



(21)申請案號：112117480

(22)申請日：中華民國 112 (2023) 年 05 月 11 日

(51)Int. Cl. : **H01P1/15 (2006.01)**

H01Q15/14 (2006.01)

(30)優先權：2022/05/20 日本

2022-083278

(71)申請人：日商 A G C 股份有限公司 (日本) AGC INC. (JP)

日本

(72)發明人：熊谷翔 KUMAGAI, AKIRA (JP)；宇井裕 UI, YUTAKA (JP)；長江真平 NAGAE, SHIMPEI (JP)；加賀谷修 KAGAYA, OSAMU (JP)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：11 項 圖式數：16 共 59 頁

(54)名稱

電波傳送系統及接收終端之探索方法

(57)摘要

本揭示提供一種可藉由將反射板彼此隔開配置之狀態下之電波之強度分佈之強弱位置錯開，有效探索接收終端之電波傳送系統及接收終端之探索方法。

本揭示之電波傳送系統包含：反射器，其具有可掃描反射角度之複數個反射板；及控制部，其掃描上述複數個反射板之反射角度；且上述複數個反射板各自具有第 1 軸向上之第 1 長度 $L1$ 、與第 2 軸向上之第 2 長度 $L2$ ，上述複數個反射板沿上述第 1 軸向及上述第 2 軸向 2 維排列，可以鏡面反射以外之角度反射電波，上述複數個反射板中之至少一部分反射板彼此相鄰之間隔於上述第 1 軸向上為 $0.2 \times L1$ 以上，或者於上述第 2 軸向上為 $0.2 \times L2$ 以上，上述控制部於將上述反射角度設定為第 1 反射角度之情形時，以複數個峰值中之至少一者位於由上述複數個反射板反射之電波之強度之上述複數個峰值彼此之間的位置之方式，於第 2 反射角度掃描上述反射角度。

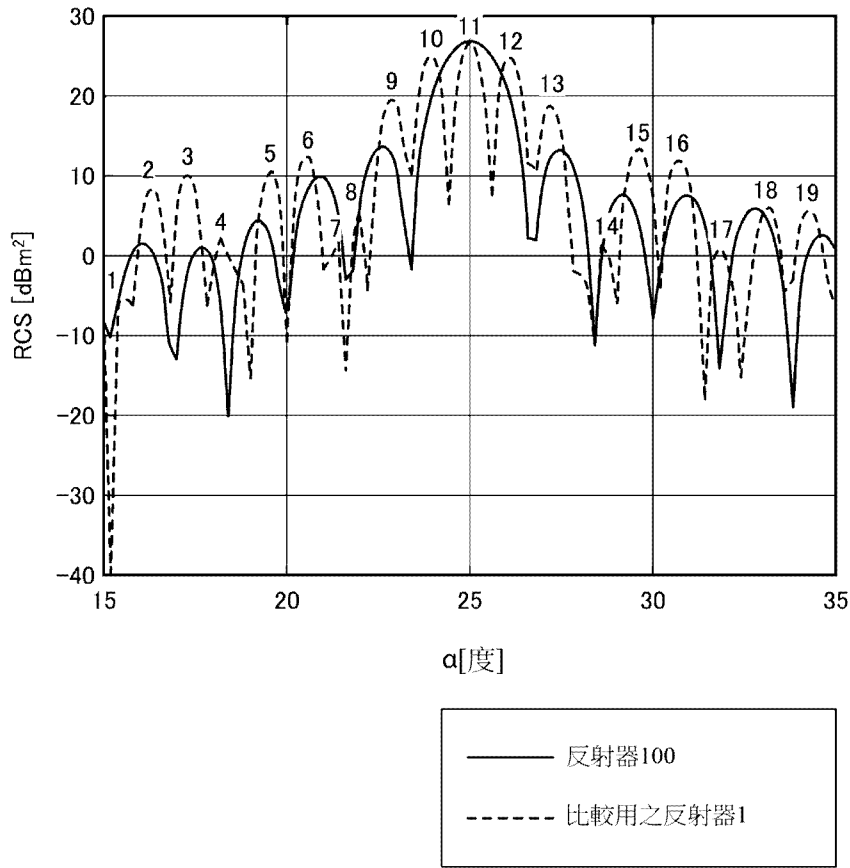
指定代表圖：

符號簡單說明：

1:反射器

100:反射器

RCS:雷達反射剖面積

 α :角度

【圖14】

【發明摘要】

【中文發明名稱】

電波傳送系統及接收終端之探索方法

【中文】

本揭示提供一種可藉由將反射板彼此隔開配置之狀態下之電波之強度分佈之強弱位置錯開，有效探索接收終端之電波傳送系統及接收終端之探索方法。

本揭示之電波傳送系統包含：反射器，其具有可掃描反射角度之複數個反射板；及控制部，其掃描上述複數個反射板之反射角度；且上述複數個反射板各自具有第1軸向上之第1長度L1、與第2軸向上之第2長度L2，上述複數個反射板沿上述第1軸向及上述第2軸向2維排列，可以鏡面反射以外之角度反射電波，上述複數個反射板中之至少一部分反射板彼此相鄰之間隔於上述第1軸向上為 $0.2 \times L1$ 以上，或者於上述第2軸向上為 $0.2 \times L2$ 以上，上述控制部於將上述反射角度設定為第1反射角度之情形時，以複數個峰值中之至少一者位於由上述複數個反射板反射之電波之強度之上述複數個峰值彼此之間的位置之方式，於第2反射角度掃描上述反射角度。

【指定代表圖】

圖14

【代表圖之符號簡單說明】

1:反射器

100:反射器

RCS:雷達反射剖面積

α :角度

【發明說明書】

【中文發明名稱】

電波傳送系統及接收終端之探索方法

【技術領域】

【0001】 本揭示係關於一種電波傳送系統及接收終端之探索方法。

【先前技術】

【0002】 先前以來，存在一種將複數個超穎表面反射板排列而構成之超穎表面反射板陣列。上述N塊超穎表面反射板之以規定之入射角入射波長 λ 之電波時之反射電波之電波強度之方向特性分別相同，彼此相鄰之2個上述超穎表面反射板反射之電波之相位差為與0不同之規定值 ϕ 。對遮蔽電波之建造物等之背側等產生之電波強度較弱之區域(覆蓋盲區)反射反射波時，抑制與其他通信機器之干涉(例如參照專利文獻1)。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

【0003】 專利文獻1：日本專利特開2021-175054号公报

【發明內容】

[發明所欲解決之問題]

【0004】 然而，先前之超穎表面反射板陣列(反射器)藉由將反射板彼此隔開配置之狀態下之電波之強度分佈之強弱位置錯開，並未有效探索接收終端。

【0005】 因此，目的在於提供一種可藉由將反射板彼此隔開配置之狀態下之電波之強度分佈之強弱位置錯開，有效探索接收終端之電波傳送系統及接收終端之探索方法。

[解決問題之技術手段]

【0006】 本揭示之實施形態之電波傳送系統包含：反射器，其具有可掃描反射角度之複數個反射板；及控制部，其掃描上述複數個反射板之反射角度；且上述複數個反射板各自具有第1軸向上之第1長度L1、與第2軸向上之第2長度L2，上述複數個反射板沿上述第1軸向及上述第2軸向2維排列，可以鏡面反射以外之角度反射電波，上述複數個反射板中之至少一部分反射板彼此相鄰之間隔於上述第1軸向上為 $0.2 \times L1$ 以上，或者於上述第2軸向上為 $0.2 \times L2$ 以上，上述控制部於將上述反射角度設定為第1反射角度之情形時，以複數個峰值中之至少一者位於由上述複數個反射板反射之電波之強度之上述複數個峰值彼此之間的位置之方式，於第2反射角度掃描上述反射角度。

[發明之效果]

【0007】 可提供一種可藉由將反射板彼此隔開配置之狀態下之電波強度分佈之強弱之位置錯開，有效探索接收終端之電波傳送系統及接收終端之探索方法。

【圖式簡單說明】

【0008】

圖1係本揭示之一實施形態之電波傳送系統10之動作說明圖。

圖2係顯示電波傳送系統10之構成之一例之方塊圖。

圖3係顯示將電波傳送系統10安裝於壁6之狀態之一例之圖。

圖4係顯示反射器100之構成之一例之圖。

圖5係顯示反射板100R之複數個單元之排列之一例之圖。

圖6A係說明反射器100所含之反射板100R之反射角度之調整原理之

一例之圖。

圖6B係說明反射器100所含之反射板100R之反射角度之調整原理之一例之圖。

圖7係顯示單元110之構成之一例之圖。

圖8A係顯示PIN二極體112C之接通狀態與斷開狀態下之諧振元件112之狀態之圖。

圖8B係顯示PIN二極體112C之接通狀態與斷開狀態下之諧振元件112之狀態之圖。

圖9係顯示以2值控制反射板100R之相位變化量時之各單元110之接通與斷開之分佈之一例之圖。

圖10A係顯示求得雷達反射剖面積 $\sigma(\theta, \phi)$ 時使用之極座標系之圖。

圖10B係顯示圖9之橫軸之角度 α (水平角度)之取得方法之圖。

圖11A係說明因反射板100R之平面尺寸之差異引起之波束寬度之差異之一例之圖。

圖11B係說明因反射板100R之平面尺寸之差異引起之波束寬度之差異之一例之圖。

圖12A係顯示具有使用圖11A說明之平面尺寸之反射板100R之反射波之角度分佈之模擬結果之一例的圖。

圖12B係顯示具有使用圖11A說明之平面尺寸之反射板100R之反射波之角度分佈之模擬結果之一例之圖。

圖13A係顯示實施形態之電波傳送系統10之反射器100之圖。

圖13B係顯示比較用之反射器1之圖。

圖14係顯示反射器100與比較用之反射器1之電波之強度分佈之模擬

結果之一例的圖。

圖15A係說明電波傳送系統10之接收終端之探索方法之一例之圖。

圖15B係說明電波傳送系統10之接收終端之探索方法之一例之圖。

圖16A係顯示掃描由反射器100反射之電波之強度分佈之模擬結果之一例之圖。

圖16B係顯示掃描由比較用之反射器1反射之電波之強度分佈之模擬結果之一例之圖。

【實施方式】

【0009】 以下，針對應用本揭示之電波傳送系統及接收終端之探索方法之實施形態進行說明。以下，有對同一要件標註同一符號，省略重複說明之情形。

【0010】 以下，定義XYZ座標系進行說明。與X軸平行之方向(X方向)、與Y軸方向平行之方向(Y方向)、與Z軸平行之方向(Z方向)互相正交。X方向為第1軸向之一例，Y方向為第2軸向之一例，Z方向為第3軸向之一例。又，以下，為方便說明起見，有將-Z方向側稱為下側或下，將+Z方向側稱為上側或上之情形。又，將俯視稱為XY面視。又，以下，為了容易理解構成，有將各部之長度、粗細、厚度等誇大顯示之情形。又，平行、直角、正交、水平、垂直、上下等用語容許不損害實施形態之效果程度之偏差。

【0011】 又，以下之說明中，「電波」為電磁波之一種，一般而言，3 THz以下之電磁波稱為電波。以下，將自屋外之基地台或中繼站放射之電磁波稱為「電波」，一般提及電磁波時稱為「電磁波」。又，以下，稱為「毫米波」或「毫米波段」時，除30 GHz~300 GHz之頻帶外，亦

包含24 GHz~30 GHz之近毫米波段。

【0012】 實施形態之反射器反射之電波較佳為第五代移動通信系統(5G(Generation：代))等之毫米波段、或包含Sub-6之1 GHz~40 GHz之頻帶之電波。又，實施形態之反射器反射之電波亦可為LTE(Long Term Evolution：長期演進)、LTE-A(LTE-Advanced：進階長期演進)、或UMB(Ultra Mobile Broadband：超行動寬頻)。又，實施形態之反射器反射之電波亦可為IEEE802.11(Wi-Fi(註冊商標))、IEEE802.16(WiMAX(註冊商標))、IEEE802.20、UWB(Ultra-Wideband：超寬頻)、Bluetooth(註冊商標)、或LPWA(Low Power Wide Area：低功率廣域)等。隨著電波之頻率變高，因反射或衍射引起之傳播損耗變大，易產生死區。因此，實施形態之反射器更適於處理相對高頻率之通信。

【0013】 <實施形態>

<電波傳送系統10>

圖1係本揭示之一實施形態之電波傳送系統10之動作說明圖。

【0014】 本揭示之電波傳送系統10配置於例如屋外之建築物BD之壁或窗。電波傳送系統10具有反射器100(參照圖2)，本揭示之反射器100係稱為RIS(Reconfigurable Intelligent Surface：可再構成之反射器)之可調整波束之指向性之指向性控制陣列。

【0015】 供電波傳送系統10配置之建築物BD之種類為任意，例如為如高層建築物林立之地段之建築物。高層建築物林立之地段中，易產生電波未正常到達之死區(通信環境不佳之地段或空間，亦稱為「不敏感區」)。本揭示之電波傳送系統10藉由控制反射之電波之波束之朝向，而使電波到達死區。

【0016】此處，圖1中，模式性顯示自無線基地台RB發送之電波、及自電波傳送系統10反射之電波R之放射態樣。如圖1所示，有時為進行無線通信而設置無線基地台RB。無線基地台RB藉由將來自如網際網路之網路(未圖示)之信號設為無線信號，發送電波R，並由接收終端接收電波R。又，藉由以無線基地台RB接收由接收終端發送之電波R，進行接收終端對如網際網路之網路之存取。無線基地台RB可相對於電波傳送系統10設置於數10cm～數m左右之附近，或者亦可相對於電波傳送系統10隔開數10m～數km左右而設置。

【0017】本揭示之電波傳送系統10將入射之電波R改變波束之朝向使波束朝規定方向反射，或設為多波束，藉此使電波到達被建築物BD遮蔽之死區。以下，只要無特別限制，則以電波為平面波進行說明。

【0018】如圖1所示，藉由使用電波傳送系統10，可選擇屋外之使用者終端U1與屋外之使用者終端U2，進行網際網路通信。具體而言，例如於某時刻自無線基地台RB發送之電波R被電波傳送系統10反射，由屋外之使用者終端U1接收，藉此可使使用者終端U1之無線通信成立。於其他時刻自無線基地台RB發送之電波R被電波傳送系統10反射，由屋外之使用者終端U2接收，藉此可使使用者終端U2之無線通信成立。另，此處，針對使用者終端U1及U2接收電波R之情形進行說明，但於使用者終端U1及U2發送電波R時，無線基地台RB接收被電波傳送系統10反射之電波R。

【0019】另，圖1中，顯示除電波傳送系統10外還設置無線基地台RB之例，但亦可以電波傳送系統10之反射器100反射自無線中繼站等飛來之電波。

【0020】圖2係顯示電波傳送系統10之構成之一例之方塊圖。圖3係顯示將電波傳送系統10安裝於壁6之狀態之一例之圖。圖2顯示反射器100直接反射自無線基地台RB到來之電波。

【0021】電波傳送系統10具有反射器100及控制部5。如圖2所示，本揭示之控制部5例如藉由MCU(Micro Controller Unit：微控制器)實現，包含CPU(Central Processing Unit：中央處理單元)、RAM(Random Access Memory：隨機存取記憶體)、ROM(Read Only Memory：唯讀記憶體)、輸入輸出介面及內部匯流排等。

【0022】控制部5自外部輸入入射波源位置(藉由設定為無線遠而包含平面波之到來方向)與反射方向指示(指向性指示)，分別控制反射器100之複數個單元之反射角度。來自控制部5之外部之輸入例如自管理建築物BD之管理電腦(未圖示)或無線基地台RB等輸入。另，控制部5基於未圖示之電源產生部所產生之電源電壓而動作。

【0023】又，如圖3所示，電波傳送系統10(反射器100及控制部5)設置於壁6。此處，建築物BD之壁6中，設置電波傳送系統10時之距離地面之高度基於電波之效率性之點而言，較佳為1 m~14 m，尤佳為2 m~10 m。

【0024】另，圖3中，顯示電波傳送系統10配置於壁6上之例，但電波傳送系統10之反射器100亦可設置於窗玻璃上。反射器100設置於窗玻璃之情形時，反射器100所含之反射板之基板或諧振元件較佳為以可見光之透過率為50%以上之透明構件構成。另，反射器100設置於窗玻璃之情形時，控制部5可與反射器100分開，配置於如與窗玻璃相鄰之壁部或窗玻璃之框部之其他部位。

【0025】再者，本揭示之電波傳送系統10亦可設置於屋內之壁或窗玻璃。該情形時，有助於減少屋內之死區。

【0026】 <反射器100>

圖4係顯示反射器100之構成之一例之圖。反射器100作為一例，包含4個反射板100R。4個反射板100R之構成相同，作為一例，在相互間空出某程度之間隔之狀態下，配置於2 m×2 m之四方區域A內之四角。即，反射器100之X方向及Y方向之長度於圖4中作為一例為2 m。此處，反射器100之X方向及Y方向之長度較佳為3 m以下，進而佳為2 m以下。因此，圖4中，作為一例，記作2 m。

【0027】又，此處，作為一例，針對反射器100包含4個反射板100R之形態進行說明，但反射器100只要包含複數個反射板100R即可，反射板100R之數量只要為2以上，則可為任意個。反射器100所含之複數個反射板100R只要相互間空出某程度之間隔配置即可。作為RIS之反射器100所含之複數個反射板100R各者亦作為RIS發揮功能，係可調整波束之指向性之指向性控制陣列。另，此處，已針對反射器100所含之所有複數個反射板100R相互間空出某程度之間隔配置之形態進行說明，但亦可為所有複數個反射板100R中之至少一部分反射板100R彼此互相間空出某程度之間隔配置之形態。例如，亦可於圖4所示之4個反射板100R之中央或上行中央等設置第5個反射板100R。

【0028】反射板100R藉由於反射電波時控制使相位變化之量(相位變化量)，可將電波之反射角度調整為鏡面反射以外之角度，或鏡面反射之角度。反射板100R之相位變化量可以2值或多於2值之多值控制。反射板100R藉由控制相位變化量，調整反射角度，而朝預設之規定之反射方

向即設定反射方向反射電波。以2值控制1個反射板100R之相位變化量之情形時，在與設定反射方向不同之方向上，產生與設定反射幾乎相同強度之無用反射，但藉由將複數個反射板100R某程度隔開配置，可使各反射板100R之無用反射彼此抵消，作為複數個反射板100R全體，減少無用反射。由於電波傳送系統10之反射器100所含之複數個反射板100R空出某程度之間隔配置，故以下，於以2值控制反射板100R之相位變化量之情形時，以已減少無用反射進行說明。

【0029】 圖5係顯示反射板100R之複數個單元之排列之一例之圖。圖5中，針對反射垂直極化波之電波之情形進行說明，但對於水平極化波亦同樣。此處，針對以2值控制電波之相位之情形進行說明。

【0030】 如圖5所示，反射板100R具有規則排列之複數個單元110。單元110為重複單位之構成，例如圖5中，作為一例，單元110於X方向及Y方向上各排列有10個。這是因為若單元110於X方向及Y方向上各排列有10個，則可調整反射波之反射角度。另，複數個單元110之排列不限於如圖5所示之陣列狀，例如亦可不具有規則性而隨機(不規則)排列。單元110於X方向及Y方向上排列10個以上，X方向及Y方向上之排列數較佳為130個以下，進而佳為100個以下。

【0031】 又，各單元110具有諧振元件111及112。單元110為反射部之一例，諧振元件111為第1諧振元件之一例，諧振元件112為第2諧振元件之一例。諧振元件111為可單獨以規定之諧振頻率諧振之諧振元件。諧振元件112具有可以電性控制將諧振頻率切換為第1諧振頻率或第2諧振頻率之切換元件，但圖5中予以省略。對於單元110之細節，使用圖7於下文敘述。

【0032】藉由控制如此排列之單元110之接通、斷開，反射板100R可於期望之方向上設定反射入射之電波之角度。對於單元110之接通、斷開之細節，使用圖7及圖8於下文敘述，但將可以電性控制將諧振元件112之諧振頻率切換為第1諧振頻率或第2諧振頻率之切換元件接通之狀態為將單元110接通之狀態，將切換元件斷開之狀態為將單元110斷開之狀態。圖5中，以空白表示接通之單元110，以點填充表示斷開之單元。單元110為藉由控制部5控制接通、斷開之主動單元。

【0033】另，於以多於2值之多值控制之情形時，較佳為將電性控制之移相器設置於各單元110。移相器為相位調整部之一例。作為移相器，較佳為使用液晶或強介電質等。由於移相器可使電波之相位變化為連續值中之任意值，故較佳為多值控制。

【0034】圖6A及圖6B係說明反射器100所含之反射板100R之反射角度之調整原理之一例之圖。反射板100R係稱為RIS(Reconfigurable Intelligent Surface：可再構成之反射器)之可調整波束之指向性之陣列。圖6A及圖6B中， d 為相鄰單元110之X方向上之間距。圖6A及圖6B中，於XZ平面中，為了容易理解彼此相鄰之單元110中之電波之入射與反射之狀況，將入射至反射板100R之反射面(+Z方向側之表面)之位置與自反射面出射之位置於X方向上錯開而分開顯示。

【0035】具體而言，如圖6A所示，對於入射至反射板100R之反射面(+Z方向側之表面)之電波，考慮X方向及Y方向上之單元110彼此之間隔，在反射電波時，按照每個單元110設定使相位變化之量(相位變化量)，由此可調整以1個反射板100R所含之所有單元110反射電波之方向。

【0036】反射板100R於陣列狀排列之複數個單元110各者中，藉由

反射電波時變更電波之相位，而調整反射波即波束之傳播方向。

【0037】 例如，於XZ平面內反射沿Z軸入射之電波時，藉由按照每個單元110施加相位而改變反射方向。即，藉由於反射板100R之每個場所X施加相位，可改變電波之反射方向。

【0038】 如圖6A所示，自座標(Xf、Yf、Zf)之點F出射之電波入射至反射板100R之反射面上之座標(X、Y、0)之點被反射，到達座標(Xp、Yp、Zp)之點P時，於反射板100R之反射面對電波施加之相位變化量 $\psi(X、Y)$ 可以下式(1)表示。另，常數k為 $2\pi/\lambda$ ， λ 為自由空間中之電波之波長。

【0039】 座標(Xp、Yp、Zp)基於為接收電波而集中之點之含義稱為焦點。

【0040】 [數1]

$$\psi(X, Y) = k\sqrt{(X - X_f)^2 + (Y - Y_f)^2 + Z_f^2} + k\sqrt{(X - X_p)^2 + (Y - Y_p)^2 + Z_p^2} \quad (1)$$

【0041】 式(1)中，相位變化量之分佈相對於位置X為非線性。若點F與點P充分遠，則將式(1)近似為相對於反射面上之座標X、Y之線性式。

【0042】 又，圖6B顯示於XZ平面觀察以天頂角 θ_{in} 及方位角 ϕ_{in} 入射至X方向及Y方向上以間距d相鄰之單元110之電波、與藉由反射板100R朝天頂角 θ_{out} 及方位角 ϕ_{out} 之方向反射之電波之狀況。天頂角及方位角以後述之圖12A之天頂角 θ 及方位角 ϕ 表示。

【0043】 點F與點P充分遠之情形時，如圖6B所示，可考慮入射至以間距d相鄰之單元110之電波平行，且入射角皆為天頂角 θ_{in} 、方位角 ϕ_{in} ，以反射板100R之反射面反射之電波亦平行，且反射角皆為天頂角 θ_{out} 、

方位角 ϕ_{out} 。該情形時，入射至以間距 d 相鄰之單元110之電波之相位差例如於 X 方向上為 $d \times \sin\theta_{in} \times \cos\theta_{in}$ ，由以間距 d 相鄰之單元110反射之電波之相位差為 $d \times \sin\theta_{out} \times \cos\theta_{out}$ 。又，雖圖6B中未顯示，但入射至以間距 d 相鄰之單元110之電波之電位差例如於 Y 方向上為 $d \times \sin\theta_{in} \times \sin\phi_{in}$ ，由以間距 d 相鄰之單元110反射之電波之相位差為 $d \times \sin\theta_{out} \times \sin\phi_{out}$ 。使用入射之天頂角 θ_{in} 與方位角 ϕ_{in} 及反射之天頂角 θ_{out} 與方位角 ϕ_{out} ，近似式(1)，忽略不依存於 X 、 Y 之常數項，藉此獲得下式(2)。

【0044】 [數2]

$$\begin{aligned} \psi(X, Y) = & -k \sin\theta_{out} (X \cos\phi_{out} + Y \sin\phi_{out}) \\ & -k \sin\theta_{in} (X \cos\phi_{in} + Y \sin\phi_{in}) \quad (2) \end{aligned}$$

【0045】 以實現如此獲得之相位變化量 $\psi(X、Y)$ 之方式，進行如近似性實現反射板100R內之相位差之單元110之控制，藉此可使入射至反射器100之電波朝期望之方向反射。另，控制單元110時，對於式(1)所示之相位變化量 $\psi(X、Y)$ ，即使對所有單元110加上相同值，亦可獲得相同結果。

【0046】 例如，藉由使用可根據電壓連續控制反射時之相位變化量之單元110，可除去誤差實現相位變化量 $\psi(X、Y)$ ，反射板100R中可改變反射方向。

【0047】 又，藉由使用可以電壓之接通與斷開之2值控制反射時之相位變化量之單元110，可近似性實現相位變化量 $\psi(X、Y)$ ，於反射板100R中可改變反射方向。

【0048】 為了以可切換接通狀態與斷開狀態之各單元110實現相位變化量 $\psi(X、Y)$ ，若可確保接通狀態與斷開狀態下之反射時之相位差約

180度，則只要相位變化量 $\psi(X、Y)$ 在 -90° 至 90° 之間，取斷開狀態，在 -180° 至 -90° 或 90° 至 180° 之間，取接通狀態，藉此可大致實現相位變化量 $\psi(X、Y)$ ，其結果，各單元110中可改變反射方向。這於式(1)及式(2)之任一情形時皆成立。

【0049】 自上述之相位變化量 $\psi(X、Y)$ 選擇接通狀態與斷開狀態為一例，只要於互不覆蓋之 180° 之範圍內選擇接通狀態與斷開狀態即可。作為一例，亦可將自 20° 至 180° 或自 -180° 至 -160° 設為斷開狀態，將自 -160° 至 20° 設為接通狀態等。

【0050】 藉此，電波傳送系統10亦可將自5G之基地台等出射之電波改變波束之朝向，將波束朝各個方向或喜好之方向發出，或設為多波束。

【0051】 另，圖6A及圖6B中，已顯示於XZ平面內反射之電波，如上所述，反射器100於YZ平面內使電波反射之情形，或於包含Z軸之XZ平面及相對於YZ平面具有角度之平面內反射之情形時，亦可同樣反射電波。因此，反射器100成為可將反射角度設定為鏡面反射以外之角度之反射器。

【0052】 圖5中，反射垂直極化波之電波之情形時，作為一例，所有單元110之接通或斷開之狀態表示將於各列內在X方向上變化，於各行內排列於Y方向之10個單元110統一成接通或斷開之狀態。這相當於基於式(2)決定接通狀態與斷開狀態之情形。

【0053】 另，圖5所示之反射板100R中之單元110之排列為一例，且設置於陣列之單元110之數量可為數十個～數千個左右。

【0054】 <以接通與斷開之2值控制相位變化量之單元110構成>

圖7係顯示垂直極化波用單元110之構成之一例之圖。單元110為以接

通與斷開之2值控制相位變化量之單元，具有1個諧振元件111、及與1個諧振元件111相鄰之1個諧振元件112。又，圖7顯示基板101。基板101為反射板100R(參照圖4)之基板101，1個反射板100R包含1個基板101。基板101之俯視時之尺寸為圖4中作為反射板100R顯示之尺寸。又，於基板101之-Z方向側之表面設有接地層。反射板100R包含複數個單元110。圖7顯示相當於基板101全體中之1個單元110之部分。另，水平極化波用單元110為使圖7所示之單元110順時針或逆時針旋轉90度之構成。又，雖對1個反射板100R包含1個基板101之形態進行說明，但亦可為1個反射板100R包含複數個基板101之構成。即，1個反射板100R中，可對1個或複數個單元110設置1個基板101。

【0055】 基板101作為一例，為俯視時矩形狀之基板。基板101例如為具有可撓性之樹脂製之薄膜狀可撓性基板，或不具有可撓性之剛性基板。可撓性為物體不會折斷而彎曲至外觀上判明之程度之性質。基板101為可撓性基板之情形時，可以例如氟、COP(Cyclo-Olefin Polymer：環烯烴聚合物)、PET(Polyethylene terephthalate：聚對苯二甲酸乙二酯)、PEN(polyethylene naphthalate：聚萘二甲酸乙二酯)、聚醯亞胺、Peek(polyether ether ketone：聚醚醚酮)、LCP(Liquid Crystal Polymer：液晶聚合物)、其他複合材等具有可撓性之樹脂原料形成。又，基板101為剛性基板之情形時，可使用例如將使環氧樹脂等含浸於玻璃布之預浸體與芯材貼合之基板等。

【0056】 又，基板101亦可以相對於自屋外之基地台等放射之電波透明之任意材料形成。「透明」是指透過率至少為40%以上，較佳為60%以上，更佳為70%以上，進而佳為80%以上。作為一例，基板101使用透

明之樹脂基板。作為滿足上述條件之樹脂材料，可使用聚甲基丙烯酸甲酯等丙烯酸系樹脂、環烯系樹脂、聚碳酸酯系樹脂、聚對苯二甲酸乙二酯(PET)等。又，基板101亦可為玻璃板。

【0057】 諧振元件111及112以金屬層形成。金屬層於基板101不以相對於電波透明之任意材料形成之情形時，可以例如銅、鎳或金等金屬薄膜形成。又，金屬層於基板101以相對於電波透明之任意材料形成之情形時，期望以例如氧化鋅(ZnO)、氧化錫(SnO₂)、摻雜錫之氧化銦(ITO)、氧化銦/氧化錫(IZO)等透明導電膜、氮化鈦(TiN)或氮化鉻(CrN)等金屬氮化物、或Low-e(Low emissivity：低輻射率)玻璃用之Low-e膜形成。又，金屬層於基板101以相對於電波透明之任意材料形成之情形時，亦可以例如銅、鎳、或金等網狀之金屬薄膜形成。

【0058】 諧振元件111為俯視時正方形狀之導體。諧振元件111具有於+Y方向側沿X方向延伸之端邊111A。諧振元件112寄生於諧振元件111。由於諧振元件112藉由電磁場耦合與諧振元件111耦合而寄生，故可視作諧振元件111為主諧振元件，且諧振元件112為寄生諧振元件。

【0059】 諧振元件112具有線狀元素112A及112B與PIN(p-intrinsic-n：正-本-負)二極體112C。PIN二極體112C為切換元件之一例。線狀元素112A及112B於X方向平行延伸。線狀元素112A配置於諧振元件111之端邊111A之+Y方向側，線狀元素112B配置於線狀元素112A之+Y方向側。於線狀元素112A及112B間設有PIN二極體112C。作為一例，於線狀元素112A連接有PIN二極體之陰極，於線狀元素112B連接有PIN二極體112C之陽極。

【0060】 又，於線狀元素112A及112B之-X方向側之端部，設有RF

扼流圈113、114。RF扼流圈113連接於基板101背面之接地電位(GND)之接地層，RF扼流圈114連接於控制用端子，被施加控制用電壓BV。控制用電壓BV自控制部5(參照圖2)施加。

【0061】 為獲得諧振元件111與線狀元素112A之電磁場耦合，諧振元件111之短邊111A與線狀元素112A間之間隔作為一例，較佳為 $\lambda_e/10$ 以下，進而佳為 $\lambda_e/30$ 左右。 λ_e 為反射板100R反射之電波之頻率下之波長之電性長度。

【0062】 另，於1個單元110內設置諧振元件111及112之區域之俯視時之X方向及Y方向之長度為 2λ 以下。圖7顯示正方形狀之諧振元件111，但例如如諧振元件111為橢圓形之情形般，X方向及Y方向之尺寸非固定之情形時，1個單元110內設置諧振元件111及112之區域之俯視時之最大的X方向之長度與最大的Y方向之長度只要為 2λ 以下即可。

【0063】 圖8A及圖8B係顯示PIN二極體112C之接通狀態與斷開狀態下之諧振元件112之狀態之圖。若藉由自控制部5(參照圖2)施加之控制用電壓BV，PIN二極體112C接通，則線狀元素112B連接於線狀元素112A，故如圖8A所示，成為諧振元件112之線狀元素112A及112B與諧振元件111耦合之狀態。

【0064】 另一方面，若藉由自控制部5(參照圖2)施加之控制用電壓BV，PIN二極體112C斷開，則因線狀元素112B不連接於線狀元素112A，故如圖8B所示，成為僅諧振元件112中之線狀元素112A與諧振元件111耦合之狀態。

【0065】 如圖8A所示，諧振元件112之線狀元素112A及112B與諧振元件111耦合之狀態與如圖8B所示，僅線狀元素112A與諧振元件111耦合

之狀態相比，諧振元件112之長度變長，形狀變化。因此，如圖8A所示，若將PIN二極體112C接通，則諧振元件112之諧振頻率較PIN二極體112C斷開之狀態降低，成為第1諧振頻率。與其相反，如圖8B所示，若將PIN二極體112C斷開，則諧振元件112之諧振頻率較PIN二極體112C接通之狀態上升，成為第2諧振頻率。已知若2個具有大致相同諧振頻率之諧振元件靠近放置，則因相互作用反射特性變化。諧振元件111之諧振頻率具有與諧振元件112之第1諧振頻率或第2諧振頻率之任一者大致相同諧振頻率之情形時，藉由切換PIN二極體112C之接通與斷開，諧振元件111及112全體之形狀(或長度)變化，藉此，單元110之反射特性變化。

【0066】 諧振元件111及112於PIN二極體112C斷開時及接通時，以賦予作為入射波之電波之相位變化量之絕對值成為約180度之方式，設定諧振元件111之尺寸，及諧振元件112之線狀元素112A及112B。約180度作為一例，意指 $180\text{度}\pm 45\text{度}$ 之範圍內之值。由於諧振元件111及112由導體製作，故可能會有因製造誤差等而相位變化量產生誤差之情形，但只要可藉由切換PIN二極體112C之接通與斷開，對入射波賦予約180度($180\text{度}\pm 45\text{度}$)之相位變化量，則可將作為反射板100R全體之反射角度調整為鏡面反射以外之角度。鏡面反射為正反射，是指藉由通常之金屬反射等之反射，朝產生等相位面之方向反射。

【0067】 反射板100R藉由切換各單元110之PIN二極體112C之接通與斷開，可切換作為所有單元110之集合之反射板100R中之入射波之反射角度(反射方向)。即，反射板100R藉由控制部5切換各單元110之PIN二極體112C之接通與斷開，可2值地控制相位變化量，可將反射角度調整為鏡面反射以外之角度。鏡面反射為正反射，是指藉由通常之金屬反射等之反

射，朝產生等相位面之方向反射。另，反射板100R亦可將反射角度調整為鏡面反射之角度。

【0068】 例如，可以將PIN二極體112C斷開時之單元110之相位變化量為30度，將PIN二極體112C接通時之單元110之相位變化量為210度之方式，2值地控制相位變化量。該情形時，相位變化量之30度為第1值之一例，相位變化量之210度為第2值之一例。PIN二極體112C斷開時之相位變化量與接通時之相位變化量之差的絕對值約為180度(180±45度)。即，相位變化量之第1值與第2值之差之絕對值為180±45度。

【0069】 因此，將所有單元110之PIN二極體112C斷開時，所有單元110之相位變化量之差為0度。由於實際上存在些許偏差，故相位變化量之差約為0度。又，這於將所有單元110之PIN二極體112C接通之情形時亦同樣。

【0070】 又，關於所有單元110，存在PIN二極體112C斷開之單元110與PIN二極體112C接通之單元110之情形時，所有單元110之相位變化量(例如，30度與210度)之差約為180度。由於實際上存在些許偏差，故相位變化量之差約為180度。

【0071】 另，此處，作為一例，已針對諧振元件111為正方形狀，諧振元件112於2條線狀元素112A及112B間具有PIN二極體112C之形態進行說明。然而，諧振元件111之形狀不限於正方形狀，只要可反射電波，則亦可為任何平面形狀。又，諧振元件112只要可藉由利用控制部5切換而變更形狀或長度，則亦可為任何構成。又，不限於PIN二極體112C，亦可為如MEMS(Micro Electro Mechanical Systems：微電子機械系統)開關、變容器、或FET(Field effect transistor：場效電晶體)之電晶體。

【0072】 <以2值控制反射板100R之相位變化量時之各單元110之接通與斷開之分佈之一例>

圖9係顯示以2值控制反射板100R之相位變化量時之各單元110之接通與斷開之分佈之一例之圖。圖9中作為一例，顯示包含X方向及Y方向上40個之合計1600個單元110之反射板100R中之接通與斷開之分佈。

【0073】 圖9與圖5同樣，顯示線性排列之接通與斷開之分佈，圖9中加以簡化而以白色表示接通，以黑色表示斷開。作為一例，接通之單元110施加於反射波之相位變化量為180度，斷開之單元110施加於反射波之相位變化量為0度。

【0074】 <RCS(雷達反射剖面積)之計算方法>

關於反射波之強度，由於後述之圖12A、圖12B、圖14、圖15A、圖15B、圖16A及圖16B中，使用RCS評估，故此處對RCS之求法進行說明。

【0075】 模擬所使用之反射板100R以單元110之反射表面成為XY平面之方式配置。反射板100R之單元110於X方向上具有 dX ，於Y方向上具有 dY 之長度。單元110於X方向上以 dX 之等間隔配置 NX 個，且於Y方向上以 dY 之等間隔配置 NY 個。即，單元110之數量為 $NX \times NY$ ，反射板100R之X方向之長度為 $NX \times dX$ ，Y方向之長度為 $NY \times dY$ 。藉由將X方向之單元110之列之編號定義為 n ，將Y方向之單元110之行之編號定義為 m ，可以 n 與 m 指定單元110之編號。

【0076】 可使用下式(3)，求得雷達反射剖面積 $\sigma(\theta, \phi)$ 。求得雷達反射剖面積 $\sigma(\theta, \phi)$ 時，使用圖10A所示之極座標系。

【0077】 [數3]

$$\sigma(\theta, \phi) = \lim_{r \rightarrow \infty} 4\pi r^2 \frac{Pr(r, \theta, \phi)}{P_0} \quad (3)$$

【0078】圖10A係顯示求得雷達反射剖面積 $\sigma(\theta, \phi)$ 時使用之極座標系之圖。反射板100R位於XYZ座標之原點。天頂角 θ 為相對於+Z方向之角度，如箭頭所示，將自+Z方向下降之角度設為正。方位角 ϕ 為相對於XY平面內之+X方向之方位角，如箭頭所示，將自+X方向朝向+Y方向之角度設為正。 r 為矢徑(radius vector)。圖10A顯示接收點G。

【0079】以此種天頂角 θ (度)、方位角 ϕ (度)及充分遠之矢徑 r (m)特定之接收點G處之雷達反射剖面積 $\sigma(\theta, \phi)$ 可以式(3)求得。接收點G表示自反射板100R接收電波之接收終端之位置。接收終端為使用者終端等。式(3)中， r 為自反射板100R至接收點G之距離(m)，為極座標系上之矢徑。又， P_0 為入射至反射板100R之電波(入射波)之電力密度(W/m^2)。又， P_r 為接收點G處之電力密度(W/m^2)。

【0080】此處，根據惠更斯原理，矢徑 r 之點(X、Y)處之電場E可使用下式(4)計算。

【0081】 [數4]

$$E = -\frac{j}{\lambda} \iint_{RIS} dXdY \frac{Ae^{-jks}}{s} Q(\theta, \phi) \quad (4)$$

A為剛自RIS反射後之複數電場之分佈， s 為反射板100R上之位置與接收點之距離， Q 為單元之每個反射方向之電場反射強度分佈。另，RIS意指以反射板100R全體進行積分。

【0082】此處，式(4)中，以單元110之尺寸進行離散化，以 n 與 m 指定單元110之位置。各單元(n, m)之出射電場 A_{nm} 可使用反射板100R之各單元110之反射係數 $\Gamma_{nm} = \exp(j\psi_{nm})$ 與入射至各單元110之複數電場 E_{nm} ，表示為 $A_{nm} = \Gamma_{nm} \times E_{nm} \times Q(\theta_{in_nm}, \phi_{in_nm})$ ，反射板100R上之位

置與接收點之距離 s 對單元110之每個位置取不同之值，因而在離散化之影響下置換為 s_{nm} ，藉此可以式(5)表示反射後之電場 E 。

【0083】 [數5]

$$E = \frac{1}{j\lambda} \sum_{\substack{1 \leq n \leq NX \\ 1 \leq m \leq NY}} \frac{E_{nm}}{s_{nm}} Q(\theta_{in_nm}, \phi_{in_nm}) Q(\theta_{out_nm}, \phi_{out_nm}) \Gamma_{nm} e^{-jks_{nm}} dXdY \quad (5)$$

其中，如下所述。

λ ：波長

$k=2\pi/\lambda$ ：波數

Q ：對應於入射角及出射角之角度因子

S_{nm} ：第 n 、 m 個單元110與接收點間之距離

(第 n 個為 X 方向上之順序，第 m 個為 Y 方向上之順序)

θ_{in_nm} 、 ϕ_{in_nm} ：入射波之到來角

θ_{out_nm} 、 ϕ_{out_nm} ：出射波之方向(反射方向)

E_{nm} ：入射至第 n 、 m 個單元110之電場(複數)

Γ_{nm} ：第 n 、 m 個單元110之反射係數(複數)

NX 、 NY ：1個反射板100R中之 X 方向及 Y 方向上之單元110之數量

【0084】 單元110之每個反射方向之電場反射分佈強度作為典型例，若置換為 $Q(\theta_{in_nm}, \phi_{in_nm}) = \cos\theta_{in}$ 、 $Q(\theta_{out_nm}, \phi_{out_nm}) = \cos\theta_{out}$ 後，使用將式(5)中求得之電場 E 平方後之值作為電力密度，則可求得式(3)所示之雷達反射剖面積 $\sigma(\theta, \phi)$ 。又，如後述之圖12A、圖12B、圖14、圖15A、圖15B、圖16A及圖16B所示般表示雷達反射剖面積 $\sigma(\theta, \phi)$ 時，作為一例，考慮 XZ 面內之電波之入射與出射，使用圖10B所示之極座標系中之角度 α 。此處，由於順序上無法取得 r 之無限大

之極限，故以相對於反射板100R之尺寸非常大之 r (該例中為1000 m)之距離進行計算。

【0085】圖10B係顯示角度 α (水平角度)之取得方法之圖。角度 α 為相對於XZ平面內之+Z方向之角度，以正角度表示自+Y方向側觀察，較+Z方向更靠逆時針之方向，以負角度表示自+Y方向側觀察，較+Z方向更靠順時針之方向。另，矢徑 r 之取得方法與圖10A之矢徑 r 之取得方法相同。

【0086】〈因反射板100R之平面尺寸引起之波束寬度之差異〉

圖11A及圖11B係說明因反射板100R之平面尺寸之差異引起之波束寬度之差異之一例之圖。平面尺寸為反射板100R之X方向及Y方向之長度。

【0087】圖11A顯示由X方向及Y方向之長度皆為20 cm之反射板100R反射之電波形成之波束B。圖11B顯示由X方向及Y方向之長度皆為40 cm之反射板100R反射之電波形成之波束B。

【0088】可知反射板100R之平面尺寸愈大，波束B之寬度愈窄。因此，認為圖11B所示之X方向及Y方向之長度皆為40 cm之反射板100R之波束B之波束寬度窄於圖11A所示之X方向及Y方向之長度皆為20 cm之反射板100R之波束B。

【0089】圖12A及圖12B分別係顯示具有使用圖11A及圖11B說明之平面尺寸之反射板100R之反射波之角度分佈之模擬結果之一例的圖。圖12A及圖12B中，橫軸表示反射角度即角度 α (度)，縱軸表示RCS(雷達反射剖面積)(dBm²)。另，設定反射方向為±25度。RCS表示反射波之強度。另，電波之頻率作為一例，為28 GHz。

【0090】圖12A中，可確認±25度之方向上存在強度最高之峰值，於

強度最高之峰值(RCS=約18 dBm²)之兩側，存在強度較低之複數(圖12A中為4個)個峰值。存在強度最高之峰值之角度 α 作為一例，將RCS設為15 dBm²以上之範圍，為約23度至約27度之範圍。+25度之方向之強度最高之峰值與兩側之強度較低之複數個峰值之RCS之比為約13 dB～約15 dB。

【0091】 又，圖12B中，可確認±25度之方向上存在強度最高之峰值，於強度最高之峰值(RCS=約30 dBm²)之兩側，存在強度較低之複數(圖12B中為10個)個峰值。存在強度最高之峰值之角度 α 作為一例，將RCS設為27 dBm²以上之範圍，為約24度至約26度之範圍。+25度之方向之強度最高之峰值與兩側之強度較低之複數個峰值之RCS之比為約13 dB～約25 dB。

【0092】 圖11A與圖11B所示之波束B分別相當於圖12A及圖12B中強度最高之峰值。由圖12A及圖12B之模擬結果可確認，圖11B所示之X方向及Y方向之長度皆為40 cm之反射板100R之波束B之波束寬度窄於圖11A所示之X方向及Y方向之長度皆為20 cm之反射板100R之波束B。可認為反射板100R之平面尺寸愈大，波束B之寬度愈窄。

【0093】 <與實施形態之電波傳送系統10之反射器100比較用之反射器1>

圖13A係顯示實施形態之電波傳送系統10之反射器100之圖。圖13B係顯示比較用之反射器1之圖。圖13A所示之反射器100與圖4所示之反射器100相同，作為一例，包含4個反射板100R。4個反射板100R於X方向及Y方向上以相互間空出某程度之間隔Dw之狀態配置。

【0094】 此處，各反射板100R之X方向之長度L1作為一例為40 cm

以下，Y方向之長度L2作為一例為40 cm以下。圖13A中，長度L1及長度L2作為一例為20 cm，但長度L1及長度L2較佳為10 cm~40 cm之範圍內。例如，將28 GHz之自由空間波長 λ 設定為約1 cm，單元110之俯視時之X方向及Y方向之長度為 0.5λ ，若於X方向及Y方向各排列40個單元110，則長度L1及長度L2約為20 cm。

【0095】 相互間空出某程度之間隔Dw之狀態是指反射板100R彼此相鄰之間隔Dw作為一例，於X方向上為 $0.2 \times L1$ 以上，於Y方向上為 $0.2 \times L2$ 以上。圖13A中，作為一例，間隔Dw為40 cm。這是相當於 $Dw = 2 \times L1 (= 2 \times L2)$ 之值。間隔Dw較佳為於X方向上為 $0.2 \times L1$ 以上，於Y方向上為 $0.2 \times L2$ 以上，進而佳為於X方向上為 $1.2 \times L1$ 以上，於Y方向上為 $1.2 \times L2$ 以上。圖13A中，作為一例，間隔Dw為20 cm，與長度L1及L2相等。

【0096】 圖13B所示之比較用之反射器1與圖13A所示之實施形態之反射器100相同，包含4個反射板100R，但與實施形態之反射器100之不同點在於，4個反射板100R相互間不空出如上所述之某程度之間隔Dw，以X方向上未達 $0.2 \times L1$ ，且Y方向上未達 $0.2 \times L2$ 之間隔配置。更具體而言，作為一例，4個反射板100R之間隔為0 mm。

【0097】 <反射器100與比較用之反射器1之電波之強度分佈>

圖14係顯示反射器100與比較用之反射器1之電波之強度分佈之模擬結果之一例的圖。圖14中，橫軸表示反射角即角度 α (度)，縱軸表示RCS(dBm^2)。RCS係使用式(3)算出之值。

【0098】 圖14中，以實線表示反射器100反射之電波之強度分佈，以虛線表示比較用之反射器1之電波之強度分佈。設定反射方向為 ± 25 度。又，圖14中，對於反射器100反射之電波之強度分佈所含之19個峰

值，自左側起依序記上編號1~19。位於設定反射方向之強度最高之峰值為11號。

【0099】 反射器100反射之電波之強度分佈中，位於設定反射方向之強度最高之峰值(11號)之RCS與比較用之反射器1反射之電波之強度分佈中，位於設定反射方向之強度最高之峰值之RCS大致相等，約為27 dBm²。又，反射器100反射之電波中之強度最高之峰值(11號)之寬度(角度 α 之寬度)窄於比較用之反射器1反射之電波中之強度最高之峰值之寬度(角度 α 之寬度)。這與圖12A及圖12B所示之結果相同。

【0100】 又，反射器100反射之電波之強度分佈中，與比較用之反射器1反射之電波之強度分佈相比，位於強度最高之峰值(11號)兩側之複數個峰值(1~10號與12~19號)之寬度(角度 α 之寬度)較窄，但電波之強度較高。即，藉由如反射器100般將4個反射板100R某程度隔開配置，位於強度最高之峰值(11號)兩側之複數個峰值(1~10號與12~19號)之電波之強度增大。

【0101】 強度最高之峰值(11號)之RCS與兩旁之10號及12號峰值之RCS之比約為2 dB。10號及12號峰值之RCS約為25 dBm²，為足夠供接收終端進行通信之位準之電波強度。又，自強度最高之峰值(11號)觀察，第一外側之9號及13號峰值之RCS與強度最高之峰值(11號)之RCS之比約為7 dB，但9號及13號峰值之RCS約為20 dBm²，為足夠供接收終端進行通信之位準之電波強度。作為一例，即使RCS小於強度最高之峰值之RCS，只要比為10 dB以下，則可認為係足夠供接收終端進行通信之位準之電波強度，作為接收終端進行通信所需之電波強度，為20 dBm²左右。

【0102】 作為一例，為了獲得與強度最高之峰值之RCS之比為3 dB

以下之兩旁之峰值(相當於10號及12號之峰值)，或第二外側之峰值(相當於9號及13號之峰值)，可以模擬確認反射板100R彼此相鄰之間隔 D_w 較佳為 $0.2 \times L_1$ 以上且 $0.2 \times L_2$ 以上。又，可以基於惠更斯原理之模擬確認進而佳為 $1.2 \times L_1$ 以上且 $1.2 \times L_2$ 以上。

【0103】認為反射器100反射之電波之強度分佈中，1~19號峰值中相鄰峰值彼此間之谷部分成為零點。相鄰峰值彼此間之谷部分為圖14中實線所示之特性所含之極小值之部分。於存在零點之角度之方向上，存在接收終端之情形時，接收終端無法接收由反射器100反射之電波。

【0104】因此，實施形態之電波傳送系統10除強度最高之峰值(11號)外，利用強度最高之峰值(11號)兩側之複數個峰值，有效探索接收終端。這是因為藉由將反射板100R彼此某程度隔開配置，強度最高之峰值(11號)兩側之複數個峰值之RCS增大。關於兩側之複數個峰值，只要使用具有接收終端可接收之RCS之峰值即可。以下，關於探索方法，使用圖15A及圖15B進行說明。

【0105】另，此處，針對反射板100R彼此於X方向及Y方向上空出間隔 D_w ($D_w > 0$)配置之形態進行說明，但反射板100R彼此只要於X方向及Y方向之至少一方向上空出間隔 D_w 配置即可。藉由於X方向及Y方向之至少一方向上空出間隔 D_w 配置反射板100R彼此，可增大強度最高之峰值兩側之複數個峰值之RCS。

【0106】 <接收終端之探索方法>

圖15A及圖15B係說明電波傳送系統10之接收終端之探索方法之一例之圖。圖15A及圖15B中，橫軸表示角度 α (度)，縱軸表示RCS(dBm^2)。

【0107】圖15A及圖15B中，實線、虛線及一點鏈線之特性表示藉

由利用電波傳送系統10之控制部5，進行切換反射器100之4個反射板100R之各單元110之接通與斷開之控制調整設定反射方向而得之反射波之強度分佈。實線、虛線及一點鏈線所示之反射波之強度分佈分別具有4個峰值。作為一例，實線、虛線及一點鏈線所示之反射波之強度分佈各者，4個峰值中之中央之2個峰值之RCS相等，外側之2個峰值之RCS雖彼此相等，但作為一例，RCS較中央之2個峰值降低3 dB左右。圖15A及圖15B所示之4個峰值具有足夠作為由接收終端接收之電波之強度。另，作為一例，設定反射方向為中央之2個峰值之中心。

【0108】圖15A中，作為一例，虛線之強度分佈相對於實線之強度分佈朝角度 α 之負方向偏移1個峰值量，一點鏈線之強度分佈相對於實線之強度分佈朝角度 α 之正方向偏移1個峰值量。圖15B中，作為一例，虛線之強度分佈相對於實線之強度分佈朝角度 α 之負方向偏移2個峰值量，一點鏈線之分佈相對於實線之強度分佈朝角度 α 之正方向偏移2個峰值量。

【0109】圖15A及圖15B中，實線、虛線及一點鏈線所示之強度分佈以影像而非模擬結果來表示，可藉由控制部5控制4個反射板100R之各單元110之接通與斷開而實現。因此，藉由控制部5控制4個反射板100R之各單元110之接通與斷開，可於角度 α 之方向上掃描反射器100反射之電波之強度分佈。

【0110】圖15A中，例如為了獲得實線所示之特性，控制部5設定4個反射板100R之各單元110之接通與斷開時，若於實線之特性之谷部分(零點)存在接收終端，則接收終端無法接收反射器100反射之電波。控制部5控制4個反射板100R之各單元110之接通與斷開，若虛線或一點鏈線所示之強度分佈自實線之強度分佈偏移1個峰值量，則虛線或一點鏈線之峰

值中之至少一者與實線之強度分佈之谷部分重疊。藉此，只要虛線或一點鏈線之峰值與接收終端之位置重疊，則接收終端可接收由反射器100反射之電波。另，這於圖15B中亦同樣。

【0111】 電波傳送系統10如上所述，控制部5控制4個反射板100R之各單元110之接通與斷開，掃描反射器100之反射角度，藉此探索接收終端。例如，控制部5將反射器100之反射角度設定為第1反射角度時，可獲得實線之強度分佈，控制部5將反射器100之反射角度設定為第2反射角度時，可獲得虛線或一點鏈線之強度分佈。藉由將反射器100之反射角度於第1反射角度與第2反射角度間切換，設定反射方向變化。

【0112】 即，藉由控制部5於第1反射角度至第2反射角度，掃描反射器100之反射角度，虛線或一點鏈線之峰值中之至少一者與實線之強度分佈之谷部分重疊。電波傳送系統10藉由如此於第1反射角度或第2反射角度掃描反射器100之反射角度，探索接收終端。

【0113】 <接收終端之探索方法之模擬結果>

圖16A係顯示掃描由反射器100反射之電波之強度分佈之模擬結果之一例的圖。圖16B係顯示掃描由比較用之反射器1反射之電波之強度分佈之模擬結果之一例的圖。圖16A及圖16B中，橫軸表示角度 α (度)，縱軸表示RCS(dBm^2)。此處進行之模擬係基於式(3)及式(5)之模擬，且係基於惠更斯原理之模擬。

【0114】 圖16A及圖16B中，重疊顯示於10種反射角度掃描反射器100及反射器1之反射角度時之強度分佈。圖16A中，強度最高之峰值之RCS約為33 dBm^2 ，強度第2高之峰值(子峰值)之RCS約為26 dBm^2 。圖16B中，強度最高之峰值之RCS約為34 dBm^2 ，強度第2高之峰值(子峰值)

之RCS約為22 dBm²。

【0115】 圖16A所示之10個強度分佈中，可確認於角度 $\alpha=0.6$ 度～25.4度之範圍內可獲得RCS為26 dBm²以上之強度，但圖16B所示之10個強度分佈中，於角度 $\alpha=4$ 度～26度之範圍內可獲得RCS為26 dBm²以上之強度。即，可知實施形態之反射器100能以較比較用之反射器1寬出約10%之角度 α 探索接收終端。換言之，可知能以減少約10%之掃描探索接收終端。又，圖16B中，可知因強度最高之峰值彼此間之谷較為顯眼，故即使於10種反射角度進行掃描，亦有接收終端無法接收之虞。

【0116】 如上所述，藉由於X方向及Y方向上，於4個反射板100R間空出某程度之間隔Dw配置，於強度最高之峰值(11號)兩側，與不空出某程度之間隔Dw配置之情形相比，可獲得RCS增大之複數個峰值。且，藉由控制部5控制4個反射板100R之各單元110之接通與斷開，並掃描反射器100之反射角度，可於反射器100之反射角度為第1反射角度時之峰值彼此間之谷部分，配置將反射器100之反射角度設定為第2反射角度時之峰值。如此，藉由於4個反射板100R間空出某程度之間隔Dw配置，掃描反射器100之反射角度，可擴大RCS為規定值以上之角度 α 之範圍。RCS之規定值例如為使用圖16A說明之26 dBm²。

【0117】 <效果>

電波傳送系統10包含具有可掃描反射角度之複數個反射板100R之反射器100，與掃描複數個反射板100R之反射角度之控制部5。複數個反射板100R各自具有X方向上之長度L1與Y方向上之長度L2，複數個反射板100R沿X方向及Y方向2維排列，可以鏡面反射以外之角度反射電波，複數個反射板100R中之至少一部分反射板100R彼此相鄰之間隔於X方向上

為 $0.2 \times L1$ 以上，或者於Y方向上為 $0.2 \times L2$ 以上。控制部5於將反射角度設定為第1反射角度之情形時，以複數個峰值中之至少任一者位於由複數個反射板100R反射之電波之強度之複數個峰值彼此之間之位置之方式，於第2反射角度掃描反射角度。如此，藉由於複數個反射板100R中之至少一部分反射板100R彼此間，於X方向上空出 $0.2 \times L1$ 以上，於Y方向上空出 $0.2 \times L2$ 以上之間隔，掃描反射器100之反射角度，可擴大RCS為規定值以上之角度 α 之範圍。因此，可以更少之掃描次數有效探索接收終端。

【0118】 反射板彼此之相鄰間隔較佳為複數個反射板100R中之至少一部分反射板彼此之相鄰間隔於X方向上為 $0.5 \times L1$ 以上，且至少一部分反射板彼此之相鄰間隔於Y方向上為 $0.5 \times L2$ 以上。此種情形時，X方向、Y方向之兩方向上，可以更少之掃描次數有效探索接收終端。

【0119】 又，反射板彼此之相鄰間隔較佳為於至少一部分反射板中，相鄰間隔於X方向上為 $0.5 \times L1$ 以上，且於Y方向上為 $0.5 \times L2$ 以上。該情形時，可以相對較少之反射板之個數，於X方向、Y方向之兩方向上，以更少之掃描次數有效探索接收終端。

【0120】 又，反射板100R彼此之相鄰間隔進而佳為於所有反射板100R中，相鄰間隔於X方向上為 $0.5 \times L1$ 以上，且於Y方向上為 $0.5 \times L2$ 以上。可以個數相對較少之反射板100R，於X方向、Y方向之兩方向上，以更少之掃描次數有效探索接收終端。

【0121】 因此，可提供一種可藉由將反射板100R彼此隔開配置之狀態下之電波之強度分佈強弱之位置錯開，有效探索接收終端之電波傳送系統10及接收終端之探索方法。

【0122】 又，由於各反射板100R之長度 $L1$ 及長度 $L2$ 為40 cm以下，

故可謀求小型化，且於反射時確實對電波施加相位變化量，可確實朝設定反射方向反射反射波。

【0123】 又，由於電波為毫米波段之電波，故可提供於反射第五代移動通信系統(5G)或Sub-6等之頻帶之電波時，可有效探索接收終端之電波傳送系統10。

【0124】 又，各反射板100R具有反射電波時可使電波之相位變化之複數個單元110，各反射板100R中電性控制複數個單元110使電波之相位變化之相位變化量。因此，可使相位變化量變化為連續值中之任意值，可多值地控制相位變化量。

【0125】 又，由於各反射板100R之複數個單元110於X方向上排列10個以上，且於Y方向上排列10個以上，故反射時可確實對電波施加相位變化量，可確實朝設定反射方向反射反射波。

【0126】 又，若將電波之波長之自由空間長設為 λ ，則單元110之X方向之長度及單元110之Y方向之長度皆為 2λ 以下，故可謀求小型化，且反射時可確實對電波施加相位變化量，可確實朝設定反射方向反射反射波。

【0127】 又，單元110具有可以電性控制調整相位變化量之移相器，移相器以液晶或強介電質構成。因此，可使用以液晶或強介電質構成之移相器，使相位變化量變化成連續值中之任意值，可多值地控制相位變化量。

【0128】 又，各反射板100R之各單元110使電波之相位變化之相位變化量為第1值或第2值之2值，複數個反射器100將各反射器100之複數個單元110之相位變化量設定為第1值或第2值，藉此可以複數個反射角度反

射電波。因此，藉由2值地控制相位變化量，可將反射角度調整為鏡面反射以外之角度。

【0129】 又，由於第1值與第2值之差為 $180^\circ \pm 45^\circ$ ，故考慮因製造誤差等引起之偏差，2值地控制相位變化量，由此可將反射角度調整為鏡面反射以外之角度。

【0130】 又，單元110具有諧振元件111、諧振元件112、及可將諧振元件112之諧振頻率以電性控制切換為第1諧振頻率或第2諧振頻率之切換元件，切換元件為PIN二極體、MEMS開關、變容器或電晶體。因此，可確實2值地控制相位變化量，可減少無用反射，且確實朝設定反射方向反射電波。

【0131】 以上，已針對本揭示之例示性電波傳送系統及接收終端之探索方法進行說明，但本揭示並非限定於具體揭示之實施形態者，可於不脫離申請專利範圍而進行各種變化或變更。

【0132】 另，本國際申請案係基於2022年5月20日提出申請之日本專利申請案第2022-083278號而主張優先權者，其全部內容以引用之方式併入本國際申請案中。

【符號說明】

【0133】

1:反射器

5:控制部

6:壁

10:電波傳送系統

100:反射器

100R:反射板
101:基板
110:單元
111:諧振元件
111A:端邊
112:諧振元件
112A:線狀元素
112B:線狀元素
112C:PIN二極體
113:RF扼流圈
114:RF扼流圈
B:波束
BD:建築物
BV:控制用電壓
d:間距
Dw:間隔
F:點
G:接收點
GND:接地電位
L1:第1長度
L2:第2長度
P:點
R:電波

r:矢徑

RB:無線基地台

RCS:雷達反射剖面積

RS:基地台

U1:使用者終端

U2:使用者終端

α :角度

θ :天頂角

ϕ :方位角

【發明申請專利範圍】

【請求項1】

一種電波傳送系統，其包含：

反射器，其具有可掃描反射角度之複數個反射板；及

控制部，其掃描上述複數個反射板之反射角度；且

上述複數個反射板各自具有第1軸向上之第1長度L1、與第2軸向上之第2長度L2，

上述複數個反射板沿上述第1軸向及上述第2軸向2維排列，可以鏡面反射以外之角度反射電波，

上述複數個反射板中之至少一部分反射板彼此相鄰之間隔於上述第1軸向上為 $0.2 \times L1$ 以上，或者於上述第2軸向上為 $0.2 \times L2$ 以上，

上述控制部於將上述反射角度設定為第1反射角度之情形時，以複數個峰值中之至少一者位於由上述複數個反射板反射之電波之強度之上述複數個峰值彼此之間的位置之方式，於第2反射角度掃描上述反射角度。

【請求項2】

如請求項1之電波傳送系統，其中若將上述電波之自由空間中之波長設為 λ ，則各反射板之上述第1長度L1及上述第2長度L2為 40λ 以下。

【請求項3】

如請求項1之電波傳送系統，其中上述電波為毫米波段之電波。

【請求項4】

如請求項1之電波傳送系統，其中各反射板具有複數個反射部，其等於反射上述電波時，可使上述電波之相位變化，

各反射板中，電性控制上述複數個反射部使上述電波之相位變化之

相位變化量。

【請求項5】

如請求項4之電波傳送系統，其中各反射板中之上述複數個反射部於上述第1軸向上排列10個以上，且於上述第2軸向上排列10個以上。

【請求項6】

如請求項4之電波傳送系統，其中若將上述電波之自由空間中之波長設為 λ ，

則上述反射部之上述第1軸向之長度、及上述反射部之上述第2軸向之長度皆為 2λ 以下。

【請求項7】

如請求項4之電波傳送系統，其中上述反射部具有可以電性控制調整上述相位變化量之相位調整部，

上述相位調整部以液晶或強介電質構成。

【請求項8】

如請求項4之電波傳送系統，其中各反射板之各反射部使上述電波之相位變化之相位變化量為第1值或第2值之2值，

上述複數個反射板藉由將各反射板中之上述複數個反射部之上述相位變化量設定為上述第1值或上述第2值，可以複數個反射角度反射上述電波。

【請求項9】

如請求項8之電波傳送系統，其中上述第1值與上述第2值之差為180度 \pm 45度。

【請求項10】

如請求項4之電波傳送系統，其中上述反射部具有：

第1諧振元件；

第2諧振元件；及

切換元件，其可將上述第2諧振元件之諧振頻率以電性控制切換為第1諧振頻率或第2諧振頻率；且

上述切換元件為PIN二極體、MEMS開關、變容器或電晶體。

【請求項11】

一種探索方法，其係探索接收由反射器反射之電波之接收終端者，且上述反射器具有可掃描反射角度之複數個反射板，

上述複數個反射板各自具有第1軸向上之第1長度 $L1$ 、與第2軸向上之第2長度 $L2$ ，

上述複數個反射板沿上述第1軸向及上述第2軸向2維排列，可以鏡面反射以外之角度反射電波，

上述複數個反射板中之至少一部分反射板彼此相鄰之間隔於上述第1軸向上為 $0.2 \times L1$ 以上，或者於上述第2軸向上為 $0.2 \times L2$ 以上，

將上述反射角度設定為第1反射角度之情形時，藉由以複數個峰值中之至少一者位於由上述複數個反射板反射之電波之強度之上述複數個峰值彼此之間的位置之方式，於第2反射角度掃描上述反射角度，而探索上述接收終端。

〔發明圖式〕

