

氏名	香 川 福 有		
授与した学位	博 士		
専攻分野の名称	工 学		
学位授与番号	博甲第2612号		
学位授与の日付	平成15年 9月30日		
学位授与の要件	自然科学研究科知能開発科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)		
学位論文の題目	能動アンテナのフェーズドアレー動作の研究		
論文審査委員	教授 野木 茂次	教授 古賀 隆治	教授 高橋 則雄

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

高度情報社会の発展に伴って、近年、携帯電話、無線 LAN をはじめとするマルチメディア移動体通信、BS、CS などの衛星放送、GPS システム、高度道路交通システム (ITS) など、多くの分野においてマイクロ波の利用が増大・多様化し、近い将来ミリ波の利用も広がるものと期待されている。その際、小型・長寿命で電源電圧が低いという特徴を持つ固体マイクロ波・ミリ波源が必須であり、しばしば高出力のものが要求される。しかし、固体能動素子の単体の出力は、従来用いられてきた電子管に比して小さく、さらに周波数が高くなるに従い急速に低下し、ミリ波帯では相当小さくなるので、高出力の固体マイクロ波・ミリ波源を得るためには、多数の固体能動素子の出力合成を行わなければならない。小型・軽量の構成で効率的な出力合成を行うための有力な方法として、固体素子とマイクロストリップアンテナとを一体化した構造の能動アンテナのアレーを構成し、各アンテナ要素の出力を空間で合成する方法が注目されている。さらにこのような固体マイクロ波・ミリ波源には、フェーズドアレー動作により電波の放射方向を電子的に走査できる能力を持つことも要求されている。現在のフェーズドアレーアンテナでは、出力を分割し、移相器を用いて各アンテナの出力波の位相を制御する方式が用いられているが、高価で大型になり、さらに数 10GHz のミリ波帯では電力損失が大きくなるという欠点がある。

本論文は、マイクロ波・ミリ波帯における固体能動素子の出力合成と出力放射方向の操作のために、能動アンテナのアレーを構成し、同期現象を用いてコヒーレントな出力を合成すると共に、フェーズドアレー動作を行わせることを目的とした解析と実験の結果について述べる。能動アンテナについては、放射電磁波の電界方向が時間的に一定である直線偏波のものと、送信と受信のアンテナの向きが拘束されないという利点をもつ、電界方向が時間的に回転する円偏波のもの両方を扱った。

本論文は、次の 5 章から構成されている。

第 1 章は、序論であり研究の背景と意義・目的を論じる。

第 2 章は、フェーズドアレー方式として、同じ周波数で発振する能動アンテナを双方向に結合した一次元アンテナアレーにおいて、両端の能動アンテナに外部から同じ周波数で位相差のある信号を注入し、アレー全体を同期する方法に関して論じる。

第 3 章は、円偏波形能動アンテナのフェーズドアレー動作に関して論じる。フェーズドアレー方式は、能動アンテナの双方向結合の一次元アレーにおいて、両端以外は発振周波数を揃え、両端の発振周波数を正負の反対方向にシフトさせて、同期させる方法を用いる。

第 4 章は、単方向的に結合した能動アンテナアレーにおいて、マスター発振器となる最初の能動アンテナの自励発振周波数に対して、2 番目以降の能動アンテナはすべて自励発振周波数を揃えながらマスターと少し異ならせる方式に関して論じる。この場合、アレー全体はマスター発振器の周波数で順次注入同期される。単方向結合は、マイクロ波 FET を用いたループ帰還形の発振器と方向性結合器を用いて実現した。

第 5 章は、結論であり、本論文全体をまとめるとともに、研究の成果と応用可能性を論じている。

論文審査結果の要旨

移動体通信を初めとする電波を用いた通信・放送・計測制御においては、高速・大容量化、高機能化などのために使用周波数が高くなり、近い将来ミリ波の利用も広がるものと予測されている。その際、高出力の固体マイクロ波・ミリ波源も必要となるが、固体能動素子の単体の出力は比較的小さいので、多数の固体能動素子の出力合成を行わなければならない。また、比較的安価で小型のシステムを用いたフェーズドアレー動作により、電波の放射方向を電子的に走査する能力を持つようにすることができることも期待されている。

本論文は、固体素子とマイクロストリップアンテナとを一体化した構造の能動アンテナのアレーを構成し、同期現象を用いてコヒーレントな出力を空間的に合成すると共にフェーズドアレー動作を行わせた結果について述べており、以下の成果を得ている。

(1) 同じ周波数で発振する能動アンテナを双方向結合した一次元アンテナアレーの両端に、位相差をもつ外部信号を注入し、フェーズドアレー動作を行わせることができることを示した。さらに、不要な動作モードの抑制のために、アレー中央に注入信号を加えることが有効であること、および出力波を位相変調し通信に用いる場合のアレー全体の位相の立ち上がりサイクル数をも求めた。(2) 円偏波を出力する能動アンテナのアレーについて、まずガンダイオードを用いた単体の能動アンテナの設計方法を明らかにし、これらを放射電磁波を用いた同相結合により相互同期させ、高効率の空間出力合成に成功すると共に、アレー両端の能動アンテナの自励発振周波数のみを反対方向にシフトさせることにより、ビーム操作が可能であることを実証した。(3) 単方向に結合した能動アンテナアレーにおいて、マスター発振器となる最初の能動アンテナの自励発振周波数に対して、2番目以降の能動アンテナはすべて自励発振周波数を揃えながらマスター発振器と少し異ならせ、アレー全体をマスター発振器の周波数で順次注入同期させ、フェーズドアレー動作を行うことに成功した。その際、ループ帰還形FET発振器の帰還部にバラクタダイオードを装荷して発振周波数の可変範囲を広げることが、ビーム操作の範囲拡大と安定化に有効であることも示した。

本論文は、将来の移動体通信や高度道路交通システムなどにおけるデバイス開発に大きく貢献するものと考えられ、高い工学的意義をもっている。よって、本論文は博士(工学)の学位に値するものと認められる。