

(H30年卒業研究テーマ説明会)

榎田研究室の紹介

通信用高速・高周波回路の研究

“革新的技術で社会にインパクトを！”

<http://www.rs.noda.tus.ac.jp/umedalab>

教員

■ 教授

- 榎田 洋太郎
- 専門
 - 高速集積回路
 - マイクロ波・ミリ波回路
 - 通信システム(ハードウェア)



■ 助教

- (HP上氏名は4月に公開します)
- 専門
 - 超高周波(ミリ波・テラヘルツ)
集積回路

榎田研究室

- 新M2: 8名
- 新M1: 4名



栃木県益子ゼミ旅行(酒蔵にて)

対象とする伝送システム

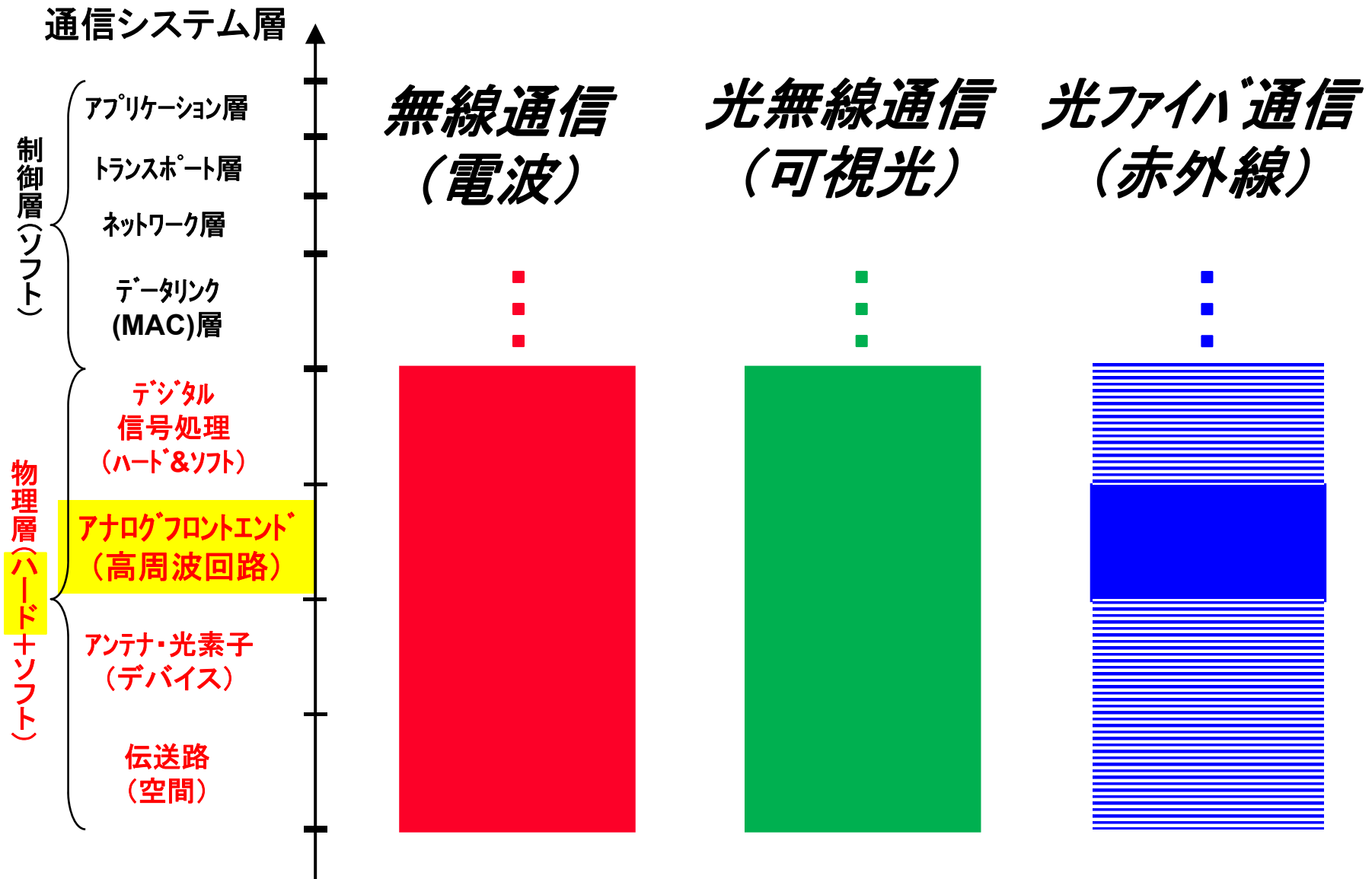
キャリア 伝送路	電気	光
自由空間	(電波)無線伝送 [中～高速]	光無線伝送 (可視光通信) [中～高速]
閉空間	メタルワイヤ伝送 [中～高速]	光ファイバ伝送 [高～超高速]

基盤技術

- **集積回路設計技術**
 - CMOSプロセス
 - InGaAs系トランジスタプロセス
- **ボード設計技術**
 - 個別素子(GaN系・GaAs系・Si系トランジスタ等多数)
- **アンテナ・伝播技術**
 - 電磁界シミュレータ
- **通信システムシミュレーション技術**
 - MATLAB



研究分野



榎田研の研究方針

高速・高周波 ハードウェア技術

- アナログ集積回路
- デジタル回路
- アンテナ・送受信光素子

+

通信ソフトウェア 技術

- 変復調
- 電波(光)伝搬
- デジタル信号処理



目標

新しい通信アーキテクチャの提案
(通信システムのパラダイムシフト)

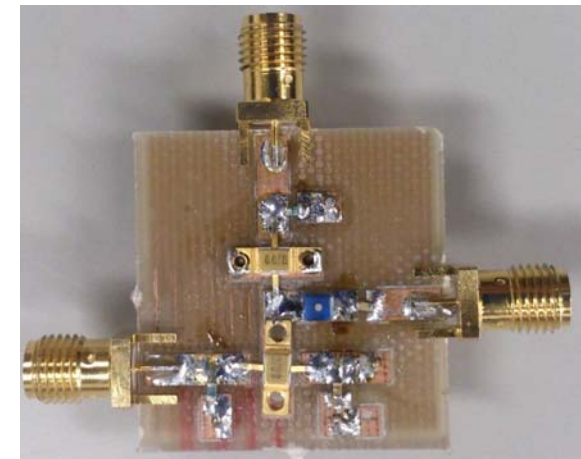
榎田研の研究の特徴(1)

■ 実験の重視

- 提案理論を**実験により実証**しインパクトを！
- 理論、シミュレーション、実験のバランスの重要性
- 隠れた重要課題のあぶり出し

■ ものづくりの重視

- 集積回路、ボード実装回路、送受信機、通信システムの**試作**
- **電子工作**の得意な人求む！
- **集積回路**設計・試作をやりたい人求む！



500MHz D級電力増幅器

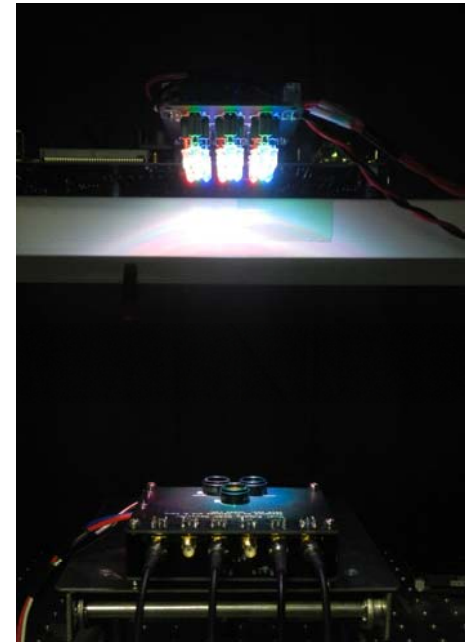
榎田研の研究の特徴(2)

■ 伝送システム評価の重視

- 通信における回路、デバイスの正当な評価(歪み、ダイナミックレンジ等)は**伝送システムに適用**しないとわからない

■ 無線通信RF回路のデジタル化推進

- デジタルベースによるソフト化、リコンフィギュラブル化、**適応制御化**の推進
- デジタル化による**小型化**、**ロバスト化(耐PVT変動)**、**低コスト化**



DCSK可視光通信実験

榎田研の研究の特徴(3)

- **超高速・超高周波への挑戦**
 - **ミリ波帯**(30GHz~300GHz) / **テラヘルツ帯**(300GHz~3THz)で動作する回路の研究
 - 通信容量は帯域幅に比例
 - **超大容量無線通信**(100Gb/s超)が可能
 - **超大容量光ファイバ通信**(目標:1Tb/s)用集積回路の研究

榎田研の研究の特徴(4)

■ 学会発表の重視

■ H29年度実績

- 学術誌論文：1件
- 国際会議：5件、国内会議：多数
- 受賞：4件 (SSDM Award、NCSP2018 Student paper Awards、回路とシステム研究会学生優秀賞、ワイドバントシステム研究会ポスターセッション学生奨励賞)



電子情報通信学会研究会(沖縄)

(電波)無線通信用デジタル送信機の研究

無線送信機における要求

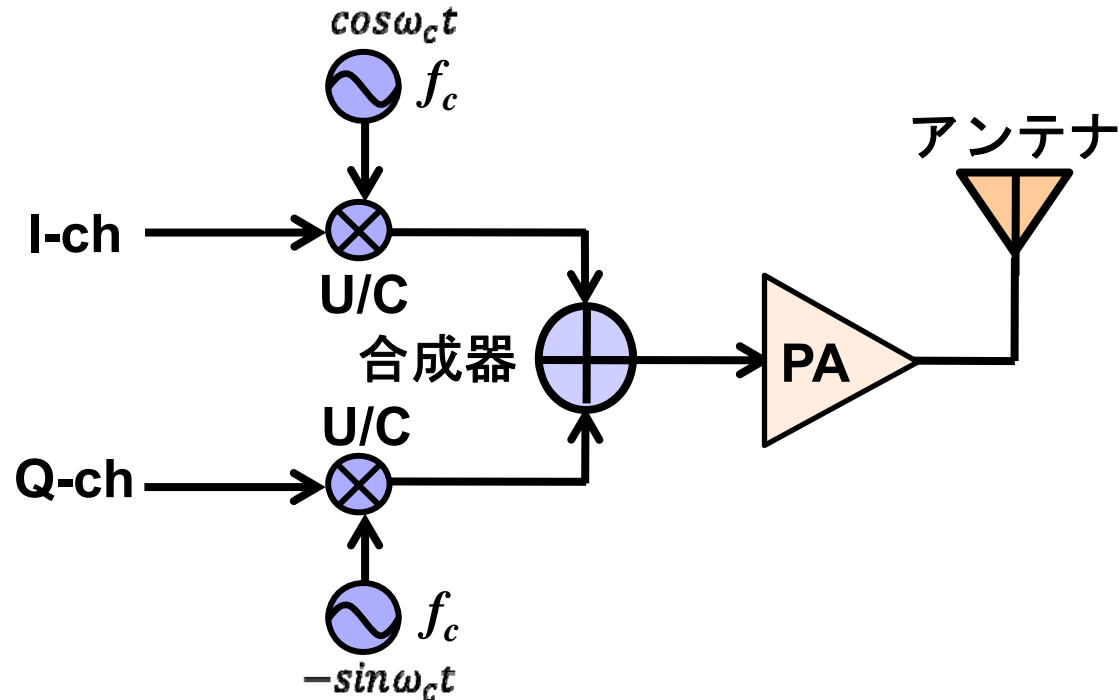
- ・大容量化
- ・省電力化
- ・経済化
- ・環境変動耐性 等

デジタル回路を用いた送信機

- ・集積度向上による大容量化
- ・低消費電力化
- ・高いプロセス変動耐性による高歩留まり
- ・高環境変動耐性

IoT (Internet of Things): 無線センサ、
車載機器、ロボット、etc. に適する

一般のアナログ方式直交変調送信機

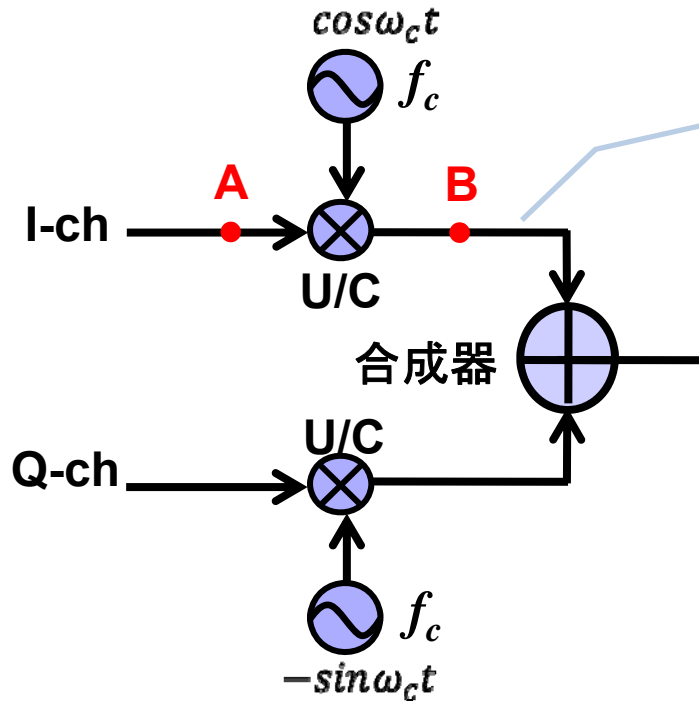


※U/C: アップコンバージョン(周波数変換)

※PA: 電力増幅器

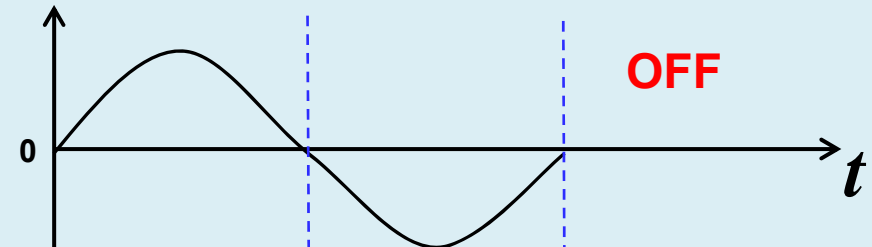
※ f_c : 搬送波周波数

アナログ方式直交変調送信機の動作



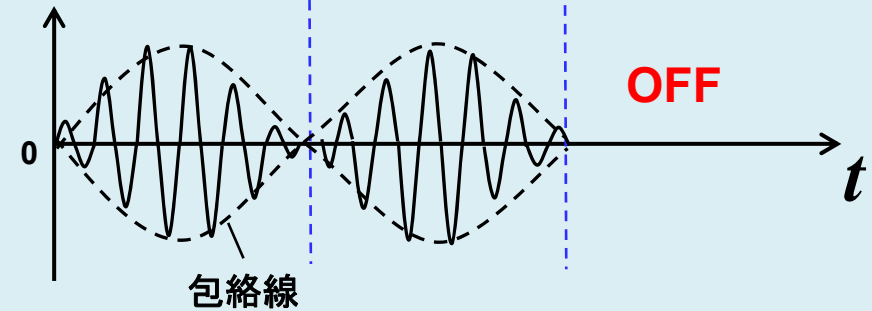
送信機の内部波形

ベースバンド
信号
(ノード A)

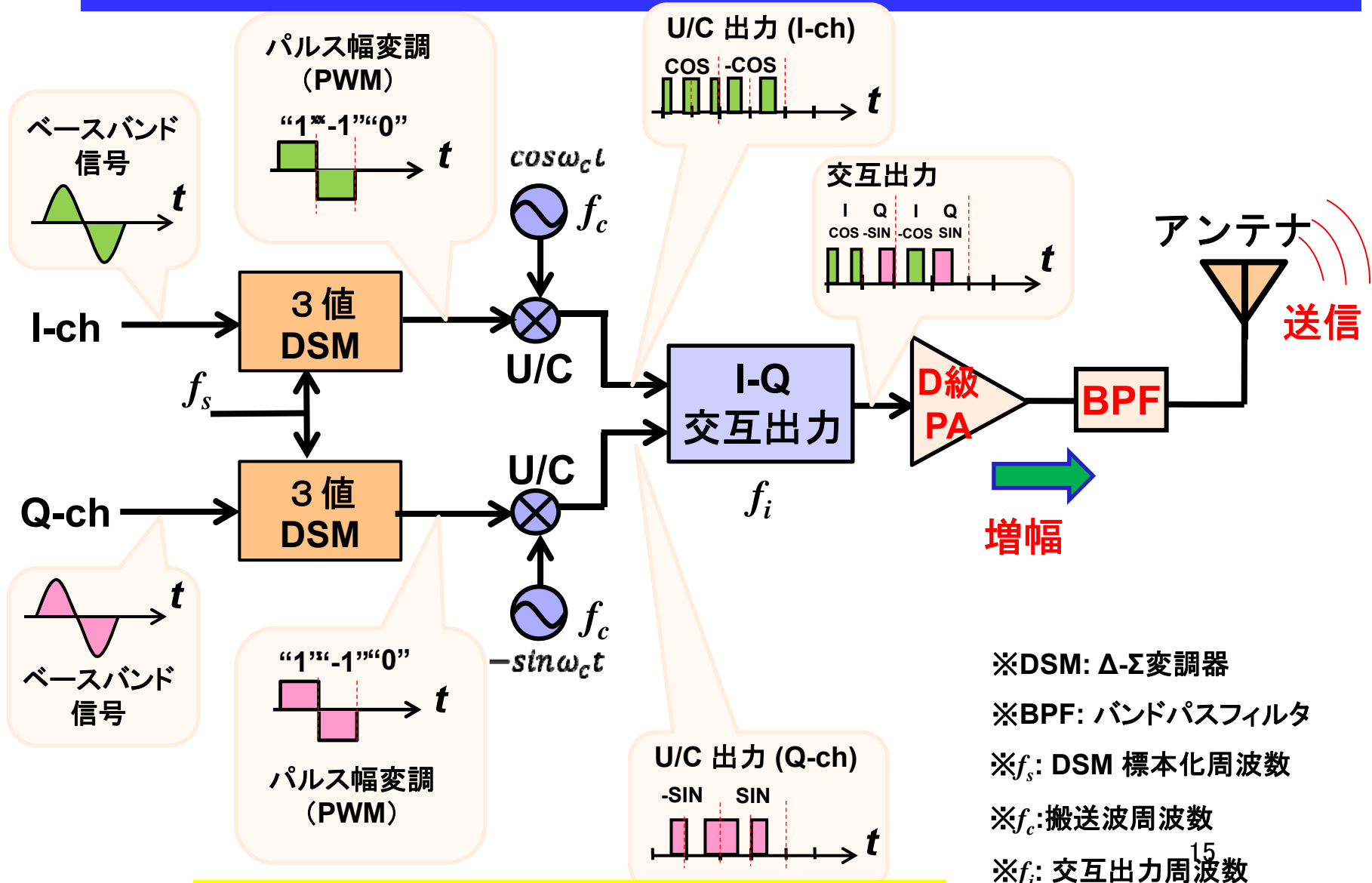


正相の正弦波 逆相の正弦波

RF信号
(ノード B)



ΔΣ方式直交変調デジタル送信機

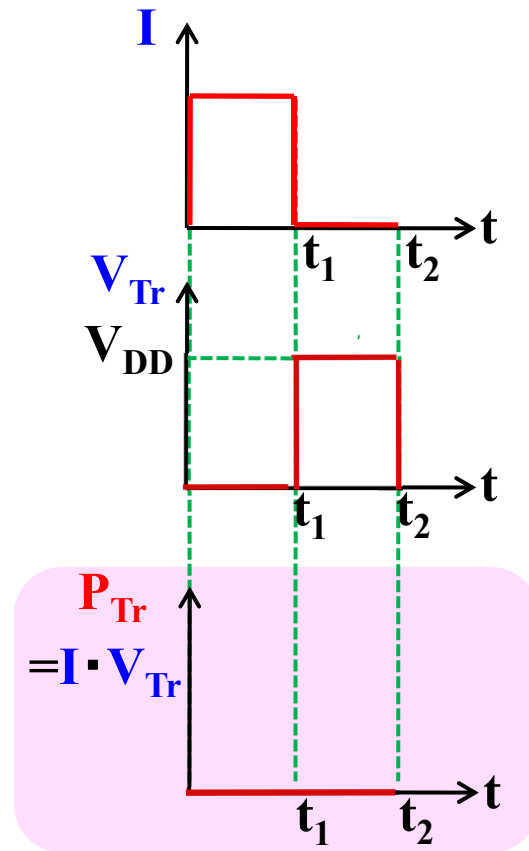
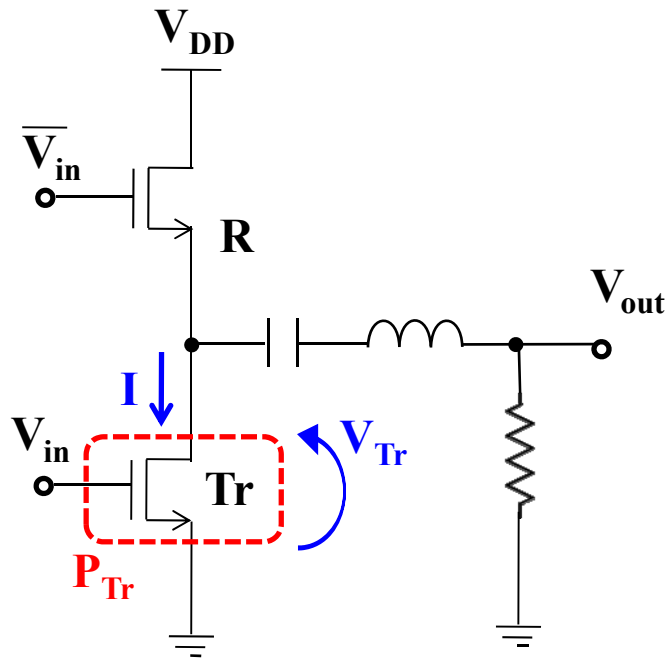


- ※DSM: Δ - Σ 変調器
- ※BPF: バンドパスフィルタ
- ※ f_s : DSM 標本化周波数
- ※ f_c : 搬送波周波数
- ※ f_i : 交互出力周波数

⇒ 中速・省エネルギー伝送に適する

デジタル電力増幅器 (D級PA) の高効率動作

D級 $\leq 100\%$

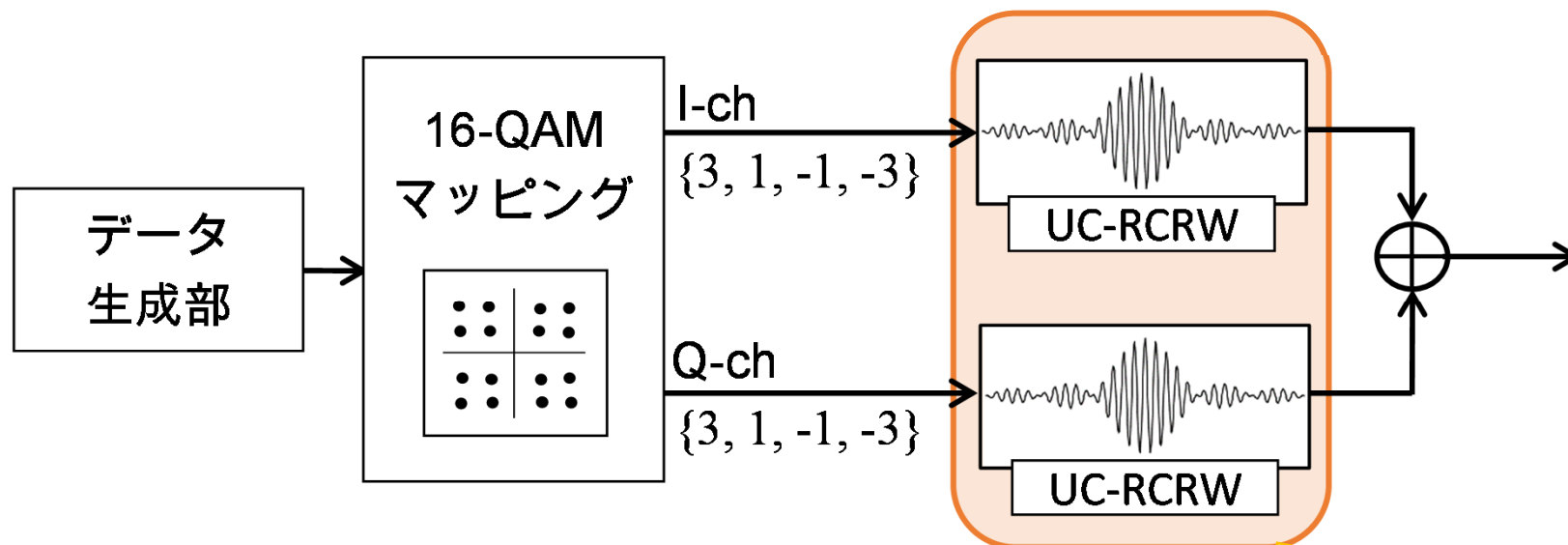


トランジスタでの
電力消費なし

すべての電力が
負荷で消費
(効率100%)

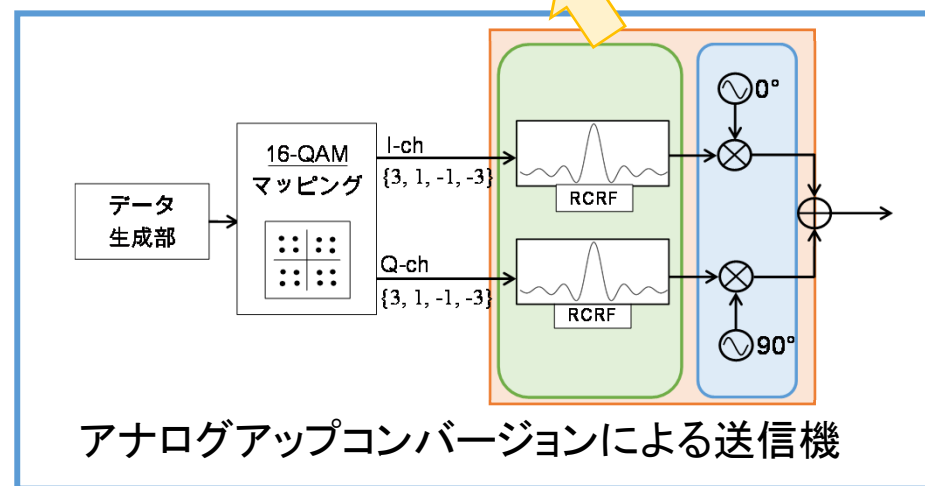
参考: A級 $\leq 50\%$, B級 $\leq 78.5\%$

無線周波数帯に周波数変換した ナイキスト基準波形を用いたデジタル送信機



フィルタおよび
アップコンバージョンを
UC-RCRWに換装

UC-RCRW: Up-Converted
Root-Cosine Roll-off Waveform



⇒ 高速・広帯域(大容量)伝送に適する

可視光無線通信に関する研究

可視光無線通信

「可視光（LED:発光ダイオードまたはLD：レーザーダイオード）を用いた通信」

- 光の広帯域性を用いた高速無線通信が可能
- 法規制度上の制約がない
- 無線通信との干渉がない

可視光無線通信では通信性能に加えて
照明性能（光の見え方）も考慮する必要あり

通信

- ・ 高い周波数利用効率
- ・ シンプルな送受信機

+

照明

- ・ ちらつき低減
- ・ 調光（明るさ制御）
- ・ 調色（色味制御）



* 太陽電池を受光素子に用いた 可視光信号／電力同時伝送

照明光可視光通信の課題

- 受光素子の受信感度が低いため、レンズが必要
- 電力も光無線で伝送したい

太陽電池を受光素子に使用

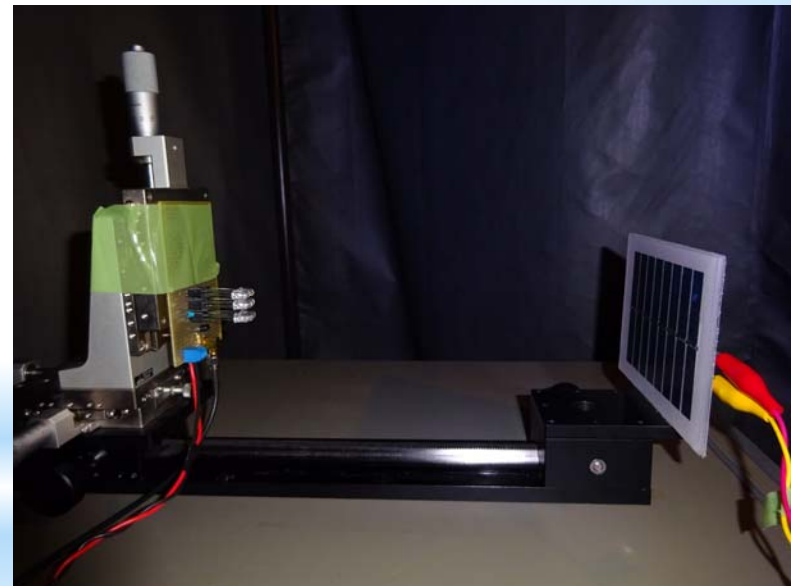
- 高感度なため、レンズ不要
- 電力の同時伝送可能

- **巨大な素子容量**

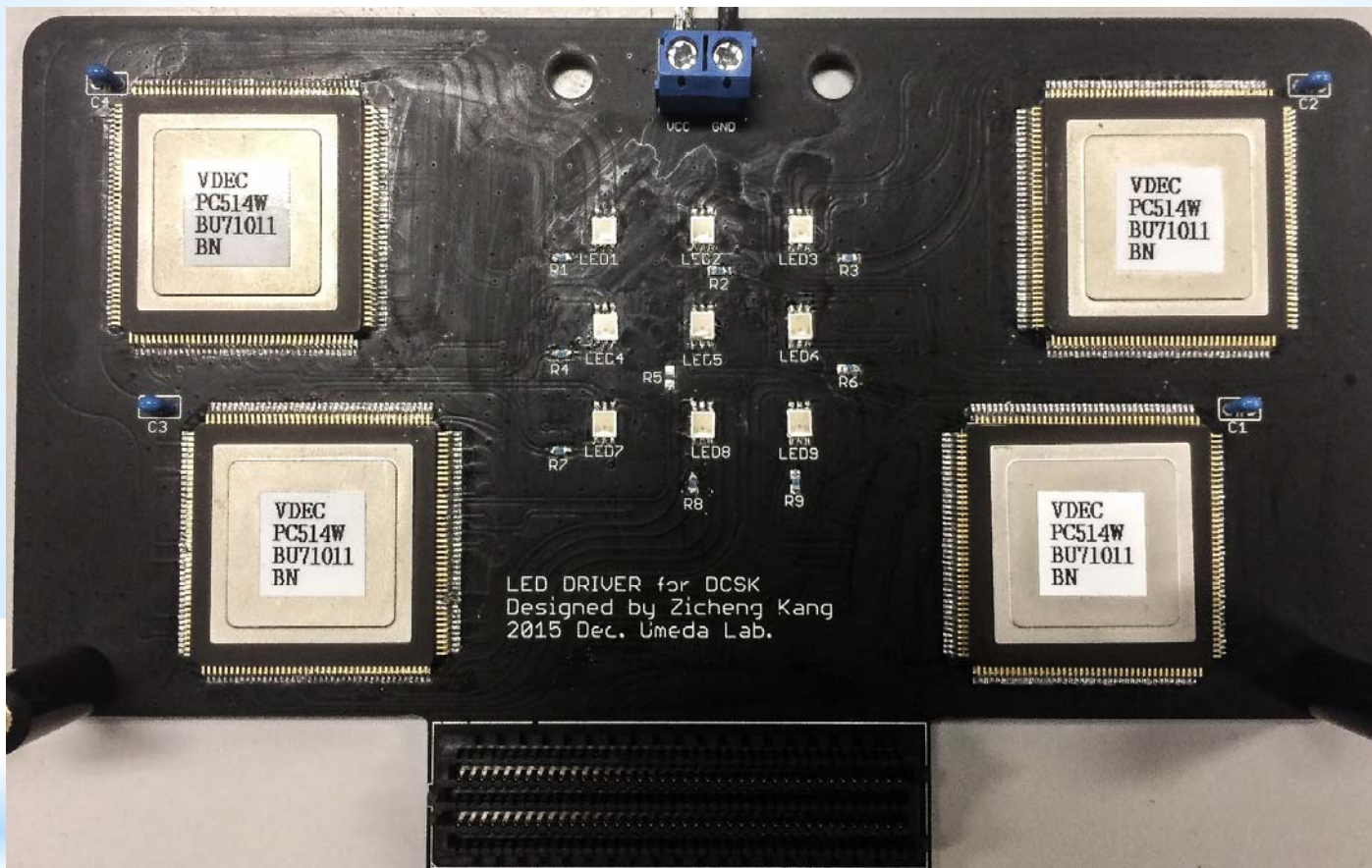
⇒ 動作の高速化が課題

⇒ **高速(低入力抵抗)**

増幅器の研究

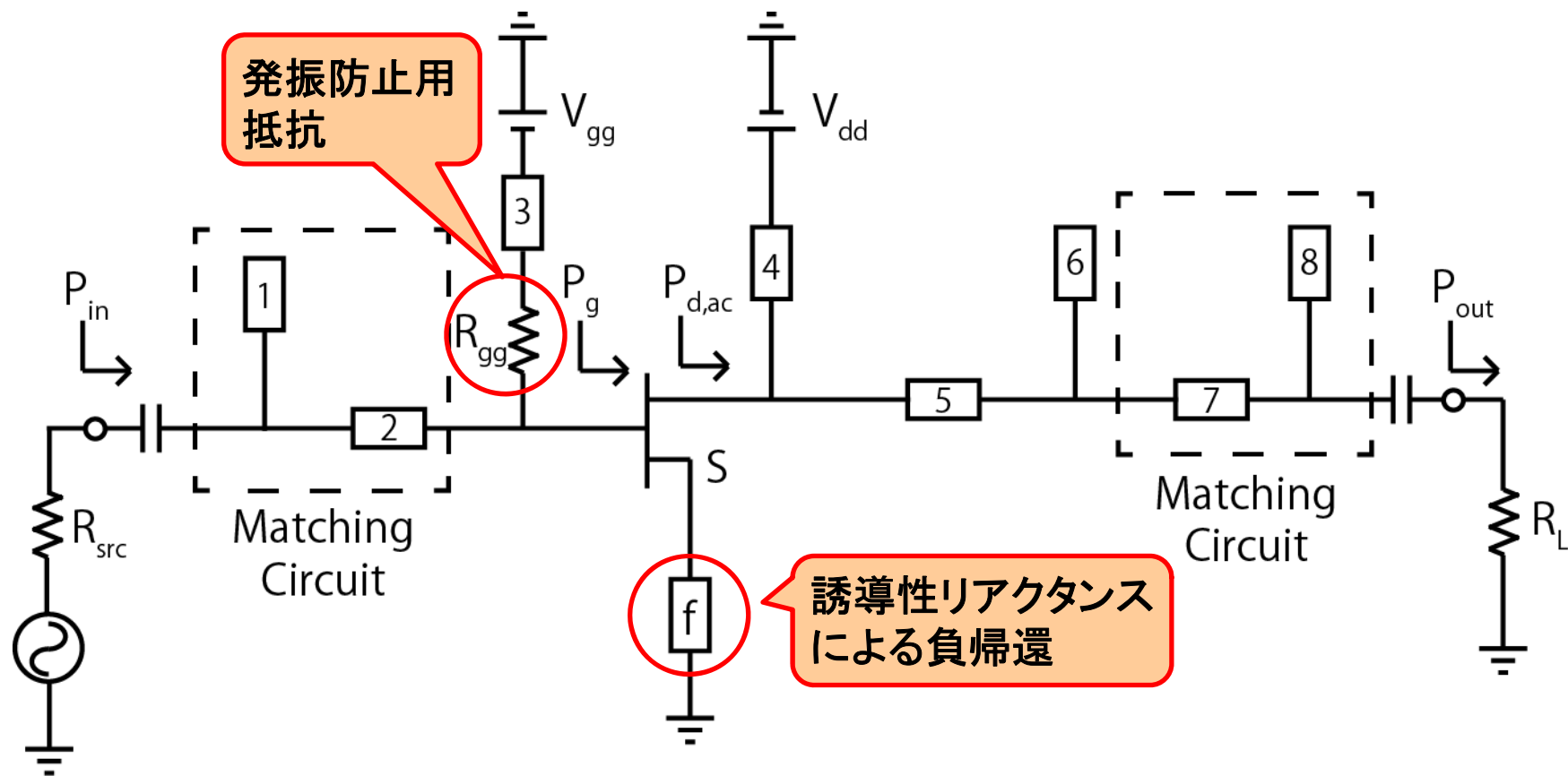


* デジタル色度符号化(DCSK)可視光 通信用CMOS集積回路



⇒ LED/LD駆動回路の高速化研究

無線通信用ミリ波／テラヘルツ回路の研究： InGaAs系HEMTミリ波電力増幅器(60GHz)



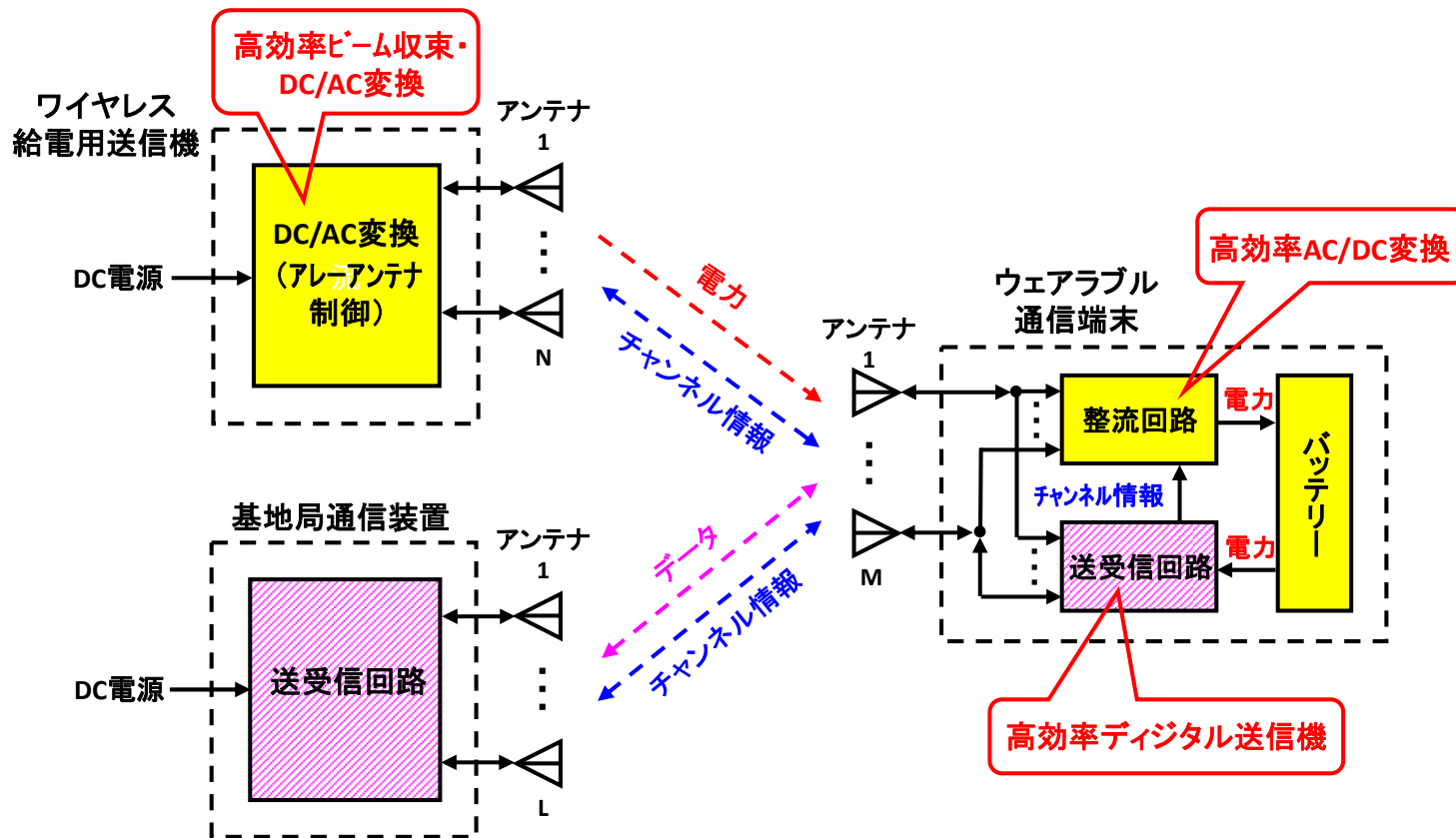
現状：電力付加効率 = 34% (シミュレーション)

↓ 二段構成化、トランジスタ耐圧向上 ⇒ 試作

目標：電力付加効率 > 40% (実験)・・・トップデータ狙い

ミリ波／テラヘルツ回路の応用(1): 高効率電波方式無線電力伝送

遠方までワイヤレス給電可能な電波方式無線電力伝送：
周波数が高いほどアレーアンテナの効率が向上、DC/AC、AC/DC
変換の効率は低下 ⇒ 高周波で高効率な変換回路が必要

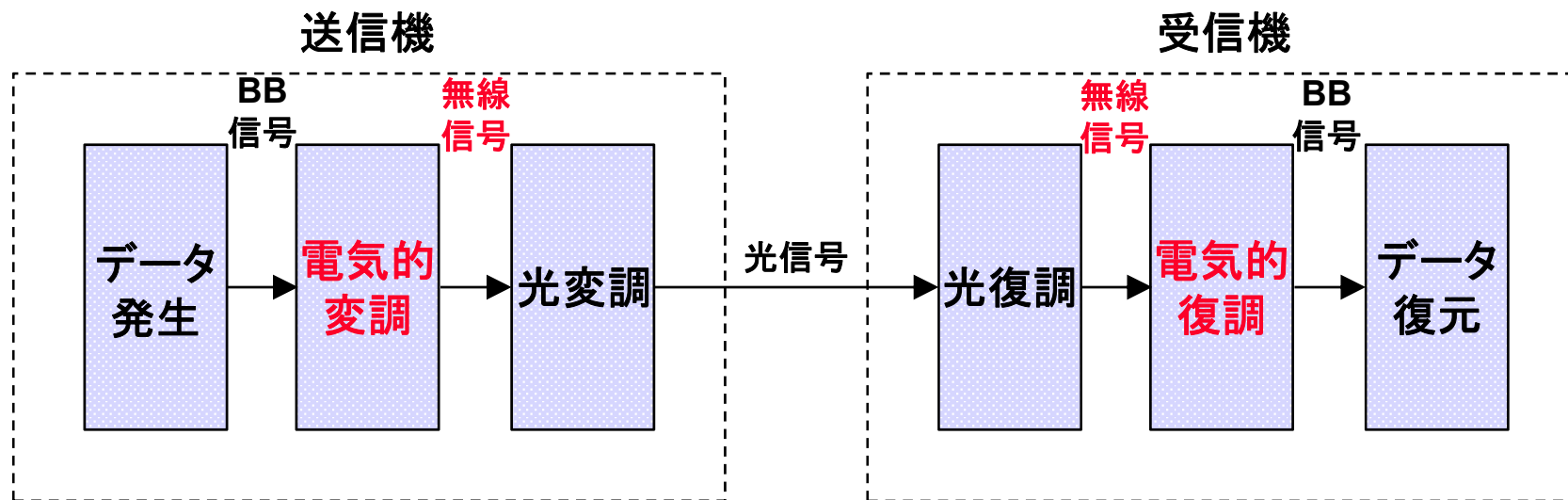


- ・ 高効率ミリ波・テラヘルツ波DC/AC、AC/DC変換回路の開発
- ・ 超多素子アダプティブ・アレーアンテナ

ミリ波／テラヘルツ回路の応用(2): RoF技術を用いた超大容量光ファイバ伝送

光ファイバの広帯域性（1THz超）を生かすためには回路の高速化が必要

⇒ ミリ波・テラヘルツ回路技術を用いた光ファイバ伝送用回路の研究



RoF(Radio on Fiber)伝送システム:
無線通信の技術を用いて伝送容量の拡大が可能

計算機環境

- Windows／MacintoshデスクトップPC(各人1台)
- 集積回路設計CAD用PC(多数)
- サーバ(Linux、多数)
- ノートPC(Win／Mac)

サーバ群



設計、シミュレーション用ソフト

■ 回路シミュレータ

- Agilent社 Advanced Design System(ADS)
- Cadence社 Spectre
- Synopsis社 HSPICE

■ 集積回路設計用CAD

- Cadence社 Virtuoso
- Mentor社 Calibre

■ 電磁界シミュレータ

- Agilent社 Momentum
- Agilent社 EMPro

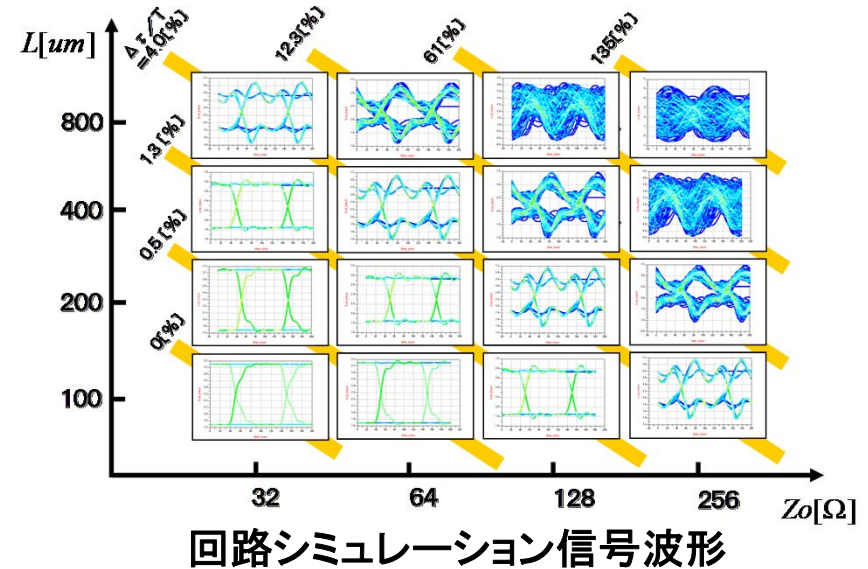
■ 通信システムシミュレーション

- MATLAB/Simulink、C

■ 数値計算、数式処理

- MATLAB、C、Mathematica

⇒ 回路・アンテナ設計、通信シミュレーションが可能



実験環境

■ 実験系

- 集積回路評価系
- 無線通信用伝送評価系
- 可視光通信用光伝送評価系

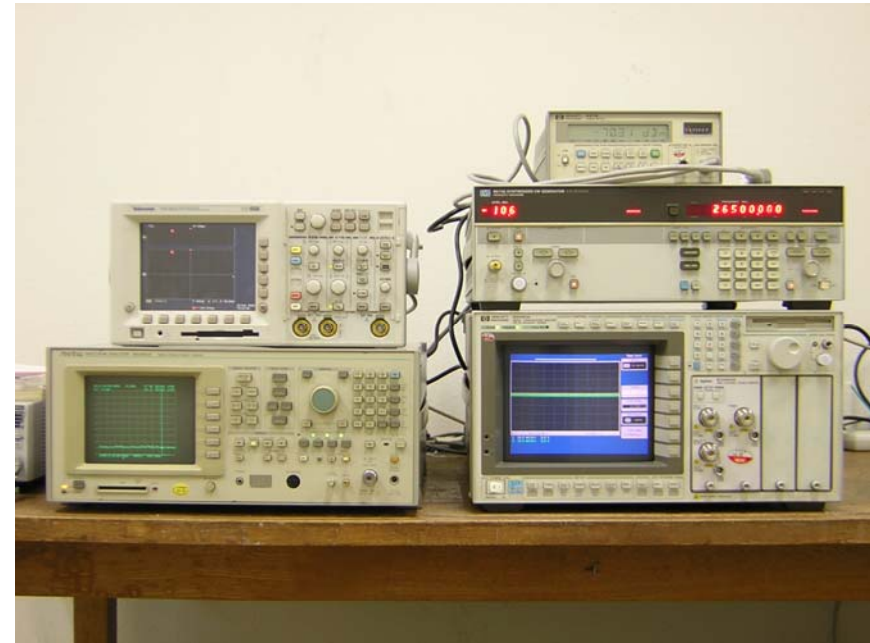
■ 主な測定器

- ネットワークアナライザ(110GHz)
- サンプリングオシロスコープ(50GHz)
- リアルタイムスペクトラムアナライザ(8GHz)
- スペクトラムアナライザ(32GHz)
- 正弦波信号発生器(26GHz)
- マイクロ波パワーメータ(50GHz)
- デジタルオシロスコープ(6GHz)
- デジタルオシロ兼ロジアナ(1GHz)
- パルスパター発生・誤り率測定器(12.5GHz)
- 任意波形発生器(20GS/s、4GS/s)
- デジタルデータアナライザ(200MHz,16ch)
- 光波形検出器(1GHz)
- 光分光照度計
- ウェハ上ICプローバ(2台)

■ 回路試作

- CMOS ICプロセス
- InGaAs系トランジスタICプロセス
- GaAs・GaN系トランジスタ(個別素子)
- FPGA(論理設計)

測定器類



現在、67GHzまで測定可能 ⇒ 今後、110GHzまで拡張予定

ホームページをご覧ください

- 「**榎田研究室**」で**Google検索**
 - 理科大HPのEE教員一覧からリンク
 - <http://www.rs.noda.tus.ac.jp/umedalab>
- **掲載内容**
 - ① **研究室紹介資料(外部公開)**
 - ② **研究内容(外部公開)**
 - ③ **卒論・修論レジュメ(学内限定)**

研究室見学会でお会いしましょう！

- 3月16日(金)
 - 午前:10~12時
 - 午後:13~15時
- 説明ツアー
 - 10時、11時、13時、14時
- 内容
 - **デジタル送信機実験**
 - **可視光通信システム実験**
 - **集積回路設計デモ・IC展示**