

(19)日本国特許庁 (J P)

(12)特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

特許第3443701号

(P 3 4 4 3 7 0 1)

(45)発行日 平成15年 9 月 8 日(2003.9.8)

(24)登録日 平成15年 6 月27日(2003.6.27)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

G01S 7/02

G01S 7/02

F

13/44

13/44

請求項の数 2 (全 6 頁)

(21)出願番号 特願2000 - 210276(P 2000 - 210276)

(73)特許権者 390014306

防衛庁技術研究本部長

東京都新宿区市谷本村町 5 番 1 号

(22)出願日 平成12年 7 月11日(2000.7.11)

(73)特許権者 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号

(65)公開番号 特開2002 - 22819(P 2002 - 22819 A)

(43)公開日 平成14年 1 月23日(2002.1.23)

審査請求日 平成12年 7 月11日(2000.7.11)

(72)発明者 戸梶 功

東京都福生市加美平 3 の38の10 センチ

ユリー羽村101

前置審査

(72)発明者 森 健一

神奈川県相模原市淵野辺 1 の18の32 A

- 204

(74)代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外 4 名)

審査官 宮川 哲伸

最終頁に続く

(54)【発明の名称】電子走査型レーダ装置及び測角処理方法

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】一定の繰り返し周期で送信パルスを生成する送信パルス生成手段と、

前記送信パルスを放射する送信ビーム、前記送信パルスの反射パルスを受信する受信ビームをそれぞれ指定方向に形成する電子走査型アンテナと、

この電子走査型アンテナに対し、前記送信ビームを指定された計測中心方向に向けて複数回繰り返し形成する送信ビーム形成制御手段と、

前記送信パルスの繰り返し周期毎に、前記送信パルスの送信期間終了後、前記計測中心方向に対して点対称となるように、水平方向の左右に順次規定量のオフセットを持たせて切り替えて第 1 及び第 2 の受信ビームを形成する水平方向受信ビーム形成、高低方向の上下に順次規定量のオフセットを持たせて切り替えて第 3 及び第 4 の受

2

信ビームを形成する高低方向受信ビーム形成を交互に行う受信ビーム形成制御手段と、

この手段で前記送信パルスの繰り返し周期毎に切り替えられる第 1 及び第 2 の受信ビーム、第 3 及び第 4 の受信ビームの各組の受信信号を順次取り込んで、それぞれ周波数変換を施してビデオ検波する受信手段と、

この受信手段で得られた対称関係にある第 1 及び第 2 の受信ビームのビデオ検波信号、第 3 及び第 4 の受信ビームのビデオ検波信号の各組から前記計測中心方向に対する目標方向の水平方向の角度誤差及び高低方向の角度誤差をそれぞれ求め、前記計測中心方向の角度に加算することで目標方向の水平方向角度及び高低方向角度を求め測角手段とを具備することを特徴とする電子走査型レーダ装置。

【請求項 2】一定の繰り返し周期で送信パルスを生成

し、前記送信パルスを放射する送信ビームを指定された計測中心方向に向けて形成し、前記送信パルスの繰り返し周期毎に、前記送信パルスの送信期間終了後、計測中心方向に対して点対称となるように、水平方向の左右に順次規定量のオフセットを持たせて切り替えて第1及び第2の受信ビームを形成する水平方向受信ビーム形成、高低方向の上下に順次規定量のオフセットを持たせて切り替えて第3及び第4の受信ビームを形成する高低方向受信ビーム形成を交互に行い、それぞれの受信ビームの受信信号を周波数変換してビデオ検波し、対称関係にある第1及び第2の受信ビームのビデオ検波信号、第3及び第4の受信ビームのビデオ検波信号の各組から前記計測中心方向に対する目標方向の水平方向の角度誤差及び高低方向の角度誤差をそれぞれ求め、前記計測中心方向の角度に加算することで目標方向の水平方向角度及び高低方向角度を求める測角処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電子走査アンテナを使用して目標を検出するレーダ装置に係り、特に小型化、低価格化が要求される飛しょう体搭載用小型レーダ装置やエアボーン用レーダ装置などに適するものに関する。

【0002】

【従来の技術】周知のように、レーダ装置にあっては、自ら目標方向へ電波を照射し、目標によって反射された信号を処理することで目標情報（距離、角度等）を得る。これらのレーダ装置において、目標の角度誤差の算出方式として現在最も多く用いられているものがモノパルス方式である。

【0003】図5にモノパルス方式を用いた電子走査アンテナを使用したレーダ装置の一例を示す。図5において、11は電子走査アンテナであり、移相量制御器12からの移相量に応じて方位方向、高低方向に送信ビーム及び受信ビームを振ることができる。このアンテナ11の励振電力はコンパレータ（分配合成器）13を通じて与えられる。

【0004】送信機14は一定の繰り返し周期で送信パルスを発生する。この送信パルスはサーキュレータ15を介してコンパレータ13に送られてアンテナ11から指定方向へ放射される。この方向に目標物体があると、送信パルスが目標で反射され、その反射パルスが電子走査アンテナ11に返ってくる。

【0005】ここで、モノパルス方式とは、一部が重なり合った2個のアンテナビームを一組として用い、角度誤差を検出する方式である。方位、高低の両方について角度誤差を検出するときは、図5中に示すように例えばアンテナ11の放射素子を方位方向、高低方向に4分割して4個のアンテナビーム（図5ではA、B、C、D）を形成する。

【0006】これら4個のアンテナビームを形成する放射素子の出力A～Dはコンパレータ13に供給される。このコンパレータ13は各領域A～Dの放射素子出力を合成して和信号（ ）と差信号（ ）を得る。差信号（ ）としては、方位角差信号（ Az ）及び高低角差信号（ E1 ）が生成される。和信号（ ）はサーキュレータ15を介して3チャンネル受信機16に供給され、方位角差信号（ Az ）及び高低角差信号（ E1 ）は直接3チャンネル受信機16に供給されてそれぞれビデオ検波され、測角演算処理装置17に供給される。

【0007】具体的な測角演算処理を図6に示す。方位方向及び高低方向の角度 - 利得特性を表すビームパターンは、それぞれ図6（ a ）に示すようなパターン（実線）、パターン（点線）となる。測角演算処理では、この特性を利用し、差信号（ ）を和信号（ ）で除す、すなわち正規化するという方法を用いている。このとき、角度誤差電圧を v とすると、

$$v = \frac{\Delta}{\Sigma}$$

となり、図6（ b ）に示すようなモノパルスS字カーブ特性に当てはめることで、角度誤差 θ が得られる。そこで、計測中心方向を a 、モノパルス方式で得られた角度誤差を θ_0 とすると、目標方向 θ は

$$\theta = a + \theta_0$$

で表される。

【0008】以上のモノパルス方式は、1回の受信パルスの和及び差信号を同時に処理する必要があるため、図5に示すように、通常3系統の受信系統が必要である（方位方向と高低方向を時分割で処理するシステムでは、受信系統が2系統の場合もある）。

【0009】また、モノパルス方式以外にも比較的古いタイプのレーダにおいては、アンテナビームを目標近傍へ連続的に走査し、その受信信号強度を平均化することにより測角を行う方式がある。代表的な例としてはコニカルスキャン方式などがある。

【0010】しかしながら、これらの従来方式では、必要となる受信系統が1系統（和信号系統）であり、ハードウェアが簡素となる利点がある反面、受信信号の時間的変動の影響を受けやすい欠点がある。これは送受信ビームが目標近傍を連続的に走査するため、送信ビームの中心方向が時間的に刻々と変化し、常に異なる方向を向いていることになるからである。

【0011】この場合、目標の近傍に複雑なクラッタが存在すると、そのクラッタから反射する電波と目標から反射する電波とが合成されて入射される。このため、ビーム走査方向によりクラッタから反射する電波が著しく変化した場合には、これに伴って受信信号も変動してしまうことになる。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、現在のレーダ装置における角度誤差の算出には、受信信号強

度の変動要素の影響を受けにくいモノパルス方式が一般的であり、良好な角度誤差精度が得られる反面、受信系が 3 系統必要であり、ハードウェア規模が大きく、それに伴い製品価格も高くなる欠点がある。

【 0 0 1 3 】また、従来のコニカルスキャン方式などのビーム走査方式による測角は、ハードウェアが簡素化できる反面、送信ビームが常にその放射方向を変更するために目標から反射された電波の受信信号強度が時間的に変動する。そのため、測角精度が悪化するという欠点があった。

【 0 0 1 4 】本発明は、上記の課題を解決するためになされたもので、モノパルス方式と同等の機能を有し、ハードウェア規模の縮小及びそれに伴う低価格化をも可能とする電子走査型レーダ装置及び測角処理方法を提供することを目的とする。

【 0 0 1 5 】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために本発明に係る電子走査レーダ装置は、一定の繰り返し周期で送信パルスを生成する送信パルス生成手段と、前記送信パルスを放射する送信ビーム、前記送信パルスの反射パルスを受信する受信ビームをそれぞれ指定方向に形成する電子走査型アンテナと、この電子走査型アンテナに対し、前記送信ビームを指定された計測中心方向に向けて複数回繰り返し形成する送信ビーム形成制御手段と、前記送信パルスの繰り返し周期毎に、前記送信パルスの送信期間終了後、前記計測中心方向に対して点対称となるように、水平方向の左右に順次規定量のオフセットを持たせて切り替えて第 1 及び第 2 の受信ビームを形成する水平方向受信ビーム形成、高低方向の上下に順次規定量のオフセットを持たせて切り替えて第 3 及び第 4 の受信ビームを形成する高低方向受信ビーム形成を交互に行う受信ビーム形成制御手段と、この手段で前記送信パルスの繰り返し周期毎に切り替えられる第 1 及び第 2 の受信ビーム、第 3 及び第 4 の受信ビームの各組の受信信号を順次取り込んで、それぞれ周波数変換を施してビデオ検波する受信手段と、この受信手段で得られた対称関係にある第 1 及び第 2 の受信ビームのビデオ検波信号、第 3 及び第 4 の受信ビームのビデオ検波信号の各組から前記計測中心方向に対する目標方向の水平方向の角度誤差及び高低方向の角度誤差をそれぞれ求め、前記計測中心方向の角度に加算することで目標方向の水平方向角度及び高低方向角度を求める測角手段とを具備して構成される。

【 0 0 1 6 】特に、本発明に係る測角処理方法は、前記送信ビームを指定された計測方向に向けて形成し、受信ビームを送信パルスの繰り返し周期ごとに少なくとも水平方向、高低方向のいずれか一方について、計測中心点を対称にオフセットを持たせて切り替えて形成し、対称関係にある受信ビームの受信信号を用いて計測中心点に対する目標方向の角度誤差を求めることを特徴とする。

【 0 0 1 7 】すなわち、本発明は、送信ビーム及び受信ビームの電波放射方向を切り替えることにより、送信ビームを常に一定方向に放射し、受信信号の時間的変動を極力低減させ、その受信信号を包括的に処理し、角度誤差を算出する測角処理手段を具備したことを特徴とする。

【 0 0 1 8 】特に旧タイプのビーム走査方式による測角方式との違いは、上述のように目標から反射する電波の時間的変動を極力低減するために、送信ビーム方向は常に計測中心方向に照射し、受信ビームのみ送信ビームからある規定値だけオフセットした角度にて受信するところである。

【 0 0 1 9 】上記手段を具備した測角処理方法にあっては、単一受信系（和信号系）のみを使用して、角度誤差を算出することが可能となり、レーダ装置のハードウェア規模の縮小に伴う小型化及び低価格化が実現できる。

【 0 0 2 0 】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。

【 0 0 2 1 】図 1 は本発明の実施形態とする電子走査型レーダ装置の構成を示すものである。図 1 において、1 はビームの方向を送信 / 受信にて高速に切替可能な電子走査アンテナであり、そのビーム形成方向は移相量制御器 2 から与えられる移相量によって決定される。移相量制御器 2 は、計測方向情報が与えられると、その方向に対応した移相量をアンテナ 1 に送出する。

【 0 0 2 2 】送信機 3 は一定周期で送信パルスを生成出力しており、この送信パルスはサーキュレータ 4 を介してアンテナ 1 に送られ、移相量制御器 2 からの移相量に応じた方向へ送出される。アンテナ 1 は、移相量制御器 2 からの移相量に対応した受信ビームを形成し、送信パルスの反射波を受信すると、全ての放射素子出力を合成して和信号（ ）を生成する。この和信号はサーキュレータ 4 を介して 1 チャンネル受信機 5 に送られ、ビデオ検波される。この受信機 5 の出力はマルチパルス測角処理装置 6 に供給される。

【 0 0 2 3 】このマルチパルス測角処理装置 6 は、図 2 に示すように、移相量制御器 4 に対して、送信ビームを指定方向に形成するように指示し、さらに送信ビームの計測中心 T に対して点対称となるように水平方向、高低方向にオフセットを持った受信ビーム A、B、C、D を、図 3 に示すように送信繰り返し周期（PRI）で切り替えて形成するように指示する。そして、それぞれの受信ビーム A ~ D によって得られるビデオ信号を順次取り込んで保存しておき、水平方向にオフセットを持つ受信ビーム A と B のビデオ信号から水平方向の目標角度を求め、高低方向にオフセットを持つ受信ビーム C と D のビデオ信号から高低方向の目標角度を求める。

【 0 0 2 4 】上記構成において、以下にその処理動作を説明する。

【 0 0 2 5 】まず、初期設定として、マルチパルス測角処理装置 6 から移相量制御器 2 に計測方向（目標の存在がわかっている場合には、その方向）情報を与え、さらに、計測中心 T の方向に対する受信ビーム A ~ D の水平、高低方向のオフセット量を設定する。これにより、アンテナ 1 は、送信時に計測中心 T の方向に対応する移相量が設定され、受信時に計測中心 T の方向に対して水平方向、高低方向にオフセットする移相量が 1 P R I 毎に順次切り替えられて設定される。

【 0 0 2 6 】最初の 1 P R I 内での処理は次の通りである。まず、電子走査アンテナ 1 へ計測中心 T の方向にビーム形成が可能な移相量を設定し、送信機 3 から電子走査アンテナ 1 へ給電することにより、計測中心 T に向けて空間に送信波を放射する。次に受信時であるが、送信期間終了直後に計測中心 T から水平左方向に所定角度だけずれた A 方向にビーム形成が可能な移相量を電子走査アンテナ 1 に設定し、目標からの反射波を受信する。その受信波は受信機 5 にて周波数変換を行ってビデオ検波した後、マルチパルス測角処理装置 6 に入力され、受信信号 Sa として一時保管される。

【 0 0 2 7 】次の P R I 内処理では、送信ビームは前 P R I と同じ計測中心 T に向けて電波を放射する。受信時には前 P R I と点対称（この時の基準点は計測中心 T となる）の方向である計測中心 T から水平右方向に所定角度だけずれた B 方向にビーム形成が可能な移相量を電子走査アンテナ 1 に設定し、目標から反射する電波を受信し、その受信波を受信機 5 にて周波数変換を行ってビデオ検波した後、受信信号 Sb としてマルチパルス測角処理装置 6 にて保存する。

【 0 0 2 8 】次の P R I 内処理では、送信ビームは前 P R I と同じ計測中心 T に向けて電波を放射する。受信時には計測中心 T から高低上方向に所定角度だけずれた C 方向にビーム形成が可能な移相量を電子走査アンテナ 1 に設定し、目標から反射する電波を受信し、その受信波を受信機 5 にて周波数変換を行ってビデオ検波した後、受信信号 Sc としてマルチパルス測角処理装置 6 にて保存する。

【 0 0 2 9 】次の P R I 内処理では、送信ビームは前 P R I と同じ計測中心 T に向けて電波を放射する。受信時には前 P R I と点対称（この時の基準点は計測中心 T となる）の方向である計測中心 T から高低下方向に所定角度だけずれた D 方向にビーム形成が可能なように移相量を電子走査アンテナ 1 に設定し、目標から反射する電波を受信し、その受信波を受信機 5 にて周波数変換を行ってビデオ検波した後、受信信号 Sd としてマルチパルス測角処理装置 6 にて保存する。

【 0 0 3 0 】マルチパルス測角処理装置 6 では、上記 4 個のビーム受信信号 Sa ~ Sd から以下の手法によって目標方向 M を測角する。まず、方位方向の受信ビーム A、B のパターンは、図 4 (a) に示すように、計測中

心 T に向けられた送信ビームのパターン（実線）に対して左右対称になる。このため、受信ビーム A、B の受信信号出力電圧を Sa、Sb とすると、目標方向の角度誤差電圧 hv は、

$$hv = (Sa - Sb) / (Sa + Sb)$$

のように表現できる。角度誤差と角度誤差電圧との間には図 4 (b) に示すような S 字カーブ特性が得られる。この特性に角度誤差電圧 hv を当てはめて角度誤差 0 を求め、次式のように角度誤差 h0 を計測中心 T の方向 ha に加算することで、目標水平方向角度 h0 を求めることができる。

$$【 0 0 3 1 】 h0 = ha + h0$$

同様の測角処理を受信ビーム C、D の受信信号出力電圧 Sc、Sd を用いて行うことで、目標高低方向角度 v0 を求めることができる。よって、両角度の値を合成すれば、目標方向 M を求めることができる。

【 0 0 3 2 】したがって、上記構成によれば、全 P R I ともある一定の方向である計測中心 T 方向に電波を放射することにより、従来からのコニカルスキャン方式などのビーム走査方式と比較して受信信号 S の時間的変動が低減できる。また、この一連の送受信動作を繰り返し、その一連の動作から得られる受信信号 S を包括的に処理することにより、計測中心 T の点と目標方向 M の角度誤差を計測することができる。

【 0 0 3 3 】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、モノパルス方式と同等の機能を有し、ハードウェア規模の縮小及びそれに伴う低価格化をも可能とする電子走査型レーダ装置及び測角処理方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の実施形態とする電子走査型レーダ装置の構成を示すブロック図。

【図 2】 同実施形態の送信ビーム及び受信ビームのパターン形成方向を示すパターン配置図。

【図 3】 同実施形態における受信ビーム形成方向の切替処理を示すタイミング図。

【図 4】 同実施形態の測角処理内容を説明するための図。

【図 5】 従来のモノパルス方式による電子走査型レーダ装置の構成を示すブロック図。

【図 6】 上記モノパルス方式による測角処理内容を説明するための図。

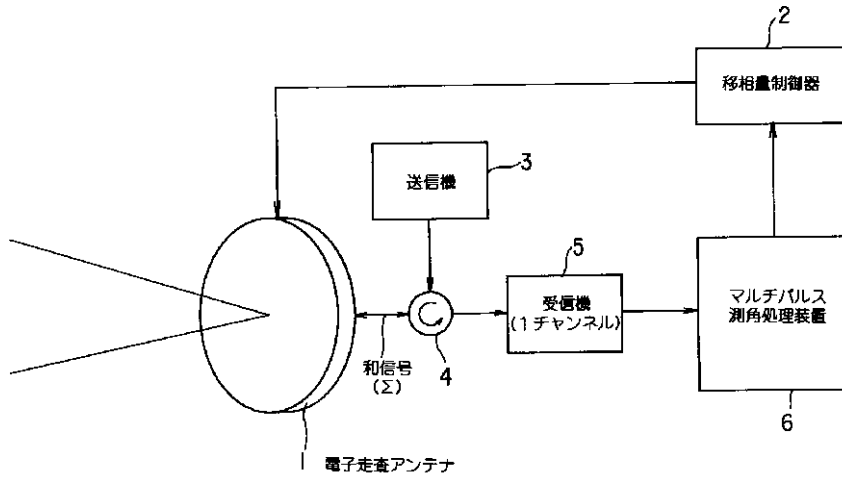
【符号の説明】

- 1 ... 電子走査アンテナ
 - 2 ... 移相量制御器
 - 3 ... 送信機
 - 4 ... サーキュレータ
 - 5 ... 1 チャンネル受信機
 - 6 ... マルチパルス測角処理装置
- 1 1 ... 電子走査アンテナ

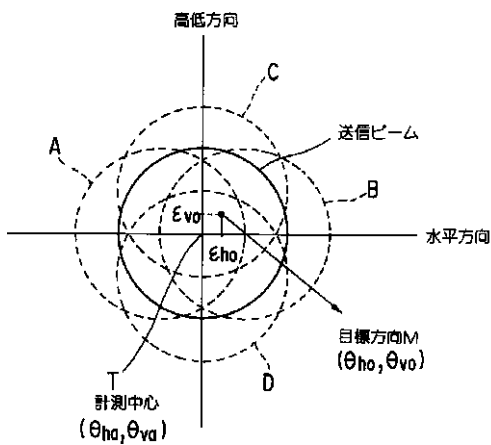
- 1 2 ... 移相量制御器
- 1 3 ... コンパレータ (分配合成器)
- 1 4 ... 送信機

- 1 5 ... サーキュレータ
- 1 6 ... 3チャンネル受信機
- 1 7 ... 測角演算処理装置

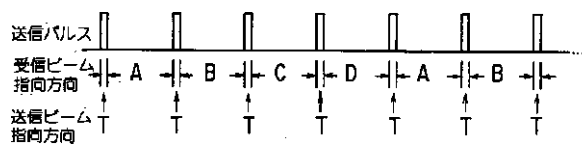
【 図 1 】



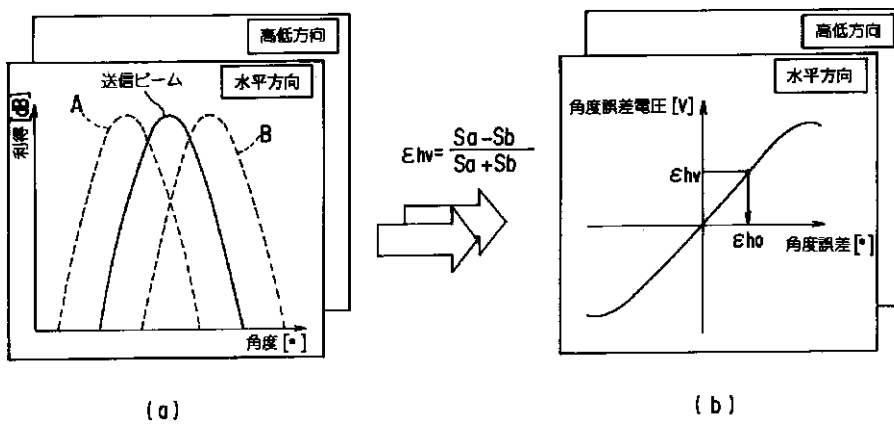
【 図 2 】



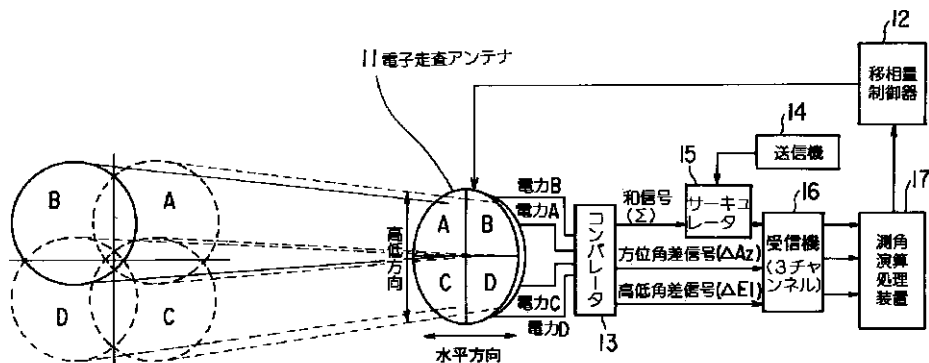
【 図 3 】



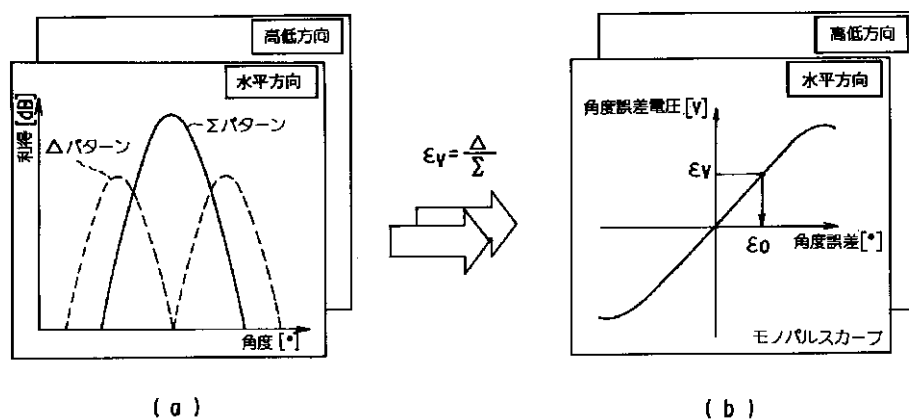
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

(72)発明者 上田 敏也
 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地
 株式会社東芝小向工場内

(72)発明者 中村 智
 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地
 株式会社東芝小向工場内

(72)発明者 蜂須 裕之
 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地
 株式会社東芝小向工場内

(56)参考文献 特開 平 6 - 3444 (J P , A)
 特開 昭 62 - 49278 (J P , A)
 実開 平 3 - 127282 (J P , U)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, D B 名)
 G01S 7/00 - 7/42
 G01S 13/00 - 13/95