

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2008年10月2日 (02.10.2008)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2008/117635 A1

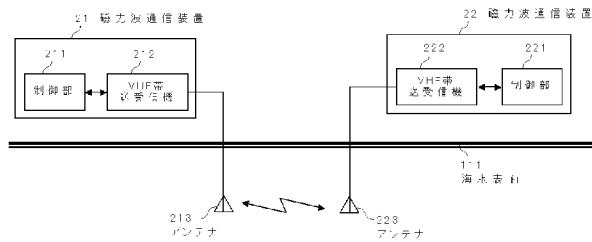
- (51) 国際特許分類: **H04B 13/00** (2006.01) **G06K 17/00** (2006.01) **H04B 5/02** (2006.01) **G06K 19/07** (2006.01) 特願 2007-295114  
2007年11月14日 (14.11.2007) JP  
特願 2008-018331 2008年1月29日 (29.01.2008) JP
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2008/053774 (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 有限会社 アール・シー・エス (RADIO COMMUNICATION SYSTEMS LTD.) [JP/JP]; 〒6610035 兵庫県尼崎市武庫之荘四丁目 1 1 番 1 5 号 Hyogo (JP).
- (22) 国際出願日: 2008年3月3日 (03.03.2008)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2007-084799 2007年3月28日 (28.03.2007) JP  
特願 2007-112890 2007年4月23日 (23.04.2007) JP  
特願 2007-148722 2007年6月5日 (05.06.2007) JP  
特願 2007-160931 2007年6月19日 (19.06.2007) JP  
特願 2007-267292 2007年10月13日 (13.10.2007) JP  
特願 2007-280240 2007年10月29日 (29.10.2007) JP
- (72) 発明者; および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 河野 実則 (KAWANO, Minori) [JP/JP]; 〒6610035 兵庫県尼崎市武庫之荘四丁目 1 1 番 1 5 号 Hyogo (JP). 河野 公則 (KAWANO, Hironori) [JP/JP]; 〒6610035 兵庫県尼崎市武庫之荘四丁目 1 1 番 1 5 号 Hyogo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE,

[続葉有]

(54) Title: MAGNETIC FORCE WAVE COMMUNICATION APPARATUS

(54) 発明の名称: 磁力波通信装置

[図1]



- 21. MAGNETIC FORCE WAVE COMMUNICATION APPARATUS
- 211. CONTROL SECTION
- 212. VHF BAND TRANSMITTER/RECEIVER
- 213. ANTENNA
- 22. MAGNETIC FORCE WAVE COMMUNICATION APPARATUS
- 221. CONTROL SECTION
- 222. VHF BAND TRANSMITTER/RECEIVER
- 223. ANTENNA
- 111. SEAR WATER SURFACE

(57) Abstract: [PROBLEMS] A magnetic force wave communication apparatus utilizing the fact that in such a substance as having a dielectric constant of 10 or above, containing molecular ions and charged particles, generating a displacement current by magnetic field variation, and exhibiting a propagation loss of magnetic field variation relatively smaller than that of electric field variation, a magnetic force wave signal propagating by magnetic field variation and magnetic current variation radiated from a magnetic field antenna and a magnetic current antenna exhibits a low loss as compared with an electromagnetic wave signal propagating by electric field variation radiated from an electric field antenna and has long-distance propagation characteristics. [MEANS FOR SOLVING PROBLEMS]The magnetic force wave communication apparatus (21) radiates a magnetic force wave signal of relatively wide bandwidth in the range of 100kHz-30 GHz into the sea water by means of a loop antenna (213), and the magnetic force wave signal is received by means of a loop antenna (223) connected with a magnetic force wave communication apparatus (22). Since the magnetic force wave signal propagates through sea water with low loss over a long distance, the magnetic force wave signal can be transmitted/received between the loop antennas (213, 223) efficiently with low loss.

(57) 要約: 【目的】この発明は、比誘電率が10以上であり、分子イオン、荷電粒子を含み、磁界変動によって変位電流を生じ、磁界変動の伝搬損失が電界変動の伝搬損失

[続葉有]



WO 2008/117635 A1



DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD,

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

より比較的により小さい物質中において、磁界アンテナ、磁流アンテナから放射される磁界変動、磁流変動によって伝搬する磁力波信号が、電界アンテナから放射される電界変動によって伝搬する電磁波信号に比較して低損失であり、長距離の伝搬特性を有することを利用した磁力波通信装置である。【構成】磁力波通信装置 21 からは 100kHz から 30GHz までの周波数帯で比較的により広い帯域幅の磁力波信号をループアンテナ 213 によって海水中に放射し、磁力波信号を磁力波通信装置 22 に接続されたループアンテナ 223 によって受信する。磁力波信号が海水中を低損失でかつ長距離を伝搬するので、ループアンテナ 213 と 223 の間で磁力波信号を低損失で効率よく送受信することができる。

## 明 細 書

## 磁力波通信装置

## 技術分野

[0001] この発明は、比誘電率が10以上でありかつ／または分子イオンおよび／あるいは荷電粒子を含み、かつ／または磁界変動によって変位電流を生じ、かつ／または磁界変動の伝搬損失が電界変動の伝搬損失より比較的にかつ／または小さい物質中において、磁界アンテナあるいは磁流アンテナから放射される磁界変動あるいは磁流変動によって伝搬する磁力波信号が、電界アンテナから放射される電界変動によって伝搬する電磁波信号に比較して、低損失でありかつ長距離の伝搬特性を有することを利用する磁力波通信装置に関するものである。

## 背景技術

[0002] 従来から、水中で通信するためのシステムあるいはループアンテナを利用する技術が提案されている。(例えば、特許文献1、2、3、および非特許文献1、2、3)

特許文献1:特開2007-221756号

特許文献2:特開2001-326526号

特許文献3:特開2005-217120号

非特許文献1:「工学系の基礎電磁気学」W.H.ヘイト著、山中他訳、朝倉書店刊、275頁～280頁

非特許文献2:「アンテナと電波伝搬」谷口慶治著、共立出版 188頁～189頁

非特許文献3:「アンテナ・電波伝搬」虫明康人著、コロナ社刊、電子通信大学講座 132頁～135頁

[0003] 図8は、特許文献1に記載されている従来の「信号伝送装置」の実施例である。

図8において、21は発信手段、211は制御部、212は、例えば、27MHz帯の送信機、213は小型のループアンテナ、22は受信手段、221は制御部、222は、例えば、27MHz帯の受信機、223は小型のループアンテナ、224はインターフェイス部、225は接続端子、111は水面あるいは液面である。

制御部211により制御される27MHz帯の送信機212からは、識別符号等を含む

信号によって変調された電磁波信号が発信され、液面111の下部に設けられた小型のループアンテナ213によって当該電磁波信号を効率よく放射する。

[0004] ここで、当該ループアンテナ213の内径寸法および巻数を選択して当該液体中で共振状態あるいはマッチング状態とし、当該電磁波信号を効率よく放射するようにする。

この場合、液体の誘電率は空気の誘電率に比較して一般に高い値を示すため、当該ループアンテナ213は液体中では放射効率が良いのに対して、空気中では放射効率が極端に低い状態となる。

当該ループアンテナ213と223を真水あるいは海水のような高い比誘電率( $\epsilon = 81$ )の液体中に浸すと、図9に示すように共振現象あるいはマッチング現象が生じ、電磁波信号の周波数が共振周波数あるいはマッチング周波数314において共振現象あるいはマッチング現象が最も顕著に現れ、小型のループアンテナ213と223の間の結合損が減少する。

[0005] 従って、上記の共振現象あるいはマッチング現象が生じる周波数帯を利用することによって、当該真水中で低損失の信号伝送装置が実現できることになる。

一方、海水では真水に比べて誘電率が更に高くなり、当該ループアンテナ213と223を真水中に比べて更に小型化することが可能となり、同一の形状の場合には共振周波数あるいはマッチング周波数が低くなるので、伝送損失が低くなるなどのメリットがあるとされている。

従来の「信号伝送装置」は上記のとおり構成されているため、真水中あるいは海水中で共振状態あるいはマッチング状態となるメカニズムが不明確であり、空中と海水中でループアンテナの共振周波数が変化することに対する対策が示されておらず、これらに加えて、電磁波信号が液体の表面の裏側に集中して伝搬しかつ低損失で長距離の伝搬が可能となる表面波伝搬については訴求されていないなどの問題点がある。

[0006] 上記の他に、特許文献2に記載されている「シールドアンテナコイル」によれば、「送信回路に接続された給電パターンコイル19と、給電パターンコイルの外側に設置されて相互誘導により結合する共振パターンコイル20と、共振パターンコイルに接続さ

れた共振周波数調節用のコンデンサ21及びインピーダンスとQ値の調節用の抵抗22で構成される整合回路と、共振パターンコイルから放射される電界成分を減らすための電界シールドパターン23a, 23bとを備え、電界シールドパターンを、共振パターンコイルを挟み込むように配置することによって、通信手段との通信に必要な磁界成分を確保しつつ、他の無線装置の通信妨害となる電界成分を減らすことができるシールドアンテナコイルを得る」ことができるとされている。

[0007] また、特許文献3に記載されている「電磁波シールド及びそれを用いたループアンテナ装置」によれば、「本発明の電磁波シールドは、導電体と、導電体をグランドに接続するためのグランド接点とを備え、導電体はグランド接点を介してグランドと電氣的に接続されて構成され、導電体の任意の点からグランド接点へ至る経路が一意的に定まる様に配されてなる電磁波シールドであって、導電体が巻き回されてなる構成としたものである。また、本発明のループアンテナ装置は、少なくとも一方の面に前記の電磁波シールドを備えた構成としたものであり、電磁界発生装置から放出される電磁波の近傍磁界の減衰を抑制したまま遠方電界を減衰することができる電磁波シールド及びそれを用いたループアンテナ装置を提供することを目的とするものである。」とされている。

[0008] しかしながら、前記特許文献2および3に記載されている「シールドアンテナコイル」あるいは「電磁波シールド及びそれを用いたループアンテナ装置」では、いずれもRFIDタグに用いる「給電パターンコイル」あるいは「ループアンテナ装置」の外側に「電界シールドパターン」あるいは「電磁波シールド」を設け、「通信手段との通信に必要な磁界成分を確保しつつ」あるいは「近傍磁界の減衰を抑制しつつ」「他の無線装置の通信妨害となる電界成分を減らすことができ」、あるいは「遠方電界を減衰することができる」とされており、本発明が、電界シールドを設けることによりループコイルの共振周波数の変動を抑えるとともに、海水中で遠方まで伝搬する磁界成分を利用して通信を行なうこととは、目的と得られる効果が異なるものとする。

[0009] 一方、非特許文献1の275頁～280頁に記載されている「9.3 損失のある誘電体中の平面波」によれば、277頁の上から4行目に、「ExあるいはHyの振幅は、水中を1m/520(約2mm)伝播するごとに0.368の係数で減衰する。伝播するという言葉

はこのようにたいへんあいまいに使用されている。減衰が大きいことが、水中でレーダーが使用されずにソナーが使われる理由である。」とされている。

また、非特許文献2の189頁、図5. 3に示されている「水中を伝搬する電波の減衰特性」によれば、海水中では1MHzの電波が約100dB/mの割合で減衰するとされている。

[0010] しかしながら、発明者らが海水中でループアンテナなどの磁界アンテナあるいは磁流アンテナを用いて伝搬実験を実施したところ、前記非特許文献1あるいは非特許文献2に記載されている程の急激な伝播損失が生じないことを実験で確認している。

また、非特許文献3の132頁から135頁に記載されている「10. 3 Zenneckの表面波」では、地表面あるいは海面上を伝搬する電波が境界面に沿って低損失で伝搬することが述べられているが、海水中から見た表面波の伝搬については特段の記述がされていない問題点がある。

#### 発明の開示

#### 発明が解決しようとする課題

[0011] この発明は、比誘電率が10以上でありかつ／または分子イオンおよび／あるいは荷電粒子を含み、かつ／または磁界変動によって変位電流を生じ、かつ／または磁界変動が低損失で伝搬する物質中において、100kHzから30GHzあるいはそれ以上の周波数帯において、磁界アンテナあるいは磁流アンテナから放射される磁界変動あるいは磁流変動の伝搬を利用した磁力波通信装置を実現するためのものである。

#### 課題を解決するための手段

[0012] この発明に係わる磁力波通信装置は、比誘電率が10以上でありかつ／または分子イオンおよび／あるいは荷電粒子を含み、かつ／または磁界変動によって変位電流を生じ、かつ／または磁界変動の伝搬損失が電界変動の伝搬損失より比較的小さい物質中において、磁界アンテナあるいは磁流アンテナが磁界変動あるいは磁流変動を効率よく送信しかつ／または受信できる特性を利用することによって、比較的長距離でかつ広帯域の磁力波通信を可能とするものである。

また、比誘電率が10以上でありかつ／または分子イオンおよび／あるいは荷電粒

子を含み、かつ／または磁界変動によって変位電流を生じ、かつ／または磁界変動の伝搬損失が電界変動の伝搬損失より比較的小さい第1の物質中に磁力波信号が放射された際、前記第1の物質と境界を接し前記第1の物質とは電気特性あるいは物理定数が異なる第2の物質と接する境界面に沿って集中して伝搬され、低損失でかつ長距離を伝搬する表面波伝搬を利用することによって、前記第1の物質中において長距離の通信を可能とする磁力波通信装置を実現するためのものである。

### 発明の効果

[0013] 従来、海水中での通信にはもっぱら音波あるいは超音波が用いられ、あるいは例えば100kHz以下の極めて低い周波数帯の電磁波信号を用いることが一般的であり、100kHz以上の比較的高い周波数帯の電磁波信号は、例えば海水中での減衰が27MHz帯において約100dB/mと急激であるために、利用が難しいというのが定説であった。

本発明の磁力波通信装置では、100kHzから30GHzあるいはそれ以上の周波数帯において、広い帯域幅の磁力波信号を利用することで、例えば真水中あるいは海水中などで長距離通信が可能となり、従来の音波あるいは超音波による通信に代わる長距離で低損失の伝搬が可能な磁力波通信装置を安価に実現することができる。

[0014] また、前記真水中あるいは海水中に磁力波信号が放射された際、前記真水あるいは海水と境界を接する大気との境界面の真水あるいは海水側に沿って集中して伝搬され、低損失でかつ長距離を伝搬する表面波伝搬を利用することによって、前記真水中あるいは海水中において長距離の通信を可能とする磁力波通信装置を実現することができる。

また、100kHz以上の周波数帯を利用できるので広帯域通信が可能となり、スペクトル拡散通信により高信頼度で秘匿性のある通信が可能となる。

### 発明を実施するための最良の形態

[0015] この発明に係わる磁力波通信装置によれば、図1および請求項第1項、第2項、および第3項に本発明の第1の実施の形態を示すように、磁力波通信装置21に接続されたループアンテナ213から、例えば、VHF帯の磁力波信号を、例えば真水中あるいは海水中などで効率よく放射し、磁力波通信装置22に接続されたループアンテナ

213によって前記磁力波信号を受信する場合、前記ループアンテナ213から放射された磁力波信号は、直接低損失で前記ループアンテナ223に伝搬され、かつ／または真水あるいは海水表面の裏側において集中して伝搬する表面波伝搬によって長距離を低損失で前記ループアンテナ223に伝搬される。

[0016] 図2および請求項第1項、第2項、および第4項に示す本発明の第2の実施の形態では、磁力波通信装置21、22、およびループアンテナ213、223の何れもが、例えば、真水中あるいは海水中に設置されあるいは移動しているものとする。

磁力波通信装置21、22に接続されたループアンテナ213、223によって前記磁力波信号を送受信する場合、前記ループアンテナ213から放射された磁力波信号は、直接波伝搬によって低損失で前記ループアンテナ223に伝搬され、かつ／または海水表面の裏側において集中して伝搬される表面波伝搬によって長距離を低損失で前記ループアンテナ223に伝搬される。

[0017] 図3は本発明の実施の形態1および2において海水中における磁力波信号の伝搬特性を示す図であり、縦軸501により減衰度(dB)を示し、横軸502によりループアンテナ間の距離を示し、実測データ503によって伝搬特性を示している。

実測データ503によれば、ループアンテナ間の距離が10m～1.5kmの範囲において伝搬損失の変化が少なく低損失で伝搬しており、電磁波信号の海上伝搬の特性と類似しており、海水と大気との境界面の海水側でも海上伝搬と同様な理由により、磁力波信号が集中して伝搬する表面波伝搬が存在していることが分かる。

[0018] 図4および請求項第1項、第2項、および第24項に示す本発明の第3の実施の形態では、磁力波探知装置23の送信機231bに接続されたループアンテナ233bから探知のための磁力波信号113bが真水中あるいは海水中に向けて送信され、海底などで反射された磁力波信号113aを、前記磁力波探知装置23のループアンテナ233aで受信することによって、海底までの距離を測定し、あるいは海水中の障害物を検知することができる。

[0019] 図5および請求項第1項、第2項、および3項に示す本発明の第4の実施の形態では、磁力波通信装置21と無線装置24によって単方向中継装置および／あるは双方向中継装置が構成され、磁力波通信装置21に接続された第1のアンテナ213が、例



例えば、真水中あるいは海水中に設置され、無線装置24に接続された第2のアンテナ243が地上あるいは海上の大気中に設置されている。

前記単方向中継装置および／あるいは双方向中継装置は広帯域であり、地上あるいは海上と、真水中あるいは海水中との間でスーパーブロードバンドの環境を準備することができる。

[0020] 図6および請求項第8項から第19項に示す本発明の第5の実施の形態では、ループアンテナ213の内部構造を示すように、ループアンテナ401が基板402上に組立てられ、防水ケース404の内部に充填材403によって固定され、防水ケース403の周辺部は電界シールド手段400によって包まれている。

前記ループアンテナ401の共振周波数あるいはマッチング状態は、既に周知のように、巻数と断面積によって決まるが、そのまま例えば真水中あるいは海水中に浸すと、前記共振周波数あるいはマッチング条件が大きく変化する問題が生じる。

上記の変化は、真水中あるいは海水の比較的にな大きな等価比誘電率(27MHz帯で海水中では400程度)によってアンテナの共振周波数が増加するために生じるものであり、真水あるいは海水の等価比誘電率の変化などによる影響をもろに受けやすい問題点がある。

[0021] そこで、前記電界シールド手段400を施すことによって、ループアンテナ401から発生する磁界変動は通過させるが電界変動あるいは電気力線は遮蔽することで、例えば空中と海水中とで比誘電率が変化することによって前記ループアンテナ401の共振周波数あるいはマッチング条件が大きく変化するのを抑制できるので、前記の問題点を緩和することができる。

また、海水の場合には伝導性があるために、アンテナを地金のままで海水中に浸すと、アンテナの共振現象が消滅し、アンテナとして機能しなくなることが確認されている。この場合にも、上記の防水ケース403をアンテナの外部に設けることで、アンテナの共振特性を維持することが可能となる。

[0022] また、海水の場合には、加えられた磁界変動と、前記磁界変動によって $\text{Na}^+$ イオンと $\text{Cl}^-$ イオンにローレンツ力が働き、 $\text{Na}^+$ イオンと $\text{Cl}^-$ イオンが反発し合うことによって生じる変位電流との相互作用によって磁力波信号が伝搬することから、比透磁率

$\mu$  が1に近い海水中では磁力波信号の波長は空気中の波長に近いものと考えられる。

また、ループアンテナ213から放射される磁界変動あるいは磁流変動を極力大きくし、ループアンテナ213から放射される電界変動を極力抑えることが必要であり、このために、ループアンテナ213のインピーダンスを極力小さくし、かつ／あるいは広帯域のインピーダンス変換トランスを用いるなどの対策が効果的である。

[0023] 図7および請求項第8項から第21項に示す本発明の第6の実施の形態では、ループアンテナ213の内部構造の他の実施例を示すように、複数のループアンテナ401a～401nがプリント基板502上に組み立てられ、防水ケース404aの内部に充填材あるいは緩衝材403によって固定され、更に全体が電界シールド手段400によって包まれている。

ここで前記ループアンテナ401a～401nは磁界変動に感応するアンテナであり、プリント基板402に対して垂直方向に構成すると、磁界変動の放射パターンは前記ループアンテナ401a～401nの前方方向にのみ向けられるので、前記ループアンテナ401a～401nでいわゆるアクティブフェーズドアレイアンテナを構成することが可能となり、磁力波レーダ装置に適する指向性ビームアンテナを実現することができる。

[0024] なお、前記ループアンテナ401a～401nは他の磁界アンテナによって置き換えることが可能であり、例えば、UHF帯以上の周波数では三日月刀形アンテナを用いることで広帯域化が実現できる。

この場合、指向性ビームアンテナを前方向にのみ形成するためには、後ろ方向に放射される磁界変動あるいは磁流変動を吸収させるか反射させるための電波吸収体あるいは反射板を設け、磁界変動あるいは磁流変動を前方向にのみ放射する必要がある。

[0025] (実施の形態1)

図1は、本発明の第1の実施の形態を示すシステム構成図であり、比誘電率が10以上でありかつ／または分子イオンおよび／あるいは荷電粒子を含み、かつ／または磁界変動によって変位電流を生じ、かつ／または磁界変動の伝搬損失が電界変

動の伝搬損失より比較的にかさい物質中、例えば、真水中あるいは海水中などで用いられる磁力波通信システムである。

図1において、21、22は磁力波通信装置、211、221は制御部、212、222は送受信機、213、223はループアンテナ、111は海表面である。

制御部211により制御される送受信機212に接続されたループアンテナ213からは、磁界変動あるいは磁流変動が放射され、長距離を低損失で伝搬してループアンテナ223によって受信される。

[0026] 発明者らが実施した海水中での伝搬実験では、ダイポールアンテナなどの電界アンテナから放射される電界変動に基づく伝搬損失が27MHz帯において約100dB/mと急激に減衰するのに対して、ループアンテナなどの磁界アンテナから放射される磁界変動あるいは磁流変動に基づく伝搬損失が27MHz帯においてもはるかに低損失であり、長距離の伝搬が可能であることを確認している。

そこで、電界アンテナから放射される電界変動に基づいて伝搬される電磁波信号に対して、磁界アンテナあるいは磁流アンテナから放射される磁界変動あるいは磁流変動によって伝搬される電磁波信号を新たに磁力波信号と称し、前者による伝搬を電磁波伝搬、後者による伝搬を磁力波伝搬と称することとする。

[0027] ここで、磁力波伝搬のメカニズムを解明しておく必要がある。

従来の電磁波伝搬では、電界変動が生じることによって誘電体に変位電流が流れ、前記変位電流が流れることによって磁界変動が生じることが連続的に発生することによってエネルギーが伝搬されるとされている。

これに対して磁力波伝搬では、磁界変動が生じることによって海水中のNa<sup>+</sup>イオンとCl<sup>-</sup>イオンにローレンツ力が働き、磁界変動の方向と垂直な方向に力が加わるために変位電流が流れ、前記変位電流が流れることによって隣接する部分に磁界変動を生じる現象が連続的に発生し、エネルギーが伝搬されると考えられる。

なお、前記のローレンツ力が働くことによってエネルギーの消費を伴わないとされている。

[0028] マクスウエルの第1電磁方程式によれば、「電流I(A)があると、これを取り囲む磁力線の閉路が形作られ、磁界強度H(AT/m)のある閉じた回路に沿う成分の総和Q(

AT)は電流I(A)に等しい」ことになり、放射磁界rotHは下記の式で表わされる。

$$\text{rotH} = \partial I / \partial t \quad \text{----- (1)}$$

ここで、海水中では、電流Iは分子イオンおよび／あるいは荷電粒子の移動による変位電流とする。

一方、マクスウエルの第2電磁方程式によると、「ある閉じた回路に誘起される起電力V<sub>r</sub>(Volt)は、その回路を貫く磁束Φ<sub>m</sub>(Wb)の時間減少率に等しい」ことになり、起電力V<sub>r</sub>は下記の式で表される。

$$V_r = - \partial \Phi_m / \partial t \quad \text{----- (2)}$$

[0029] そこで、図1に示すように、ループアンテナ213とループアンテナ223をそれぞれの指向性が最大となる方向にd(m)の間隔をおいて設置し、ループアンテナ213を送信機に接続し、ループアンテナ223を受信機に接続する。

送信機側のループアンテナ213に高周波電流I<sub>o</sub>が流れると、周辺の磁界変動と磁界変動によって分子イオンおよび／あるいは荷電粒子が移動するために生じる変位電流との相互作用によって磁力波信号が伝搬し、d(m)離れた受信地点における磁界変動H<sub>o</sub>は、ループアンテナの巻数と断面積をNAとすると下記の式で表わされる。

$$H_o = (\pi I_o NA / (\lambda \lambda) d) \epsilon j(\omega t - 2\pi d / \lambda) \quad \text{--- (3)}$$

従って、磁界変動H<sub>o</sub>によって受信機側のループアンテナ223に誘起される電圧V<sub>r</sub>は、下記の式で表わされる。

$$V_r = -j \omega \mu H_o \quad \text{----- (4)}$$

上記の式(4)は平面波の伝搬特性を示すものであり、送信機側のループアンテナ213に高周波電流I<sub>o</sub>を流すと、受信機側のループアンテナ223の両端に電圧V<sub>r</sub>が誘起することを示す。

[0030] そこで、海水中のNa<sup>+</sup>イオンとCl<sup>-</sup>イオンに磁界変動が加わっても損失が発生しないことを確認するために、IHクッキングヒータ(出力1.4kW、誘導コイルへ加わる高周波電流の周波数400kHz)で磁器製の容器にいれた塩水(塩分濃度約3%)を過熱する実験を行なったが、顕著な温度の上昇は認められなかった。

上記の実験から、海水中での電磁波の伝搬が、主として磁界変動あるいは磁流変

動と、前記磁界変動あるいは磁流変動によって引き起こされる変位電流との相互作用によって行なわれ場合には、伝搬損失が少ないことと附合する。

[0031] 従来の電磁気学では、たとえば海水中では比誘電率が高く波長が短縮されるので、海水中では減衰が急激に起こり、高い周波数の電磁波信号は海水中での伝搬には不向きであるとされている。

このことは、海水を誘電体と見なしているためであり、ダイポールアンテナから放射される電界変動と、前記電界変動によって引き起こされる変位電流との相互作用による電磁波伝搬を利用しているためであると考えられる。

[0032] 一方、海水をNa<sup>+</sup>イオンとCl<sup>-</sup>イオンなどの分子イオン(イオン化された分子)および/あるいは荷電粒子を含む物質と見なすと、ループアンテナから放射される磁界変動と、前記磁界変動によって引き起こされる変位電流との相互作用によって伝搬する磁力波伝搬を利用する場合には、海水の比透磁率が1であることから、波長短縮が生じず、長距離の伝搬が可能なものと考え、発明者らが実施した海水中での伝搬実験の結果と一致する。

上記の検討結果から、海水中での磁力波信号の伝搬と大気中における電磁波信号の伝搬とを比較すると、海水での比透磁率 $\mu$ が1であり、空気中の比誘電率 $\epsilon$ が1であることから、両者はほぼ同様な伝搬特性を呈するものと考えのは妥当である。

ただし、前者が海水中の分子イオンおよび/あるいは荷電粒子の移動によって引き起こされるのに対して、後者は誘電体中の電気力線の変化によって引き起こされることから、前者の伝搬速度は光の速度より遅くなる。

[0033] 更に、空気中と海水中では比誘電率が大幅に異なること、また、海水中の等価比誘電率が高くなる理由として、Na<sup>+</sup>イオンとCl<sup>-</sup>イオンに電界変動が加わるためと考えられること、更に、海水温度の変化、海水の塩分濃度の変化、あるいはその他の条件の変化によって等価比誘電率が変化することなどによって、前記ループアンテナ213および223の共振周波数が変化し通信が不能となる問題点がある。

そこで、50mm×50mmの絶縁コーティングされた2枚の金属板を2.5mmの間隔で対向させ、LCRテストで容量を測定したところ、等価誘電率が1kHzで29万、1MHzで800、5MHzで330であったことから、前記の理由が裏付けられた。

[0034] 対策として、前記ループアンテナ213および223の防水ケースの外部および／あるいは内部に磁界変動は通過させるが電界変動を阻止しあるいは減衰させる電界シールド手段を設けることによって上記問題点を解決できる。

上記の他に、比誘電率の変化に応じてループアンテナの同調回路および／あるいはマッチング回路などの特性をアダプティブに制御することも有効である。

[0035] また、海水中を移動する大型の移動体に対しては、アンテナの形状をある程度大型化できるので、1MHz帯以下の低い周波数帯でも磁力波信号を効率よく利用することが可能である。

また、磁力波レーダのように高い解像度を要する場合には、3GHz以上のSHF帯を用いることで、大気中におけるレーダと同程度の性能を得ることが期待できる。

[0036] また、海水中では分子イオンおよび／あるいは荷電粒子が存在するのに対して、大気中には分子イオンおよび／あるいは荷電粒子が存在しないため、海水と大気との境界面で磁力波信号が閉じ込められ、空気中への磁力波信号の漏洩は極くわずかであるので、電波法が規定する微弱な電波が、開空間で3m離れた地点での電界値で規定されるとすれば、海水中で10ワット以上の送信出力でも、大気中には微弱な電磁波信号しか伝搬されないことになる。

[0037] 一方、電磁波信号が海上伝搬するときには、非特許文献3に示すZenneckの理論によれば、海表面の上側に電磁界が集中して進行方向に伝搬されるため低損失で長距離の伝搬が可能であるとされている。

同様に海水中で磁力波信号を放射し大気との境界面に到達すると、境界面の海水側に磁力波信号が集中して進行方向に伝搬される表面波伝搬が生じることが発明者らが実施した磁力波信号の伝搬実験で確認されており、前記表面波伝搬を利用すれば低損失で長距離の海水中での通信が可能なが実証されている。

前記表面波伝搬を利用すれば、例えば、船舶の喫水線より低い位置に設置されたアンテナは船舶間の通信を行うのに適しており、高速で広帯域のデータ通信が可能となることから、利用価値が大きい通信手段となる。

[0038] 上記の説明では、海水中での磁力波伝搬を利用する例について述べたが、一般的に、誘電率が10以上でありかつ／または電界変動による伝搬損失が磁界変動に

よる伝搬損失より比較的に大きい物質中において磁力波伝搬を利用しても同様な効果が得られることになる。

また、前記磁力波通信装置21あるいは22に複数のループアンテナをアンテナ切替器を介して接続し、周期的に切替えながら磁力波信号を送信しあるいは受信し、当該複数のループアンテナに対応して受信した磁力波信号の位相の差を測定することによって、前記磁力波通信装置21あるいは22が位置する方向を高い精度で検知することができる。

- [0039] また、前記磁力波通信装置21あるいは22から同期しあるいは直交する周波数の異なる複数の搬送波信号あるいは副搬送波信号あるいは変調信号あるいはベースバンド信号を含む磁力波信号を発信しあるいは受信し、前記複数の搬送波信号あるいは副搬送波信号あるいは変調信号あるいはベースバンド信号の周波数および／あるいは位相の差を測定することによって、前記磁力波通信装置21と22の間の距離が高い精度で検知することができる。

前記アンテナが海上あるいは海水中を移動する複数の移動体に設置されあるいは装備され、かつ前記アンテナが海水中に設置されあるいは装備され、前記複数の移動物体間の相対的な位置関係を検知することによって、前記複数の移動体の移動に従って最適なユビキタスマバイルネットワークを瞬時に構成することができる。

- [0040] また、前記発信手段21を真水中あるいは海水中でのパッシブタグとして機能させ、あるいは電池を内蔵させることによって真水中あるいは海水中でのアクティブタグとして機能させることができる。

また、前記アクティブ21を遊泳中の人体に装着し、あるいは海水中の任意の移動体あるいは固定された物体などに装着することで、1km程度以内の位置に存在するアクティブタグ21を識別しあるいは識別符号を検知し、方向あるいは距離を測定することが可能となり、更に、前記表面波伝搬を利用すれば前記の距離を数十km程度まで延長できる。

また、前記アクティブタグを船舶などの喫水線以下の船腹などに設置することで、周辺の船舶の位置と方向が常時検知できることから、船舶同士の衝突を回避するための自動監視装置にも応用が可能である。

## [0041] (実施の形態2)

図2は、本発明の第2の実施の形態を示すシステム構成図である。図2において、21、22は磁力波通信装置、211、221は制御部、212、222は、例えば、VHF帯の送受信機、213、223は小型のループアンテナ、111は海表面である。

前記磁力波通信装置21、22およびループアンテナ213、223は何れも海水中で運用されており、前記磁力波通信装置21、22およびループアンテナ213、223はそれぞれ耐圧構造の防水筐体に収納することで、例えば海水中の深部で運用することが可能となる。

## [0042] 図3は、本発明の実施の形態1および2において、海水中での磁力波信号の伝搬特性を示す図であり、501は縦軸、502はループアンテナ間の距離、503は海水中での磁力波信号の伝搬特性である。

縦軸501により減衰度(dB)を示し、横軸502によりループアンテナ間の距離を示し、実測データ503によって伝搬特性を示している。

実測データ503によれば、ループアンテナ間の距離が10m～1.5kmの範囲において海水中での磁力波信号の伝搬損失の変化が少なく、低損失で伝搬しており、電磁波の海上伝搬の特性と類似して海水中においても表面波伝搬が存在することが分かる。

## [0043] なお、表面波伝播による伝送損失は、海表面からの深さが増すとともに増加し、ほぼ6dB/octの割合で増加することが実験で確かめられており、この事実は海表面からの深さが増すときには平面波信号の伝搬損失と一致することになる。

上記表面波伝搬は、一般的に、比誘電率が10以上でありかつ／または分子イオンおよび／あるいは荷電粒子を含み、かつ／または磁界変動によって変位電流を生じ、かつ／または磁界変動の伝搬損失が電界変動の伝搬損失より比較的小さい第1の物質中に設置されたアンテナ手段が、前記第1の物質とは電氣的な特性および／あるいは物理的な定数が異なる第2の物質と接する表面において、磁界変動および／あるいは磁流変動が集中して伝搬する場合にも観測されるものとする。

## [0044] (実施の形態3)



図4は、本発明の第3の実施の形態を示すシステム構成図である。図4において、25は磁力波探知装置あるいは磁力波レーダ装置、251aはUHFあるいはSHF帯の受信機、251bはUHFあるいはSHF帯の送信機、252は制御部、253a、253bはループアンテナ、254はインターフェイス部、255は接続端子、111は例えば海表面である。

前記ループアンテナ253bは送信機251bに接続され、前記ループアンテナ253bは受信機251aに接続されているものとする。

[0045] 前記ループアンテナ253aからは磁力波信号がバースト状に送信され、伝播路113aを経由して海底などで反射し、伝播路113bを経由して前記ループアンテナ253bで受信される。

前記ループアンテナ253aから磁力波信号を発信し、前記ループアンテナ253aで受信するまでに要する伝搬時間を測定し、あるいは前記磁力波信号の搬送波信号あるいは副搬送波信号あるいは変調信号あるいはベースバンド信号の位相差を測定することで、海底までの距離あるいは海水中の障害物までの距離が検知できる。

あるいは同期しあるいは直交する複数の周波数の磁力波信号あるいはチャープ変調された磁力波信号を前記ループアンテナ253bから発信し、前記ループアンテナ253aで受信する際の位相差あるいは周波数差を測定することで、海底までの距離あるいは海水中の障害物までの距離が測定できる。

[0046] なお、海水中で磁力波信号を用いると、伝搬損失および波長短縮率が大気中で電磁波信号を用いた場合とほぼ同等であると考えられることから、大気中とほぼ等価な探知距離と解像度および探知精度がえられることが期待される。

また、磁力波信号の伝搬速度は超音波に比べてはるかに速いので、水中の障害物の検知の際の探知速度および解像度が飛躍的に改善される。

上記の説明では、海水中での磁力波伝搬を利用する例について述べたが、一般的に、比誘電率が10以上でありかつ／または分子イオンおよび／あるいは荷電粒子を含み、かつ／または磁界変動によって変位電流を生じ、かつ／または磁界変動の伝搬損失が電界変動の伝搬損失より比較的により小さい物質中において磁力波伝搬を利用しても同様な効果が得られることになる。

## [0047] (実施の形態4)

図5は、本発明の第4の実施の形態を示すシステム構成図である。図5において、21は磁力波通信装置、24は無線通信装置、211、241は制御部、212、242は送受信機、213はループアンテナ、243はダイポールアンテナ、111は海表面である。

前記磁力波通信装置21に接続されたループアンテナ213が例えば海水中に設置され、前記無線通信装置24に接続されたダイポールアンテナ243が空中に設置され、前記磁力波通信装置21と無線通信装置24は単方向中継装置あるいは双方向中継装置を構成する。

## [0048] 前記送受信機212、241は、ベースバンド入出力端子あるいは中間周波信号入出力端子あるいは高周波増幅入出力端子で相互に接続され、あるいは制御部211、241を介して接続される。

ここで、前記磁力波通信装置21と無線通信装置24の通過帯域幅はともに広帯域特性とすることで、例えば、地上と海水中との間でスーパーブロードバンドな接続を可能とする。

また、前記磁力波通信装置21と無線通信装置24には任意の周波数帯で任意の帯域幅が割り当てられ、また、単方向あるいは双方向などの任意の中継装置を構成することができる。

また、ダイポールアンテナ243をループアンテナに置き換え、ループアンテナ213とともに海水中に設置することによって、海水中での単方向中継装置あるいは双方向中継装置を構成することができる。

## [0049] 図6は本発明の第5の実施の形態を示すループアンテナの構造の実施例を示す断面図であり、213はループアンテナ、400は電界シールド手段、401はループコイル、402はプリント基板、403は充填材、404は防水ケースである。

前記ループコイル401を単に防水膜で覆って直接海水中に浸して用いると、空気中と海水中で共振周波数が大きく変動することが実験の結果から確認されている。

そこで、前記ループコイル401をプリント基板402上にエッジングにより構成し、任意の誘電率の充填材403を介して防水ケース404の中に収納するとともに、前記防水ケース404の内被あるいは外被として電界シールド手段400を設けることで前記の

共振周波数の変化を軽減し、あるいは海水の濃度の変化あるいは温度の変化などによる影響を抑制できるなどの効果があることが実験の結果から確認されている。

[0050] なお、前記電界シールド手段400は、ループアンテナ213から放射される磁界変動を通過させるが電界変動あるいは電気力線は減衰させる特性を有しており、あるいは別の表現によれば、金属材料で構成されかつ／または磁界変動に対して渦電流を生じない材質あるいは構造あるいは構成あるいは形状であり、あるいは10ミクロン以下の薄膜状であり、あるいは格子状であり、あるいは線状であり、あるいは網状であり、あるいはパンチングメタル状であり、あるいはスパッタリングにより形成され、あるいはメッキ処理により形成され、あるいは絶縁材料に微細な金属粒あるいはフェライト粉を混入したものであり、あるいはこれらの組合せである。

[0051] また、海水の場合には導電性があるために、前記ループコイル401を地金のままで海水中に浸すと、アンテナの共振現象が消滅し、アンテナとして機能しなくなることが確認されているので、前記防水ケース404を設けることで、アンテナの共振特性を回復し維持することが可能となる。

また、前記ループアンテナ401にその他の多様な種類のアンテナを用いる場合についても、前記と同様に対策を採ることで同様な効果が得られる。

[0052] また、前記海水中および／あるいは前記海水の外において生じる同調周波数の変化あるいは整合条件の変化に対し、整合条件を切り替えあるいは再調整あるいはアダプティブに制御するための制御手段を設けることによって周辺的环境変化に対して特性を安定に保つことも可能である。

また、前記ループアンテナ401と海水との間隔を接近させるほど磁界変動の放射効率が向上するので、前記ループアンテナ401が接近し結合が密になるよう構成する。具体的には、前記ループアンテナ401の周辺を取り巻く充填材および／あるいは防水ケースの厚みを極力薄くし、前記ループアンテナと真水あるいは海水との接触間隔が前記磁界変動の波長以下とする。

[0053] また、前記ループアンテナ401に装荷インピーダンスを接続することによって、磁界変動あるいは磁流変動の放射効率を低下させることなく同調周波数を下げることができる。

また、前記ループアンテナ401が低インピーダンスの電流源によって駆動され、かつ／または比較的到低いインピーダンスを呈し、かつ／またはリング状のフェライトコアを用いた広帯域のインピーダンス変換手段を介して接続され、かつ／または近接した複数の同調周波数を有するマッチング回路によって整合をとることで、広帯域で高能率な磁界アンテナあるいは磁流アンテナを構成することができる。

[0054] また、前記ループアンテナ401が複数の素子によって構成され前記複数の素子が疎に結合されて配置されて、あるいは単一の素子が太さあるいは幅あるいはこれらの両方が異なる複数の部分から構成され、かつ／または複数の部分に分けかつお互いに角度をもって交差するように配置され、かつ／または前記ループアンテナ401の負荷Qを下げるためにダンピング抵抗を付加することで、広帯域でありかつ／または無指向性の磁界アンテナあるいは磁流アンテナを構成することができる。

[0055] 図7は本発明の第6の実施の形態を示すループアンテナの構造の他の実施例を示す断面図であり、複数のループアンテナ401a～401nが、プリント基板402上に組み立てられ、防水ケース404の中に空気または任意の誘電率の充填材あるいは緩衝材403によって固定され、外側が電界シールド手段400によって覆われている。

ここで、前記複数のループアンテナ401a～401nは、プリント基板402に対して垂直方向に8の字特性あるいはドーナツ状の放射パターンを呈するよう配置され、前記プリント基板402の前後方向に磁界変動を放射するように構成する。

また、前記複数のループアンテナ401a～401nは遅延制御回路および／あるいは分配・合成回路(標記せず)によって外部に接続されており、いわゆるアクティブフェーズドアレイアンテナを構成することによって指向性ビームを上下方向、および／あるいは左右方向、および／あるいは前後方呼応に走査または回転できる指向性ビームアンテナを構成することによって、魚群探知機あるいは水中レーダなどに用いる磁力波レーダ装置に適用することができる。

[0056] ここで、磁界変動あるいは磁流変動をプリント基板402に対して垂直方向に放射させて前方方向にのみ指向性ビームアンテナを形成するためには、複数のループアンテナ401a～401nから後ろ方向に磁界変動あるいは磁流変動を放射させないように対策を採る必要がある。

対策として、(a)電波吸収体によって後方への磁界変動あるいは磁流変動を吸収させるか、(b)アンテナ素子の後方に磁路を形成しあるいは反射板を設けて磁界変動あるいは磁流変動を前方向にのみ放射させるなどが考えられるが、(a)の方法では損失が大きく、特に大電力のアンテナには不向きであるので、(b)の方法が望ましい。

[0057] 具体的には、プリント基板402にフェライト材料などの磁性材料をコーティングしかつ／または磁性材料を貼り付けかつ／または反射板を設けるなどにより、後方への磁界変動あるいは磁流変動を遮蔽しあるいは減衰させあるいは反射させる構造とする方法が考えられる。

あるいは他の具体的な対策として、例えば、1層目に複数個のループアンテナ401a～401nを形成し、2層目に膜状フェライト基板などを用いた磁路を形成しあるいはグランド地板を設けて反射板とし、3層と4層目に遅延制御回路および／あるいは分配・合成回路を組み立てるなど、多層基板を構成することで、放射効率を低下させることなく小型化と低コスト化が実現できる。

[0058] あるいは、複数個のループアンテナ401a～401nから後ろ方向に位置する防水ケース404の内面あるいは外面に磁力線を反射しあるいは吸収する材料を設けることも可能である。

また、電界シールド手段400はループアンテナ213の全体を覆うとしているが、複数個のループアンテナ401a～401nをそれぞれ個別に覆うことでも同様な効果が得られる。

[0059] また、電界シールド手段400を設けて前期複数個のループアンテナ401a～401nをそれぞれ個別に覆うことで、前期複数個のループアンテナ401a～401n相互間の不要な電界結合を削除することも可能となる。

また、海水中では、特に深度が大きくなると、周辺からの圧力が大きくなるので、前記防水ケース404を耐圧性の構造とする必要があり、前記防水ケース404と前記電界シールド手段400を一体とし、ポリカーボネートなどの強化プラスチック材料に10ミクロン以下の薄膜状のアルミ箔を貼り付けあるいはコーティングするなどにより構成することができる。

また、上記以外にも、図6において採用した対応策と類似な方法を適用することも可能である。

[0060] 以上の説明ではループアンテナを用いる場合について述べたが、磁界型アンテナ、あるいは磁流型アンテナ、あるいはフェライトコア上に巻かれたフェライトアンテナ、あるいはヘリカルアンテナ、あるいは三日月刀形ループアンテナ、あるいはスパイラルアンテナ、あるいはスロットアンテナ、あるいはループスパイラルアンテナ、あるいはマイクロストリップアンテナなどの、比較的に大きな磁界変動および／あるいは磁流変動を送信しかつ／または受信するのに適したアンテナを用いても同様な効果が得られる。

[0061] また、前記ループアンテナを用いる代わりに、低放射インピーダンスのダイポールアンテナ、あるいは低放射インピーダンスの線状アンテナ、あるいは低放射インピーダンスの開口面アンテナ、あるいは低放射インピーダンスのパラボラアンテナなどの、比較的に大きな磁界変動および／あるいは磁流変動を送信しかつ／または受信するのに適したアンテナを用いても同様な効果が得られる。

また、前記ループアンテナを用いる代わりに、磁気センサ、あるいはホール素子を用いた磁気センサ、あるいは磁気共鳴アンテナ、あるいは磁性体ロッドアンテナ、あるいは表面波伝搬磁界アンテナなどの、比較的に大きな磁界変動および／あるいは磁流変動を送信しかつ／または受信するのに適したアンテナを用いても同様な効果が得られる。

また、前記アンテナ手段の偏波特性が、直線偏波であり、あるいは円偏波であり、あるいはこれらの組合せであっても同様な効果が得られる。

[0062] また、前記物質中で磁力波伝搬を利用し、アナログ通信あるいはデジタル通信、あるいはスペクトル拡散符号を用いた音声通信あるいはデータ通信あるいは画像通信など、広帯域で高速度の通信が可能である。

また、前記磁力波信号の伝搬では、100kHzから30GHz帯あるいはそれ以上の周波数帯でかつ比較的広い周波数帯域を占有することが可能であることから、大気中で用いるための無線通信に関する先進技術がアンテナを取り替えるだけでそのまま利用可能となる。

[0063] また、前記物質の例として、塩分濃度が0%から10%程度までの真水中あるいは塩水中以外にも、氷あるいは雪の中、あるいは地中など、大気あるいは誘電体以外の水分を含む主要な物質が該当する。

また、100kHz以下の低い周波数帯においても、比較的狭い帯域幅を占有し、かつ／あるいは前記表面波伝搬を利用することで、比較的小型のループアンテナを用いても長距離の通信が可能となる。

[0064] また、前記磁力波信号の比較的強い磁界に感応するアンテナ、あるいは前記磁力波信号の比較的強い磁界を利用するアンテナを用いても同様な効果が得られる。

また、前記ループアンテナの帯域を広帯域とすることで、スペクトル拡散通信に適用でき、秘匿性と信頼性が高い磁力波通信回線を構成できる効果が得られる。

[0065] また、前記磁力波信号の比較的強い磁界に感応する磁流形成形アンテナ、あるいはマイクロストリップアンテナ、あるいは高誘電率セラミックアンテナ、あるいはキャパシタアンテナを用いても同様な効果が得られる。

また、複数のアンテナをアレイ状に配置した指向性アンテナを用いることで、通信距離を延長することが可能となる。

また、複数個アレイ状に配列され、前記複数個のアンテナ手段が遅延制御手段および／あるいは合成・分配手段に接続され、フェーズドアレイアンテナを構成するアンテナを用いても同様な効果が得られる。

[0066] また、シールドループアンテナを用いることで耐雑音特性の良いアンテナを実現できる。

また、前記磁力波信号が伝搬する際に生じるフェージングあるいはマルチパスによる磁界強度の変動をダイバーシテイ手段などにより抑制し、および／あるいは伝搬遅延歪みを遅延等価手段などによって抑制しあるいは遅延を等価し、および／あるいはアダプティブに制御するための手段を設けることによって、信頼性の高い長距離通信回線を構成することができる。

[0067] また、前記電界シールド手段に蔽われたアンテナを用いることにより、前記送信手段および／あるいは受信手段が、前記海水中あるいは真水中あるいは海水上あるい

は真水上あるいはこれらの何れのエリアでも、前記共振周波数の再調整を行なうことなく長距離通信を行なうことができる。

また、前記発信手段あるいは中継手段が電池を内蔵しあるいは発電手段を内蔵しあるいは外部からの磁力波信号を受けて整流しあるいはこれらの組み合わせで動作させることで長時間あるいは繰返して利用することができる。

[0068] また、船舶の衝突防止に用いる他に、マグロの養殖池などで固体管理のために利用することができるなど、海水中でのテレメリングに広く応用することができる。

また、従来超音波がもっぱら用いられていた魚群探知機あるいは海底探査機などに適用することで、高精度な魚群探知あるいは海底探知などが可能となる。

また、前記磁力波信号によって、音声情報、あるいは大容量のデジタル情報、あるいは画像情報、あるいはマルチメディア情報を伝送することができる。

[0069] また、真水中あるいは海水中で磁界変動あるいは磁流変動による伝搬を磁力波伝搬と称したが、電磁波による伝搬を電波伝搬と称するのに対応して、磁波伝搬と称することもできる。

また、複数組の送受信手段とアンテナ手段を海底に離散的に設置し、かつアドホックネットワークを構成することで、前記複数組の送受信手段とアンテナ手段によって測定した方向および／あるいは距離の測定結果を特定のノードの方向に集めることで海底の地殻変動を監視することができる。

#### 産業上の利用可能性

[0070] 本発明は上記のように構成されているため、真水中あるいは海水中など、誘電率が10以上でありかつ／または電界変動による伝搬損失が比較的大きい物質中において、広帯域長距離通信システム、船舶の衝突防止システム、バイオテレメトリ、ダイバーの位置の検知システム、センシングネットワーク、RFIDタグ装置、潜水艦との通信装置、水難者あるいは遭難者の探索、測深機、魚群探知機、海底探査機、あるいはレーダ装置などの幅広い分野への適用が可能であり、また、スペクトル拡散通信システムを適用した秘匿通信、あるいは高速大容量のデータ通信、あるいは画像通信を含むマルチメディア通信などを実現することができる。

従って、本発明によれば、無線通信の分野における地上と宇宙空間との間のシー



ムレスなスーパーブロードバンド環境を、現在まで不可能とされていた海水中にまで拡張できることになる。

#### 図面の簡単な説明

- [0071] [図1]本発明の第1の実施の形態を示すシステム構成図
- [図2]本発明の第2の実施の形態を示すシステム構成図
- [図3]本発明の第1および第2の実施の形態による伝搬特性を示す図
- [図4]本発明の第3の実施の形態を示すシステム構成図
- [図5]本発明の第4の実施の形態を示すシステム構成図
- [図6]本発明の第5の実施の形態を示す断面図
- [図7]本発明の第6の実施の形態を示す断面図
- [図8]従来の実施例を示す構成図
- [図9]従来の実施例によるループアンテナの特性を示す図

#### 符号の説明

- |        |                |           |
|--------|----------------|-----------|
| [0072] | 21～24          | 磁力波通信装置   |
|        | 111            | 海表面       |
|        | 112            | 海底面       |
|        | 113a、113b      | 送信波、反射波   |
|        | 211            | 制御部       |
|        | 212            | 送受信機      |
|        | 213            | ループアンテナ   |
|        | 221            | 送受信機      |
|        | 222            | 制御部       |
|        | 223            | ループアンテナ   |
| [0073] | 231a、231b      | 受信機、送信機   |
|        | 232            | 制御部       |
|        | 233a、233b、233c | ループアンテナ   |
|        | 234            | インターフェイス部 |
|        | 241            | 制御部       |

242	送受信機
243	ダイポールアンテナ
253a、253b	ループアンテナ
400	電界シールド手段
401、401a～401n	ループアンテナ
402	プリント基板
403	低誘電率の充填材
404	防水ケース
501	縦軸
502	横軸
503	伝搬特性

## 請求の範囲

- [1] 比誘電率が10以上でありかつ／または分子イオンおよび／あるいは荷電粒子を含み、かつ／または磁界変動によって変位電流を生じ、かつ／または磁界変動の伝搬損失が電界変動の伝搬損失より比較的により小さい物質中に設置されたアンテナ手段と、前記アンテナ手段に接続された送信手段および／あるいは受信手段とから構成され、

前記アンテナ手段が、主として磁界変動および／あるいは磁流変動に感応し、かつ／または磁界変動および／あるいは磁流変動を放射し、かつ／または磁界変動および／あるいは磁流変動と前記変位電流との相互作用によって伝搬する磁力波信号を送信しかつ／または受信することを特徴とする磁力波通信装置

- [2] 比誘電率が10以上でありかつ／または分子イオンおよび／あるいは荷電粒子を含み、かつ／または磁界変動によって変位電流を生じ、かつ／または磁界変動の伝搬損失が電界変動の伝搬損失より比較的により小さい第1の物質中に設置されたアンテナ手段と、前記アンテナ手段に接続された送信手段および／あるいは受信手段とから構成され、

前記アンテナ手段が、前記第1の物質とは電気的な特性および／あるいは物理的な定数が異なる第2の物質と接する境界面において磁界変動および／あるいは磁流変動が集中して伝搬する表面波伝搬の一部または全部を利用して磁力波信号を送信しかつ／または受信することを特徴とする磁力波通信装置

- [3] 比誘電率が10以上でありかつ／または分子イオンおよび／あるいは荷電粒子を含み、かつ／または磁界変動によって変位電流を生じ、かつ／または磁界変動の伝搬損失が電界変動の伝搬損失より比較的により小さい第1の物質中に設置された第1のアンテナ手段と、前記第1の物質とは電気的な特性および／あるいは物理的な定数が異なる第2の物質中に設置された第2のアンテナ手段と、前記第1のアンテナ手段と第2のアンテナ手段との間に接続された単方向中継手段および／あるいは双方向中継手段とから構成され、

前記第1のアンテナ手段が前記第1の物質中において磁力波信号を送信しかつ／または受信し、前記第2のアンテナ手段が前記第2の物質中において電磁波信号を

送信しかつ／または受信することを特徴とする磁力波通信装置

- [4] 比誘電率が10以上でありかつ／または分子イオンおよび／あるいは荷電粒子を含み、かつ／または磁界変動によって変位電流を生じ、かつ／または磁界変動の伝搬損失が電界変動の伝搬損失より比較的により小さい物質中に設置されあるいは移動する第1のアンテナ手段に接続された第1の送信手段および／あるいは受信手段と、前記物質中に設置されあるいは移動する第2のアンテナ手段に接続された第2の送信手段および／あるいは受信手段とから構成され、

前記物質中において前記第1のアンテナ手段および第2のアンテナ手段によって直接波および／あるいは前記表面波を利用して磁力波信号を送信しかつ／または受信することを特徴とする磁力波通信装置

- [5] 比誘電率が10以上でありかつ／または分子イオンおよび／あるいは荷電粒子を含み、かつ／または磁界変動によって変位電流を生じ、かつ／または磁界変動の伝搬損失が電界変動の伝搬損失より比較的により小さい物質が、塩分濃度0%から10%までの真水あるいは海水であることを特徴とする請求項第1項から第4項のいずれかに該当する磁力波通信装置

- [6] 前記第2の物質が空気あるいは大気であることを特徴とする請求項第2項あるいは第3項に記載する磁力波通信装置

- [7] 前記磁力波信号が100kHz以上の周波数帯において比較的により広い帯域幅を占有することを特徴とする請求項第1項から第4項のいずれかに該当する磁力波通信装置

- [8] 前記アンテナ手段が磁界アンテナであり、あるいは磁流アンテナであり、あるいはループアンテナであり、あるいはフェライトコア上に巻かれたフェライトアンテナであり、あるいはヘリカルアンテナであり、あるいは三日月刀形ループアンテナ、あるいはスパイラルアンテナであり、あるいはスロットアンテナであり、あるいはループスパイラルアンテナであり、あるいはマイクロストリップアンテナであることを特徴とする請求項第1項から第4項のいずれかに該当する磁力波通信装置

- [9] 前記アンテナ手段が低放射インピーダンスのダイポールアンテナであり、あるいは低放射インピーダンスの線状アンテナであり、あるいは低放射インピーダンスの開口

面アンテナであり、あるいは低放射インピーダンスのパラボラアンテナであることを特徴とする請求項第1項から第4項のいずれかに該当する磁力波通信装置

- [10] 前記アンテナ手段が磁気センサであり、あるいはホール素子を用いた磁気センサであり、あるいは磁気共鳴アンテナであり、あるいは磁性体ロッドアンテナであり、あるいは表面波伝搬磁界アンテナであることを特徴とする請求項第1項から第4項のいずれかに該当する磁力波通信装置
- [11] 前記アンテナ手段の偏波特性が垂直偏波であり、あるいは水平偏波であり、あるいは円偏波であり、あるいはこれらの組合せであることを特徴とする請求項第8項から第9項のいずれかに該当する磁力波通信装置
- [12] 前記アンテナ手段が比較的到低いインピーダンスの高周波電流源によって駆動され、かつ／または前記アンテナ手段が比較的到低いインピーダンスを呈し、かつ／または前記高周波信号源および／あるいは前記アンテナ手段が広帯域のインピーダンス変換手段を有し、かつ／または前記アンテナ手段の負荷Qが低く広帯域であり、かつ／または前記アンテナ手段が近接した複数の同調周波数を有し、かつ／または前記アンテナ手段が複数の素子で構成されそれぞれが近接した同調周波数を有し、かつ／または前記アンテナ手段が複数の素子で構成されそれぞれが近接した同調周波数を有し、かつ／または単一のアンテナ素子が太さあるいは幅あるいはこれらの両方が異なる複数の部分から構成され、かつ／または単一のアンテナ素子が複数の部分に分けかつお互いに角度をもって交差するように配置され、かつ／または広帯域の磁界変動および／あるいは磁流変動を効率よく放射することを特徴とする請求項第8項から第11項のいずれかに該当する磁力波通信装置
- [13] 前記アンテナ手段が比較的に高い入力インピーダンスの低雑音増幅器に接続され、かつ／または前記アンテナ手段が比較的到低いインピーダンスを呈し、かつ／または前記低雑音増幅器および／あるいは前記アンテナ手段が広帯域のインピーダンス変換手段を有し、かつ／または前記アンテナ手段の負荷Qが低く広帯域であり、かつ／または前記アンテナ手段の整合回路が複数の近接した同調周波数を有し、かつ／または前記アンテナ手段が複数の素子で構成されそれぞれが近接した同調周波数を有し、かつ／または単一のアンテナ素子が太さあるいは幅あるいはこれらの両

方が異なる複数の部分から構成され、かつ／または単一のアンテナ素子が複数の部分に分けかつお互いに角度をもって交差するように配置され、かつ／または広帯域の磁界変動および／あるいは磁流変動を効率よく受信することを特徴とする請求項第8項から第12項のいずれかに該当する磁力波通信装置

- [14] 前記アンテナ手段および／あるいは前記アンテナ手段を構成するアンテナ素子が磁界変動を通過させかつ電界変動あるいは電気力線の通過を抑制しあるいは減衰させる特性を有する電界シールド手段により覆われることを特徴とする請求項第1項から第13項のいずれかに該当する磁力波通信装置
- [15] 前記電界シールド手段が磁界変動によって渦電流を発生せずあるいは渦電流の発生が許容範囲内である金属材料により構成され、あるいは半導体材料で構成され、あるいは比誘電率が10以上でありかつ／または分子イオンおよび／あるいは荷電粒子を含む材料で構成され、あるいはこれらの組合せであることを特徴とする請求項第14項に記載の磁力波通信装置
- [16] 前記電界シールド手段が、10ミクロン以下の薄膜状であり、あるいは格子状であり、あるいは線状であり、あるいは網状であり、あるいはパンチングメタル状であり、あるいはスパッタリングにより形成され、あるいはメッキ処理により形成され、あるいは絶縁材料に微細な金属粒子あるいはフェライト粒子を混入たものであり、あるいはこれらの組合せであることを特徴とする請求項第14項から第15項のいずれかに該当する磁力波通信装置
- [17] 前記アンテナ手段の周辺を取り巻く充填材および／あるいは収納ケースの厚みを放射する磁力波信号の波長に比較して極力薄くし、かつ／または前記アンテナ手段と前記物質との間の接触距離が前記磁界変動の前記波長に比較して極力短くすることによって前記アンテナ手段の放射利得を最適化することを特徴とする請求項第8項から第16項のいずれかに該当する磁力波通信装置
- [18] 前記アンテナ手段が整合条件を切り替えあるいは調整しあるいはアダプティブに制御するための手段を有することを特徴とする請求項第8項から第17項のいずれかに該当する磁力波通信装置
- [19] 前記アンテナ手段がスペクトル拡散された信号を送受信するために必要な帯域幅

を有することを特徴とする請求項第1項から第18項のいずれかに該当する磁力波通信装置

- [20] 前記アンテナ手段が少なくとも前記物質によって侵食されずかつ／または加えられる圧力に耐えられる素材および／あるいは構造で覆われており、かつ／または前記アンテナ手段の特性の変化を軽減する効果を有する物質あるいは電界シールド手段によって充填されかつ／または覆われていることを特徴とする請求項第1項から第19項のいずれかに該当する磁力波通信装置
- [21] 前記アンテナ手段が複数のアンテナ素子をアレー状に配列し、前記複数のアンテナ素子の背面に磁性材料を配置して低インピーダンスの磁路を設け、かつ／または前記複数のアンテナ素子の背面方向への磁界変動あるいは磁流変動の漏洩を軽減するための反射板を設けることによって、前記複数のアンテナ素子の前面方向に向けて指向性ビームアンテナを構成することを特徴とする請求項第8項から第20項のいずれかに該当する磁力波通信装置
- [22] 前記複数のアンテナ素子が振幅制御手段および／あるいは遅延制御手段および／あるいは合成・分配手段に接続してアクティブフェーズドアレイアンテナを構成し、当該アクティブフェーズドアレイアンテナの指向性ビームの方向を上下方向に走査し、かつ／または左右方向に走査しあるいは回転することを特徴とする請求項第21項に記載の磁力波通信装置
- [23] 前記アンテナ手段が特定方向に向けて磁力波信号を発信し、かつ前記物質中に存在する反射物体から反射される磁力波信号および／あるいは前記物質の底面あるいは側面から反射された磁力波信号を前記アンテナ手段および／あるいは別に設けたアンテナ手段により受信することによって、測深装置あるいは探知装置あるいは探査装置あるいはレーダー装置を構成することを特徴とする請求項第1項から第22項のいずれかに該当する磁力波通信装置
- [24] 前記送信手段および／あるいは受信手段が前記真水中あるいは海水中で生じる表面波伝搬を利用し、かつ／または真水上あるいは海水上で生じる表面波伝搬を利用して長距離通信を行なうことを特徴とする請求項第1項から第23項のいずれかに該当する磁力波通信装置

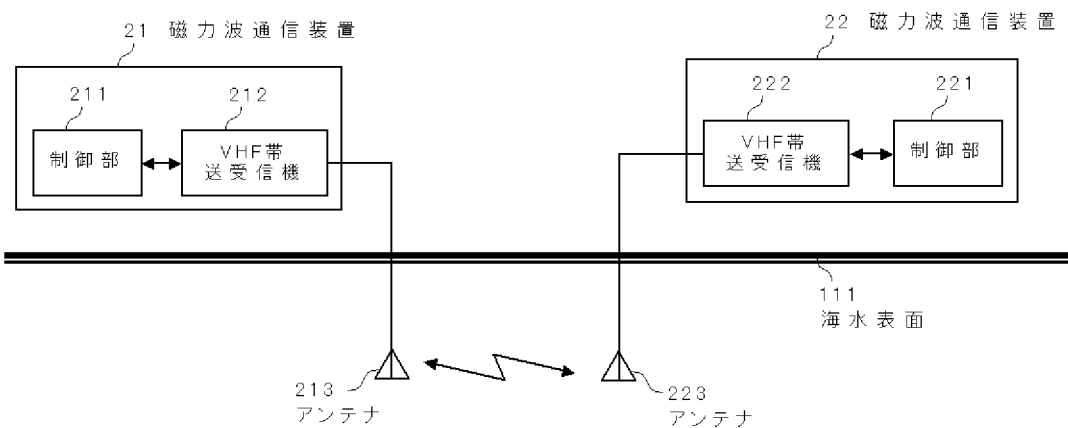
- [25] 前記アンテナ手段と前記送信手段および／あるいは受信手段が前記物質中で作動するアクティブタグあるいはパッシブタグを構成することを特徴とする請求項第1項から第24項のいずれかに該当する磁力波通信装置
- [26] 前記送信手段および／あるいは受信手段において、前記物質中を伝搬する際に生じるフェージングあるいはマルチパスによる伝搬損失の変動を抑制しあるいは制御するためのダイバーシテイ手段、および／あるいは前記磁力波信号が前記物質中を伝搬する際に生じる伝搬遅延歪みを抑制しあるいは制御するための遅延等価手段、あるいはこれらを組合せてアダプティブに制御するための制御手段を有することを特徴とする請求項第1項から第25項のいずれかに該当する磁力波通信装置
- [27] 前記送信手段および／あるいは受信手段が複数のアンテナ手段と当該複数のアンテナ手段を切り替えるための切替手段を有し、かつ前記受信手段において当該複数のアンテナ手段に対応する磁力波信号の位相差を測定することで、前記送信手段が位置する方向あるいは前記受信手段が向かっている方向を検知することを特徴とする請求項第1項から第26項のいずれかに該当する磁力波通信装置
- [28] 前記送信手段に接続されたアンテナ手段から同期しあるいは直交する複数の周波数の搬送波信号あるいは副搬送波信号あるいは変調信号あるいはベースバンド信号を含む磁力波信号を発信し、かつ前記受信手段に接続されたアンテナ手段によって受信した前記複数の周波数の搬送波信号あるいは副搬送波信号あるいは変調信号あるいはベースバンド信号の位相差を測定することで、前記送信手段と受信手段との距離を高精度で測定することを特徴とする請求項第1項から第27項のいずれかに該当する磁力波通信装置
- [29] 複数のアンテナ手段と複数の送信手段および／あるいは受信手段が海底に離散的に設置され、かつ前記複数アンテナ手段と複数の送信手段および／あるいは受信手段が高精度で測定した方向および／あるいは距離を利用することで、海底の地殻変動を監視することを特徴とする請求項第1項から第28項のいずれかに該当する磁力波通信装置
- [30] 前記アンテナ手段が海上あるいは海水中を移動する複数の移動体に設置されあるいは装備され、かつ前記アンテナ手段を前記誘電率が10以上でありかつ／または



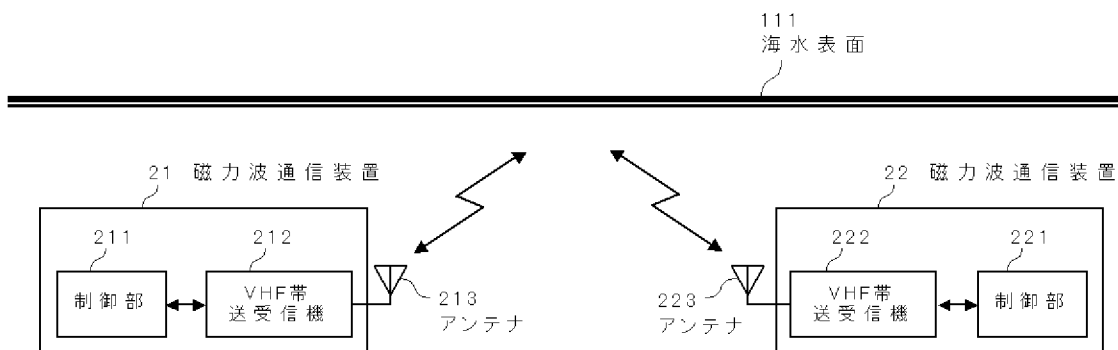
電界変動の伝搬損失が比較的大きい物質中に向けて設置しあるいは装備することで、前記複数の移動物体間の相対的な位置関係を検知することを特徴とする請求項第1項から第29項のいずれかに該当する磁力波通信装置

- [31] 前記磁力波信号によって、音声情報、あるいは大容量のデジタル情報、あるいは画像情報、あるいはマルチメディア情報を伝送することを特徴とする請求項第1項から第30項のいずれかに該当する磁力波通信装置

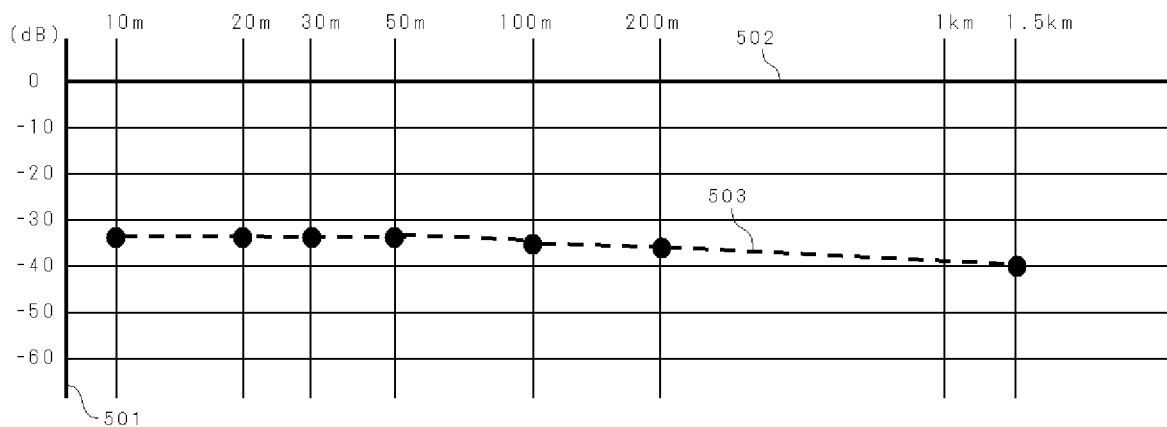
[図1]



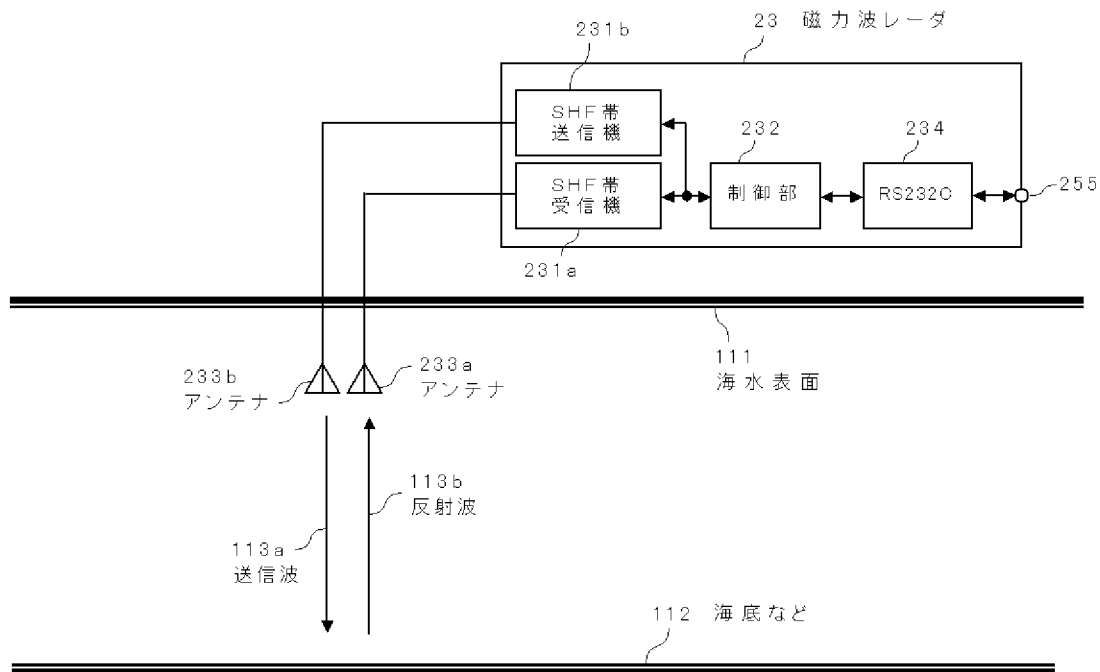
[図2]



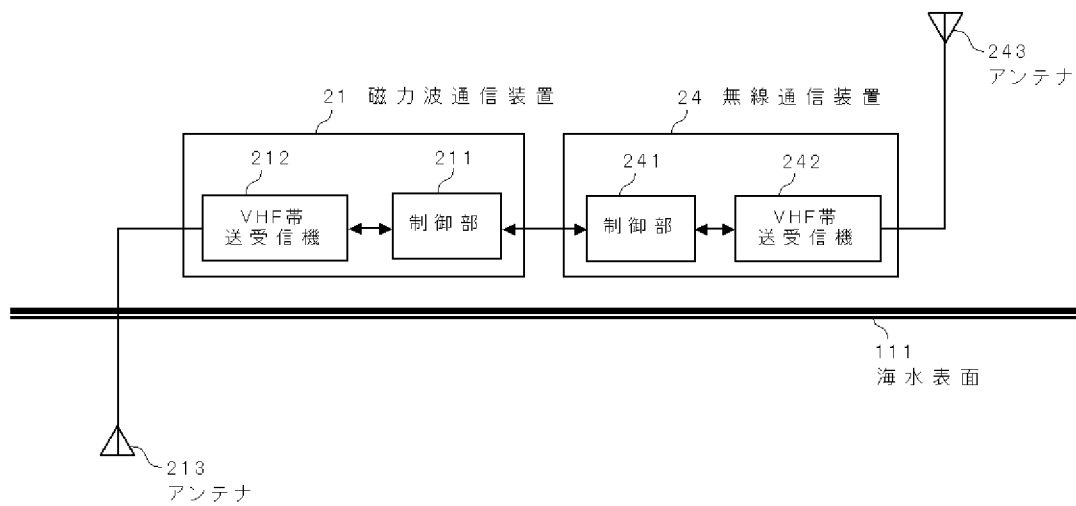
[図3]



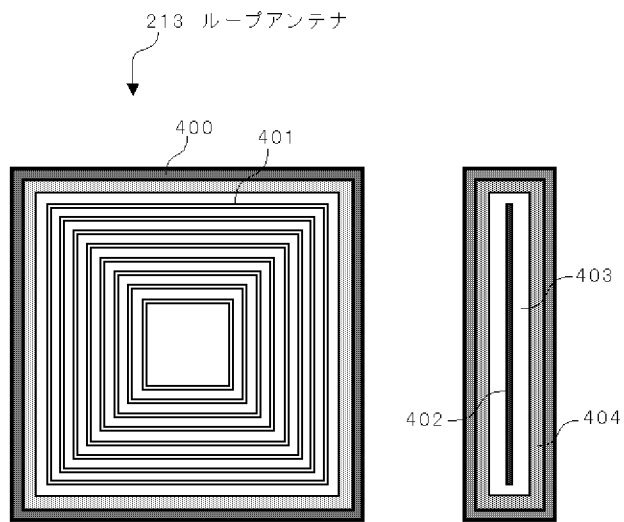
[図4]



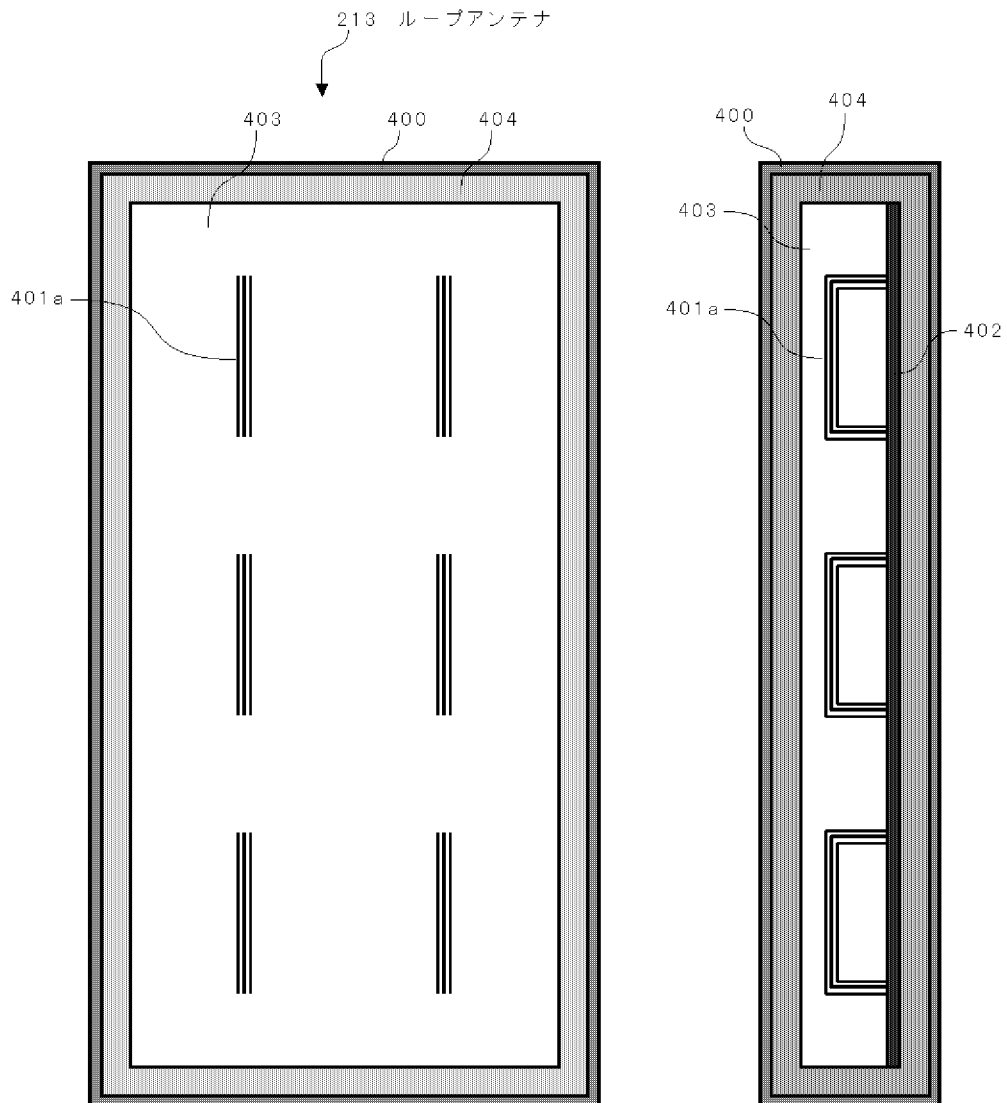
[図5]



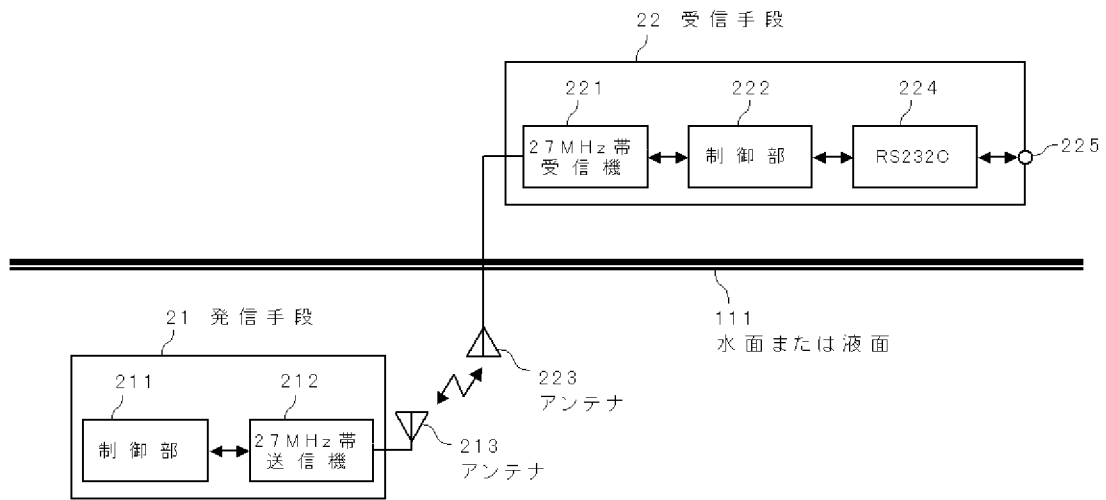
[図6]



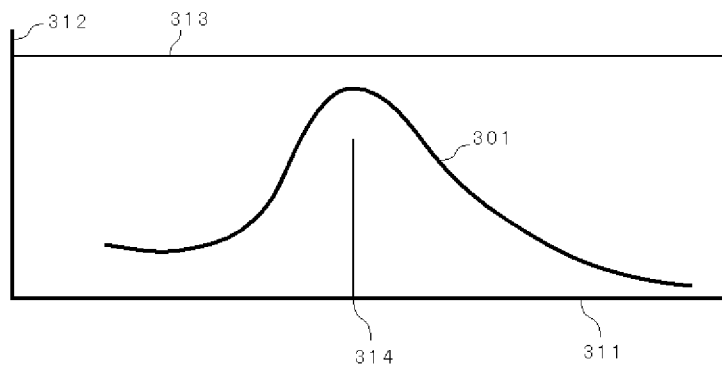
[図7]



[図8]



[図9]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
PCT/JP2008/053774

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
H04B13/00(2006.01) i, H04B5/02(2006.01) i, G06K17/00(2006.01) i, G06K19/07(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
H04B13/00, H04B5/02, G06K17/00, G06K19/07

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2008
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2008	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2008

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-259571 A (International Business Machines Corp.), 22 September, 2000 (22.09.00), Par. No. [0079] & US 6823459 B1	1-31

Further documents are listed in the continuation of Box C.       See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 07 May, 2008 (07.05.08)	Date of mailing of the international search report 20 May, 2008 (20.05.08)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H04B13/00(2006.01)i, H04B5/02(2006.01)i, G06K17/00(2006.01)i, G06K19/07(2006.01)i		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H04B13/00, H04B5/02, G06K17/00, G06K19/07		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2008年 日本国実用新案登録公報 1996-2008年 日本国登録実用新案公報 1994-2008年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 2 0 0 0 - 2 5 9 5 7 1 A (インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション) 2000.09.22, 段落【0079】 & US 6823459 B1	1-31
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 07.05.2008	国際調査報告の発送日 20.05.2008	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 甲斐 哲雄 電話番号 03-3581-1101 内線 3574	5W 9750