

TR - O - 0032

99

ATR光電波通信研究所の研究状況

古濱 洋治

1990. 7. 31.

ATR光電波通信研究所

☆概要 (Abstract)

A T R 光電波通信研究所のプロジェクト概要と最近の主要成果を紹介している。

☆発行時 配付先 (Institial Distribution Specifications)

☆備考 (Notes)

本報告は、1990年5月23日行った講演の内容をまとめたものである。

ATR光電波通信研究所の研究状況

1990年5月23日

古 濱 洋 治

(講演要旨)

ATR光電波通信研究所のプロジェクトの概要と最近の主要成果をご紹介致します。

No.1(総論)

当所では、将来無線通信が最も重要な役割を果たす衛星通信・移動通信の分野に重点を置き、これらに共通に必要な高機能伝送系および小型・軽量化通信系のための基礎技術の開発を行っています。

すなわち、将来の人類の大気圏外における活動を支えるインフラストラクチャーとしての光衛星間通信に関する基礎技術、いつでも、どこでも、誰とでも通話可能な将来の移動通信のための基礎技術、及びこれらの基礎技術の開発に飛躍的な展開をもたらす通信デバイスの研究を行っています。

No.2(光変復調技術)

光衛星間通信の研究では、光変復調技術と光ビームの捕捉・追尾・指向など光ビーム制御技術の研究を行っています。

光変復調技術の研究の一環として、IM/DD(強度変調/直接検波)方式を用いた伝送容量360Mbps、LD出力100mWの高速・高出力変復調器を試作し、現在の技術レベルで得られるシステムによるビット誤り率の受信光入力特性などの伝送特性を確認しました。

今後、大容量光衛星間通信の実現に向けて高速・高出力LD光源モジュールの開発、変復調方式の検討を進める予定です。

No.3 (光伝搬模擬装置)

光ビーム制御の研究の一環として、光伝搬模擬装置の開発を進めており、遠方界等価ビームプロファイル生成機能の実現性を確認しました。左図は装置の概要を示し、右図は円孔によるAiryパターンを示しています。

今後高精度追尾方式の研究を進める予定です。

No.4 (移動通信に適したアンテナ)

将来の移動通信技術として、アクティブアンテナの研究、信号処理の研究、回路の小型化の研究などを行っています。

アクティブアンテナの研究の中で、素子アンテナ、電磁界測定法、アンテナ設計支援ソフトの研究を実施しています。

更に素子アンテナの研究では、高機能アンテナを目指してビームの走査・形成機能、あるいは追尾機能をもつアンテナ、DBFあるいはコンフォーマルアンテナ、放射・給電・処理系の一体化・小型・軽量化に適したアンテナの開発、あるいは光制御アンテナの基礎研究を行っています。

No.5 (DBFの長所)

DBFの技術はレーダ用のアンテナとして以前から使われていますが、通信用のアンテナとしては未開拓の分野であります。私共は、下記のような利点を持つ通信用DBFアンテナを開発しています。

- ①信号の振幅・位相を正確に制御できる。
- ②アレーエレメントのパチーンの補正および自己校正が可能である。
- ③アダプティブパターンの形成が容易である。
- ④超低サイドローブの実現できる。
- ⑤衛星追尾用マルチビームパターンの形成が容易である。

DBFアンテナ用アルゴリズムの一方式を提案し、実時間処理の可能性を見出しています。

No.6(半球形コンフォーマルアレー)

16素子球面アレーアンテナの一体成形に成功しました。

今後本アンテナの性能の評価を行います。

No.7(電波暗室)

電波暗室内に近傍電磁界測定システムを開発導入しました。尚、本暗室は関西地方では最大のものであり、空時間には外部機関による使用が可能です。

No.8(ニューラルネットを用いた高精度方向識別1)

波動信号処理の一環としてニューラルネットの無線通信方式への適用を検討しています。また新しい耐マルチパス変復調方式を考案し、その特性を理論的に明らかにしています。

図はアレーアンテナによる受信指向特性をニューラルネットを用いて高精度方向識別しようとするものです。

No.9(ニューラルネットを用いた高精度方向識別2)

いま、 $0\sim 50^\circ$ の角度方向に201個のニューロンを等間隔で配列し、Hopfield型回路の各nodeの重みを学習によって決めた解析結果を示します。左下の入力図(conventional beam former)に比べると、ニューラルネットの方法の有効性がわかります。

また、MUSIC, CAPON 法では方向の判定に十分な精度が得られません。

No.10(ニューラルネットを用いた高精度方向識別3)

この図は計算の収束時間を示しています。用いた回路定数(タイムコンスタント)の0.8倍のところで方向が識別されていることがわかります。

No. 11 (PSK-VP信号の位相)

耐マルチパス変復調方式の一つとして、PSK-VP方式を提案しています。これは、信号の位相に redundancy を与えることによってマルチパスによる信号の劣化を防ぐ方式であり、この方式の都市内、屋内などマルチパス環境における有効性が確かめられています。

今後この研究と共に、より高度なインテリジェント化実時間信号処理技術の開拓を行う予定です。

No. 12 (MMICのマイルストーン)

将来の移動通信における回路の小型化を図るため、モノリシックマイクロ波集積回路(MMIC)を取り上げ、10年後には30~40倍の集積化を目指しています。具体的な集積化のマイルストーンとして、LUFET-MMIC, 多層化MMIC, 立体化MMICの3段階を考えています。現在は、第2段階目の多層化MMICの実現の見通しを得ており、各種モジュールの設計・試作を行っています。

将来、集積度を高めると共に、DCから光領域にわたるモノリシック集積化技術の実現を目指しています。

No. 13 (共平面MMIC)

Passive回路と線路の統一的な取扱い(LUFET: Line Unifield FET)と共平面化による viahole の駆逐とによって、従来のMMICに比較して約1/3の小型化が実現しました。

この写真は、左上から右上へ、広帯域アンプ、ミクサ、通倍器、アイソレータ、平衡変調器、マジックTを示しています。いずれも小型(約1mm×1mm)で、広帯域です。

No. 14 (多層化MMIC)

マイクロ波回路の積み重ねによって回路の小型化を一層進め、前述の共平面MMICより更に1/3の小型化が実現しました。

この写真は、左より右へ、マジックT、分布型増幅器、4端子ウイルキンソン電力分配器、ハイブリッド回路を示しています。

No. 15 (量子井戸光素子)

通信用デバイスの研究では、化合物半導体超格子を用いた非線型光素子の試作・評価を進めると共に、光カオスなど非線型動力学の新機能素子への応用について研究しています。

左図のように、化合物半導体量子井戸構造を制御してGaAs井戸層とAlGaAs障壁層を交互に作成すると、この井戸層のサブバンド間レベルに対応する特定波長の赤外光吸収が生じます。このような構造のものに外部からAr⁺レーザを照射すれば、右上図のように光の吸収スペクトル(吸収係数)が変化することを明らかにしました。これにより、右下図に示すような、光による光の制御(スイッチング)が可能となり、量子井戸層の厚さ、材料を選ぶことによって使用波長を3~10 μ mの範囲で選択でき、ピコ秒オーダーの高速応答が可能な光学非線型素子が得られる可能性が得られています。またこの研究は将来の超高速・並列光情報処理通信に多大のimpactを与える可能性があります。

No. 16 (光カオス)

レーザ光を左下図のような非線型回路[Delayed Feedback System (DFS)]に通すと特定の固有振動(モード)が生ずることが知られています。このモードをSeeded Bifurcation Switch (SBS)によって特定のモードに引き込んだり、Chaos Switch (CS)によって特定の類似振動族に引き込むことが、理論的および実験的に検証されました。単純な回路構成によって複雑なモードの制御が可能となった訳です。SBSによって光カオスの光ダイナミックメモリへの応用が、CSによって光カオスの適応サーチへの応用が可能です。またこれらを用いた新機能素子開発が期待されています。

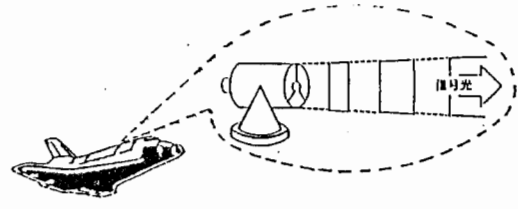
図右下は21ビットの書き込まれた信号例を示します。

86, 87 88, 89 90-

方式検討 試作 評価

光衛星間通信

【光を用いることにより、小型の装置で大容量の通信を実現】



(株)エィ・ティ・アール光電波通信研究所

サブテーマと研究目標

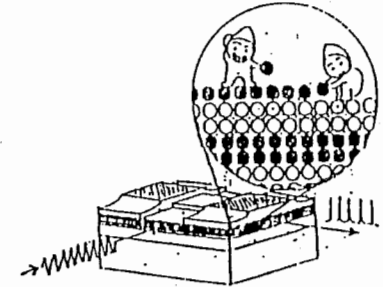
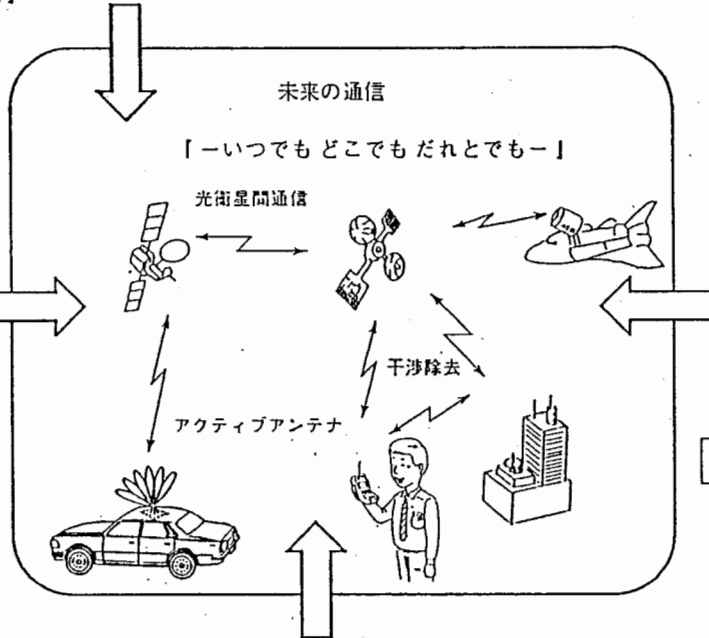
(数字は西暦を示す)

86-88 89-91 92-

試作 測定・改良 フィールドテスト

アクティブアレーアンテナ

【望みの方向に電波を送受信出来るアンテナの実現と高精度測定技術の確立】



86-88 89-92 93-

新素子の探索 試作・評価 利用技術の開発

通信用デバイス

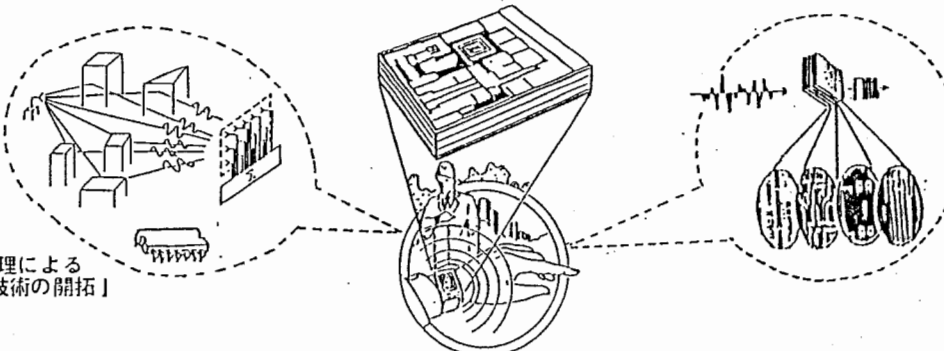
【原子配列の制御により超高速高機能光素子を実現】

86, 87 88-90 91-

方式検討 構成法の検討 応用

信号処理

【波動/時空間信号処理による無線用知的信号処理技術の開拓】



86-90 91-

方式・回路検討 応用

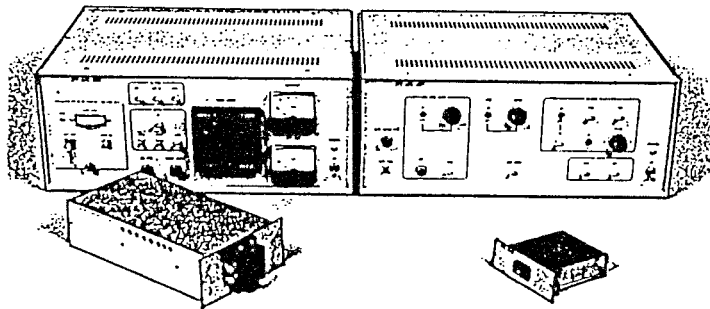
干渉除去/高周波回路技術

【劣悪な電波環境の克服と超小型通信装置の実現】

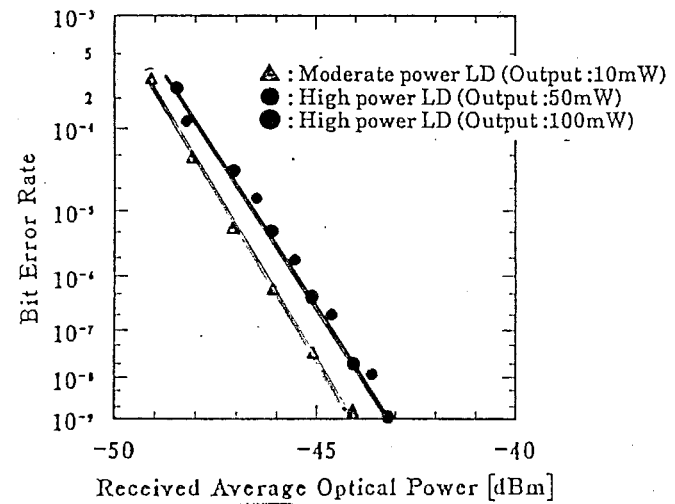
Development of an IM/DD MODEM

Transmission Rate : 3 6 0 Mbit/s

LD Output Power : 1 0 0 mW



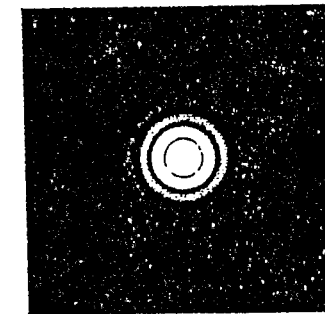
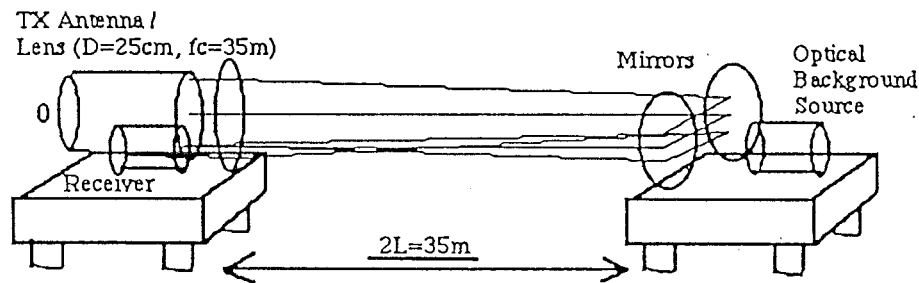
External Overview of the Developed IM/DD MODEM



BER Performance vs. Received Optical Signal Power

Optical Transmission Test Facility

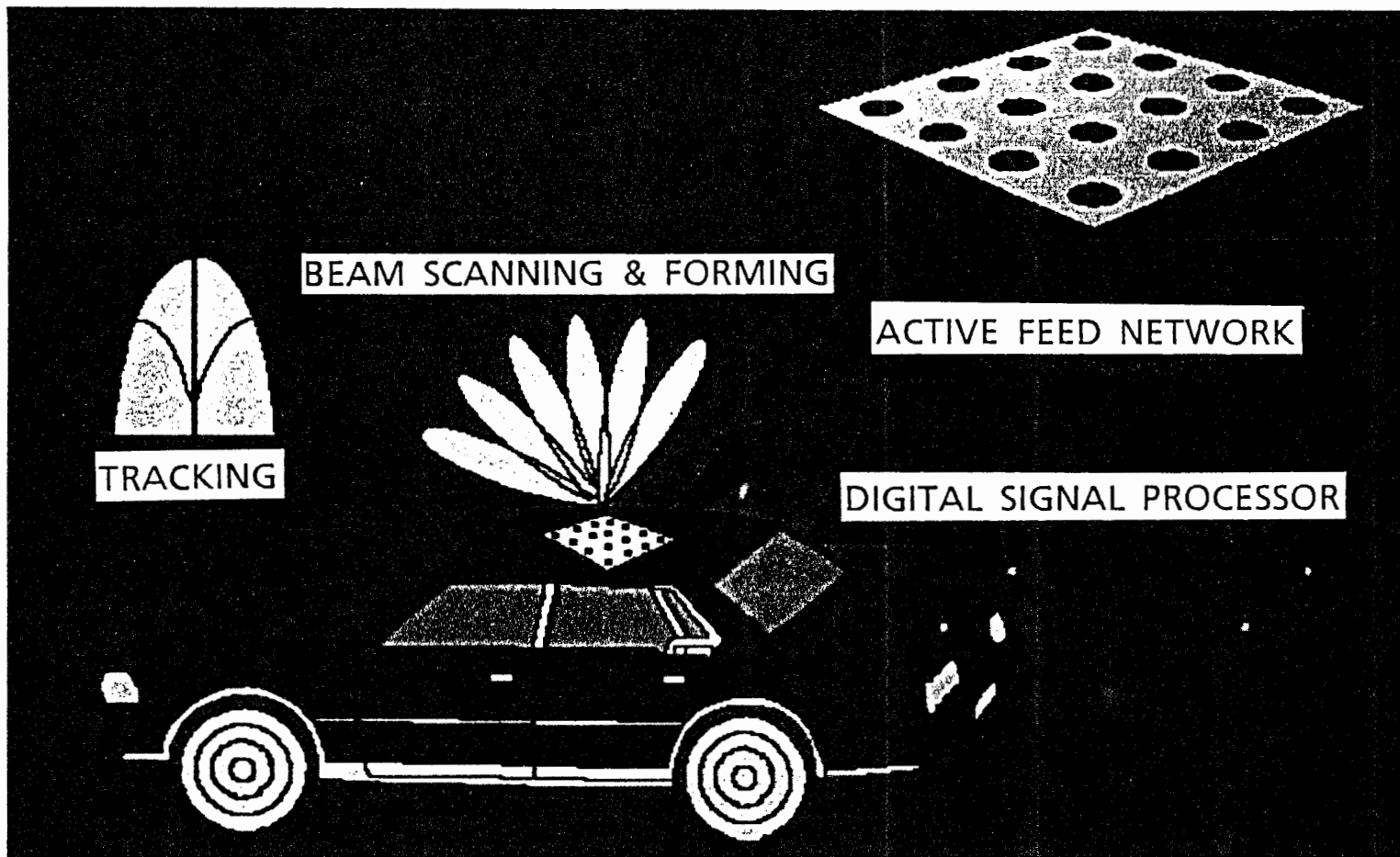
- *Free-space Laser Communication Simulator* -



Airy Pattern Measured

Configuration of the Test Facility

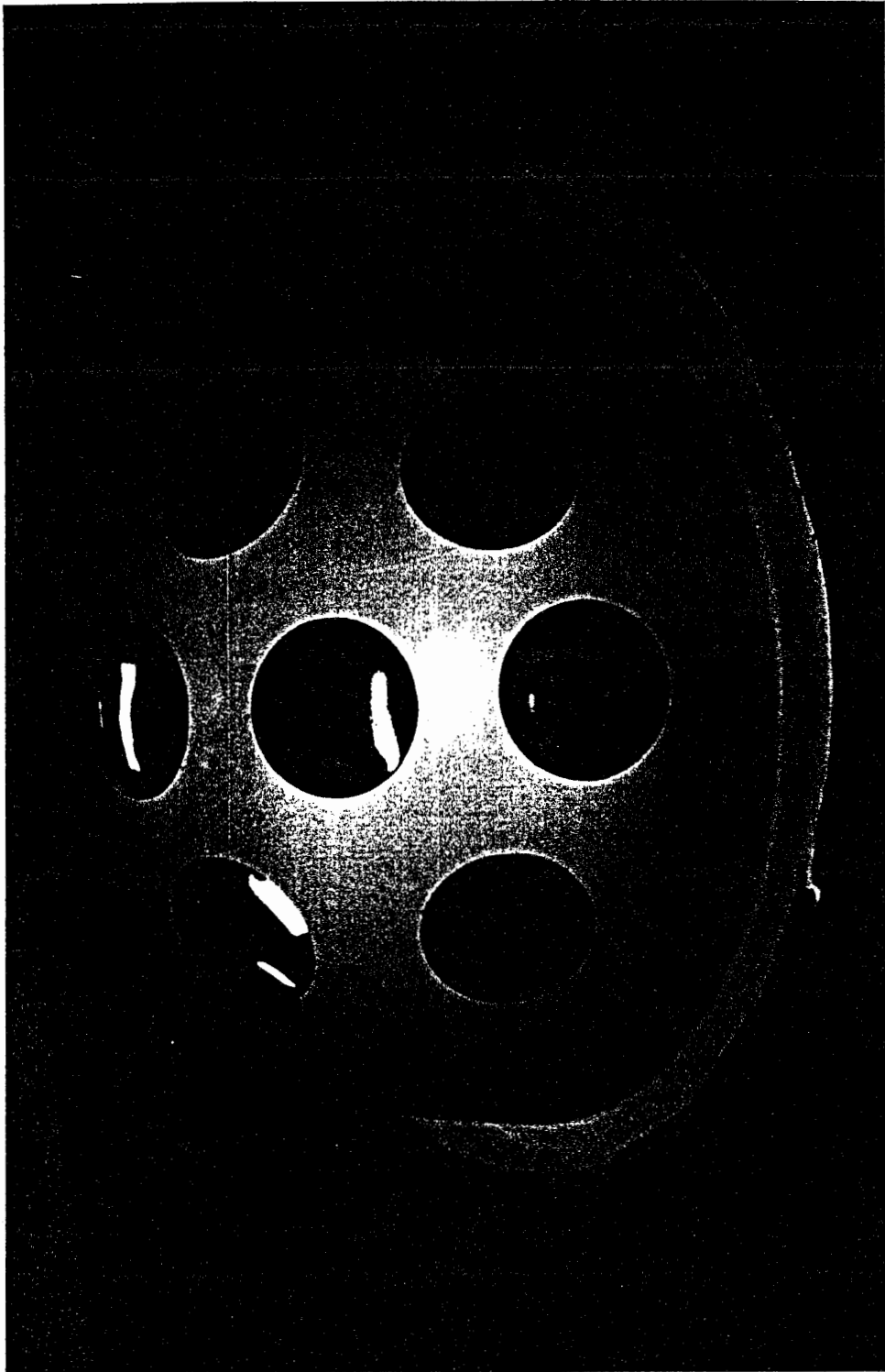
ATR



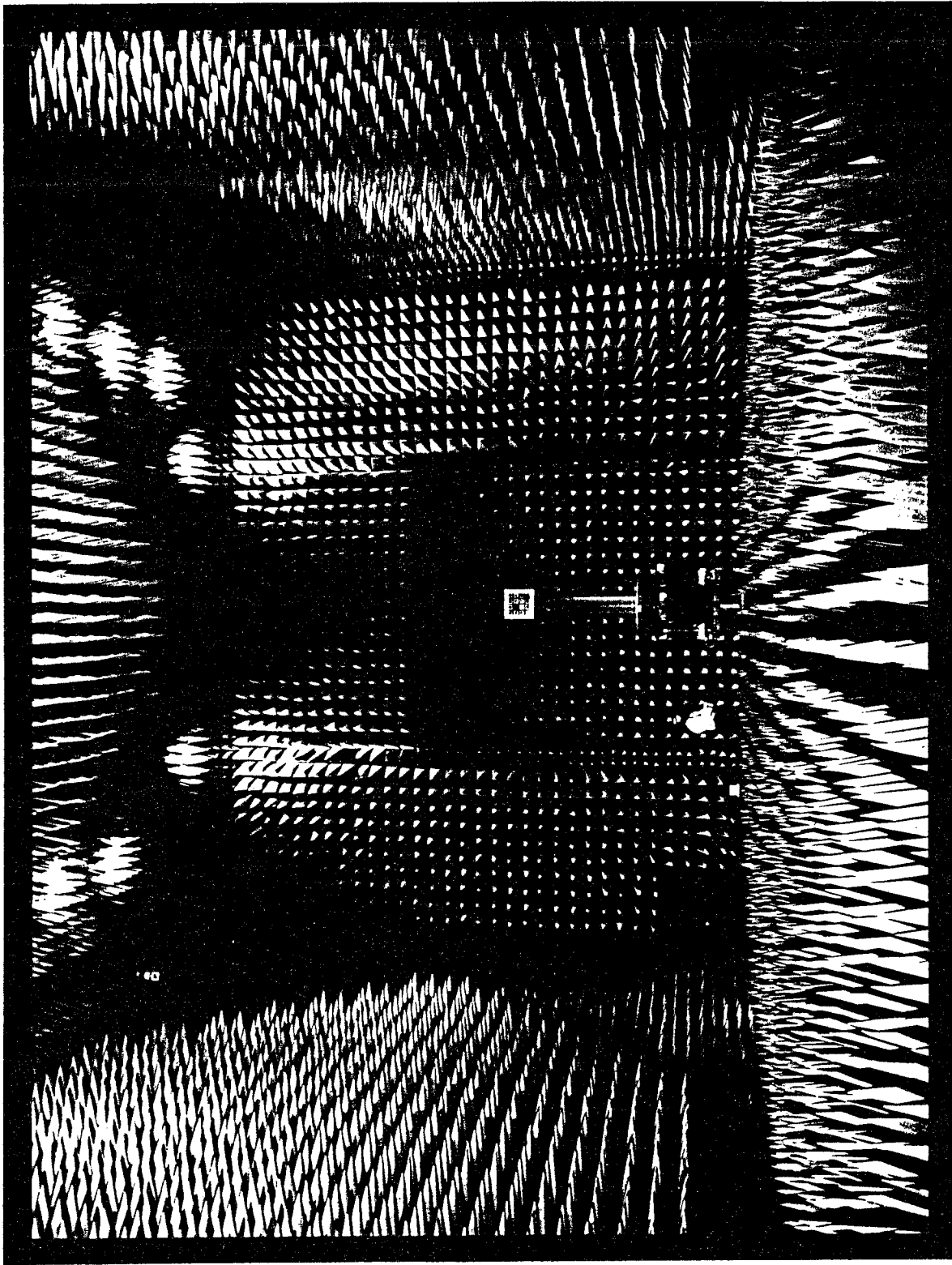
-6-

Main Advantages in Digital Beamforming Antenna

- Precise controlling of signal amplitude and phase
- Array element pattern correction and self-calibration
— for conformal array —
- Improved adaptive pattern generation
— to reject interference —
- Ultra-low sidelobes generation
- Easy generation of multiple beams pattern
— for satellite tracking —

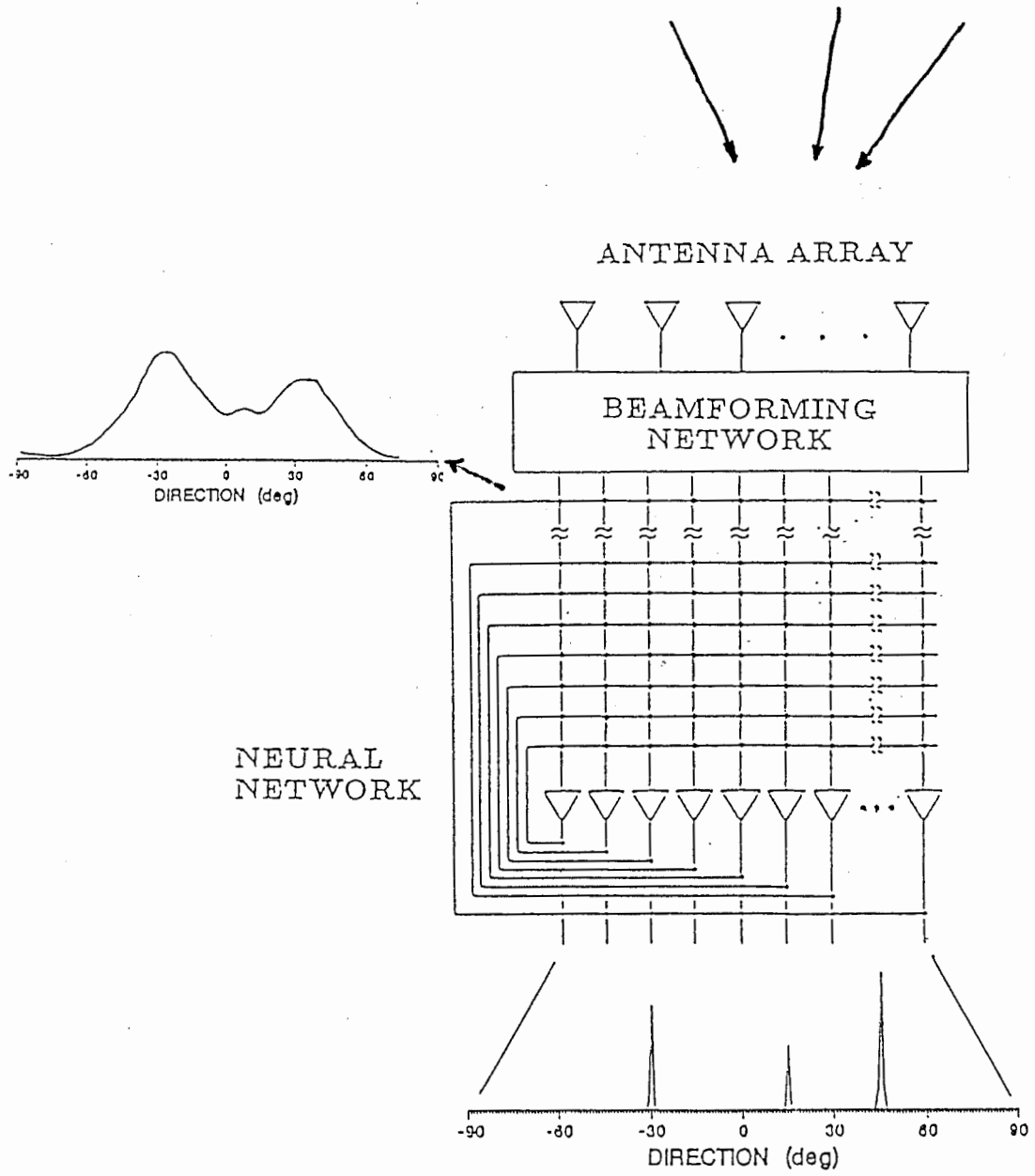


NO.6

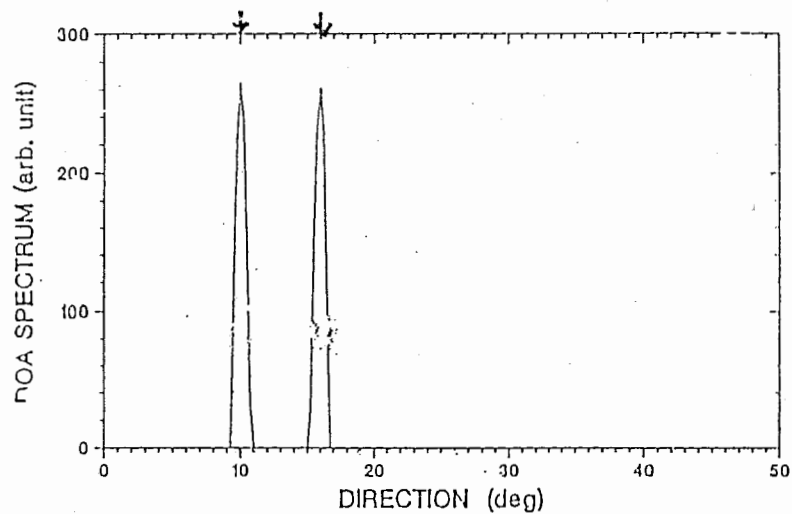


NO.7

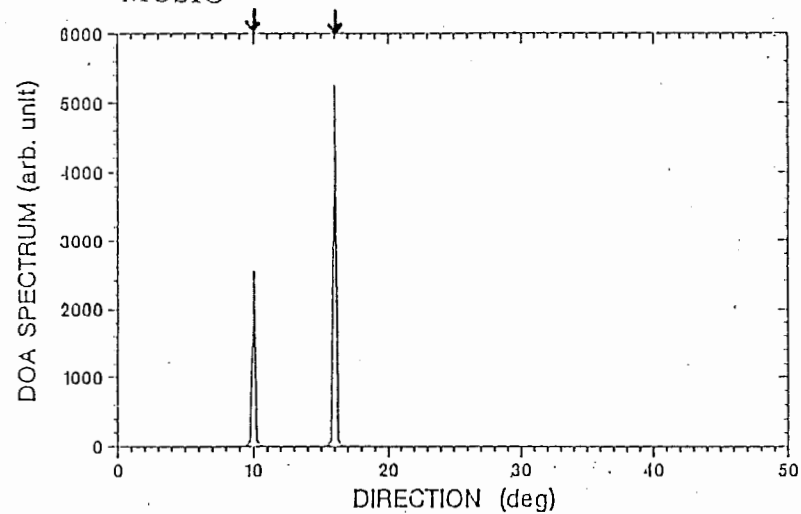
NO.8



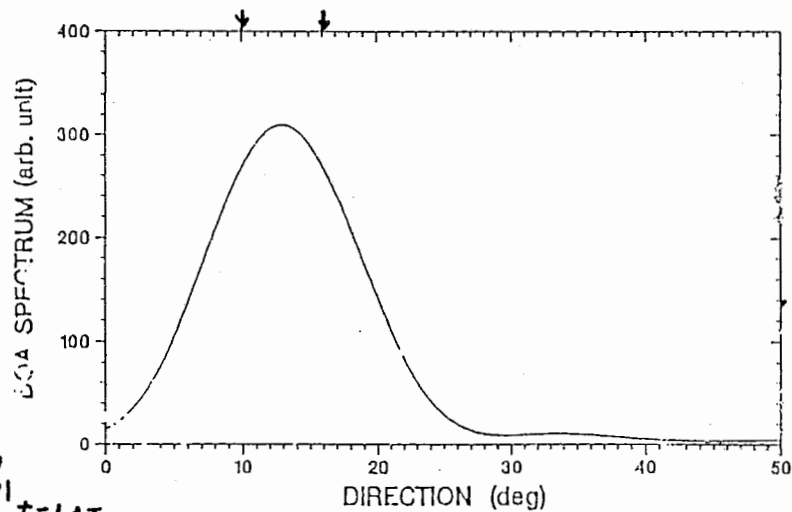
NEURAL NETWORK



MUSIC

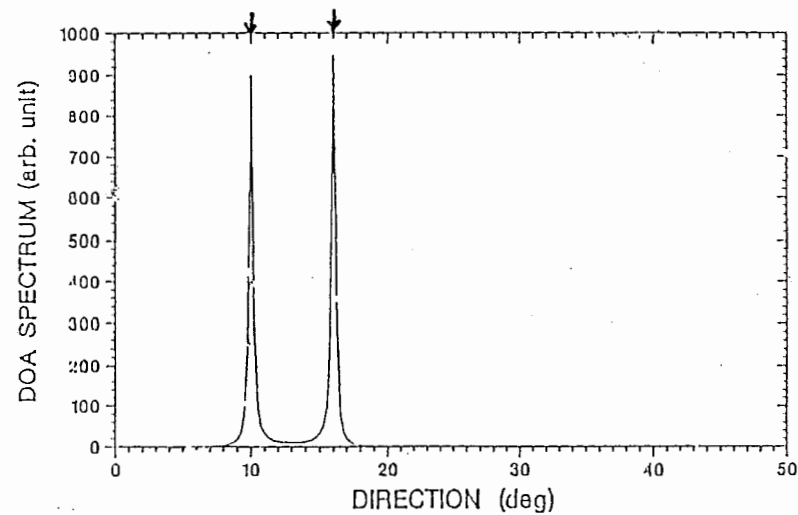


CONVENTIONAL BEAMFORMER

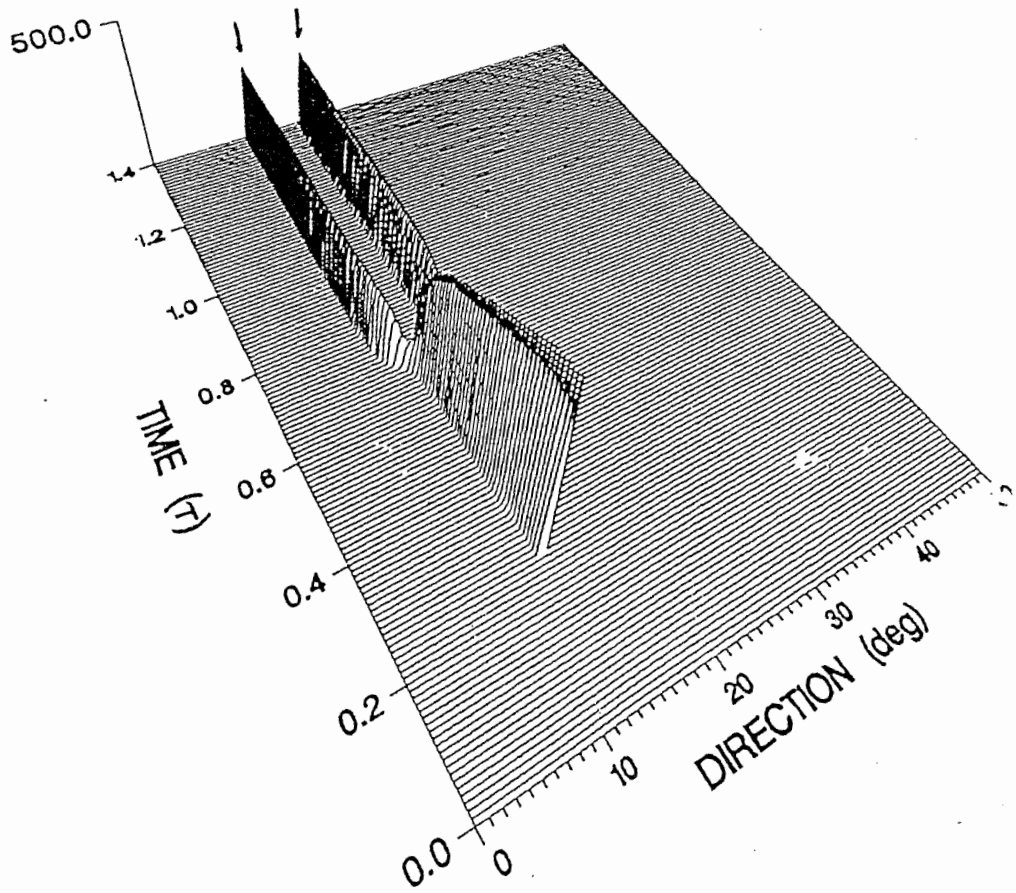


NS=10
NE=201
K=50000
R=0.0001
u=-5 t=1.4z

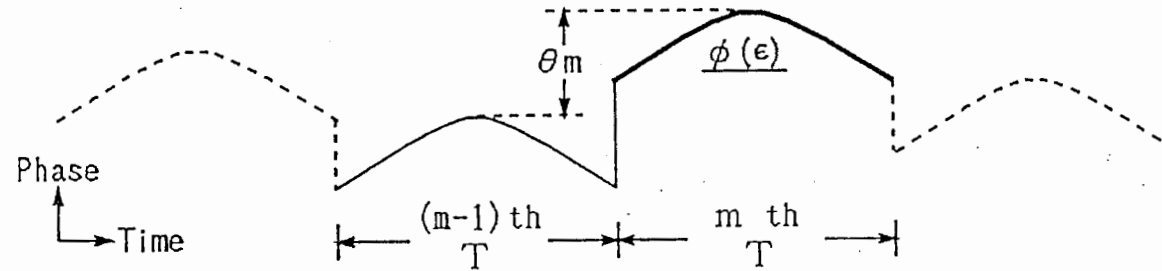
CAPON



NO.10



PSK-VP Signal Phase

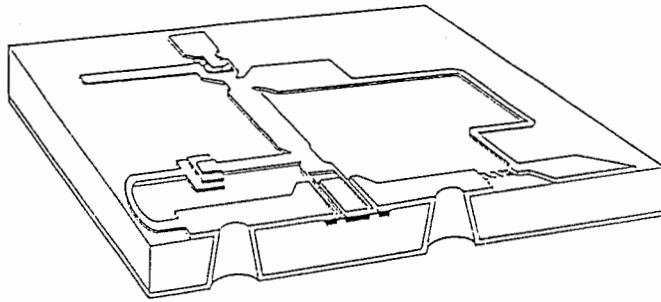


$\phi(\epsilon)$: Imposed Varied Phase-Waveform

θ_m : Phase difference bearing m -th M-ary Data

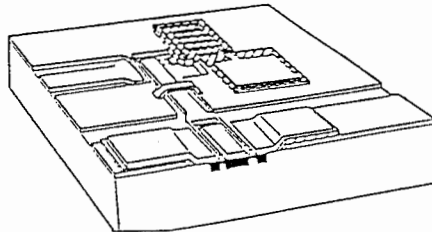
T : Timeslot

MMIC研究の技術的マイルストーン



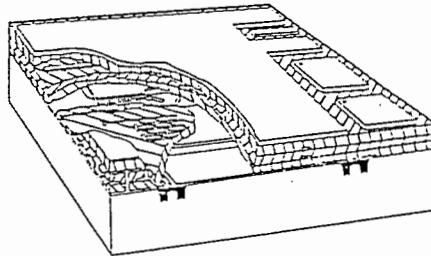
現状のMMIC

集積度: 1倍



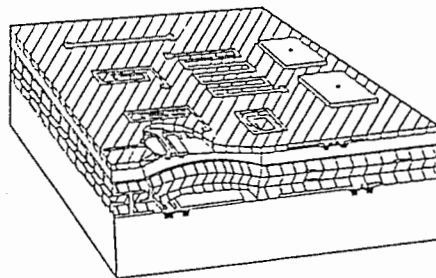
共平面小型化
MMIC

集積度: ~3倍



多層化MMIC

集積度: ~10倍

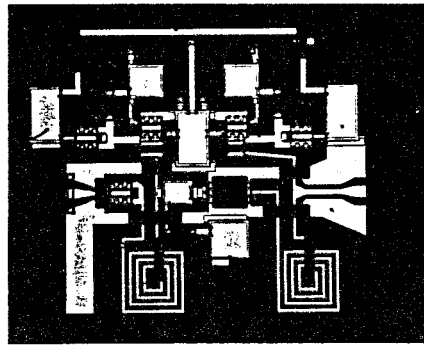


立体化MMIC

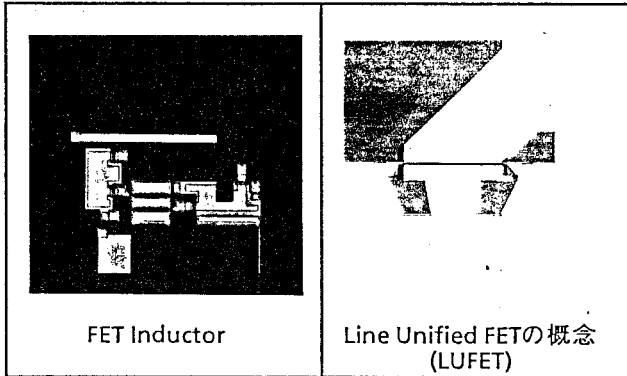
集積度: ~30倍

共平面小型化MMIC

マイクロ波回路能動化・小型化の発想

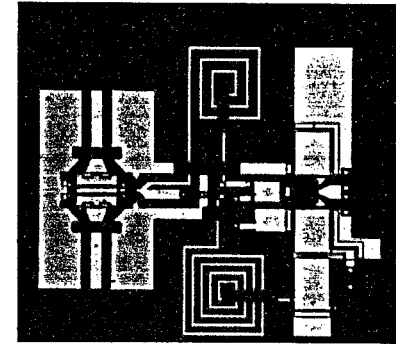


広帯域増幅器
(0.1-10GHz)
1.0mm x 1.3mm

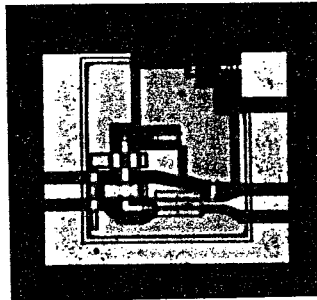


FET Inductor

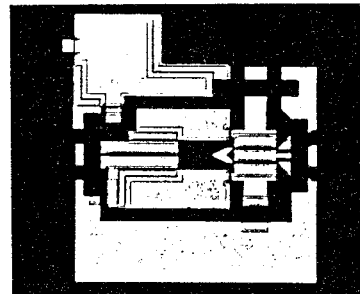
Line Unified FETの概念
(LUFET)



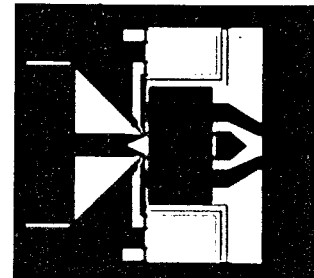
電力合成器、ミキサ
(1-12GHz)
0.9mm x 1.4mm



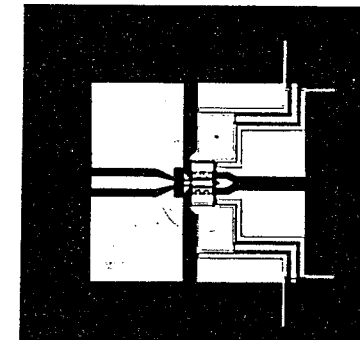
通倍器
(3-10GHz)
0.5mm x 0.5mm



アイソレータ
(1-15GHz)
0.5mm x 0.6mm



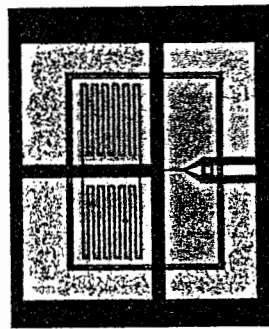
平衡変調器
(1-18GHz)
0.5mm x 0.6mm



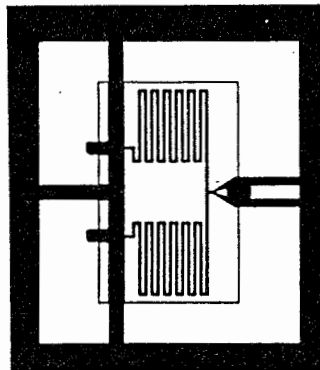
マジックT
(1-18GHz)
1mm x 1mm

多層化MMIC

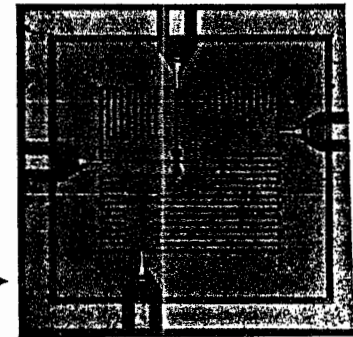
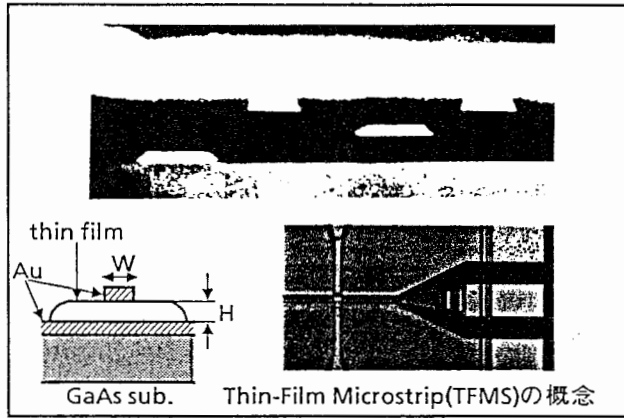
マイクロ波回路積重ねの発想



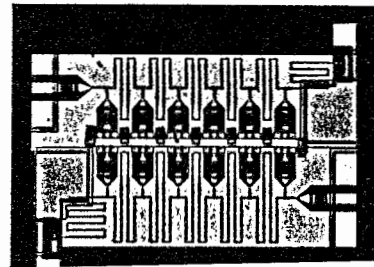
マジックT
(4-18GHz)
0.9mm × 1.0mm



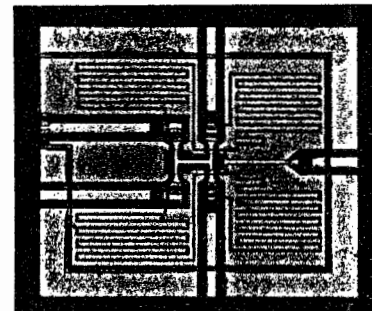
マジックT
(4-18GHz)
0.9mm × 1.0mm



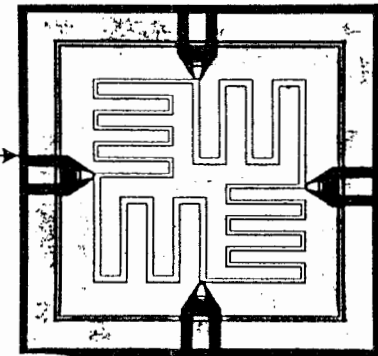
端子入替え型
ラットレース・
ハイブリッド回路
(17-23GHz)
1.3mm × 1.3mm



分布型増幅器
(1-12GHz)
0.8mm × 1.3mm



4端子ウィルキンソン電力分配器
(10-15GHz)
0.9mm × 1.0mm

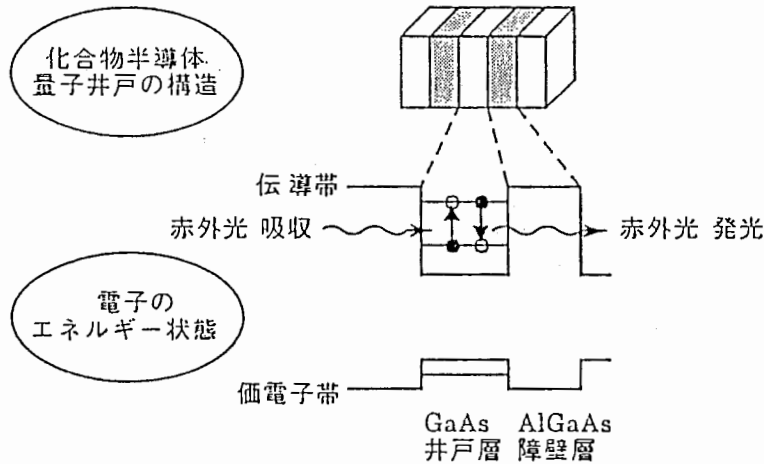


ブランチライン・ハイブリッド回路
(10-14GHz)
1.3mm × 1.3mm

量子井戸サブバンド間遷移を利用した光素子の研究

将来の超高速・並列光情報処理通信に不可欠な光非線形デバイスの材料の基礎研究を行っています

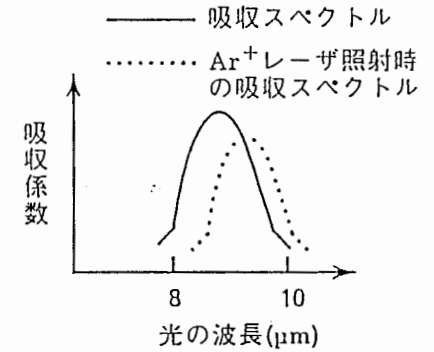
構造と電子のエネルギー状態



特長

- 量子井戸層の厚さ及び材料により、波長を 3~10 μm の範囲で制御
- ピコ秒(1兆分の1秒)オーダーの高速応答
- 大きな光学非線形性が期待され、将来の光非線形デバイスのキーマテリアル

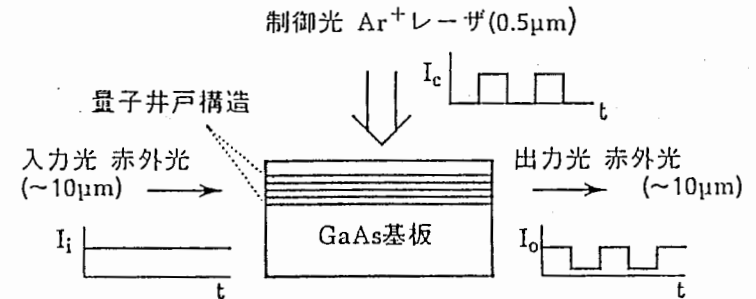
赤外フーリエ分光計による吸収変化の測定



吸収変化の測定

Ar⁺レーザー照射による赤外光の吸収スペクトルの変化

光による光の制御への応用



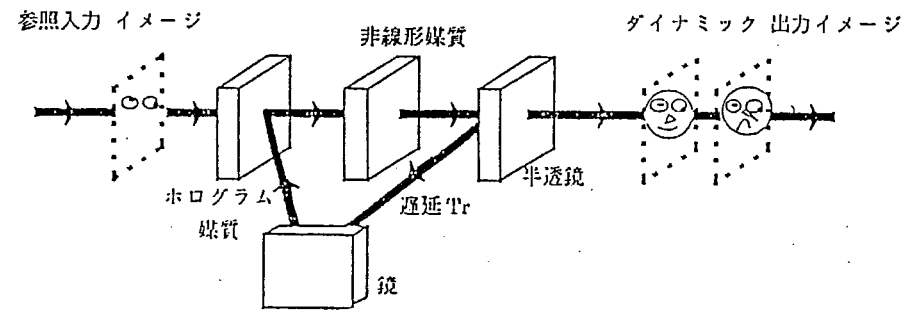
光カオスを利用した新機能素子の研究

— 単純な構成から複雑な機能を —

知的大容量光素子への展開

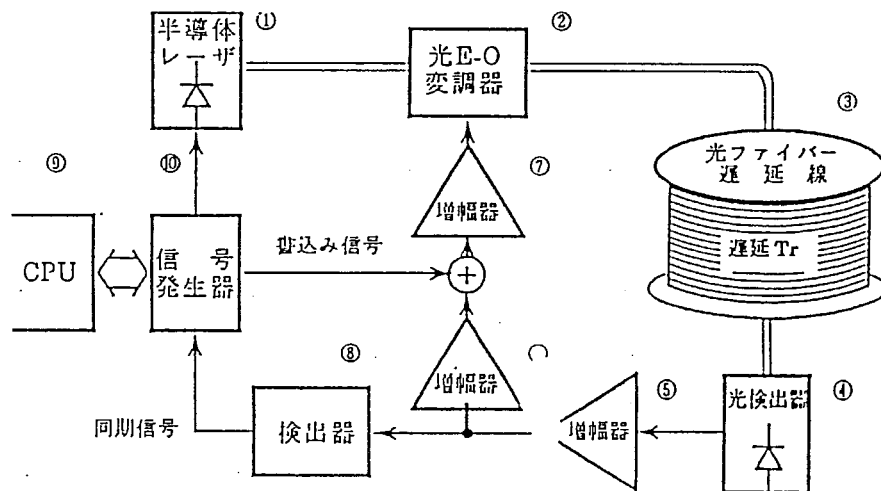
- ・ 光ダイナミックメモリ
- ・ 適応カオス検索
- ・ 適応学習型光信号発生器
- ・ 光イメージ認識

ダイナミックホログラフィック光共振器



光ダイナミックメモリ基礎実験

実験機器系統図



21ビットの書き込み例 (プリカオス)

