The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	分布増幅器を用いたアクティブ集積アンテナのビームステアリング
Author(s)	落合, 克隆; 塩見, 英久; 山本, 錠彦
Citation	電子情報通信学会技術研究報告. MW, マイクロ波. 2001, 101(136), p. 39-42
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/51310
rights	Copyright©2001IEICE
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

社団法人　電子情報通信学会
THE INSTITUTE OF ELECTRONICS,
INFORMATION AND COMMUNICATION ENGINEERS

信学技報
TECHNICAL REPORT OF IEICE.
MW2001-30, OPE2001-17(2001-06)

分布増幅器を用いたアクティブ集積アンテナのビームステアリング

落合克隆　塩見英久　山本錠彦

大阪大学大学院基礎工学研究科

〒560-8531 大阪府豊中市待兼山町1-3
Phone : 06-6850-6308 Fax : 06-6850-6341

あらまし　マイクロストリップ線路とスロットを用いた進行波アンテナと分布増幅器を融合した進行波アクティブ集積アンテナについて報告する。進行波アクティブ集積アンテナは、高出力で指向性が鋭く、ビームステアリングが容易なアンテナである。まず、進行波アクティブ集積アンテナの構成を示し、その設計について議論する。さらに、2.5GHzで動作する試作品を作成し評価した結果、同様な構成のスロットアンテナアレイと比べ、受信電力が20dB増加した。また、給電周波数を750MHz変化する事で最大40度のステアリング角が得られた。

キーワード　アクティブ集積アンテナ、ビームステアリング、分布増幅器

Beam Steering of Active Integrated Antenna using Distributed Amplifier

Katsutaka Ochiai　Hidehisa Shiomi　Sadahiko Yamamoto

Osaka University
Graduate School of Engineering Science

Machikaneyama-cho 1-3, Toyonaka, Osaka 560-8531, Japan
Phone : +81-6-6850-6308 Fax : +81-6-6850-6341

Abstract　An active integrated antenna array consisting of a distributed amplifier and a slot antenna is demonstrated. In this report, a two element array was fabricated and examined. Two slot apertures were embedded in the ground plane of a microstrip feed line with the distributed amplifiers. An observed antenna pattern and a beam steering angle were also investigated.

key words　Active Integrated Antenna, Beam Steering, Distributed Amplifier

1 はじめに

近年の高周波回路技術の発展により、様々な分野でマイクロ波ミリ波が応用されている。特に、ITSの分野において自動車衝突防止用レーダの開発が進んでおり、高出力で指向性が鋭くビームステアリングが容易なアンテナの需要が高い。進行波型アンテナは指向性が鋭く、給電周波数の変化によるビームステアリングが容易な為、レーダに代表されるセンシング用途に適しており、アクティブ集積アンテナ技術の適用による高機能化、高出力化が期待されるアンテナである。

本報告では、マイクロストリップ線路とスロットを用いた進行波アンテナと分布増幅器を融合した進行波アクティブ集積アンテナを提案する。まず、進行波アクティブ集積アンテナの概念とその設計、試作について示す。さらに、試作したアンテナのビームステアリング実験について述べる。

2 進行波アクティブ集積アンテナ

進行波アクティブ集積アンテナは、図1に示すとおり、給電線と一体化した分布増幅器とアンテナアレイの組み合わせで構成される。一般に、進行波アンテナでは、InputPortから給電された電力は弱く結合したスロットアンテナによって徐々に放射されるため、アンテナアレイ上に放射振幅分布が生じる。進行波アクティブ集積アンテナでは、アンテナ面での振幅の変化が給電線と一体化した増幅器により補償、増幅されるため、アンテナアレイ上で等振幅等位相の電力分布が得易い利点を持つほか、空間電力合成による高出力化が期待される。

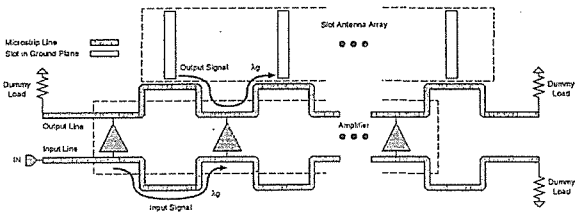

図 1: 進行波アクティブ集積アンテナの構成

3 設計

図2に示すとおり、分布増幅器はトランジスタの内部容量と高インピーダンス伝送線路のインダクタ成分を利用して構成された増幅作用を持つ分布定数線路対である。一方が入力線、他方が出力線であり、互いの位相速度が等しくなる様に設計しなければならない。分布増幅器を構成する素子の大きさに対して波長が十分大きく、入出力線の位相速度が一致しておれば非常に広帯域の特性が得られる。

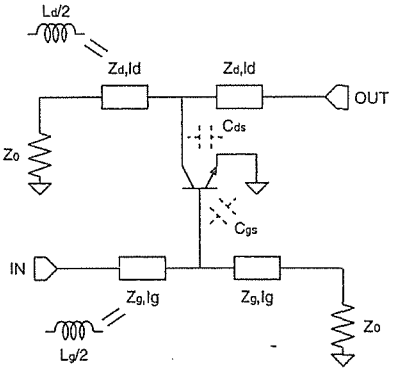

図 2: 分布増幅器 (1セル)

3.1 FETモデル

分布増幅器の設計には、トランジスタの持つ内部容量の正しい見積もりが必要である。本報告では、トランジスタを図3に示す典型的な真性FETの等価回路で表わせると仮定し、以下に示すYパラメータと等価回路素子パラメータの関係式から内部容量を見積もった。

$$
\begin{aligned}
C_{dg} &= -dIm(y_{12})/d\omega \\
C_{gs} &= dIm(y_{11})/d\omega - C_{dg} \\
C_{ds} &= dIm(y_{22})/d\omega - C_{dg} \\
G_d &= Re(y_{22}) \\
g_m &= Re(y_{21}) \\
R_g &= (-dIm(y_{21})/d\omega - C_{dg})/C_{gs}g_m
\end{aligned}
$$

ここで、y_{mn}は使用するFETのYパラメータ、ωは角周波数である。

表1に得られた素子値を、図4にモデルを用いて計算したSパラメータとカタログから得た実測値のSパラメータを示す。本報告では、市販のパッケージGaAsHEMTを用いた。計算値と実測値を比較すると、高周波ではパッ

ケージ等寄生成分の影響でモデルと実測値の誤差が大きいが、本報告で扱う 2.5GHz 付近の低周波領域では計算値と実測値が十分一致しており、図 3 に示す回路に等価と考えてよい。

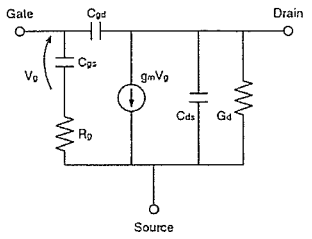

図 3: 典型的な真性 FET モデル

Parameters		
C_{dg}	41	[fF]
C_{gs}	329	[fF]
C_{ds}	148	[fF]
G_d	6.02	[mSie]
g_m	78	[mSie]
R_g	0	[Ω]

表 1: 抽出パラメータ

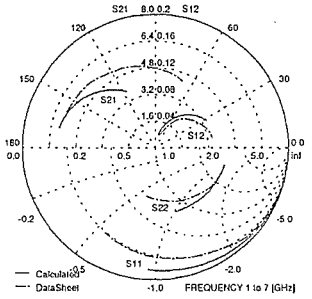

図 4: 使用した FET の S パラメータ

3.2 増幅器設計 [1]

まず、図 2 に示す単体の増幅器の設計パラメータ l_d、l_g、$Z_c = Z_g = Z_d$ を決定する。まず、入／出力線のインダクタンス比を決定する為、位相速度整合条件、

$$\gamma = \omega\sqrt{L_d C_{ds}} = \omega\sqrt{L_g C_{gs}}$$

を用いると、$L_d/L_g = 2.22$ となる。次に、入力整合条件、

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L_g}{C_{gs}}}$$

より $L_g = Z_0^2 C_{gs} = 823$ [pH] なので、$L_d = 2.22 \times L_g = 1.83$ [nH] である。さらに、特性インピーダンス Z_c、長さ l/λ_g のマイクロストリップ線路は、インダクタンス、

$$L = \frac{Z_c l}{\lambda_g f} \qquad (\lambda_g/l < 7)$$

を示す事を利用してマイクロストリップ線路の諸特性を決定する。$Z_c = 75$ [Ω] としたとき、$l_d = 0.041\lambda_g$、$l_g = 0.092\lambda_g$ である。

3.3 アンテナ構成

図 5 にアンテナの構成を示す。マイクロストリップ線路による電磁給電を用いた 2 素子スロットアレイである。本報告では、それぞれのアンテナが同相で給電される様に、スロット間の給電線路長を λ_g とした。さらに、アンテナ素子間隔を $\lambda_0/2$、スロット長 $ls = \lambda_0/2\sqrt{(1+\epsilon_r)/2}$、スロット幅 $w = 0.10 \times ls$、オフセット $d = ls/2 + 2$ [mm] とした。

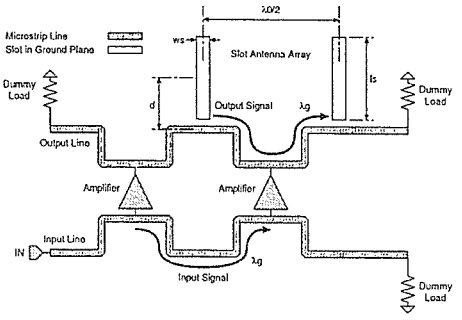

図 5: 試作したアンテナの構成

4 試作回路

試作した回路を図 6 に示す。動作周波数 2.5GHz、基板厚 h=0.762mm、比誘電率 ϵ_r=3.5 のとき、50Ω マイクロストリップ線路幅 W_{50}=1.7mm、75Ω マイクロストリップ線路幅 W_{75}=0.8mm、管内波長 λ_g=74.4mm であり、これに基づいて設計パラメータを決定した。図 7 に分布増幅器の増幅率の実測値と計算値を示す。実線で示される

計算値と小丸で示される実測値がよく一致した。また、広い周波数で 10dB 前後の電圧利得を示した。

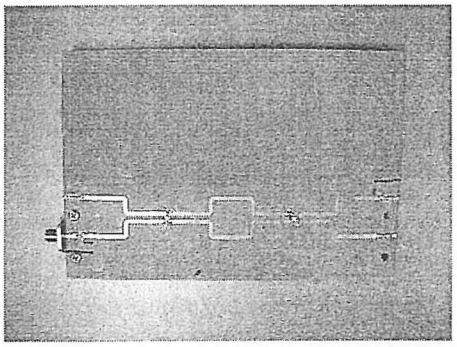

図 6: 試作した回路

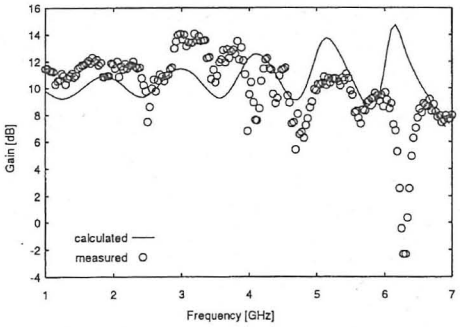

図 7: 分布増幅器の増幅率

5 放射特性

図 8 に試作したアクティブ集積アンテナの指向性をしめす。測定周波数は 2.75GHz である。破線が分布増幅器を設けていないスロットアンテナアレイの実測値、実線がアクティブ集積アンテナの実測値を示す。アクティブ集積アンテナの受信レベルは、同一構造のスロットアンテナアレイと比較して全体的に 20dB 大きい。

さらに、図 9 に給電周波数を 2.25GHz-3.0GHz の範囲で変化した場合のビームステアリング特性を示す。750MHz の周波数変化で最大 40 度のステアリング角が得られた。

6 まとめ

進行波アンテナと分布増幅器を融合したアクティブ集積アンテナを提案し、試作した。2.75GHz で動作し、同一構造のスロットアンテナアレイに比較して 20dB 受信レベルが増加した。また、給電信号の周波数を 750MHz 変化する事で進行波アクティブ集積アンテナの指向性が最大 40 度ステアリングした。今後、より高い周波数の動作とアンテナ構成の最適化、より詳しい動作解析を行ないたい。

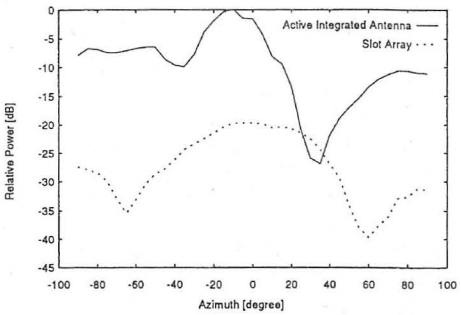

図 8: 放射指向性

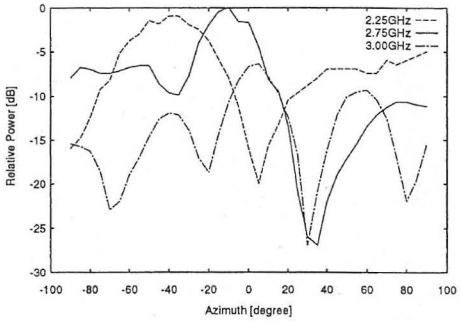

図 9: ビームステアリング特性

謝辞

本報告の回路設計に用いた SNAP-Pro/Field を提供して頂いた (株)MEL 小川隆博氏に感謝致します。日頃から有用な助言を頂いている大阪大学基礎工学研究科山本研究室、西村貞彦氏、北谷和弘氏に感謝致します。

参考文献

[1] J. B. Beyer, S. N. Prasad, R. C. Becker, J. E. Nordman, G. K. Hohenwarter, "MESFET Distributed Amplifier Design Guidlines," IEEE Trans. Microwave Theory and Tech., Vol. 32, pp.268-275, No. 3, 1994.