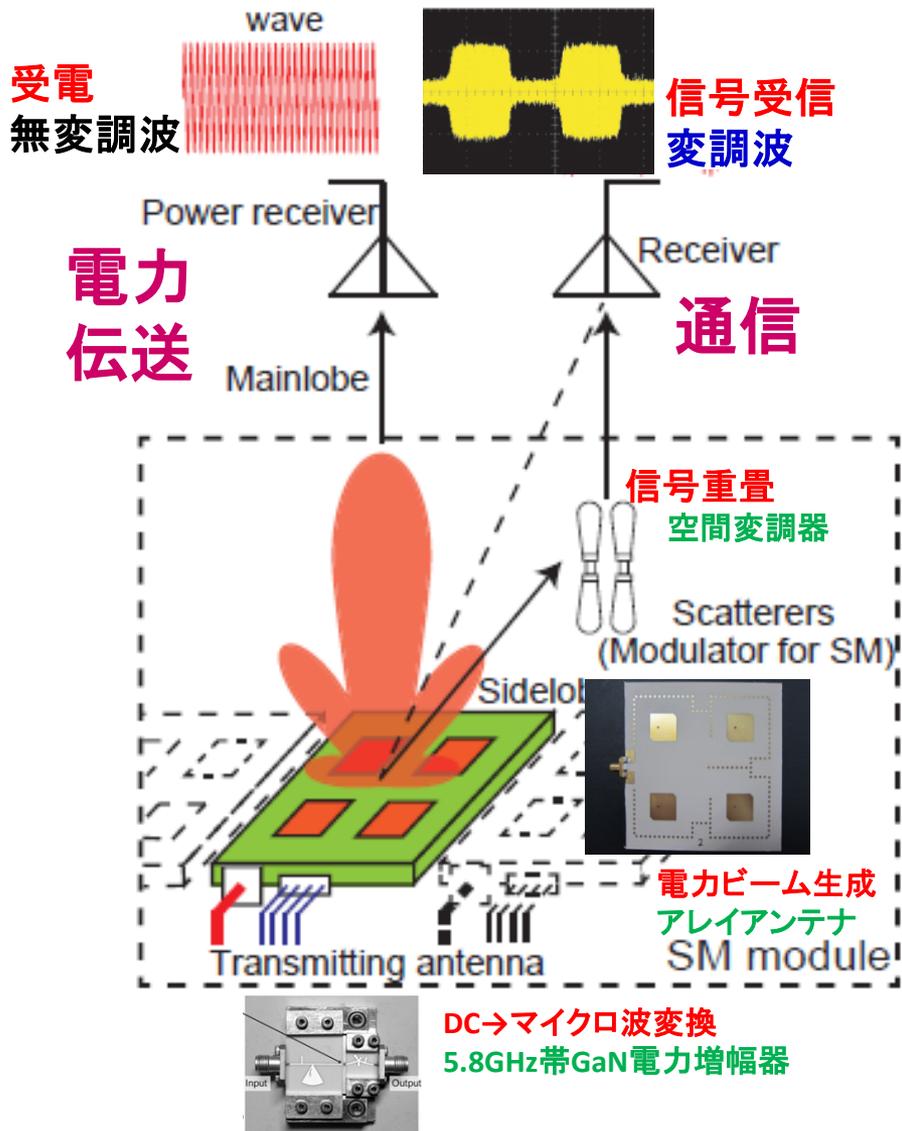
高性能化の検討



4素子アレイの放射指向性

無線高効率電力伝送に好適な空間変調通信方式

無変調電力ビームから、変調波を得る空間変調方式

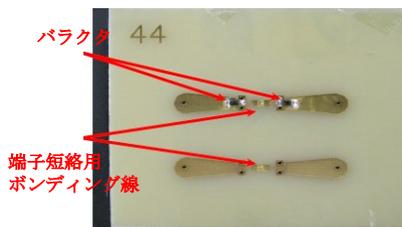


(理論) 空間の伝達関数を変調して信号波生成

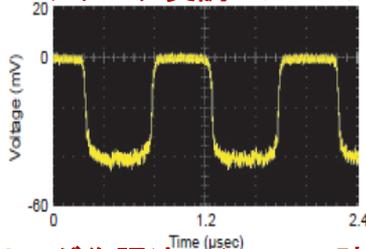
$$\frac{I_4}{I_3} \propto \frac{2(Z_{12} / Z_{11}Z_{22}) \cos[kd \cos \theta_0 \sin(\theta_1 / 2)]}{1 - Z_{21}^2 / (Z_{11}Z_{22})}$$

$$\frac{(1 / Z_{11}) \exp\{-jkd \sin \theta_0 \cos(\theta_1 / 2)\} + (1 / Z_{22}) \exp\{jkd \sin \theta_0 \cos(\theta_1 / 2)\}}{1 - Z_{21}^2 / (Z_{11}Z_{22})}$$

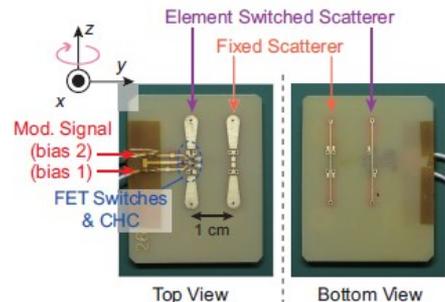
(設計・試作・評価)



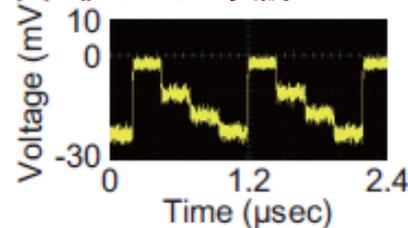
アナログ変調モジュール



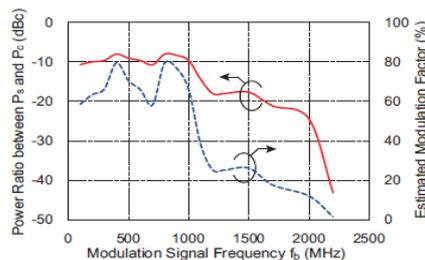
アナログ復調波形(1MHz正弦波入力)



4値デジタル変調モジュール



デジタル復調波形



変調度の変調速度依存性

1GHzまで変調度50%以上

→1Gbpsのポテンシャル