

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 932 475**

21 Número de solicitud: 202130646

51 Int. Cl.:

H01Q 1/38 (2006.01)

H01Q 5/00 (2015.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

09.07.2021

43 Fecha de publicación de la solicitud:

19.01.2023

Fecha de concesión:

11.05.2023

45 Fecha de publicación de la concesión:

19.05.2023

73 Titular/es:

UNIVERSIDAD DE ALCALÁ (100.0%)
Plaza de San Diego, s/n
28801 Alcalá de Henares (Madrid) ES

72 Inventor/es:

ROSADO SANZ, Javier;
JARABO AMORES, M^a Pilar;
DE LA MATA MOYA, David Anastasio;
DEL REY MAESTRE, Nerea y
GÓMEZ DEL HOYO, Pedro José

54 Título: **ANTENA COMPACTA DE DOBLE BANDA PARA TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE SEÑALES VHF Y UHF BAJO RESTRICCIONES DE PESO Y VOLUMEN**

57 Resumen:

Se presenta una antena compacta de doble banda para transmisión y recepción de señales VHF y UHF bajo restricciones de peso y volumen que podría utilizarse para comunicaciones y vídeo en sistemas no tripulados aéreos (UAS), terrestres o de superficie. La antena omnidireccional de tipo monopolo impreso aporta la modificación del parche, una red de adaptación interna, tamaño eléctrico muy reducido en relación a la menor frecuencia de operación y adaptación en doble banda.

El modo de realización presentado como ejemplo de aplicación, considera la instalación en la cola de un UAS Clase I Mini, una banda centrada en 419MHz con ancho de banda relativo del 5% para telecomandos entre la estación terrena y el UAS, y una banda centrada en 2,5GHz con un ancho de banda relativo del 40%, para la transmisión de vídeo a la estación terrena. La invención permite cumplir restricciones severas de peso, volumen y cobertura.

ES 2 932 475 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015. Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

DESCRIPCIÓN

ANTENA COMPACTA DE DOBLE BANDA PARA TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE SEÑALES VHF Y UHF BAJO RESTRICCIONES DE PESO Y VOLUMEN

5

SECTOR DE LA TÉCNICA

10 La presente invención se enmarca dentro del sector de las tecnologías y sistemas de telecomunicaciones, concretamente en el sector antenas, tratándose de un diseño de una antena plana omnidireccional de doble banda implementada en tecnología de parche microstrip. Las antenas planas objeto de esta patente permiten dimensiones y peso reducidos, siendo apropiadas para su montaje en sistemas no tripulados aéreos (UAS, del inglés "Unmanned Aircraft System"), terrestres (UGVs, "Unmanned Ground Vehicles") o de superficie (USVs, del inglés, "Unmanned Surface Vehicles"). La antena plana de doble banda de la
15 invención se aplica a las bandas VHF y UHF.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

20 En los últimos años, el uso de los sistemas no tripulados o tripulados a distancia ha experimentado un importante crecimiento, tanto en aplicaciones civiles como en operaciones militares. Se consideran sistemas aéreos (UAS), terrestres (UGV) y superficiales (USV). Las aplicaciones de estos sistemas son muy diversas, siendo las más comunes en el campo militar la vigilancia marítima o de fronteras y las misiones de reconocimiento en zonas de conflicto y, en el campo civil, la verificación y chequeo de infraestructuras, la gestión forestal y agrícola y aplicaciones multimedia [1] [2]. La invención nace de la necesidad de integrar un sistema de antenas en el segmento móvil de un UAS/ UGV/ USV, que permita tanto la comunicación de datos (telecomandos y telemetría), como la transmisión de vídeo al segmento terreno. Los
25 requisitos son una antena omnidireccional de bajo peso y perfil que cubra dos bandas frecuenciales alejadas. La banda de frecuencias más baja podría usarse para las comunicaciones de telecomando y telecontrol debido a que estos sistemas de comunicación imponen severos requisitos de fiabilidad y robustez, pero no requieren elevados anchos de banda, características que cumplen las frecuencias más bajas [3][4]. Las frecuencias más
30 elevadas podrían dedicarse a la transmisión de vídeo, cuyos requisitos de ancho de banda de
35

transmisión son superiores. En la actualidad se observa un creciente interés en la utilización de frecuencias en las bandas de 433 MHz y 868 MHz para UAS civiles en muchos países y en la banda de 915 MHz en Estados Unidos [4].

5 La antena descrita en la presente invención tiene como objetivo el poder embarcarse en la cola de un UAS con severas restricciones de volumen. A modo de ejemplo, se considera un UAS de Clase I Mini, cuya misión principal sería la vigilancia mediante cámara óptica [5]. El tamaño del UAS limita el espacio disponible para ubicar la antena en la cola a un volumen que puede ser tan reducido como 150mmx120mmx10mm. Las comunicaciones de datos
10 (telecomandos y telemetría) entre la estación terrena y el segmento aéreo se llevarían a cabo en banda estrecha en frecuencias entre 406 y 430 MHz según los Usos Nacionales UN-29 y UN-31 recogidos en el Cuadro Nacional de Atribuciones de Frecuencias [6]. La transmisión de vídeo en banda ancha entre el segmento aéreo y la estación terrena se llevaría a cabo en la banda ICM entre 2,4 y 2,5 GHz (CNAF UN-51 [6]). La antena embarcada descrita debe
15 soportar el flujo de comunicaciones en ambas bandas.

La invención está basada en una antena monopolo impresa en tecnología microstrip, ya que este tipo de antenas presentan un diagrama de radiación omnidireccional como el requerido para estas aplicaciones. Este tipo de antena, descrita por primera vez en [7], está compuesta
20 por un parche metálico generalmente rectangular, aunque pueden ser de otras formas, alimentado por una línea microstrip, ambos sobre un substrato dieléctrico, por debajo del cual se ubica un plano de masa parcial sin cubrir en ningún caso la zona donde se ubica el parche. En [7] se especifica que la longitud del parche debe ser un cuarto de la longitud de onda en el dieléctrico (λ_r) a la frecuencia de trabajo más baja. Por otro lado, la longitud del plano de masa
25 afecta a las características de radiación y suele ocupar un 20% del tamaño total de la antena. Otras patentes relevantes para comprender esta invención son las siguientes. En [8] se detalla la invención de una antena de tipo monopolo impreso de doble banda para los estándares IEEE 802.11b/g/n y IEEE 802.11a (2,4-2,5 GHz y 4,9-5,85 GHz). En [9] se expone la invención de una antena de parche de doble banda (2,4 GHz y 5-6 GHz), de aproximadamente $0,4\lambda$ de
30 tamaño sobre la frecuencia más baja, con posible aplicación en sistemas UAV (Unmanned Aerial Vehicle). La patente descrita en [10] reivindica una configuración de antena de parche tipo PIFA ubicada en el cuerpo de un UAV para una única frecuencia y ancho de banda de operación. La patente [11] presenta el diseño de una antena de parche con substratos apilados, que, situada en el cuerpo de un UAV, opera entre 467 y 479 MHz para las
35 comunicaciones con este sistema. La antena presenta una ganancia mayor de 0dB. Las

antenas de doble banda descritas en [8] y [9] están concebidas para su utilización en comunicaciones inalámbricas en las bandas usadas en WiFi, por lo que no consideran las frecuencias inferiores que en la presente invención se destinarían a las comunicaciones de datos. En [10] se reclama el uso de una única frecuencia y ancho de banda de operación sin especificar valores concretos. Finalmente en [11], el diseño es específico para frecuencias entre 467 y 479 MHz, que permitiría la transmisión de datos, pero no de vídeo.

En el estado del arte también encontramos artículos científicos que presentan antenas de tipo monopolo impreso que merecen ser destacadas. En [12] se presenta una antena de tipo monopolo impreso, para las comunicaciones de telecomandos a 437 MHz entre un microsatelite y la estación terrena. La antena presenta un tamaño de $0,47\lambda_r \times 0,41\lambda_r$ en el dieléctrico utilizado (FR4) a la menor frecuencia de operación. En [13] se presenta una antena tipo monopolo compacta de tan solo $0,17\lambda_r \times 0,11\lambda_r$ de tamaño, sobre un substrato FR4. La reducción del tamaño se consigue mediante la aplicación de 3 cortes al comienzo del parche, cada uno de un tamaño distinto, en forma de escalón. La antena puede operar entre 3,9 y 21,4 GHz.

EXPLICACIÓN DE LA INVENCION

La invención consiste en una antena monopolo impresa en tecnología microstrip. Este tipo de antenas presentan un diagrama de radiación omnidireccional como el requerido para estas aplicaciones. Este tipo de antena está compuesta por un parche metálico generalmente rectangular, aunque pueden ser de otras formas, alimentado por una línea microstrip, ambos sobre un substrato dieléctrico, por debajo del cual se ubica un plano de masa parcial sin cubrir en ningún caso la zona donde se ubica el parche.

La presente invención da a conocer una antena de doble banda para la transmisión y recepción de telecomandos y vídeo entre un sistema UAS, en el que irá embarcado, y la estación terrena. El elemento radiante se basa en una antena tipo monopolo impreso cuyas principales novedades o aportaciones son las siguientes:

- Se añade una red de adaptación interna diseñada para conseguir la adaptación en banda dual y un reducido tamaño eléctrico relativo a la banda baja. La red de adaptación es de tipo salto de impedancia distribuida en varios tramos de líneas microstrip ubicadas al inicio de la línea de alimentación. La longitud y anchura de estas

líneas se optimiza para conseguir la adaptación deseada en ambas bandas frecuenciales. Sin perjuicio del uso de otras técnicas de optimización, esta se puede llevar a cabo mediante un algoritmo de búsqueda directa basado en patrones.

- 5 - El parche rectangular ha sido modificado con dos aberturas o cortes en la región en la que se inserta la alimentación para mejorar la adaptación a frecuencia baja.
- Se emplea un sustrato dieléctrico de baja densidad, permitiendo un aumento del grosor del mismo y el cumplimiento de los requisitos de ancho de banda, sin perjudicar en términos de peso el rendimiento en vuelo del sistema UAS. Sin pérdida de generalidad, y sólo a modo de ejemplo, podría emplearse el sustrato *Rohacell 51 HF* 10 con constante dieléctrica $\epsilon_r=1,06$ de 8 mm de grosor.
- En la capa inferior del sustrato se ubica el plano de masa que cubre completamente la red de adaptación interna.
- Con estas técnicas se consigue una antena compacta cuyas dimensiones podrían ser del orden de décimas de la longitud de onda a la frecuencia más baja de trabajo, de 15 reducido peso, con diagrama omnidireccional y con adaptación en doble banda.

La presente invención presenta varias ventajas con respecto a otros sistemas de antenas. En primer lugar, el diagrama de radiación omnidireccional es el requerido para la aplicación objetivo del modo de realización de la invención objeto de análisis: embarcarse en un sistema 20 UAS para las comunicaciones de datos y vídeo con la estación terrena en todo momento, independientemente de la posición del sistema. Además, el modo de realización de la invención objeto de análisis permite el desarrollo de un sistema radiante de reducido tamaño que podría embarcarse en el reducido volumen disponible en la cola del UAS. La integración de una red de adaptación interna permite la adaptación a las frecuencias requeridas para las 25 transmisiones de telecomandos, con un tamaño total considerablemente menor al requerido teóricamente en antenas microstrip para la banda de frecuencias seleccionada.

30 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, se acompañan una serie de figuras que representan lo siguiente:

35 Figura 1.- Muestra la vista frontal y el perfil izquierdo de una posible realización del elemento

radiante de la invención. En la vista frontal se aprecian los diferentes elementos para esta posible realización de la invención: parche (1) con los cortes para mejorar la adaptación (5); línea de alimentación microstrip (2); red de adaptación interna (4); plano de masa situado en la cara posterior (3). En la vista de perfil se observa el perfil del plano de masa (3), el parche (1) y el substrato (6).

Figura 2.- Muestra la cola de un sistema UAS de Clase I Mini, dentro de la que podría ir embarcada la antena de la presente la invención. Se muestra el volumen reservado para la antena (7) y el servomotor (8) con el que se deben evitar interferencias electromagnéticas.

Figura 3.- Muestra el módulo del coeficiente de reflexión.

Figura 4.- Muestra el corte en acimut del diagrama de radiación en ganancia en la banda baja de frecuencias, consiguiendo una ganancia máxima de 1,92 dBi.

Figura 5.- Muestra el corte en acimut del diagrama de radiación en ganancia en la banda alta de frecuencia. Se consigue una ganancia máxima de 5,7 dBi.

Figura 6.- Muestra el diagrama de radiación en 3D a 419 MHz.

Figura 7.- Muestra el diagrama de radiación en 3D a 2,5 GHz.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

A continuación, se describe una posible realización de la presente invención, sin limitar por ella el ámbito, aplicabilidad o configuración de la invención. La posible realización incluye una antena tipo monopolo impreso con un parche rectangular modificado y una red de adaptación interna de salto de impedancia para conseguir la adaptación a frecuencias más bajas que el tamaño eléctrico correspondiente a este tipo de antena.

El UAS tiene como objetivo la captura y transmisión de vídeo, para lo que se requiere la utilización de frecuencias superiores y un sistema radiante para su transmisión al segmento terreno. La propuesta de una antena de doble banda evita la necesidad de incluir dos antenas en el espacio disponible para estos fines, evitando a su vez la duplicidad de sistemas de

conexión y cableado a ellas, traduciéndose todo ello en reducción de peso en el sistema UAS final.

La Figura 1 muestra un elemento radiante. La antena consta de dos capas conductoras sobre un material dieléctrico grueso (6) con constante dieléctrica próxima a la unidad. El material elegido en este modo de realización de la invención ha sido *Rohacell 51 HF*, que se ajusta a las características eléctricas buscadas y es ligero, evitando interferir en las características aerodinámicas del sistema UAS. En la capa superior se ubica, en el extremo más próximo al conector, que preferentemente será SMA, una red de alimentación interna de salto de impedancia (4) dividida en 14 tramos de líneas microstrip perpendiculares a la línea de alimentación principal. La impedancia característica de cada una de las líneas se ha calculado mediante técnicas de optimización. Tras la red de adaptación interna continúa la línea de alimentación microstrip (2) que se inserta en el parche rectangular (1) a través de dos cortes en el mismo (5) para mejorar la adaptación en ambas bandas frecuenciales. En la capa inferior del sustrato, en el extremo más cercano al conector, y por tanto por debajo de la red de adaptación (4), se encuentra el plano de masa (3) cubriendo parcialmente la antena. Dicho plano (3) cubrirá únicamente la longitud correspondiente a la red de adaptación (4).

Los parámetros de diseño de la presente invención se recogen en las siguientes tablas.

20

Substrato	
Material	Rohacell 51 HF
ϵ_r	1,06
Densidad	52 kg/m ³
W	110 mm
L	150 mm
Grosor	8 mm

5

10

15

20

25

30

Parche	
Material	Cobre
Grosor	70 μ m
L_{patch}	37,28 mm
W	110 mm
L_{slot}	8 mm
W_{slot}	29 mm

Plano de masa	
Material	Cobre
Grosor	70 μ m
L_{gnd}	48,29 mm
W	110 mm

Alimentación y Red de adaptación	
Impedancia	50 ohm
Material	Cobre
Grosor	70 μ m
W_{feed}	3,2 mm
$W_1 // L_1$	38 // 8,01 mm
$W_2 // L_2$	68,02 // 1,46 mm
$W_3 // L_3$	52,58 // 1,75 mm
$W_4 // L_4$	46,15 // 4,08 mm
$W_5 // L_5$	72,11 // 4,06 mm
$W_6 // L_6$	45,63 // 5 mm
$W_7 // L_7$	7,87 // 1,96 mm
$W_8 // L_8$	6,95 // 4,1 mm
$W_9 // L_9$	37,64 // 4,09 mm
$W_{10} // L_{10}$	43,41 // 4,13 mm
$W_{11} // L_{11}$	70,14 // 4,76 mm
$W_{12} // L_{12}$	14,42 // 3,45 mm
$W_{13} // L_{13}$	49,18 // 1 mm
$W_{14} // L_{14}$	36,70 // 1,23 mm
$W_{15} // L_{15}$	38,66 // 4,62 mm

35 El sistema de antena ha sido diseñado para operar en dos bandas de frecuencias para

transmisión y recepción de diferentes tipos de datos y anchos de banda en cada una de ellas. La antena diseñada con los parámetros de las tablas anteriores presenta adaptación, considerando como requisito que el módulo del coeficiente de reflexión esté por debajo de -10 dB, en las dos bandas de frecuencias de operación: de 409 MHz a 429 MHz, y de 2,04 GHz a 3 GHz, como se muestra en la Figura 3. La utilización del substrato grueso permite la consecución de adaptación en estas frecuencias, que constituyen unos anchos de banda relativos a la frecuencia central de cada banda de 5% y 40%, respectivamente. La primera banda de frecuencias (entre 409 y 429 MHz) se podría utilizar para comunicaciones de telecomandos y datos, mientras que en la segunda (2,04 GHz a 3 GHz) se podría realizar la transmisión de vídeo.

En cuanto a las características de radiación de la antena debe destacarse que presenta un diagrama de radiación omnidireccional en banda baja (Figura 4 y Figura 6) y cuasi-omnidireccional en banda alta (Figura 5 y Figura 7), adecuados para la aplicación considerada. Presenta una ganancia, incluyendo las pérdidas por adaptación, de 1,92 dBi en banda baja y 5,7 dBi en banda alta.

Referencias

- [1] Secretaría de Estado de Defensa, Dirección General de Armamento y Material, “Perfiles IDS: de los UAV a los RPAS”, Madrid 2014. Fuente: infodefensa.com
- 5 [2] Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional, “Los sistemas no tripulados”. Documentos de Seguridad y Defensa. Ministerio de Defensa. Marzo 2012. <https://publicaciones.defensa.gob.es/media/downloadable/files/links/P/D/PDF223.pdf> último acceso 02-03-2021
- 10 [3] Hüseyin Okcu, “Operational Requirements of Unmanned Aircraft Systems Data Link and Communication Systems”, Journal of Advances in Computer Networks, Vol. 4, No. 1, March 2016. Disponible en: <http://www.jacn.net/vol4/199-N3.pdf> . Último acceso 02-03-2021
- [4] M. Zolanvari, R. Jain and T. Salman, "Potential Data Link Candidates for Civilian Unmanned Aircraft Systems: A Survey," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 22, no. 1, pp. 292-319, Firstquarter 2020, doi: 10.1109/COMST.2019.2960366.
- 15 [5] Joint Capability Group for UAS, NATO Naval Armaments Group (JCGUAS-NNAG), “UAV Classification Guide”. Septiembre 2011.
- [6] Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital, “Cuadro Nacional de Atribuciones de Frecuencias (CNAF 2017)”. Fuente: avancedigital.gob.es.
- 20 [7] Michael Wah Cheung Chu, “Monopole Antenna”. Patente Internacional WO1991/05374A1, Gran Bretaña 1989.
- [8] Chih-Yung Huang, “Minified Dual-Band Printed Monopole Antenna”. Patente US8,223,076B2, Estados Unidos 2010.
- [9] Max J. Ammann et al., “Dual-frequency patch antenna”. Patente US10,069,208B2, Estados Unidos 2017.
- 25 [10] Yehuda Kol et al., “Patch Antennas Configuration For An Unmanned Aerial Vehicle”. Patente Internacional WO2017/037696A1, Israel 2017
- [11] Chad Wangsvick et al., “Broadband unmanned aerial vehicle (uav) patch antenna”. Patente US2020/0144704A1, Estados Unidos 2018.
- 30 [12] Nayla Najati et al., “Monopole-Like Meander Microstrip Antenna Onboard Microsatellite for Telecommand Applications”. The 22nd Asia-Pacific Conference on Communications (APCC2016).
- [13] Reza Zaker et al., “A Very Compact Ultrawideband Printed Omnidirectional Monopole Antenna”. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, VOL. 9, 2010

REIVINDICACIONES

- 5
1. Sistema de antena compacta omnidireccional de doble banda para transmisión y recepción de señales VHF y/o UHF bajo restricciones de peso y volumen, que consta de:
- 10
- a. Un elemento radiante basado en un parche rectangular (1) modificado para mejorar la adaptación en las bandas de frecuencia deseadas.
 - b. Una red de adaptación interna (4) que consigue la adaptación en la banda baja, siendo sus frecuencias inferiores a las que cabría esperar con el tamaño de la antena.
 - c. Un plano de masa situado en la cara posterior que cubre la superficie ocupada por la red de adaptación interna.
- caracterizado por:**
- 15
- a. Peso y volumen reducidos que permiten cumplir restricciones de espacio severas impuestas por la plataforma donde ha de instalarse.
- 20
2. Sistema de antena según la reivindicación 1, **caracterizado porque** utiliza un parche rectangular (1) de la antena tipo monopolo impreso modificado con dos cortes (5) alrededor de la inserción de la línea microstrip de alimentación (2), optimizados para mejorar la adaptación en las bandas de frecuencias deseadas, con independencia del algoritmo o técnica de optimización utilizados.
- 25
3. Sistema de antena según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la red de adaptación interna (4) se ubica en el interior de la antena, sobre el plano de masa.
- 30
4. Sistema de antena según las reivindicaciones 1 y 3, **caracterizado porque** la red de adaptación interna (4) se basa en un diseño de saltos de impedancia cuyos parámetros se determinan mediante técnicas de optimización para conseguir la mejor adaptación en las bandas de frecuencia deseadas.
- 35
5. Sistema de antena según las reivindicaciones 1, 3 y 4, **caracterizado porque** la red de adaptación interna (4) está compuesta por un número determinado de líneas microstrip ubicadas perpendicularmente a la línea de alimentación principal y cuyas dimensiones han sido optimizadas para conseguir la mejor adaptación en las bandas frecuenciales deseadas.

6. Sistema de antena según la reivindicación 1, **caracterizado porque** presenta un tamaño compacto, cuya mayor dimensión es del orden de décimas de la longitud de onda calculada para la menor frecuencia de operación.
- 5 7. Sistema de antena según la reivindicación 1, **caracterizado porque** emplea un sustrato de baja densidad que permite un aumento del grosor favoreciendo el ancho de banda y manteniendo un peso muy reducido.
- 10 8. Sistema de antena según las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** presenta características electromagnéticas que cumplen los requisitos de radiación omnidireccional definidos para sistemas UAS, UGVs y USVs.
- 15 9. Sistema de antena según las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** presenta características físicas que cumplen severas restricciones de peso y volumen como las definidas por sistemas UAS de pequeño tamaño (similares a los Clase I Mini) y otros sistemas UGVs y USVs.
- 20 10. Sistema de antena según las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** evita la necesidad de emplear una antena física por cada una de las frecuencias y anchos de banda de operación.

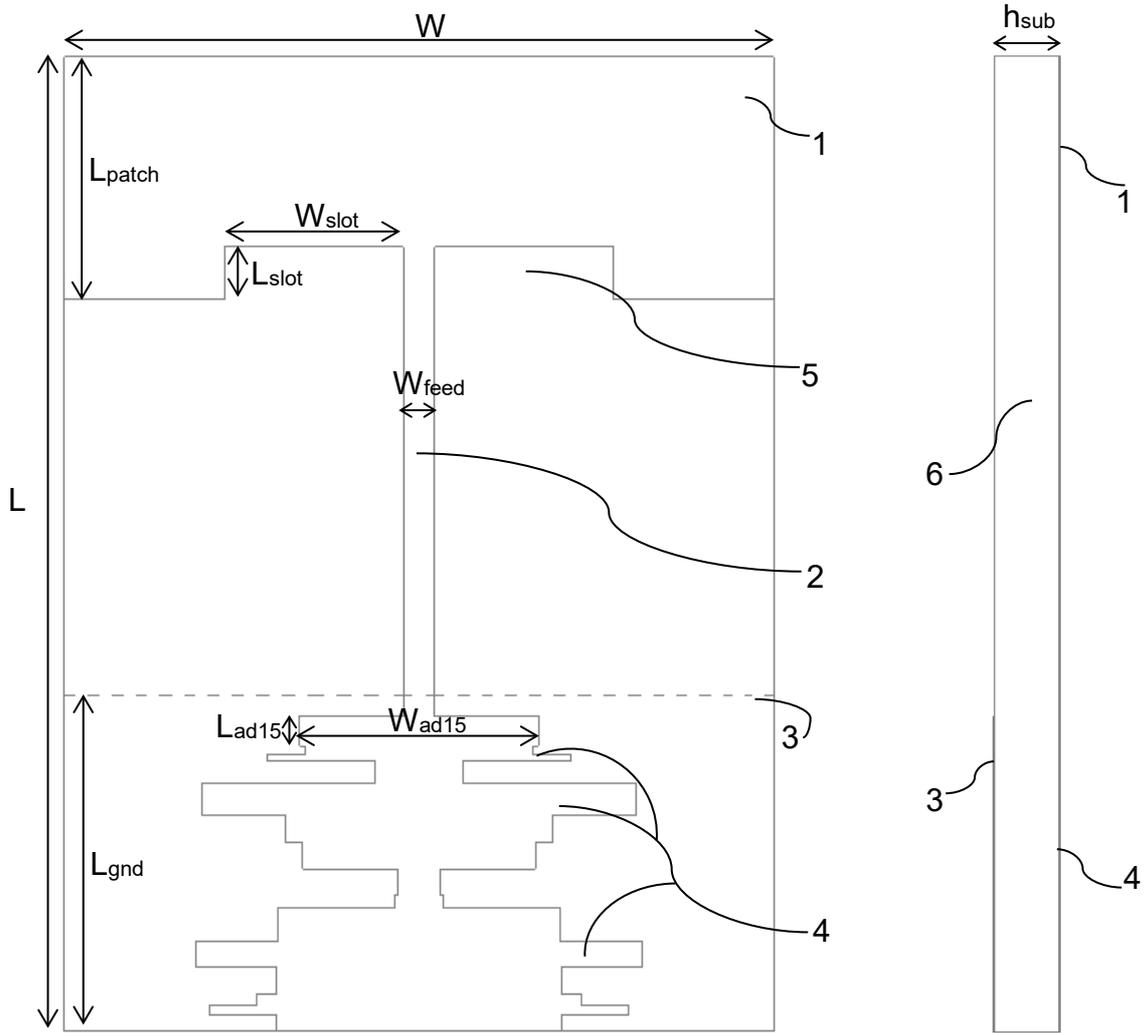


FIG. 1

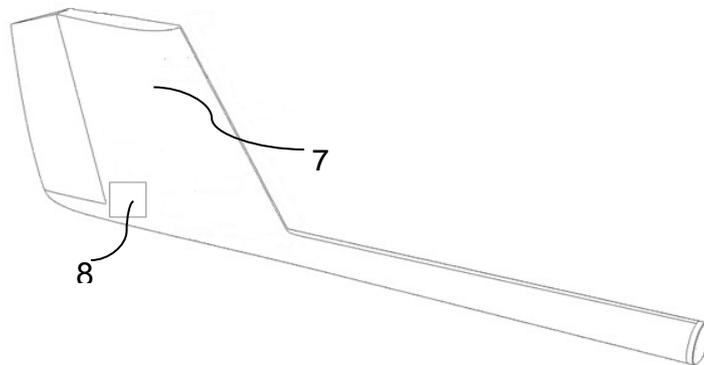


FIG. 2

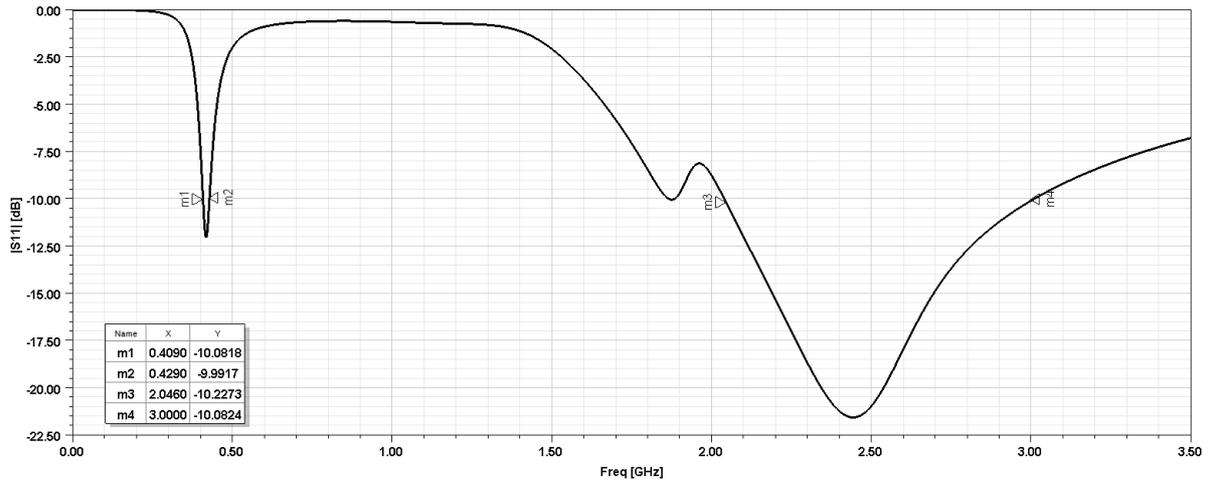


FIG. 3

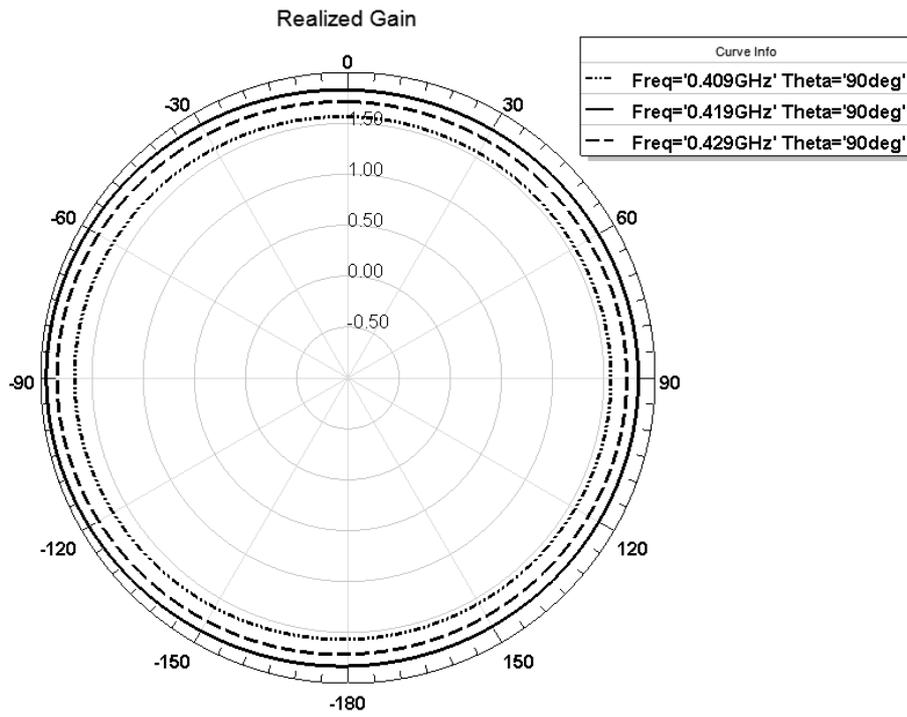


FIG. 4

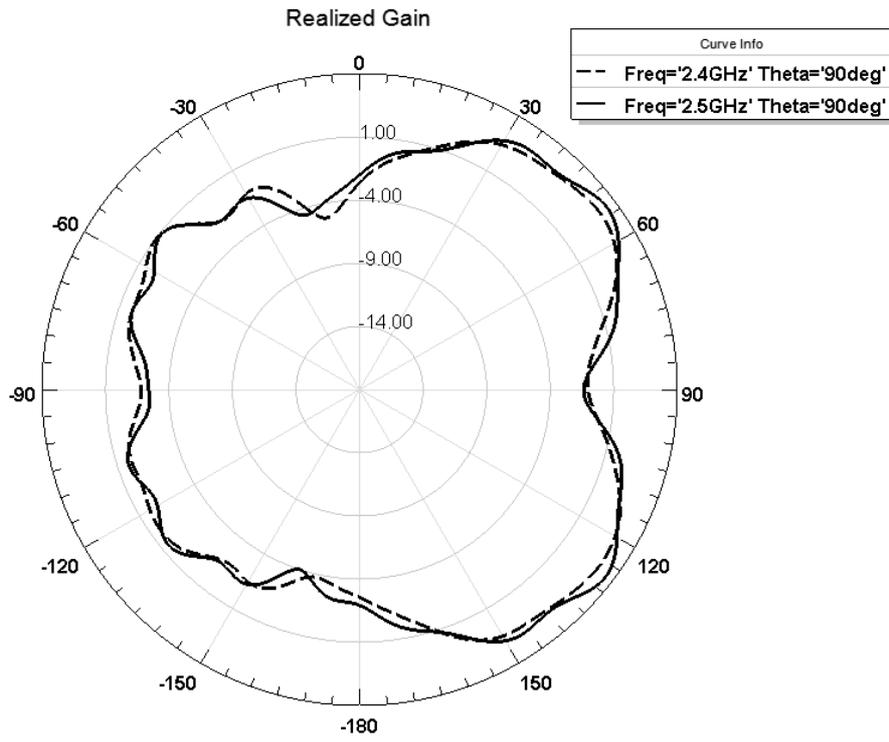


FIG. 5

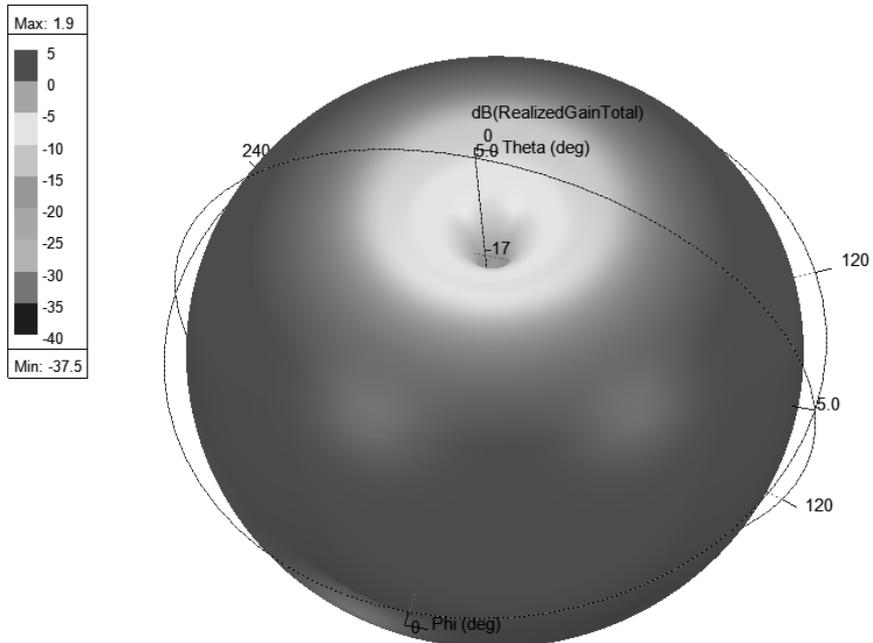


FIG. 6

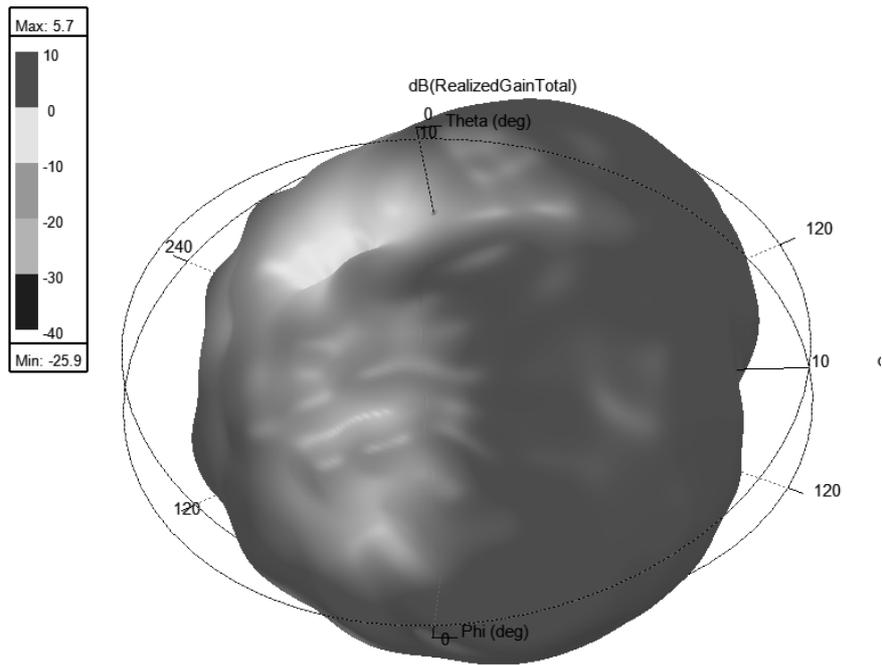


FIG. 7