

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 699 443**

51 Int. Cl.:

F03D 80/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.06.2010 E 10165669 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.10.2018 EP 2267280**

54 Título: **Sistema de protección contra rayos con conductores transversales**

30 Prioridad:

25.06.2009 US 491520

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

11.02.2019

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)
1 River Road
Schenectady, NY 12345, US**

72 Inventor/es:

**MENDEZ HERNANDEZ, YARU NAJEM y
ROESNER, ROBERT**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 699 443 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema de protección contra rayos con conductores transversales

La presente invención se refiere, en general, a sistemas de protección contra rayos y, más concretamente, a un sistema de protección contra rayos para palas de turbinas eólicas y alas de aeronaves (perfiles aerodinámicos).

5 En la técnica es conocida una amplia variedad de sistemas de protección contra rayos de turbinas eólicas y sus palas asociadas. Las turbinas eólicas son generalmente erigidas en espacios abiertos o, en los últimos años, en el mar donde constituyen el punto más alto y a menudo atraen los rayos. Las puntas de las palas de las turbinas eólicas alcanzan la posición más elevada y, por tanto, el emplazamiento usual del impacto de los rayos.

10 En el pasado, el hecho de que las palas estuvieran fabricadas a partir de un material no conductor, como por ejemplo fibra de vidrio, condujo a la creencia de que los rayos no constituían un problema. Sin embargo, dichas palas a menudo están cubiertas por una capa fina de polvo, sal o contaminantes y, junto con la humedad, suponen un riesgo real de conducir una corriente y ello se traduce en que varias palas no protegidas resulten dañadas o destruidas por los rayos. Descubrimientos recientes han demostrado que la geometría de las palas del rotor también desempeña un papel determinante en la formación del arco del rayo y del proceso de descarga.

15 El problema de establecer una protección contra los rayos para las palas de las turbinas eólicas ha generado diversas soluciones diferentes. Una solución está concebida para impedir que la corriente eléctrica procedente de los rayos que chocan con las palas de la turbina eólica entre en el generador y otros componentes eléctricos y electrónicos situados en la parte superior o en la góndola de la turbina eólica. Esto se lleva a cabo conduciendo la corriente eléctrica desde las palas hasta la torre de la turbina eólica y hacia el suelo o el sistema de puesta a tierra.

20 En base a sus posiciones elevadas y al descubierto, las turbinas eólicas ofrecen unas posiciones preferentes para los impactos de los rayos. Las instalaciones de las turbinas eólicas en las zonas con grandes actividades ceráunicas especialmente requieren sistemas de protección complejos. Los componentes más expuestos a los daños son las instalaciones eléctricas, los sistemas electrónicos de control y las palas. Estas últimas están fabricadas de plástico reforzado con fibra de vidrio o fibra de carbono.

25 Sus averías o su destrucción debidas a los rayos es la causa de las paralizaciones más prolongadas de la instalación.

30 Las modernas turbinas eólicas están equipadas con unas palas de aproximadamente 37 m, o más, de longitud. Aunque están fabricadas de plástico reforzado con fibra de vidrio eléctricamente aislante, las palas constituyen los puntos de impacto preferentes para una descarga de los rayos. Para evitar las averías o la destrucción ocasionadas por los impactos de los rayos, estas palas están equipadas con un sistema de protección contra rayos (LPS). El LPS más habitual está compuesto por varios receptores metálicos discretos que están implantados en la carcasa de la pala y que están internamente conectados al suelo por un conductor de bajada. Los receptores proporcionan unas posiciones de impacto definidas para el impacto de los rayos. Una descarga eléctrica por rayo se espera que cambie en la parte externa de la pala del rotor desde un receptor al otro para reducir a formación de las descargas y los arcos eléctricos dentro de la pala del rotor. Para palas más cortas, este concepto demostró ser suficiente, pero para palas más largas, algunas porciones de la superficie de la pala continúan desprotegidas.

35 Los sistemas de protección contra rayos de palas de turbinas eólicas del estado de la técnica utilizaron diversas formas de receptores externos discretos, distribuidos a lo largo de la superficie de la pala del rotor para atraer el destello de los rayos. Debido al número limitado de receptores, hay una gran probabilidad de que los impactos de los rayos incidan en la pala entre dos receptores, lo que supone la destrucción parcial o total del material composite.

40 Debido a este problema, se han propuesto soluciones de protección contra los rayos alternativas, un sistema incluye la laminación de un retículo metálico, de unas películas conductoras y flexibles sobre la carcasa exterior de las palas. La etapa de tratamiento de incluir una retícula metálica dentro del procedimiento de laminación, sin embargo, hace que las últimas sean más complicadas y pueden también incrementar los costes debido a los gastos de material más elevados.

45 De manera similar, los sistemas de protección contra rayos del estado de la técnica para alas de aeronaves (perfiles aerodinámicos) hacen uso de diversas formas de integración de una vía conductora sobre la superficie, por ejemplo, una malla, especialmente para alas, a base de material composite, con el inconveniente de que los daños parciales y locales pueden venir provocados por el punto de fijación de los rayos. El área en proximidad al punto de fijación de los rayos para un perfil aerodinámico puede generalmente resultar dañado lo que, en algunos casos, requiere reparaciones adicionales después del aterrizaje o al menos una inspección. Esta situación puede provocar más tiempo de inactividad de la aeronave lo que incrementa los costes operativos y reduce la disponibilidad de la aeronave.

50 A la vista de lo expuesto, sería ventajoso contar con un sistema de protección contra rayos para turbinas eólicas y alas de aeronaves (perfiles aerodinámicos) que evitar los problemas y los gastos referidos.

5 El documento WO 2005/031158 se refiere a un medio receptor de rayos para una pala de turbina eólica. El documento EP 1 154 537 se refiere a un dispositivo conductor para generadores de turbina eólica. El documento EP 0 718 495 se refiere a una protección contra rayos para una turbina eólica. El documento EP 0 776 823 se refiere a una pala de helicóptero con un blindaje reforzado contra el impacto de los rayos. El documento WO 00/14405 se refiere a una protección contra rayos para una pala de turbina eólica. El documento WO 2005/050808 se refiere a un miembro para una ecualización potencial.

Resumiendo, de acuerdo con una forma de realización de la presente invención, se ha diseñado, de acuerdo con la reivindicación 1, un sistema de protección contra rayos (LPS).

10 Diversas características, aspectos, y ventajas de la presente invención se comprenderán de forma más nítida cuando se analice la descripción detallada subsecuente con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que los mismos caracteres representan las mismas partes a lo largo de los dibujos, en los que:

La Figura 1 ilustra un mecanismo de protección contra rayos de pala de turbina eólica o ala de aeronave de acuerdo con una forma de realización de la invención;

15 la Figura 2 ilustra un mecanismo de protección contra rayos de pala de turbina eólica o ala de aeronave de acuerdo con otra forma de realización de la invención;

la Figura 3 ilustra un mecanismo de protección contra rayos de pala de turbina eólica o de ala de aeronave de acuerdo con otra forma de realización adicional de la invención; y

la Figura 4 ilustra un mecanismo de protección contra rayos de pala de turbina eólica o de ala de aeronave de acuerdo con otra forma de realización más de la invención.

20 Aunque las figuras de los dibujos anteriormente identificadas presentan formas de realización concretas, también se contemplan otras formas de realización de la invención, como se advierte a partir del análisis expuesto. En todos los casos, la presente divulgación presenta unas formas de realización ilustradas de la presente invención a modo de representación y no de limitación. Pueden diseñarse otras múltiples modificaciones y formas de realización por parte de los expertos en la materia que se incluyen dentro del alcance de los principios de la presente invención.

25 La Figura 1 ilustra un mecanismo 10 de protección contra rayos con una punta de pala de turbina eólica de acuerdo con una forma de realización de la invención. Una porción del mecanismo 10 de protección contra rayos incluye una hoja, malla, o película sustancialmente planas de un material 22 eléctricamente conductor o semiconductor dispuesto en una zona 12 de la punta de una pala de turbina eólica o de un ala de aeronave (perfil aerodinámico). De acuerdo con un aspecto de la invención, la pala de turbina eólica o el ala de aeronave está construida a partir de un material predeterminado de fibra reforzada con vidrio o reforzada con carbono. La pala de la turbina eólica o la pala de la aeronave pueden también comprender un conductor descendente como se describe con mayor detalle más adelante dispuesto sobre o integrado con la pala o el ala.

30 El mecanismo 10 de protección contra rayos es fácilmente adaptado a palas del rotor que han sido ya instaladas, es decir reconvertidas. Una porción de la pala del rotor o del ala de la aeronave incluye una zona 12 de la punta, un lado 18 de aspiración, un lado 20 de presión, un borde 14 de ataque y un borde 16 posterior. De acuerdo con un aspecto, una hoja 22 conductora o semiconductor sustancialmente planar está dispuesta por dentro de la zona 12 de la punta de la pala o del ala y entre el lado 18 de aspiración y el lado 20 de presión de la pala / ala / perfil aerodinámico. La hoja 22 conductora o semiconductor sustancialmente planar forma una zona de control de campo eléctrico que provoca una descarga de rayo para su fijación a la zona 12 de la punta durante el impacto de un rayo. La hoja 22 conductora o semiconductor sustancialmente planar está en comunicación eléctrica con una vía conductora, como por ejemplo, sin limitación, un conductor 66 descendente representado en la Figura 3, la cual es una representación de un sistema de protección contra rayos con un conductor descendente generalmente instalado como LPS estándar que se encuentra en la industria de las turbinas eólicas, de manera que la zona de control del campo eléctrico y la vía conductora operan de manera conjunta para proteger la pala de la turbina eólica o el ala de la aeronave contra los daños debidos a un impacto por rayo en la zona 12 de la punta de la pala de la turbina eólica o del ala de la aeronave mediante el control de un campo eléctrico en la zona 12 de la punta ocasionado por el impacto de los rayos.

35 De acuerdo con un aspecto, la periferia 23 exterior de la hoja 22 presenta sustancialmente la misma forma aerodinámica de la porción exterior de la punta de la pala o del ala en la zona 12 de la punta. De acuerdo con otro aspecto, la hoja 22 puede estar extendida y desplazada en la dirección del borde 16 posterior de la hoja o del ala, según se representa para una forma de realización en la Figura 3 (llamada instalación "desplazada" en la presente solicitud). De acuerdo con otro aspecto adicional, la hoja 22 está sustancialmente alineada con al menos una porción de la pala o del ala 12 de la punta (denominada instalación "alineada" en la presente solicitud).

55 Otra forma de realización es muestra en la Figura 2 que ilustra un sistema de protección contra rayos (LPS) que también comprende una pala de turbina o ala de aeronave de fibra de vidrio reforzada o de carbono reforzado. La pala o el ala comprende una zona 12 de la punta, un lado 18 de aspiración, un lado 20 de presión, un borde 14 de ataque y un borde 16 posterior. Una hoja, malla o película sustancialmente planas de material 62 conductor o

- semiconductor está dispuesta por dentro de la zona 12 de la pala o del ala y entre el lado 18 de aspiración y el lado 20 de presión de la pala o del ala o del perfil aerodinámico. La hoja 62 forma una zona de control de campo eléctrico que provoca una descarga de rayo para su fijación a la zona 12 de la punta durante el impacto de un rayo. La hoja 62 está en comunicación con una vía o elemento conductor o semiconductor, por ejemplo, sin limitación, un conductor 66 descendente existente representado en la Figura 3, de manera que la zona de control de campo eléctrico y la vía / elemento 66 operan conjuntamente para proteger la pala de la turbina eólica o el ala de la aeronave de los daños debidos a un impacto por rayo en la zona 12 de la punta de la pala de turbina eólica o del ala de la aeronave, controlando un campo eléctrico en la zona 12 de la punta provocado por el impacto del rayo.
- De acuerdo con un aspecto, la periferia exterior de la hoja 62 presenta la misma forma aerodinámica de la porción de la punta más exterior 12 de la punta. De acuerdo con otro aspecto, la hoja 62 está extendida y desplazada en la dirección del borde 16 posterior de la pala o del ala (denominada instalación "desplazada" en la presente solicitud). De acuerdo con otro aspecto adicional, la hoja 62 está en sustancialmente alineada con al menos una porción de la zona 12 de la punta (denominada instalación "alineada" en la presente aplicación).
- La vía / elemento 66 conductor o semiconductor puede ser un conductor 66 descendente existente como el mostrado en la Figura 3, al reconvertir el LPS de una pala, un ala o un perfil aerodinámico existente. De acuerdo con otra forma de realización, la vía / elemento 66 conductor o semiconductor puede estar formado, al menos parcialmente, extendiendo la hoja 62 para incluir una o más extensiones 64 adaptadas para completar una vía o elemento conductor o semiconductor deseado. En un aspecto, las extensiones 64 son adyacentes a, pero están desplazadas respecto de los bordes 14, 16 de ataque y posterior de la pala o del ala. De acuerdo con otro aspecto, la vía / elemento 66 comprende un material 68 conductor o semiconductor configurado para formar una jaula de Faraday alrededor de la estructura aislante o del material composite de la porción seleccionada, por ejemplo la zona 12 de la punta de la pala del rotor o del ala de la aeronave o del perfil aerodinámico. Este tipo de jaula de Faraday se puede extender a lo largo de la completa superficie de la pala del rotor si es necesario para una aplicación concreta. El material conductor o semiconductor puede estar en comunicación eléctrica con un conductor 66 descendente existentes de manera que, de manera conjunta, el conductor 66 descendente y el material 68 conductor o semiconductor funcionen para controlar aún más el campo eléctrico provocado por el impacto del rayo en la zona 12 de la punta de la pala del rotor o del ala de la aeronave o del perfil aerodinámico. De acuerdo con un aspecto, la hoja 62 está situada entre los lados 18, 20 de aspiración y presión y en una zona que se extiende radialmente hacia dentro aproximadamente 3,48 m desde la periferia radialmente más exterior de la zona 12 de la punta.
- La hoja 62 puede estar conectada a un material 70 de malla, o película conductora o semiconductor externa o integrada según se muestra en la Figura 4, que está dispuesta en una porción (es) interna(s) de un lado o ambos de los lados 18, 20 de aspiración y presión y en íntima proximidad con, pero desplazado de, uno o ambos bordes 14, 16 de ataque y posterior. Debido a las características conductoras del material 70 conductor o semiconductor, combinadas con sus amplias dimensiones en comparación con receptores discretos, se reducen al mínimo las descargas de ruptura de un lado a otro del material composite de la pala o del ala (esto es, reforzado con fibra o carbono). Esto se consigue reduciendo la impedancia de superficie en comparación con la impedancia del material composite, de manera que un rayo inicial será guiado hasta el punto de fijación conductor más próximo antes de que se produzca un contorneamiento de la corriente de valor elevado. La densidad de la corriente sobre la pala del rotor o sobre el ala de la aeronave / perfil aerodinámico provocada por un impacto de rayos se reducirá, lo que conducirá a la reducción al mínimo de la carga térmica, debido a las grandes dimensiones del material conductor o semiconductor. De acuerdo con un aspecto, unas vías 74 conductoras de alivio de los esfuerzos transversales, y / o la malla o las películas 76 entre el lado de aspiración y los bordes de presión podrían añadirse, como se representa en la Figura 4, para reducir al mínimo las fuerzas provocadas por la corriente del rayo que fluye a lo largo de los dos conductores paralelos.
- Debido a que los mecanismo 10, 50 de protección contra rayos son particularmente útiles para adaptar palas de rotor y alas de aeronave ya instaladas, las porciones 72 restantes de una pala de rotor de un ala de aeronave pueden, de manera opcional, estar cubiertas de pintura, por ejemplo, con pintura(s) conductora(s), semiconductor(s) o no conductora(s) para conseguir el resultado deseado provocado por el impacto del rayo. Los mecanismos 10, 50 de protección contra rayos precedentes proporcionan diversas ventajas respecto de los sistemas de protección contra rayos conocidos, incluyendo, sin limitación: 1) un tamaño de receptor potenciado en la superficie de la pala debido al recubrimiento total o parcial del revestimiento de la superficie de la pala del rotor, 2) la conducción superficial externa de la corriente del rayo y de esta forma reducción al mínimo de la probabilidad de que los arcos del rayo dentro de la pala / ala / perfil aerodinámico (contorneamiento y posiblemente explosión provocada por la onda de presión sonora producida por el impacto del rayo), 3) no se observa ningún incremento significativo del peso de la pala, 4) flexibilidad en todos los elementos dinámicos de la pala mecánica, 5) no se requiere ningún cambio en el diseño de la pala, 6) los procesos de fabricación de las palas existentes (laminación) pueden ser utilizados únicamente con ligeras modificaciones, 7) bajos costes de material y de fabricación adicionales, 8) la reducción de la densidad de la corriente conducirá a unas cargas térmicas menores sobre los materiales de las palas, 9) la eficiencia potenciada de la recepción de los rayos con una tecnología de diversión sobre la superficie de la pala debida al recubrimiento parcial o total del revestimiento / materiales conductores o semiconductores, 10) la conducción de una descarga inicial de los rayos sobre una vía segura antes de que se produzca el conternamiento de la corriente de impulsos de ruptura, 11) evitación de la ruptura y por tanto daños de las palas del rotor reduciendo la impedancia de la superficie, 12) protección contra rayos combinada que enlaza materiales conductores y

5 conductivamente inmersos en un sistema de protección eficaz, 13) eficiencia incrementada de la protección contra rayos para palas de turbinas eólicas, alas de aeronaves, perfiles aerodinámicos, 14) no se requiere ningún cambio en el diseño de las palas, 15) protección extendida de la superficie de las palas del rotor, 16) incremento de las vías conductoras reforzadas para una corriente de rayo, y 17) el control de la distribución de la resistencia de campo eléctrica durante el proceso de fijación de los rayos a lo largo de la pala del rotor.

10 Cuando el mecanismo 10, 50 de protección contra rayos de la punta de la pala de la turbina eólica son aplicados a una nueva pala de rotor, el conductor 66 descendente puede ser eliminado para simplificar la fabricación de la pala. En esta forma de realización, el uso del conductor 66 descendente se evita simplemente reforzando los lados 18, 20 de aspiración y presión con un (unos) material(es) conductor(es) o semiconductor(es) que presente características similares a las de la zona 12 de control del campo eléctrico de la pala o ala. Las zonas reforzadas, como se representa en la Figura 4, funcionan para proporcionar el punto de fijación requerido antes de que se produzca un contorneamiento de la corriente de valor elevado en respuesta a un impacto de rayo.

15 En resumen, se ha descrito de acuerdo con formas de realización concretas un sistema de protección contra rayos (LPS) para pala de turbina o ala de aeronave (perfil dinámico) que comprende una pala de turbina o ala de aeronave reforzada con fibra o carbono con una zona de la punta adaptada con un mecanismo de control del campo eléctrico. El mecanismo de control del campo eléctrico está en comunicación eléctrica o conexión galvánica con un mecanismo de conducción de descarga eléctrica que comprende un material eléctricamente conductor o semiconductor sustancialmente plano dispuesto dentro de la zona de la punta de manera que el mecanismo de control de campo eléctrico y el mecanismo de conducción de descarga eléctrica operan conjuntamente para proteger
20 la pala de la turbina o el ala de la aeronave contra los daños debidos a un impacto por rayos en la punta de la pala de la turbina eólica o del ala de la aeronave controlando un campo eléctrico en la zona de la punta provocada por el impacto de los rayos. Los actuales inventores descubrieron el éxito del mecanismo de control del campo eléctrico en la conducción y guía de la descarga sobre una vía predefinida incrementando simultáneamente al tiempo la capacidad de una pala de turbina eólica para soportar varias corrientes de impulso con elevados valores de pico
25 provocados por un impacto de los rayos según se recomendada en los estándares e informes técnicos de los sistemas de protección contra los rayos.

REIVINDICACIONES

1.- Un sistema de protección contra rayos (LPS) (50) para un perfil aerodinámico que comprende:

5 una pala de turbina eólica reforzada con vidrio o reforzada con carbono o un ala de aeronave que comprende una zona (12) de la punta, un lado (18) de aspiración, un lado (20) de presión, un borde (14) de ataque y un borde (16) posterior;

10 una hoja, malla o película sustancialmente planares de un material (62) eléctricamente conductor o semiconductor situado por dentro de una zona (12) de la punta o extendido hasta una raíz de la pala del rotor y entre el lado (18) de aspiración y el lado (20) de presión, de manera que la hoja (62) forma un mecanismo de control del campo eléctrico que provoca una descarga de rayos para su fijación a la zona (12) de la punta, y

15 una vía eléctricamente conductora o semiconductor en comunicación eléctrica o conexión galvánica con la hoja (62) de manera que el mecanismo de control del campo eléctrico y la vía operan conjuntamente para proteger la pala de la turbina eólica o el ala de la aeronave contra los daños debidos al impacto de los rayos en la zona (12) de la punta de la pala de la turbina eólica o el ala de la aeronave mediante el control de un campo eléctrico en la zona (12) de la punta ocasionado por el impacto de los rayos, en el que la hoja (62) sustancialmente planar se extiende hacia dentro a lo largo de al menos un borde entre el borde (14) de ataque y el borde (16) posterior de la pala de la turbina eólica o del ala de la aeronave llegando sustancialmente hasta la raíz de la pala para formar al menos una porción de la vía eléctricamente conductora o semiconductor, en el que la vía está dispuesta en íntima proximidad con, o desplazada de, los bordes de ataque y posterior (14) y (16) de la pala de la turbina o del ala de la aeronave.

2.- El LPS (50) de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que la periferia externa de la hoja (62) sustancialmente planar está sustancialmente alineada con al menos una porción de la zona (12) de la punta de la pala de la turbina o del ala de la aeronave.

25 3.- El LPS (50) de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, que comprende además un material conductor o semiconductor que cubre, o está integrado dentro de, la zona (12) de la punta de la pala de la turbina eólica o del ala de la aeronave y que encapsula completamente la zona (12) de la punta para definir una zona de jaula de Faraday.

4.- El LPS (50) de acuerdo con la reivindicación 3, que comprende además un revestimiento de material conductor, semiconductor o no conductor que cubre, o está incrustado dentro de, las porciones restantes de la pala de la turbina eólica o del ala de la aeronave.

30 5.- El LPS (50) de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que la hoja (62) sustancialmente planar está fijada a la pala de la turbina eólica o al ala de la aeronave únicamente en la periferia exterior de la hoja (62).

35 6.- El LPS (50) de acuerdo con cualquier reivindicación precedente que comprende además al menos una vía, malla o película conductora o semiconductor de alivio de los esfuerzos transversales dispuestas entre el lado (18) de aspiración y el lado (20) de presión, y configuradas para reducir las fuerzas electrodinámicas observadas en conductores paralelos cuando la corriente de los rayos fluye a través del LPS (50).

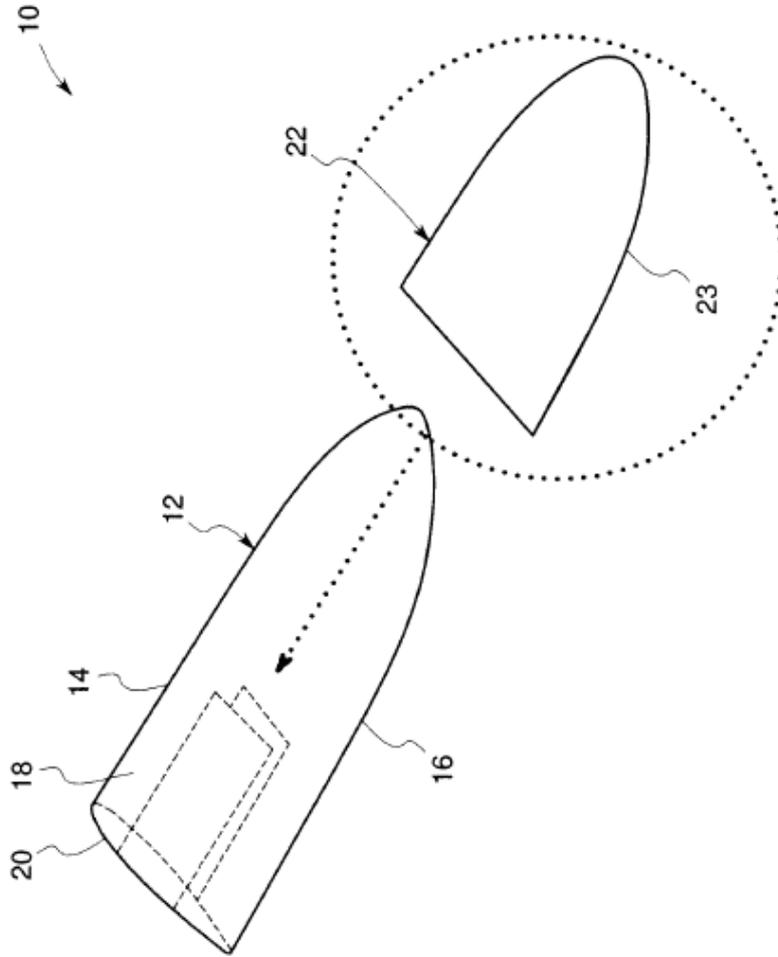


FIG. 1

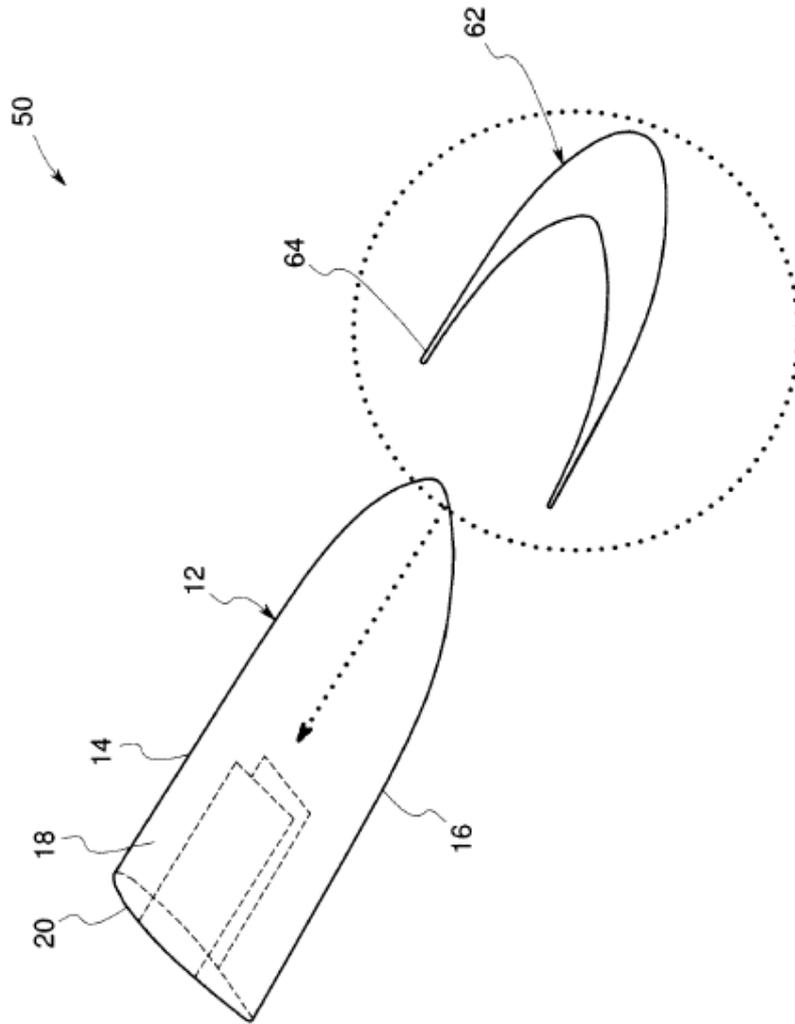


FIG. 2

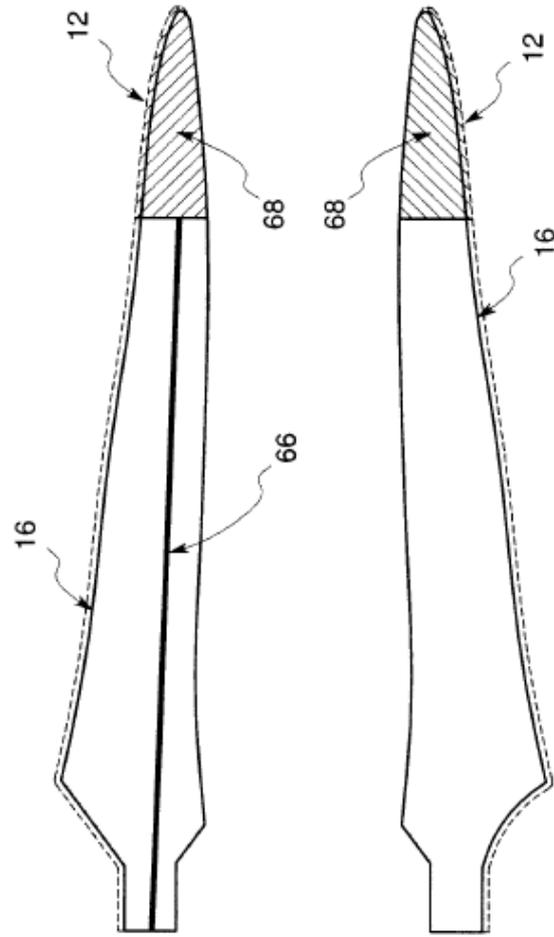


FIG. 3

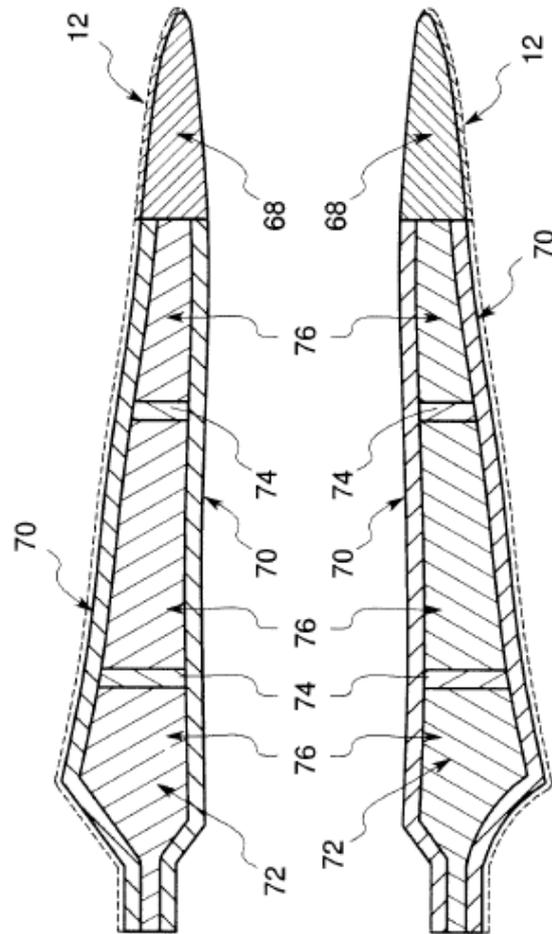


FIG. 4