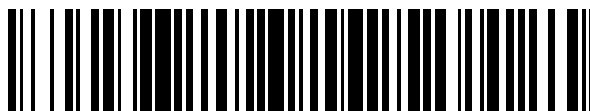


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 690 144**

51 Int. Cl.:

G01M 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.11.2008 PCT/GB2008/051032**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.05.2009 WO09060234**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.11.2008 E 08847673 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.09.2018 EP 2223072**

54 Título: **Mejoras relacionadas con procedimientos de fabricación de elementos estructurales**

30 Prioridad:

09.11.2007 GB 0722007
09.11.2007 EP 07270065

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
19.11.2018

73 Titular/es:

BAE SYSTEMS PLC (100.0%)
6 Carlton Gardens
London SW1Y 5AD, GB

72 Inventor/es:

SIDHU, JAGJIT;
MCDONALD, JENNIFER, LAURA y
RAJA, SANDEEP, SUNIL, PRAVIN

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 690 144 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

Mejoras relacionadas con procedimientos de fabricación de elementos estructurales

Esta invención se refiere a mejoras relacionadas con procedimientos de fabricación de elementos estructurales en una superficie de un componente, en particular tal como se utiliza en la industria aeroespacial.

5 En los ensayos de modelos de pequeña escala en túneles de viento de pequeña escala, el técnico aerodinámico utiliza una serie de técnicas para intentar simular el comportamiento del flujo a tamaño natural. Estas técnicas incluyen la introducción de una o varias irregularidades en la superficie del modelo, tales como generadores de vórtices, paredes o cables desencadenantes de flujo laminar y el incremento de la rugosidad superficial. Convencionalmente, dichas características se introducen uniendo elementos a la superficie aerodinámica. Dichos
10 elementos se introducen habitualmente de manera ad hoc, lo que puede ser poco fiable, impreciso y difícil de reproducir. Además, para fijar estos elementos a la superficie aerodinámica, cada elemento tiene que estar dotado de una superficie de base a la que se pueda aplicar adhesivo para permitir la obtención de una unión segura.

Los generadores de vórtices se forman a partir de componentes tridimensionales de forma triangular, que se adhieren directamente a la superficie aerodinámica. Los cables y paredes desencadenantes de flujo laminar se disponen uniendo bandas de sección en L a través del flujo, o adhiriendo bolitas, tal como bolitas de arena, a través
15 del flujo. El incremento de la rugosidad superficial se consigue encolando directamente arena u otras partículas similares a la superficie. Cada una de estas técnicas está prevista para modificar el régimen del flujo sobre la superficie aerodinámica de manera que estimula los correspondientes fenómenos a gran escala. Cada técnica requiere la unión de uno o varios elementos a la superficie aerodinámica. Cuando el fluido fluye sobre la superficie
20 aerodinámica, el adhesivo utilizado o la base del elemento al que se aplica el adhesivo, pueden provocar perturbaciones en el flujo, además de las previstas por la introducción de los propios elementos.

El documento WO02/081303 da a conocer una modificación del flujo por medio de una lámina dieléctrica flexible que lleva electrodos de generación de plasma, la cual se recubre sobre una superficie aerodinámica.

El documento JP 10338199 da a conocer una superficie aerodinámica que tiene salientes desde la superficie, para
25 modificar el paso del flujo de fluido sobre la superficie.

De acuerdo con un primer aspecto, la presente invención da a conocer un procedimiento de fabricación de un elemento estructural tridimensional sobre una superficie de un componente, estando el elemento estructural configurado para sobresalir de la superficie y modificar de ese modo el flujo de un fluido que pasa sobre la superficie, estando el procedimiento caracterizado por las etapas de:

- 30 i) formar un mencionado elemento depositando material sobre la superficie; y
ii) endurecer el material depositado.

Ventajosamente, la etapa de formación puede comprender depositar una o varias capas de material sobre la superficie; endurecer parcialmente la, o cada capa de material mediante aplicar localmente calor o radiación a la misma; y depositar una subsiguiente capa de material sobre el material parcialmente endurecido.

35 Opcionalmente, los elementos se pueden formar a partir de un material pasivo, tal como una resina epoxi termoestable o termoplástica, en cuyo caso los elementos fabricados son puramente estructurales y sus formas son fijas. Los materiales pasivos de ejemplo incluyen tintas dieléctricas termoendurecibles o tinta de plata flexible (por ejemplo D2061120D3 y C2050712D58, cada una suministrada por la firma Gwent Electronic Materials -ver el sitio web: www.g-e-m.com). Opcionalmente, los elementos pueden estar formados a partir de un material electroactivo,
40 por ejemplo un material piezoeléctrico, un material fotoeléctrico, un material fotoquímico, un material electroquímico o cualquier otro material que desempeñe una función no pasiva. En otras palabras, un material activo, tal como se menciona en esta descripción, es un material que cambia de estado o produce una reacción cuando se actúa sobre el mismo mediante un activador externo, por ejemplo una fuerza externa. Son ejemplos de materiales piezoeléctricos las cerámicas (por ejemplo, cuarzo o titanato zirconato de plomo) o los polímeros (por ejemplo, difluoruro de polivinilideno). El elemento puede ser un sensor, por ejemplo un sensor de presión, y comprender medios para
45 entregar una tensión eléctrica. El elemento puede ser un accionador y comprender medios para recibir una tensión eléctrica. Los medios para recibir y/o entregar una tensión eléctrica pueden estar dispuestos mediante interconexiones formadas sobre la superficie utilizando una técnica de escritura directa ("Direct Write") para proporcionar conexión eléctrica entre el elemento y un medio de control.

50 Opcionalmente, los elementos pueden comprender materiales pasivos y materiales activos, de tal modo que un componente estructural que tiene una forma fija se proporciona con un medio de detección, por ejemplo un sensor de presión integral con el mismo.

El elemento puede ser mecanizado antes o durante la formación, para mejorar la precisión y definición de la forma del mismo. El mecanizado se puede llevar a cabo utilizando un láser de potencia de pulsos, por ejemplo un láser excimer (XeCL). El láser pulsado puede ser un láser de CO₂ pulsado, Nd:YAG de conmutación Q o cualquier láser con una duración de pulsos muy corta (es decir, femto o nanosegundos), por ejemplo un láser de Ti zafiro.

- Los elementos se forman depositando capas de una tinta, por ejemplo una tinta Ag metálica, sobre una superficie de un componente. Después de la deposición, el material del elemento respectivo se endurece, por ejemplo aplicando calor al material depositado. El calor se puede aplicar introduciendo el componente en un horno. Sin embargo, se puede aplicar calor externo utilizando un láser, una pistola térmica o mediante exposición a microondas.
- 5 Convenientemente, la tinta puede ser endurecida exponiendo el material depositado a radiación ultravioleta.
- La tinta puede ser aplicada a la superficie utilizando una microtobera que extruye la tinta sobre la superficie a medida que se desplaza sobre el componente. No obstante, se pueden utilizar otros procesos de deposición, por ejemplo mediante técnicas de chorro de tinta o microtérmicas.
- Los elementos se pueden formar sobre una superficie de un vehículo. Convenientemente, el vehículo es una
- 10 aeronave. Convenientemente, la aeronave es un vehículo aéreo no tripulado (UAV, unmanned aerial vehicle).
- Las anteriores y otras características de la invención se exponen en las reivindicaciones adjuntas y se explicarán a continuación haciendo referencia a las diversas realizaciones y los ejemplos que se muestran en los dibujos adjuntos, en los cuales:
- la figura 1 muestra una representación esquemática de la formación de un generador de vórtices;
- 15 la figura 2 muestra tres generadores de vórtices formados tal como se muestra en la figura 1.
- la figura 3 muestra paredes de desencadenamiento laminar formadas sobre una superficie;
- la figura 4 muestra un generador de vórtices que ha sido mecanizado con láser después de la formación;
- la figura 5 muestra un UAV con elementos formados sobre superficies de control del mismo;
- la figura 6 muestra una representación esquemática de un elemento formado a partir de material electroactivo;
- 20 la figura 7 muestra la posición de elementos en un ala para conseguir control del vuelo;
- la figura 8 muestra una línea de corriente sobre un ala que no tiene elementos;
- la figura 9 muestra una línea de corriente sobre un ala que comprende elementos como los mostrados en la figura 7; y
- la figura 10 muestra una disposición de elementos del ala mostrada en la figura 6.
- 25 La tecnología de escritura directa forma componentes eléctricos tridimensionales sobre superficies complejas desarrollando una capa de material en un patrón predeterminado. La deposición está controlada generalmente por un sistema CAD y, por lo tanto, es particularmente precisa pero es asimismo particularmente flexible y ajustable. La naturaleza completamente plana y no intrusiva de las características depositadas las hace ideales para aplicaciones que involucran superficies aerodinámicas, lisas. Dada la ausencia de salientes, estas son particularmente
- 30 apropiadas en entornos severos donde los componentes electrónicos y de cableado convencionales estarían expuestos a fuerzas aerodinámicas, fluctuaciones de temperatura y fluctuaciones de humedad. Además, los componentes electrónicos y de cableado convencionales interferirían con el flujo de aire a través de las superficies aerodinámicas, y por lo tanto cada vez se utiliza más la escritura directa en estas circunstancias para evitar dicha interferencia.
- 35 A la inversa, en las técnicas utilizadas en la presente invención se utiliza una técnica de escritura directa modificada para formar elementos o estructuras de mesoescala sobre las superficies aerodinámicas donde son deseables perturbaciones. Dichos elementos se forman depositando múltiples capas de material unas sobre otras, de tal modo que se forma un saliente de una forma deseada.
- La figura 1 muestra dicha técnica. Una primera capa 10 se forma directamente sobre una superficie 20 desplazando
- 40 un cabezal de impresión desde la posición A hasta la posición B tal como se representa mediante la flecha I, el cabezal de impresión recibe instrucciones para suministrar tinta a la superficie 20 a medida que se desplaza. El cabezal de impresión vuelve a continuación desde la posición B hacia la posición A, tal como se representa mediante la flecha II, pero el suministro de tinta se detiene antes de que el cabezal de impresión llegue a la posición A. De este modo, se deposita una segunda capa 30 de material. Se forman capas subsiguientes 40, 50, 60, 70, 80
- 45 de manera similar, tal como se muestra, para generar un elemento 100 de la forma deseada. El control del cabezal de impresión es asumido por un sistema basado en CAD para garantizar la deposición precisa de material y la formación de estos elementos de mesoescala 100 directamente sobre la superficie 20 sin la utilización de una unión. La evitación de las técnicas de unión y del material adicional requerido por la unión evita la generación de perturbaciones secundarias en el flujo de aire sobre la superficie 20.
- 50 Se proporciona un ejemplo de un aparato de aplicación al final de la descripción.
- Las técnicas convencionales de escritura directa depositan habitualmente una sola, o quizá dos, capas de material sobre la superficie. Es improbable que la adición de una segunda capa sobre una primera capa afecte a la forma

estructural de la primera capa. Sin embargo, cuando se forman una serie de capas sucesivas unas sobre otras, la integridad estructural de las capas anteriores se puede ver afectada. Por lo tanto, es preferible endurecer parcialmente las capas anteriores antes de depositar una capa subsiguiente sobre las mismas. En la práctica, después de depositar cada capa o cada dos capas de material, se puede aplicar externamente una pistola térmica u otros medios de endurecimiento del material depositado para endurecer parcialmente el material depositado. Disponiendo un medio local para endurecer parcialmente el material, es posible evitar tener que configurar el componente y volver a calibrar o reajustar los datos para el aparato de deposición. De este modo, se puede mantener la precisión del sistema de posicionamiento para depositar el material. Una vez se han aplicado todas las capas, digamos de 10 a 12 capas, al sustrato para el, o para cada elemento a formar sobre el mismo, todo el sustrato se puede colocar en un horno o someterse a un tratamiento adicional de endurecimiento local para endurecer totalmente el material depositado y formar de ese modo un elemento sólido.

La figura 2 muestra tres generadores de vórtices completados 100 fabricados del modo representado en la figura 1, formados sobre una superficie aerodinámica 20. Cada una de los generadores de vórtices completados 100 tiene una configuración triangular tridimensional, en la práctica una pirámide alargada.

Si la longitud de cada línea de material depositada es igual, entonces se fabrica una pared 120, tal como se muestra en la figura 3. La figura 3 muestra un conjunto de cuatro paredes 120, pudiendo utilizarse el conjunto para provocar que el régimen de flujo del fluido que pasa sobre la superficie 20 cambie de un régimen de flujo laminar a un régimen de flujo turbulento. Esta transición permite representar de manera más precisa un fenómeno a gran escala utilizando un modelo a pequeña escala en un túnel de viento de escala reducida.

La estructura tridimensional formada por el proceso de escritura directa puede representar el elemento completo, por ejemplo, una pared 120 mostrada en la figura 3. Sin embargo, en algunas circunstancias, por ejemplo los generadores de vórtices 100 de la figura 2, puede ser necesaria una definición particular del exterior del elemento. De este modo, se puede llevar a cabo un proceso de mecanizado después de la fabricación del elemento 100 o durante la misma.

La figura 4 muestra un generador de vórtices 100 que se ha mecanizado después de haberse completado el proceso de deposición. La disposición de un borde de salida agudo 130 de este modo, es deseable para una mejor generación de los vórtices. En este ejemplo, se utilizó un láser excimer (XeCl) que funciona con una longitud de onda de 308 nm y una duración de pulsos de 20 ns. Alternativamente, se pueden utilizar otros láseres pulsados, por ejemplo cualquier láser excimer, Nd:YAG de conmutación Q, láser de CO₂ pulsado o cualquier otro láser de femto o nanosegundos.

La textura de toda la superficie 20 o de zonas de la superficie se puede modificar utilizando la acumulación de capas depositadas usando técnicas de escritura directa. Por ejemplo, se puede recrear sobre la superficie 20 un efecto de abollonado, similar al que se encuentra en la superficie de una pelota de golf, mediante la colocación precisa de materiales depositados sobre la superficie.

Se puede llevar a cabo mecanizado durante la formación del elemento. Por ejemplo, se pueden aplicar y endurecer parcialmente varias capas de material tal como se ha explicado anteriormente, y se puede llevar a cabo un proceso de mecanizado sobre el elemento formado parcialmente, antes de la etapa de endurecimiento final. Alternativamente, el elemento se puede formar y endurecer completamente, y mecanizar posteriormente. En el ejemplo del generador de vórtices descrito anteriormente, el material sobrante depositado en el borde de salida del generador de vórtices puede ser eliminado mediante un láser. Además, la naturaleza escalonada de la superficie superior que se muestra en la figura 2 se puede suavizar eliminando parte del material. De este modo, el fluido fluirá sobre el generador de vórtices de manera más suave y se encontrará con el borde agudo de salida, con lo que se generan de este modo vórtices mejores. En el ejemplo de superficie texturizada, se pueden depositar capas de material sobre la superficie de manera que se aproxime el efecto requerido. Después del endurecimiento de este material depositado, el material sobrante se puede eliminar mediante mecanizado con láser para mejorar la precisión y definición de la textura.

El material depositado para formar los elementos de mesoescala 100, 120 se proporciona en forma de tintas. Se puede utilizar prácticamente cualquier tipo de tinta termoestable, en particular se puede utilizar una tinta dieléctrica termoendurecible (por ejemplo, D2061120D3 suministrada por la firma Gwent Electronic Materials -sitio web: www.g-e-m.com), de tal modo que se fabrica un elemento de resina epoxi. Alternativamente, se podría depositar directamente un material en polvo sobre la superficie en lugar de utilizar una tinta u otra suspensión.

Pueden ser necesarias diferentes formas de endurecimiento en relación con materiales particulares. Muchos materiales se endurecen mediante la aplicación de calor, en cuyo caso el componente sobre el que se deposita el material se puede introducir en un horno convencional o de microondas. Alternativamente, se puede aplicar calor de manera externa utilizando un láser o una pistola térmica. En cambio, otros materiales pueden ser endurecidos mediante exposición a radiación, por ejemplo radiación ultravioleta. La figura 5 muestra un vehículo aéreo no tripulado (UAV) 140 que tiene una serie de generadores de vórtices 145 formados sobre una superficie de cada ala 148 del mismo. La naturaleza a pequeña escala de un UAV, o de otras aeronaves/vehículos pequeños, hace difícil configurar y posicionar con precisión dichos elementos disruptivos sobre una superficie de este tipo. Si se disponen

elementos sobre esta clase de superficie, estos utilizan habitualmente las técnicas de unión descritas anteriormente y tienen asociados consigo el efecto disruptivo secundario perjudicial sobre el fluido que fluye sobre la superficie.

Si el material depositado sobre la superficie 20 es un material activo, tal como un material piezoeléctrico, las dimensiones del elemento fabricado pueden cambiar cuando se aplica una tensión eléctrica a través del grosor del elemento. Alternativamente, cuando se ejerce una fuerza sobre el material activo se puede generar una tensión eléctrica. Estos fenómenos se pueden utilizar en combinación con las propiedades de interrupción del flujo explicadas anteriormente, para conseguir una funcionalidad combinada. Por ejemplo, cuando pasa una corriente de flujo de fluido a través de un generador de vórtices 100 formado de un material activo, las fuerzas ejercidas sobre el generador de vórtices 100 pueden hacer que se genere una tensión eléctrica en el interior del propio elemento. Esta tensión eléctrica puede ser detectada disponiendo interconexiones o pistas conductoras entre el generador de vórtices 100 y un medio de control. Las interconexiones se pueden formar asimismo utilizando tecnología de escritura directa, de manera que las interconexiones estén niveladas o sustancialmente niveladas con la superficie 20.

La figura 6 muestra un ejemplo esquemático de un elemento de mesoescala 150 formado a partir de un material electroactivo utilizando técnicas de escritura directa. Un material electroactivo, tal como un material piezoeléctrico, forma el cuerpo principal 160 del elemento 150. El cuerpo principal 160 del elemento 150 está envuelto parcialmente por material conductor 170a, 180a que permite que se aplique un campo eléctrico al elemento 150. Unas pistas conductoras o interconexiones 170b, 180b están formadas en la superficie 20 y se extienden entre el elemento 150 y un medio de control (no mostrado). Cada interconexión 170b, 180b comprende un respectivo terminal X, Y. Cuando se aplica una tensión eléctrica a través de los terminales X, Y, se puede observar un cambio en la dimensión D del cuerpo principal 160 del elemento 150. Al cambiar el perfil de la superficie aerodinámica 20 se varían las características del fluido que fluye sobre la superficie 20 y se puede iniciar una transición a un régimen de flujo diferente.

La magnitud del cambio en la dimensión D depende del material particular utilizado para fabricar el cuerpo principal 160 del elemento 150, de cómo se ha preparado y acabado el material, y de las dimensiones originales del material depositado. Un material de ejemplo que se puede utilizar para formar el cuerpo principal 160 del elemento 150 es titanato zirconato de plomo, electrocerámico. Los cristales de titanato zirconato de plomo presentan un cambio de forma máximo de aproximadamente el 0,1 % de la dimensión original. Otros ejemplos de materiales piezoeléctricos son cuarzo y difluoruro de polivinilideno.

En un sistema más sofisticado, tal como se muestra en la figura 7, se pueden formar dispositivos accionables electroactivos 200 sobre una superficie de control 220 de una aeronave 210. La disposición de estos dispositivos accionables 200 permite manipular el perfil de la superficie 220, de tal modo que se modifican las fuerzas experimentadas por la aeronave 210 sin tener que disponer superficies de control convencionales, desplazables físicamente. En otras palabras, instalando una serie de dispositivos accionables 200 se puede conseguir un medio de control de vuelo sin timón, no mecánico. Alternativamente, los dispositivos accionables 200 complementarían superficies de control convencionales. Por ejemplo, los generadores de vórtices mostrados en el UAV de la figura 5 se podrían fabricar a partir de material activo, de manera que tengan una doble funcionalidad dado que actúan como un generador de vórtices pero pueden asimismo detectar presiones que actúan en la superficie sobre la que están formados.

La figura 8 muestra una sección transversal de una superficie aerodinámica 220 que no tiene dispositivos accionables 200 instalados en la misma. Efectivamente, representa asimismo la superficie 220 con los dispositivos accionables 200 instalados pero no accionados actualmente. Está representada una línea de corriente 230 sobre la superficie aerodinámica 220, y sigue claramente la trayectoria de la superficie aerodinámica 220. En cambio, la figura 9 muestra una sección transversal de la misma superficie aerodinámica 220 con una serie de dispositivos accionables 200 instalados sobre la misma, tal como se muestra en la vista en planta de la figura 7. Está representada una línea de corriente 230' sobre la superficie aerodinámica 220, y está claramente perturbada respecto de la trayectoria mostrada en la figura 6, por la presencia de los dispositivos accionables 200.

La figura 10 muestra en mayor detalle los dispositivos accionables 200 junto con interconexiones 240 que se extienden entre los dispositivos 200 y un medio de control (no mostrado). Están formadas interconexiones 240 sobre la superficie 220 y proporcionan un medio para suministrar tensión eléctrica a los dispositivos 200 desde el medio de control. Al recibir dicha tensión eléctrica, la dimensión D de cada respectivo dispositivo accionable 200 aumenta, de tal modo que se modifica el perfil de la superficie aerodinámica 220. La línea de corriente 230' se modifica en consecuencia y se alteran las fuerzas experimentadas por la aeronave 210.

Los elementos 100, 120, 180, 200 se pueden posicionar con precisión y son conformes con la respectiva superficie aerodinámica 20, 220. Además, las interconexiones 170b, 180b y los terminales X, Y necesarios para activar los elementos electroactivos 180, 200 también se escriben directamente. Por lo tanto, la fabricación de la estructura aerodinámica se mantiene robusta y ligera, con pocas partes móviles.

EJEMPLO DE UN APARATO DE APLICACIÓN

5 Para una "bomba inteligente" nScrypt, se especifica que aplica líneas de hasta 50 μm de ancho y sobre superficies conformes donde el ángulo del sustrato está por debajo de 30°. La resolución teórica de las pistas con un sistema de "micro-lápiz" es de 100 μm utilizando una punta de 75 μm de diámetro exterior, aunque las líneas más estrechas producidas hasta ahora tienen aproximadamente 230 μm de ancho utilizando una punta de 175 μm de diámetro exterior.

10 Para contribuir a la caracterización de los materiales y la optimización del proceso, se utilizó un aplicador digital Intertronics DK118, que es un sistema de jeringa de banco que utiliza un regulador de presión simple para proporcionar flujo de material. La presión de salida se puede ajustar desde 1 psi hasta 100 psi a incrementos de 1 psi, y la característica de retro-aspiración del cañón impide que los materiales de baja viscosidad goteen. Un puerto de E/S permite que el aplicador interactúe con dispositivos externos. La resolución de esta técnica de aplicación está limitada al tamaño y la tolerancia de las toberas disponibles. Las toberas tienen un cañón de acero inoxidable y es el diámetro exterior de éste lo que indica la anchura de la pista. Entonces, la anchura y la altura de la pista pueden ventajosamente personalizarse variando la separación entre el sustrato y la tobera o cambiando la velocidad de la plataforma de movimiento. De manera similar, la calidad de los inicios de las pistas se puede mejorar ajustando la temporización entre el inicio del movimiento XY y la conmutación en la presión.

20 La separación entre la punta de escritura directa y el sustrato se tiene que mantener durante la deposición, dado que influye sobre las dimensiones de la pista. Si la punta está demasiado alta la tinta no fluiría sobre la superficie, y si está demasiado baja no fluiría tinta y existe el peligro de dañar la punta. Habitualmente, esta separación está entre 50 μm y 200 μm , dependiendo de la anchura de la pista que se esté escribiendo. Se montó un sensor de desplazamiento láser Keyence LK081 en la etapa Z. Este sensor láser tiene una distancia de trabajo de 80 mm, un tamaño del punto de 70 μm , un intervalo de medida de ± 15 mm y una resolución de ± 3 μm . La precisión de la información de altura proporcionada refleja la precisión de las etapas de movimiento XY y Z así como la precisión del sensor de desplazamiento.

25 Se ha descubierto que este sistema funciona con un grado de precisión y control mayor del esperado. La tobera más pequeña disponible para utilizar con la jeringa Intertronics tiene un diámetro exterior de menos de 200 μm , por lo que la anchura de pista mínima que se puede conseguir es de aproximadamente 200 μm . Lleva menos tiempo optimizar el aplicador digital que la bomba inteligente, lo que significa que es preferible a la bomba inteligente cuando se requieren tamaños de características mayores.

30

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de fabricación de un elemento estructural tridimensional (100) sobre una superficie aerodinámica (20) de un componente, estando el elemento estructural tridimensional configurado para modificar el flujo de un fluido que pasa sobre la superficie aerodinámica, **caracterizado por que** comprende las etapas de:
- 5 i) depositar una o varias capas (10) de material directamente sobre la superficie aerodinámica; y
- ii) endurecer a continuación el material depositado sobre la superficie aerodinámica para formar el elemento estructural tridimensional.
2. Un procedimiento según la reivindicación 2, en el que la etapa de formación comprende las etapas siguientes:
- 10 i) endurecer parcialmente la, o cada capa (10) de material aplicando localmente calor o radiación a la misma; y
- ii) depositar una subsiguiente capa de material (30-80) sobre el material endurecido parcialmente.
3. Un procedimiento según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que los elementos (100) comprenden un material pasivo.
4. Un procedimiento según la reivindicación 3, en el que el material pasivo es uno del grupo de una resina epoxi termoestable y una resina epoxi termoplástica.
- 15 5. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que los elementos (150) comprenden un material activo (160).
6. Un procedimiento según la reivindicación 5, en el que el material activo es un material electroactivo.
7. Un procedimiento según la reivindicación 6, en el que el material electroactivo es uno del grupo de un material piezoeléctrico, un material fotoeléctrico y un material electroquímico.
- 20 8. Un procedimiento según la reivindicación 7, en el que el material electroactivo es una cerámica o un polímero.
9. Un procedimiento según la reivindicación 8, en el que el material activo es un material fotoquímico.
10. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 9, en el que el elemento (100) es un sensor y el elemento comprende medios para entregar una tensión eléctrica.
- 25 11. Un procedimiento según la reivindicación 10, en el que el sensor es un sensor de presión.
12. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 11, en el que el elemento (150) es un accionador y comprende medios para recibir una tensión eléctrica (170b, 180b).
13. Un procedimiento según la reivindicación 11 o la reivindicación 12, en el que los medios para recibir y/o entregar una tensión eléctrica se disponen mediante por lo menos una interconexión (170b, 180b) para proporcionar una conexión eléctrica entre el elemento y un medio de control.
- 30 14. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en el que el elemento es mecanizado (130) durante, o después de la formación para mejorar la precisión y la definición de la forma del mismo.
15. Un procedimiento según la reivindicación 14, en el que el mecanizado se lleva a cabo utilizando un láser de potencia de pulsos.
- 35 16. Un procedimiento según la reivindicación 15, en el que el láser es uno del grupo de un láser excimer (XeCL), un láser de CO₂ pulsado, un Nd:YAG de conmutación Q o cualquier láser que tenga una duración de pulsos de femto o nanosegundos.
17. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, en el que los elementos se forman depositando capas de una tinta sobre una superficie del componente.
- 40 18. Un procedimiento según la reivindicación 17, en el que el material depositado es endurecido aplicando calor al mismo.
19. Un procedimiento según la reivindicación 18, en el que el material depositado se calienta introduciendo el componente en un horno.
- 45 20. Un procedimiento según la reivindicación 18, en el que se aplica calor externamente al material depositado utilizando un láser, una pistola térmica o mediante exposición a microondas.

21. Un procedimiento según la reivindicación 17, en el que la tinta es endurecida exponiendo el material depositado a radiación ultravioleta.

5 22. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 17 a 21, en el que la tinta es depositada sobre la superficie utilizando una microtobera que extruye la tinta sobre la superficie a medida que se desplaza sobre el componente.

23. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 17 a 21, en el que la tinta es depositada sobre la superficie utilizando un proceso de chorro de tinta o microtérmico.

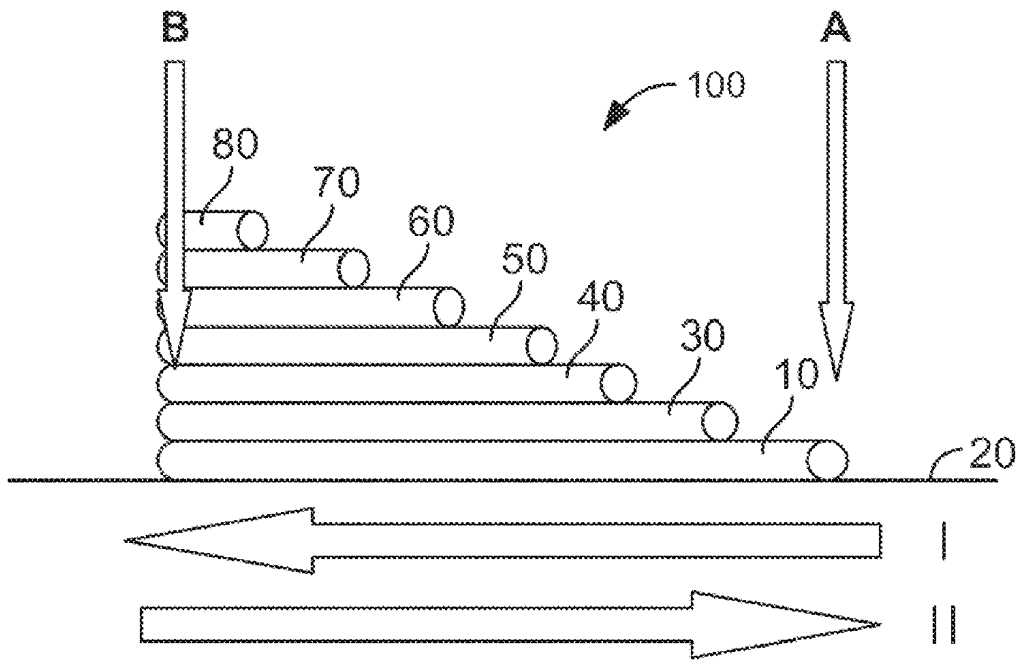


FIG. 1

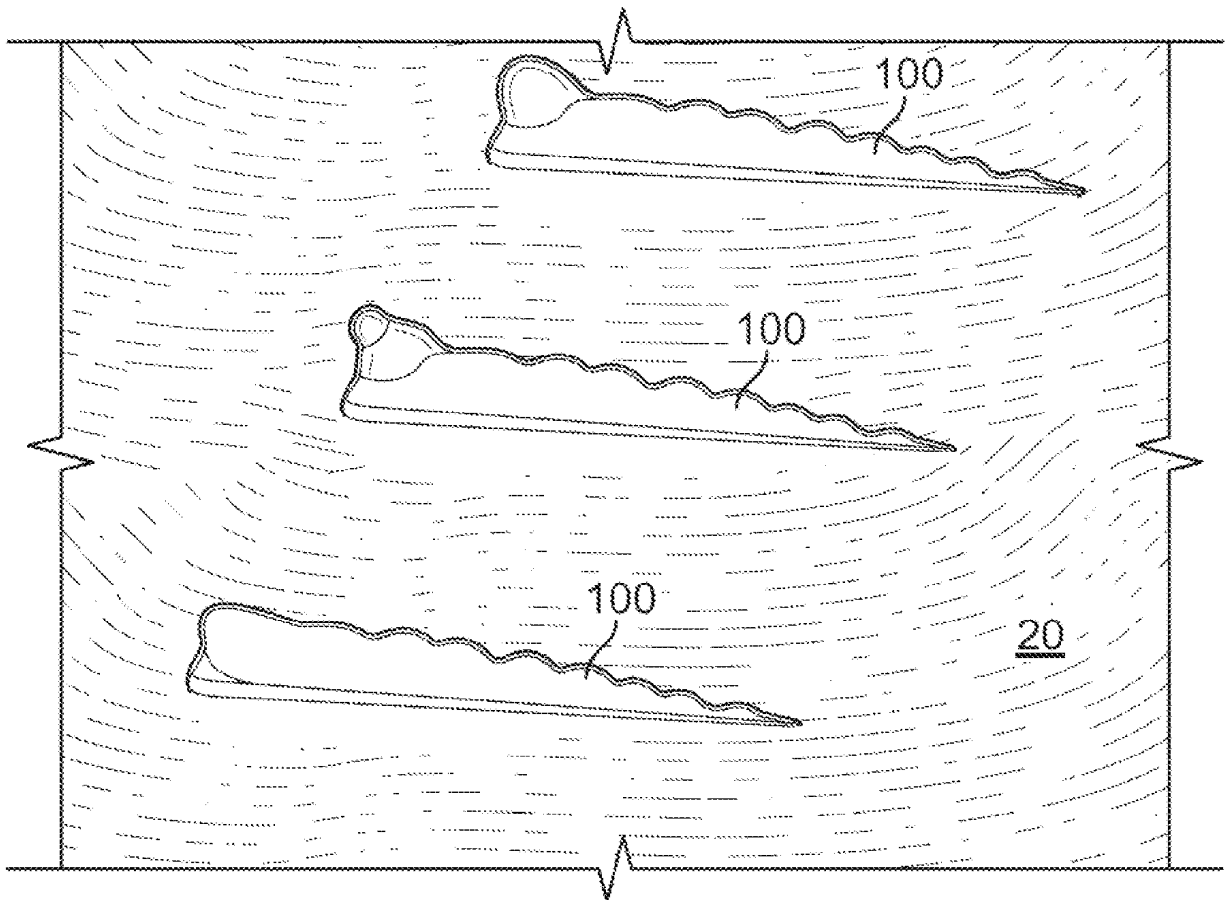


FIG. 2

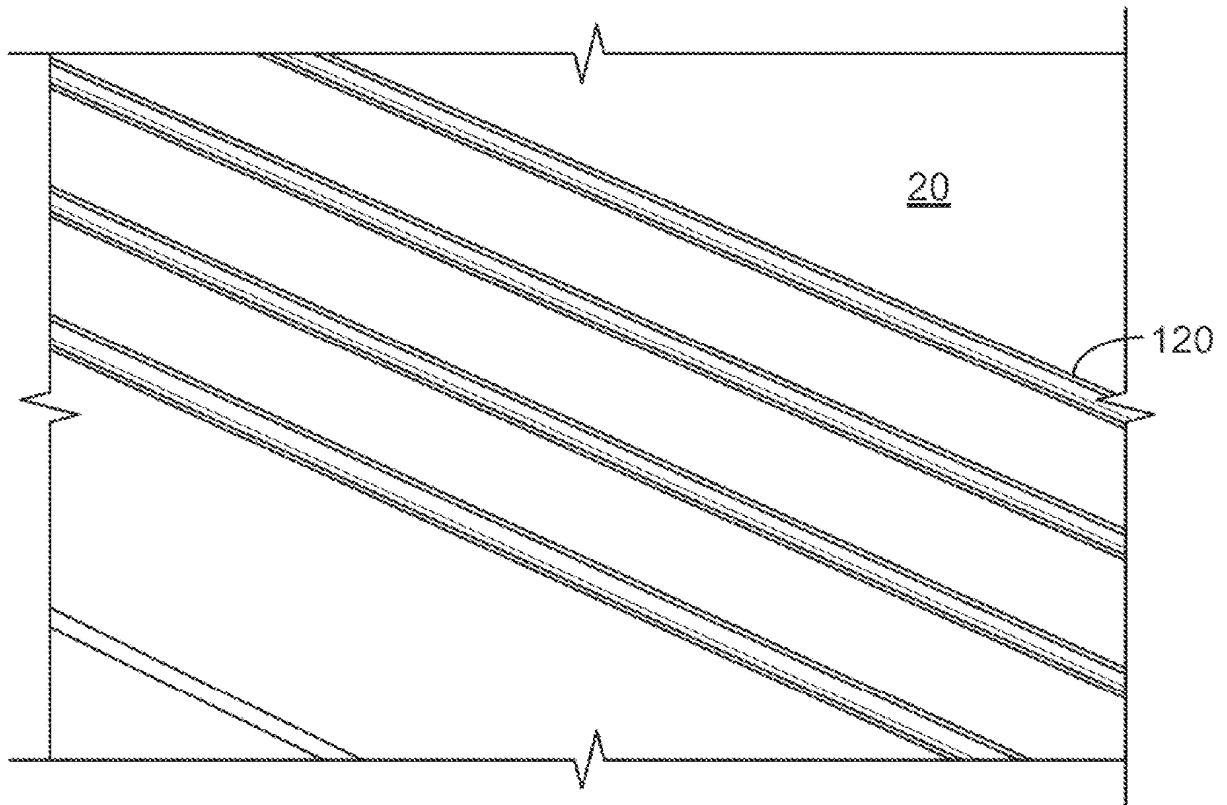


FIG. 3

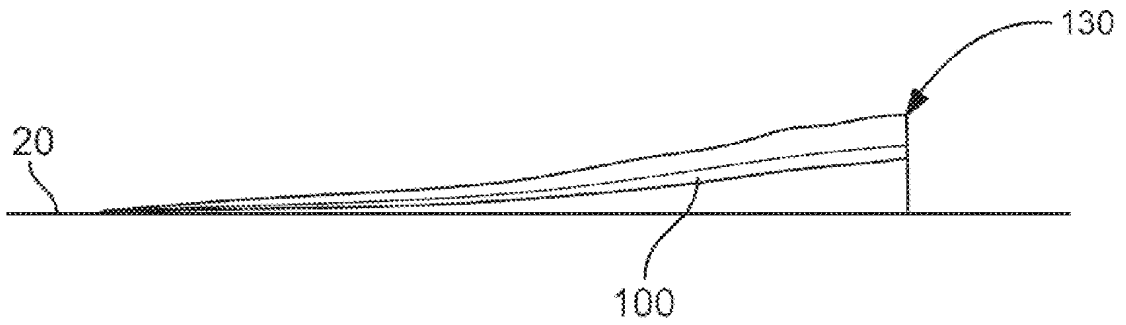


FIG. 4

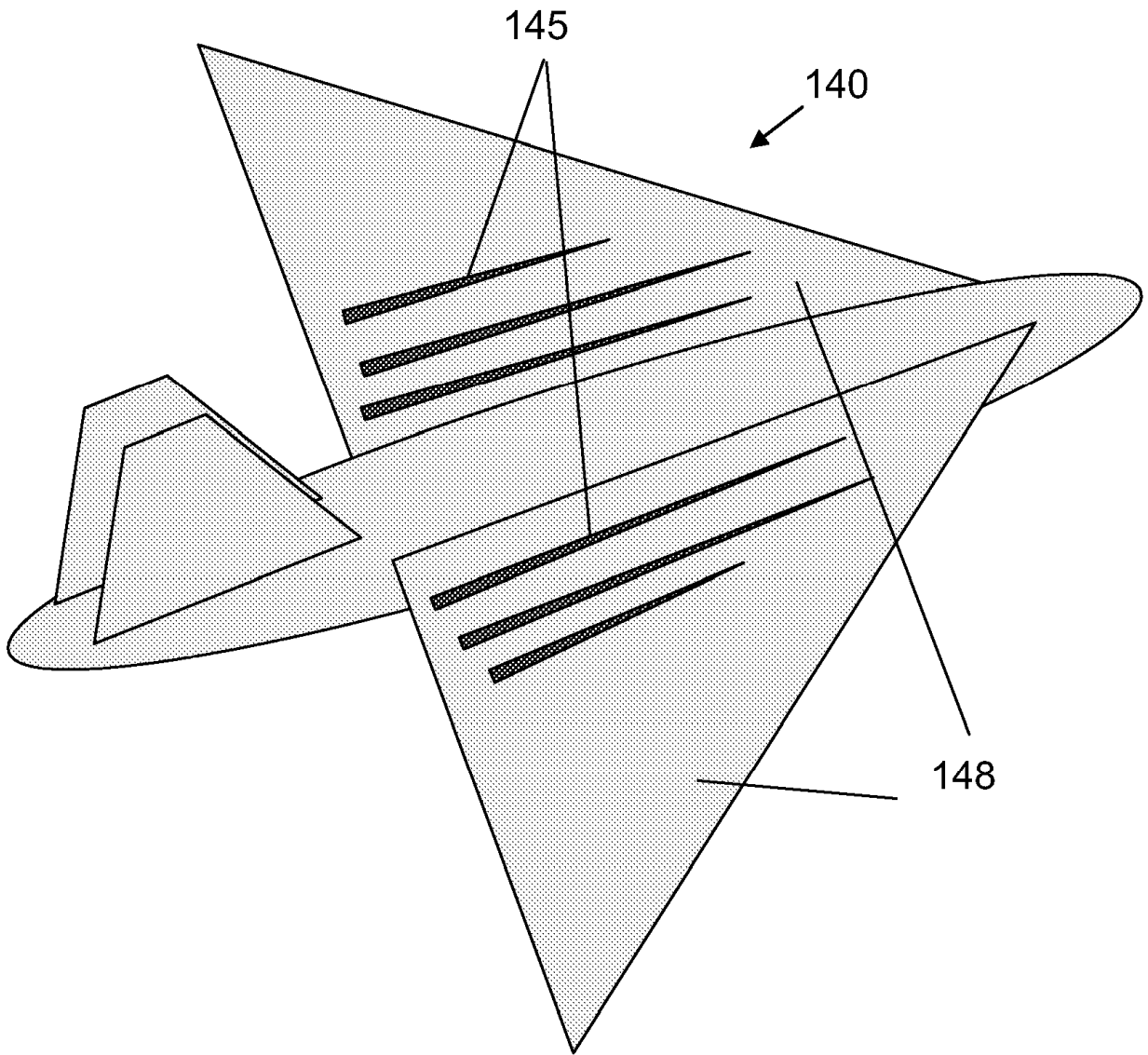


FIG. 5

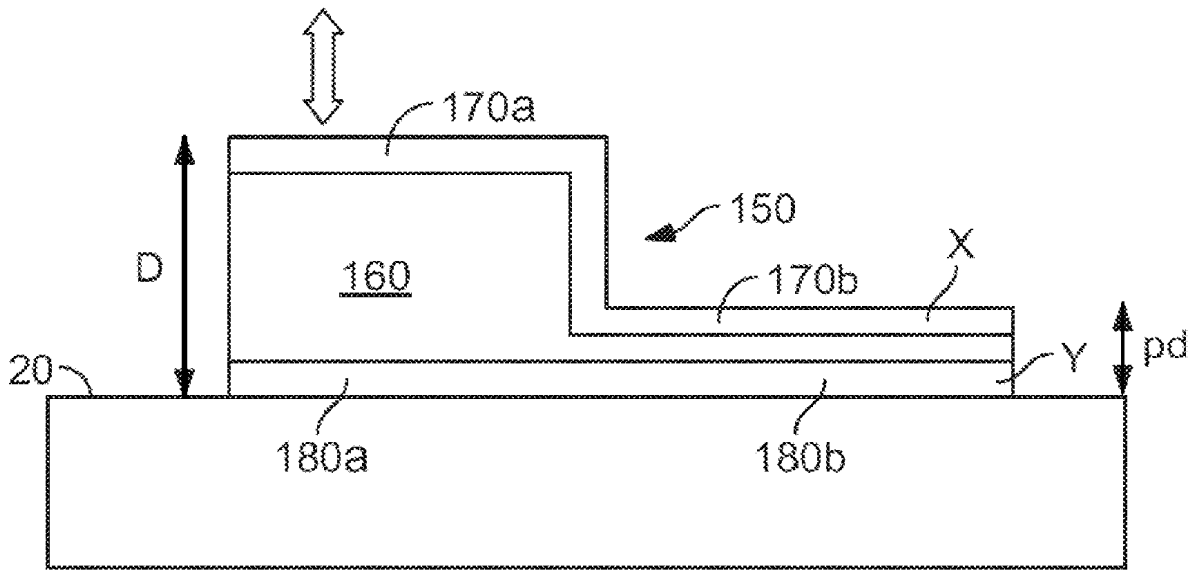


FIG. 6

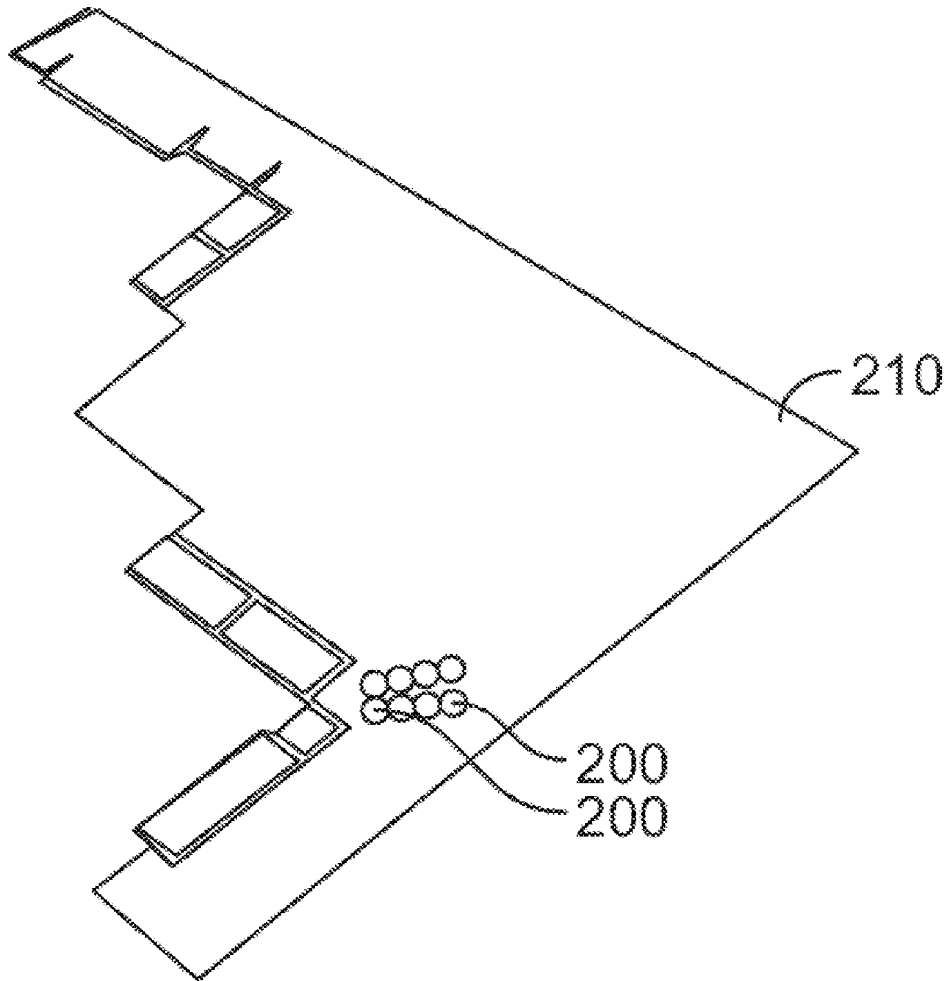


FIG. 7

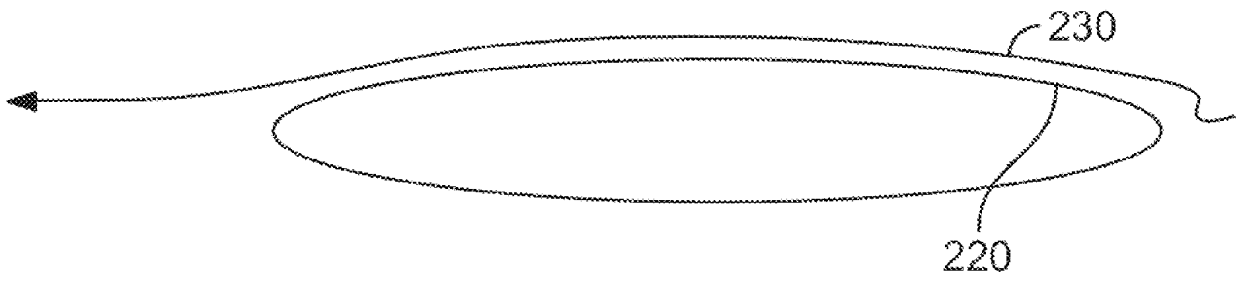


FIG. 8

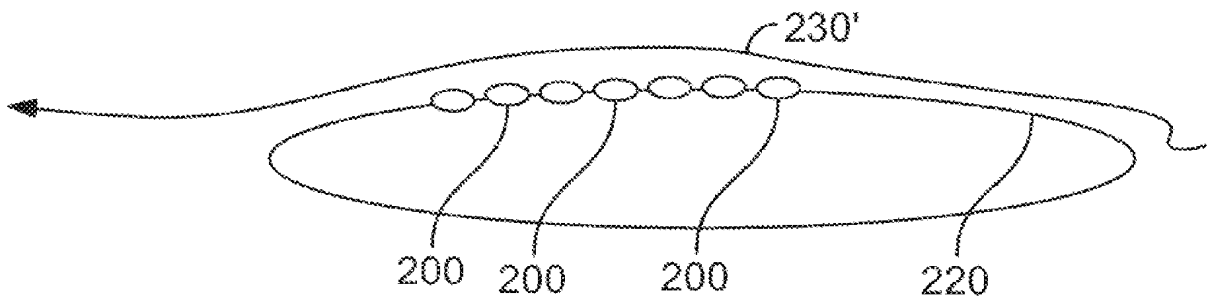


FIG. 9

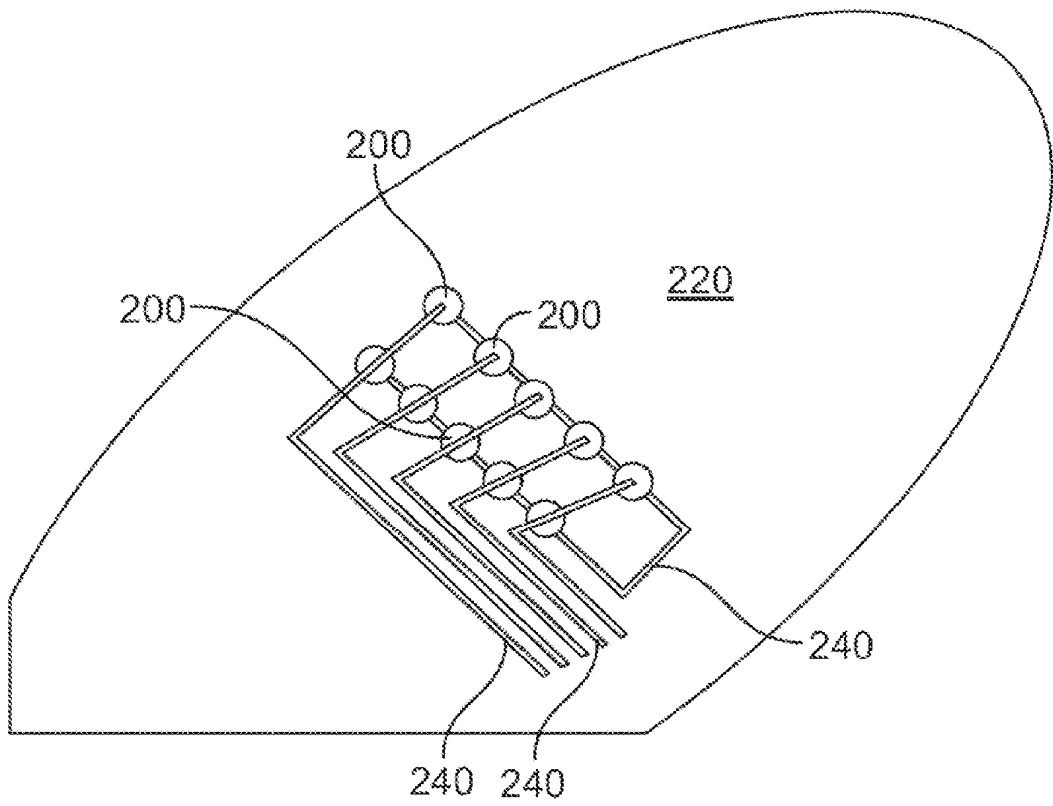


FIG. 10