

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102012902110786A1

Publication Date

20140614

Applicant

PLASTIC COMPONENTS AND MODULES AUTOMOTIVE S.P.A.

Title

PERFEZIONAMENTI NELL'INTEGRAZIONE DI DISPOSITIVI E
COLLEGAMENTI ELETTRICI IN COMPONENTI O PARTI STRUTTURALI DI
MATERIALE POLIMERICO INSTALLATI A BORDO DI UN VEICOLO

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

"Perfezionamenti nell'integrazione di dispositivi e collegamenti elettrici in componenti o parti strutturali di materiale polimerico installati a bordo di un veicolo"

di: PLASTIC COMPONENTS AND MODULES AUTOMOTIVE S.p.A., nazionalità italiana, via Rivalta 30, 10095 Grugliasco (TO)

Inventori designati: Enrico PAROLA, Pasquale IACOBONE, Etienne VALENTIN

Depositata il: 14 dicembre 2012

* * *

DESCRIZIONE

La presente invenzione si riferisce all'integrazione di dispositivi e collegamenti elettrici in materiali plastici, e in particolare in componenti o parti strutturali di materiale polimerico non conduttivo installati a bordo di un veicolo.

Più specificamente, l'invenzione riguarda un procedimento per la realizzazione di un componente o una parte strutturale in materiale polimerico non conduttivo atto ad integrare dispositivi e collegamenti elettrici, secondo il preambolo della rivendicazione 1.

Nel settore automobilistico è noto di impiegare materiali polimerici non conduttivi, ad esempio

polimeri termoplastici poliolefinici in commercio quali polipropilene (PP) o polietilene (PEHD, polietilene ad alta densità) per la realizzazione di componenti di bordo, tra cui si riportano a puro titolo di esempio i sistemi carburante (serbatoi ed altri elementi strutturali), le finizioni interne all'abitacolo (plancia strumenti, pannelli porta) e le finizioni esterne del corpo veicolo (paraurti, modanature).

I dispositivi elettrici od elettronici di bordo che sono installati in associazione a tali componenti, tra cui sensori, dispositivi di azionamento di congegni di bordo, dispositivi di comando per la gestione delle funzioni di abitacolo, sono tipicamente realizzati come elementi discreti, che trovano alloggiamento in sedi ricavate da stampo sulla sagoma del componente, e sono collegati a sorgenti remote di alimentazione ed a componenti remoti di elaborazione di segnale tramite cablaggi posati lungo il telaio del veicolo.

Per ovviare alla posa di estesi cablaggi sono state proposte diverse soluzioni tecnologiche di integrazione delle linee di connessione elettrica in una matrice di materiale plastico che costituisce un rivestimento dell'abitacolo di un veicolo o un componente strutturale del veicolo. Una ulterio-

re evoluzione è costituita dall'integrazione dei dispositivi elettronici di bordo, ad esempio dei dispositivi di comando delle funzioni di abitacolo e carrozzeria, nelle componenti di materiale plastico interne all'abitacolo, come la plancia ed i pannelli di porta, ove i dispositivi possono essere annegati ed azionabili a sfioramento.

WO 2007/096016 descrive un rivestimento per un veicolo sul quale sono ricavate regioni includenti funzionalità di commutazione, di sensore o di trasmissione di segnali elettrici o elettronici.

I dispositivi funzionali di bordo, quali i dispositivi sensori o di comando, sono realizzati come elementi discreti, disposti in uno stampo di formatura del rivestimento preventivamente alla iniezione del materiale plastico, in modo tale da affiorare dal lato del rivestimento esposto nell'abitacolo a stampaggio avvenuto e fornire una funzionalità di azionamento a sfioramento. Conduttori flessibili a striscia sono annegati nella matrice di materiale plastico nel corso dello stampaggio per la connessione dei dispositivi esternamente al rivestimento formato.

EP 1 663 720 descrive un dispositivo di comando a sfioramento impiegabile a bordo di un veicolo, il quale include un sensore capacitivo disposto al

di sotto di una superficie di un rivestimento interno del veicolo, accessibile al tatto da un soggetto presente nell'abitacolo. Un siffatto dispositivo può essere integrato nella superficie di copertura di un air-bag, in un volante, in una plancia, in un bracciolo, in una console od ogni altra superficie di un veicolo che si presti alla interazione con sistemi elettronici di bordo.

Anche il modello di utilità tedesco DE 299 07 054 ha per oggetto una plancia strumenti, in particolare per un autoveicolo, con un supporto realizzato almeno parzialmente in materiale plastico, al quale sono associati strumenti indicatori ed elementi di azionamento alimentati attraverso piste conduttrici, in cui le piste conduttrici sono realizzate in materiale plastico elettricamente conduttivo, ad esempio ULTRAFORM® della Basf o DURETHAN® e POCAN® della Bayer. Le piste conduttive sono preferibilmente realizzate in forma planare e accoppiate al supporto per via meccanica o chimica, ad esempio attraverso un processo di stampaggio per iniezione.

WO 2010/026000 descrive un rivestimento plastico a singolo strato o multistrato per un veicolo che presenta regioni formate da una miscela di materiale plastico e di un materiale conduttivo. Il

rivestimento può essere impiegato come parte del rivestimento di interni di un veicolo, ad esempio per cruscotti o interni porta. In predeterminate aree sono formate tracce conduttive per realizzare funzioni di conduzione elettrica e più complesse funzioni di commutazione, sensoristica o in generale trasmissione di segnali, le quali sono ottenute a partire da una miscela di materiali plastici componenti il rivestimento e da un materiale conduttivo, ad esempio nanotubi di carbonio.

Un procedimento per produrre tracce elettricamente conduttive e/o piezoresistive su di un substrato polimerico composito non conduttivo comprendente una matrice di polimeri termoplastici poliolefinici in commercio caricata con una fase dispersa di promotori di carbonizzazione quali nanofibre di carbonio o nanotubi di carbonio è noto dalla domanda di brevetto internazionale WO 2012/055934, che insegna a realizzare le tracce conduttive per ablazione laser e conseguente pirolisi localizzata del substrato, che determina la formazione di strutture carboniose conduttive, favorite dai promotori che possono partecipare alla conduzione addensandosi in corrispondenza delle tracce.

Tuttavia, benché il predetto documento suggerisca, in teoria ed alla luce di prove di laborato-

rio, di impiegare una siffatta tecnologia per la realizzazione di collegamenti elettrici e semplici dispositivi elettrici (quali pulsanti, sensori, antenne, ecc.) incorporati in substrati polimerici largamente utilizzati negli autoveicoli, come ad esempio polipropilene e polietilene, esso non affronta l'aspetto pratico dell'applicazione industriale di tale tecnologia alla fabbricazione dei suddetti elementi in effettivi componenti di bordo, né quello dell'integrazione della tecnologia con le affermate tecniche di produzione di tali componenti.

I componenti nel settore dell'autoveicolo che maggiormente beneficiano dell'integrazione con dispositivi elettrici, quali ad esempio la plancia strumenti o i pannelli porta, infatti, presentano forme particolari, imposte dalle necessità ergonomiche legate al loro utilizzo o semplicemente dalla loro collocazione nell'abitacolo. In taluni casi, le loro sagomature sono dettate esclusivamente dalla impressione estetica che il progettista vuole donare all'abitacolo di un veicolo, tale da contraddistinguerlo dalle soluzioni architettoniche della concorrenza.

Inoltre, la tecnologia industriale di stampaggio ad iniezione nel settore dell'autoveicolo è og-

gi ottimizzata per la lavorazione dei composti polimerici comunemente utilizzati per la realizzazione di tali componenti, ma non è adattata alla lavorazione di composti caricati con una fase dispersa, la cui distribuzione incide sulle proprietà elettriche dell'intero componente e ancora più specificamente sui valori elevati di conducibilità elettrica ottenibili attraverso l'ablazione laser selettiva di regioni (bidimensionali o tridimensionali) del componente destinate ad integrare le funzionalità elettriche progettate.

E' pertanto desiderabile che la tecnologia per la realizzazione di dispositivi e collegamenti elettrici incorporati in substrati polimerici non conduttivi sia perfezionata per una sua applicazione pratica a specifici componenti di bordo di un veicolo, e viceversa, che le tecnologie attuali di stampaggio di tali componenti nel settore dell'autoveicolo siano adattate ai nuovi materiali.

I principali aspetti da considerare nella progettazione di un componente per autoveicolo in un materiale polimerico caricato con una fase dispersa arrecante proprietà conduttive localmente attivabili in modo selettivo sono strettamente legati alla idoneità del componente a formare tracce conduttive con proprietà di conducibilità elettrica controlla-

bili secondo le configurazioni di progetto desiderate. A tale scopo, durante la progettazione di un componente, si devono controllare:

- la distanza minima tra tracce conduttive parallele, al fine di evitare interferenze e cortocircuiti;
- le curvature e le variazioni di piano delle tracce conduttive, al fine di evitare discontinuità in esse;
- la geometria delle tracce conduttive (lunghezza e sezione) in funzione delle caratteristiche elettriche del segnale, del materiale polimerico utilizzato e del carico elettrico previsto;
- la geometria del componente in materiale polimerico nelle regioni di progettazione di un dispositivo elettrico, per la definizione di zone a deformazione controllata e la realizzazione di dispositivi di azionamento attivabili da stimoli esterni di deformazione e pressione, ossia basati sull'effetto piezo-resistivo delle tracce conduttive;
- la geometria delle tracce conduttive nelle regioni di progettazione di un dispositivo elettrico, per la definizione di zone di sensore di prossimità capacitivo e la realizzazione di dispositivi di azionamento attivabili da stimoli esterni di sfioramento, ossia basati sull'effetto capacitivo delle

tracce conduttive;

- le soluzioni tecniche di connessione del componente recante le tracce conduttive con i sistemi di alimentazione e/o di elaborazione di segnale di bordo.

Scopo dell'invenzione è dunque quello di realizzare un componente o una parte strutturale sagomata in materiale polimerico composito non conduttivo, particolarmente per l'installazione a bordo di un veicolo, integrante dispositivi e collegamenti elettrici.

In particolare, scopo della presente invenzione è quello di fornire un procedimento ottimizzato per la realizzazione di un componente o una parte strutturale sagomata in materiale polimerico non conduttivo, particolarmente per l'installazione a bordo di un veicolo, integrante dispositivi e collegamenti elettrici.

Sono inoltre considerati obiettivi generali alla base dell'invenzione:

- aumentare il risparmio energetico dei veicoli di nuova generazione;
- accrescere il grado di riciclabilità delle componenti polimeriche;
- ridurre i costi di acquisto e assemblaggio di componenti accessori, in particolare di interrutto-

ri e cablaggi.

Secondo la presente invenzione tali scopi vengono raggiunti grazie ad un procedimento per la realizzazione di un componente o una parte strutturale in materiale polimerico non conduttivo, atto ad integrare dispositivi e collegamenti elettrici, particolarmente per l'installazione a bordo di un veicolo, avente le caratteristiche richiamate nella rivendicazione 1.

Forma ulteriore oggetto dell'invenzione un sistema per la realizzazione di un componente o una parte strutturale in materiale polimerico non conduttivo atti ad integrare dispositivi e collegamenti elettrici, come rivendicato.

Forma ancora un ulteriore oggetto dell'invenzione un procedimento per la realizzazione di un componente o una parte strutturale di bordo di un veicolo, comprendente un substrato in materiale polimerico non conduttivo integrante dispositivi e collegamenti elettrici, come rivendicato.

Modi particolari di realizzazione formano oggetto delle rivendicazioni dipendenti, il cui contenuto è da intendersi come parte integrale della presente descrizione.

In sintesi, la presente invenzione si fonda sulla tecnica di realizzare componenti o parti

strutturali di un veicolo in materiale polimerico composito non conduttivo, comprendente una matrice polimerica caricata con una fase dispersa nano-strutturata includente un promotore di carbonizzazione per la formazione di strutture carboniose conduttive, secondo gli insegnamenti di WO 2012/055934.

L'invenzione si propone di impiegare la tecnologia di ablazione laser per la definizione in componenti o parti strutturali di un veicolo di circuiti conduttivi interamente basati su carbonio, al fine di sviluppare tracce conduttive integrate in polimero le quali realizzano collegamenti elettrici o dispositivi elettrici piezoresistivi (ad esempio, interruttori di segnale integrati sul componente) ottenuti per deformazione di aree predeterminate di superfici polimeriche recanti tracce conduttive.

L'invenzione si fonda sul principio di realizzare un componente o una parte strutturale in materiale polimerico non conduttivo atta ad integrare dispositivi e collegamenti elettrici mediante un processo di stampaggio per iniezione, in cui i parametri tecnologici del processo sono controllati in funzione delle proprietà fisiche del materiale e la distribuzione degli ugelli di iniezione è stabilita dipendentemente dalla forma tridimensionale

del componente o parte strutturale e dalla destinazione d'uso di aree predefinite, in particolare per quanto riguarda l'integrazione di dispositivi e collegamenti elettrici.

Ulteriori caratteristiche e vantaggi dell'invenzione verranno più dettagliatamente esposti nella descrizione particolareggiata seguente di una sua forma di attuazione, data a titolo di esempio non limitativo, con riferimento ai disegni allegati, nei quali:

la figura 1 è un diagramma di flusso schematico di un procedimento innovativo per la realizzazione di un componente o una parte strutturale per un veicolo in materiale polimerico non conduttivo, integrante dispositivi e collegamenti elettrici;

la figura 2 è un diagramma caratterizzante una fase del procedimento innovativo, relativa allo stampaggio di un materiale composito polimerico non conduttivo includente una fase dispersa di nano-strutture filamentari promotori di conducibilità e additivato con fibre di rinforzo;

la figura 3 è una raffigurazione schematica di una fase del procedimento innovativo, relativa allo stampaggio di un materiale composito polimerico includente una fase dispersa di nano-strutture filamentari promotori di conducibilità e additivato con

fibre di rinforzo;

la figura 4 è una rappresentazione in sezione di un processo di scrittura laser di un volume di materiale polimerico composito;

le figure 5 e 6 sono rappresentazioni schematiche, rispettivamente in pianta ed in prospettiva sezionata, di un dispositivo di azionamento piezo-resistivo integrato in un substrato di materiale polimerico non conduttivo;

la figura 7 è una rappresentazione schematica in pianta di una forma di realizzazione alternativa di un dispositivo di azionamento piezo-resistivo integrato in un substrato di materiale polimerico non conduttivo; e

la figura 8 è una rappresentazione schematica esemplificativa delle aree di conducibilità (tracce conduttive) in un materiale polimerico composito e di corrispondenti terminali di connessione esterna.

In figura 1 sono schematizzate le fasi di un procedimento innovativo per la realizzazione di un componente o una parte strutturale per un veicolo in materiale polimerico non conduttivo, integrante dispositivi e collegamenti elettrici.

Al passo 100 avviene la predisposizione del materiale polimerico composito, comprendente una matrice polimerica non conduttiva ed una fase di-

spersa di nano-strutture filamentari promotrici di conducibilità. Parallelamente, al passo 200 avviene la progettazione del componente o della parte strutturale del veicolo, e del relativo stampo per la formatura mediante stampaggio ad iniezione del materiale prodotto al passo 100.

La fase di formatura del componente o della parte strutturale è indicata con 300 e successivamente al passo 400 è eseguita sul pezzo stampato la definizione delle aree o tracce conduttive, secondo la tecnica di scrittura per ablazione laser descritta in WO 2012/055934.

Infine, al passo 500, il componente o la parte così realizzata, recante predeterminate aree conduttive formanti i dispositivi e i collegamenti elettrici, è assemblata ad altri componenti di fornitura, ad esempio ai connettori esterni.

La predisposizione del materiale polimerico composito comprende una miscelazione in una base polimerica poliolefinica, ad esempio polipropilene (PP) o polietilene ad alta densità (PEHD) disponibili in commercio, di una fase di nano-strutture filamentari promotrici di conducibilità, in particolare nano-strutture a base di carbonio, quali nanotubi o nanofibre di carbonio, arricchita di sostanze compatibilizzanti, ossia di agenti di accop-

piamento per le fibre di rinforzo (quali ad esempio idrossidi alcalini in soluzioni acquose di polimero graffato con anidride maleica), e di una fase di cariche di rinforzo, quali ad esempio fibre di vetro o cariche di origine minerale.

Gli inventori hanno verificato che l'incremento di conducibilità nei componenti in tale materiale polimerico composito è maggiore rispetto alla conducibilità nei componenti in materiale polimerico composito privi di fibre di rinforzo.

Le cariche di rinforzo, specialmente a fibre corte di vetro, agiscono incrementando il grado di dispersione delle nano-strutture di carbonio che altrimenti tendono a riaggregarsi nel fuso creando "isole" che globalmente non permettono il transito di cariche elettriche nel manufatto, a causa delle forze di Van der Waals che si stabiliscono tra le catene di nano-strutture. Tale effetto di distribuzione riduce, altresì, l'insorgere di uno "skin effect", ossia di una pelle superficiale di materiale polimerico non conduttiva, permettendo ai nanotubi di affiorare in superficie, vettorizzati dalle fibre di rinforzo.

Le fibre di rinforzo, in particolare le fibre di vetro, sono un agente di rinforzo ampiamente utilizzato nel campo dei polimeri. Nei test condotti

per l'ottimizzazione delle materie prime da impiegare nel processo sopra descritto è emerso che in una matrice polimerica a base poliolefinica (PP, PEHD), cui sono stati additivati nanotubi di carbonio, la presenza di fibre vetro, preferibilmente in filamenti di lunghezza dell'ordine di 5mm e diametro dell'ordine di 10 μ m, ne incrementa la conducibilità elettrica, anche in assenza di successivi trattamenti di carbonizzazione, e facilita la dispersione dei nanotubi di carbonio.

I risultati ottenuti dimostrano che si sviluppa un'interfase parzialmente conduttiva tra la fibra di vetro e la matrice polimerica grazie ai nanotubi di carbonio che tendono a rivestire la fibra vetro: la concentrazione locale dei nanotubi di carbonio all'interno dell'interfase fibra di vetro / matrice polimerica fornisce multifunzionalità al materiale, tra cui un incremento delle caratteristiche meccaniche dovuto alla presenza delle fibre di vetro ed un incremento delle caratteristiche elettriche dovuto alla presenza dei nanotubi di carbonio.

Gli agenti di accoppiamento utilizzati per migliorare l'adesione delle fibre di vetro nella matrice polimerica migliorano la distribuzione delle fibre nella matrice stessa rendendola pressoché i-

sotropa: i nanotubi che ricoprono le fibre risultano conseguentemente anch'essi uniformemente distribuiti nella matrice polimerica portando con se l'omogeneità della conducibilità elettrica nel manufatto.

E' stato verificato sperimentalmente che un componente realizzato a partire da materiali poliolefinici additivati con nanotubi di carbonio, grazie alla corretta dispersione esercitata dalle fibre di vetro, risulta presentare una conducibilità almeno 100 volte superiore rispetto ad un omologo componente senza fase dispersa di fibra di vetro.

Tali risultati sono stati ottenuti con polimeri a base poliolefinica caratterizzati da cariche di nanotubi di carbonio (multiwall CNT) in quantità dall'1,5% al 10% in peso e da cariche di fibre vetro in quantità dal 10% al 20% in peso, valori riferiti al peso del materiale composito.

Durante lo stampaggio di materiali di questo tipo, il flusso di riempimento di uno stampo da parte del materiale, il cui comportamento dinamico è assimilabile a quello di un fluido ad elevata viscosità, determina complesse interazioni che risultano in:

- una frantumazione, per cui la distribuzione delle lunghezze delle fibre assume l'andamento ti-

pico di una distribuzione di Weibull, mostrata in figura 2, ed

- una forte influenza del comportamento dinamico del flusso sulla disposizione delle fibre, che si dispongono secondo orientamenti preferenziali.

In particolare, il profilo di velocità del flusso presenta una zona a gradiente elevato in prossimità delle pareti dello stampo ed una zona a profilo tendenzialmente uniforme nella parte centrale dello spessore della cavità dello stampo. Di conseguenza, nei volumi di materiale che al centro sono soggetti principalmente a deformazioni trasversali, le fibre tendono a collocarsi in direzione perpendicolare al flusso di iniezione, mentre in prossimità delle pareti le fibre tendono a disporsi parallelamente al flusso, per effetto degli sforzi di taglio. Questa condizione è illustrata in figura 3 per un generico stampo di forma affusolata provvisto di un ugello di iniezione, ove con G è indicato l'ugello di iniezione, con A è indicato il fronte di avanzamento del flusso iniettato, con F è indicata la disposizione delle fibre e con S il volume di materiale composito solidificato.

Le condizioni fluidodinamiche che si vengono a creare durante il processo di iniezione del materiale composito così miscelato definiscono quindi

gli orientamenti delle fibre che a loro volta determinano le proprietà meccaniche ed elettriche del componente.

Pertanto, in vista di quanto sopra, per evitare stress localizzato del materiale durante le fasi di iniezione con relativa perdita delle capacità conduttive (rottura dei nanotubi, degradazione della matrice, skin-effect), nella progettazione dello stampo reale si deve porre particolare attenzione ai seguenti parametri:

- lay-out di iniezione, eventualmente sequenziale;
- lay-out di condizionamento dello stampo;
- progetto dei movimenti di carrelli non termostatati.

La fase 300 di stampaggio del componente è dunque legata ad una adeguata progettazione dello stampo al passo 200, dipendente a sua volta dalla progettazione del componente, non solo per quanto attiene alla forma ed agli ingombri di volume, quanto anche alla predisposizione delle regioni conduttive ove si intende ricavare i collegamenti o i dispositivi elettrici integrati.

Il componente viene ottenuto per stampaggio ad iniezione del composto polimerico sopra definito. Vantaggiosamente, il componente o la parte struttu-

rale che si vuole realizzare non deve presentare curvature di piccolo raggio, e lo stampo di formatura deve presentare una distribuzione spaziale ottimizzata degli ugelli di iniezione, spazialmente più concentrati (addensati) in corrispondenza delle aree elettricamente funzionali del pezzo e spazialmente più diradati altrove.

Le condizioni di stampaggio (tra cui, esemplificativamente, profili di temperatura, profili di velocità, modalità di termostatazione dello stampo, tempi di iniezione, profili di pressione) determinano in maniera fondamentale le caratteristiche di conducibilità elettrica che il manufatto avrà dopo lo stampaggio ed anche successivamente alla definizione delle aree o tracce conduttive mediante scrittura o ablazione laser.

La messa a punto di tali parametri legati allo stampaggio è fondamentale affinché si produca un componente che manifesti sufficienti livelli di conducibilità interna, ad esempio dell'ordine di 100ohm/cm, anche prima dell'attivazione laser delle aree propriamente conduttive. Errati parametri di stampaggio possono provocare, per contro, uno "skin-effect" parzialmente isolante che ostacolerebbe la successiva fase di attivazione mediante scrittura laser.

La definizione ottimale dei parametri di stampaggio è generalmente funzione della geometria del componente e del lay-out dello stampo, per cui per ogni nuovo componente da stampare, e relativo materiale polimerico, nonché tipologia di pressa e lay-out di stampo, si dovrà seguire un iter specifico di affinamento dei parametri di partenza e definizione dei parametri operativi ottimali.

A titolo di esempio, nel caso di realizzazione di una bocchetta per carburante in un materiale composito comprendente nanotubi di carbonio e fibre di vetro nella percentuali sopra riportate, a base di PEHD, la fase sperimentale ha fatto emergere il seguente orientamento dei parametri necessari all'ottenimento di un buon livello di conducibilità iniziale:

- stampo termostato a media temperatura (60°C);
- elevata velocità di iniezione;
- bassa pressione di mantenimento;
- elevato tempo di mantenimento;

In particolare, dalle attività sperimentali condotte, risultano influenti in termini di distribuzione delle fibre di vetro, quindi di distribuzione dei nanotubi di carbonio (ossia, delle nanostrutture promotrici di conducibilità) e conseguen-

temente dell'omogeneità delle caratteristiche elettriche del manufatto stampato, i seguenti parametri di trasformazione: temperatura del fuso, temperatura dello stampo, tempo di raffreddamento, velocità e tempo di iniezione, pressione di iniezione, velocità di plasticizzazione, tempo e pressione di mantenimento.

Dalle esperienze sperimentali effettuate per componenti del volume di circa 300cm^3 , come una bocchetta per carburante, è conveniente in ogni caso operare con i seguenti parametri di stampaggio:

- Temperatura del materiale compresa tra 190°C e 260°C ;
- Termostatazione dello stampo compresa tra 50°C e 70°C ;
- Velocità di iniezione compresa tra 60 e $150\text{cm}^3/\text{s}$ (ossia un tempo di iniezione compreso tra 3s e 5s per un volume di 300cm^3);
- Pressione di iniezione compresa tra 60 bar e 80 bar;
- Tempo di mantenimento/raffreddamento in stampo compreso tra 30s e 60s;
- Pressione di mantenimento compresa tra 35 bar e 60 bar.

Si nota, con i materiali polimerici caricati con nanotubi di carbonio e fibre di vetro, una di-

spersione variabile delle cariche stesse in funzione della distanza radiale dal punto di iniezione. In effetti, i nanotubi di carbonio agiscono come fluidificante per le catene polimeriche: avendo una dimensione più piccola, le molecole calde di polimeri "scivolano" sui nanotubi. Questo effetto viene tradotto a scala del pezzo con una elevata concentrazione di nanotubi vicino al punto di iniezione, ed una concentrazione di nanotubi più ridotta lontano dal punto di iniezione.

Per tale motivo, al fine di assicurarsi di ottenere un componente funzionale, ossia ove sia possibile realizzare tracce conduttive atte a formare collegamenti o dispositivi elettrici è preferibile avvicinare le zone di iniezione alle aree elettricamente funzionali del pezzo, ossia alle aree del componente o parte strutturale che si intendono destinate alla realizzazione di collegamenti e dispositivi elettrici.

Ad esempio, nel caso si vogliano realizzare aree con caratteristiche piezoresistive (atte alla realizzazione di dispositivi di commutazione, quali sono i tasti di comando per apparecchi di bordo di un veicolo) è stato verificato che la disposizione degli ugelli di iniezione deve risultare in un intorno di 30cm dell'area predisposta per essere sog-

getta ad un successivo trattamento di scrittura laser per l'attivazione di tracce conduttive. Distanze superiori non assicurano un'adeguata distribuzione delle fibre di vetro e delle nano-strutture filamentari di carbonio, a prescindere dai parametri di stampaggio previsti.

Una volta predisposto lo stampo, conseguentemente al progetto del componente o parte strutturale atto ad integrare dispositivi o collegamenti elettrici, e successivamente attuato il processo industriale di stampaggio di tale componente o parte strutturale, è eseguita la fase di definizione e realizzazione delle aree (tracce) conduttive.

A questo scopo è applicata la tecnica di scrittura per ablazione laser e conseguente pirolisi localizzata, nota dalla domanda di brevetto internazionale WO 2012/055934, qui richiamata nella sua interezza.

E' stato dimostrato che il riscaldamento localizzato prodotto da un fascio laser focalizzato (che induce un'ablazione selettiva superficiale della matrice polimerica) fa emergere e percolare le nano-strutture filamentari disperse entro la matrice, le quali formano così un pattern conduttivo. Inoltre, l'interazione del fascio laser con il substrato polimerico ne favorisce la decomposizione

termica e la conseguente formazione di carbonio. Il carbonio formatosi in questo modo agisce da ponte tra le nano-strutture durante il processo di ablazione degli strati superficiali, favorendo ulteriormente la formazione delle aree (tracce) elettricamente conduttive.

Un fascio laser altamente focalizzato sulla matrice polimerica può permettere di ottenere per ablazione tracce conduttive profonde e stabili.

Il parametro di distanza minima tra le tracce conduttive deve essere controllato per evitare interferenze (diafonia) tra tracce adiacenti. A tal scopo, si è osservato che in una matrice di polipropilene con carica minerale di rinforzo (ad esempio, talco) al 10% in peso riferito al peso del materiale composito, per migliorare la stabilità dimensionale e la rigidità (eventualmente includente anche gomma per migliorare l'elasticità agli urti), e carica di nanotubi di carbonio al 2,5% in peso riferito al peso del materiale composito, che garantisce una conducibilità elettrica di 1,6 kohm/cm, affinché non vi sia interferenza tra le tracce è necessario mantenere una distanza minima di 10mm tra una traccia e quella adiacente.

Il parametro di larghezza e profondità del fascio laser di ablazione del materiale composito de-

ve essere controllato per ottenere un livello di resistività elettrica specifica di almeno 1,6 kohm/cm, su di un componente stampato ad iniezione di spessore medio compreso tra 2,5mm e 3,0mm.

In figura 4 è riprodotta in sezione una traccia di incisione laser. Da risultati sperimentali noti agli inventori per ottenere un livello di conducibilità elettrica di almeno 1,6 kohm/cm, è necessario operare una incisione laser avente una larghezza preferibilmente compresa tra 1,10mm e 1,40mm, ancora più preferibilmente pari a 1,25mm, ed una profondità preferibilmente compresa tra 0,70mm e 0,90mm, ancora più preferibilmente pari a 0,80mm. L'incisione laser focalizzata determina un solco B rispetto alla superficie C del materiale, di sezione complessivamente triangolare e sostanzialmente simmetrica, ma altre forme, ad esempio trapezoidale, e differenti orientamenti possono essere ottenuti controllando la focalizzazione e l'orientamento del fascio laser rispetto alla superficie del pezzo.

Gli inventori hanno notato, che con un fascio laser di lunghezza d'onda di 10,6 μm , la velocità ottimale di ablazione laser è di 5 mm/min, con una distanza focale effettiva di 135 mm e una potenza di utilizzo pari a circa 30 W. Al fine di evitare

combustioni localizzate che degradano i nanotubi, il processo di ablazione laser è condotto in atmosfera inerte di azoto.

Si noti che nell'intorno del solco si viene a creare una zona termica alterata Z (di dimensioni trasversali dell'ordine di 0,2 mm) nella quale è ancora apprezzabile un effetto di conducibilità elettrica.

Per la realizzazione di collegamenti e dispositivi elettrici deve anche essere controllata la geometria delle tracce conduttive, ossia l'andamento della regione conduttiva, la sua larghezza e profondità. Ciò è fondamentale nella realizzazione di dispositivi elettrici quali dispositivi di commutazione nella forma di tasti di comando integrati sul componente, ad esempio per sfruttare l'effetto piezo-resistivo di una traccia conduttiva, ossia la variazione di resistenza causata da una opportuna deformazione meccanica, ovvero l'effetto capacitivo di una traccia conduttiva, ossia la variazione di capacità causata dallo sfioramento di un corpo esterno (un dito) con un'area conduttiva di elettrodo.

Nelle figure 5 e 6 sono illustrate due rappresentazioni schematiche di un dispositivo di comando (tasto) integrato in un componente secondo la tec-

nologia descritta in questa domanda di brevetto, rispettivamente secondo una vista in pianta dall'alto, che ne evidenzia le forme e dimensioni, ed una vista parziale di simulazione del movimento del dispositivo in una condizione operativa.

In figura 5 è mostrato un segmento 10 di una traccia conduttiva annegata in una matrice di materiale polimerico 12, sulla quale è definita un'area di comando 14 suscettibile di essere azionata da un utilizzatore. Nella forma di realizzazione illustrata ed attualmente preferita è mostrata un'area di comando di forma circolare, il cui diametro è compreso tra 20mm e 30mm e preferibilmente di 25mm, definita in corrispondenza di un tratto tortuoso 10' della traccia conduttiva 10, conformato ad ansa o meandro, la cui larghezza è compresa tra 1,0mm e 2,0mm e preferibilmente è di 1,5mm. Si deve intendere che la raffigurazione di ansa sostanzialmente "a campana" è puramente indicativa, ma altre traiettorie tortuose possono essere ugualmente previste in corrispondenza dell'area di comando 14. Vantaggiosamente, maggiore è la lunghezza complessiva della traccia conduttiva sottoposta a sollecitazione in corrispondenza dell'area di comando, in questo caso in seguito ad una pressione esercitata sull'area da un utilizzatore, maggiore è l'effetto

di variazione del parametro elettrico di resistività indicativo dell'intervento di un utilizzatore sul dispositivo di comando.

Una linea di taglio o di indebolimento 20, ad esempio una zona assottigliata del materiale, è convenientemente prevista sul substrato polimerico intorno all'area di comando onde agevolare la dislocazione (l'oscillazione) meccanica di almeno una porzione dell'area di comando del dispositivo rispetto alla superficie circostante del componente su cui esso è integrato, ed amplificare il più possibile l'effetto di variazione del parametro elettrico del circuito.

In figura 5 è mostrata una linea di taglio 20 aperta, sostanzialmente a cardiode. Tale linea di taglio determina una radice dell'area di comando 14 (un'area compresa tra i segmenti E di estremità della linea di taglio ed l'arco di circonferenza F privo della linea di taglio) di forma sostanzialmente trapezoidale, che consente al dispositivo di operare in campo elastico, senza deformazioni permanenti.

In figura 6 è mostrata una vista tridimensionale simulata del dispositivo, parziale, ottenuta per sezione dell'area di dispositivo secondo la linea di sezione diametrica VI-VI di figura 5. Si i-

identificano una porzione superficiale superiore 22a, sottoposta a trazione nella condizione operativa di pressione esercitata sull'area del dispositivo, ed una porzione superficiale inferiore 22b, sottoposta a compressione nella condizione operativa di pressione esercitata sull'area del dispositivo.

Sperimentalmente, l'effetto piezo-resistivo si è manifestato per una forza applicata di 25 N con una deformazione in campo elastico di circa 3mm. E' stata rilevata una corrispondente variazione della resistività elettrica tra gli estremi del segmento tortuoso 10' della traccia conduttiva pari al 10%, per una resistenza in assenza di forza applicata pari a $R = 30\text{Kohm}$ ed una resistenza sotto una forza applicata di $F = 25\text{ N}$ pari a $R = 33\text{Kohm}$.

La variazione minima di resistività elettrica percepibile rispetto ad un rumore di fondo dato da variazioni delle condizioni ambientali (ad esempio, temperatura, umidità, che determinano anch'esse variazioni dimensionali del componente) è dell'ordine del 3%.

In generale, è stato verificato che affinché il dispositivo di comando così formato lavori in campo elastico, la deformazione massima sostenibile deve essere pari a circa 3 mm. Inoltre, affinché si

manifesti l'effetto piezoresistivo, con le caratteristiche citate, è necessario che l'area di comando 14 presenti uno spessore maggiore di 2 mm e preferibilmente uno spessore di 3mm.

In figura 7 è mostrata una forma di realizzazione alternativa del dispositivo di comando (tasto) integrato, in cui l'area di comando 14 è uguale a quella di figura 5 e il segmento 10 della traccia conduttiva presenta un tratto tortuoso 10'' conformato a serpentina inscritto in una curva di inviluppo ad ansa o meandro, sostanzialmente "a campana", che presenta una lunghezza complessiva maggiore sottoposta a sollecitazione in corrispondenza dell'area di comando rispetto al tratto tortuoso di figura 5, aumentando l'effetto di variazione del parametro elettrico di resistività indicativo dell'intervento di un utilizzatore sul dispositivo di comando.

Infine, il componente o la parte strutturale realizzato applicando le fasi di processo sopra descritte ed integrante dispositivi o collegamenti elettrici è assemblato con altri componenti facenti parte di un insieme di fornitura, ad esempio attraverso successive lavorazioni meccaniche quali saldature, incollaggi, ecc. atte ad integrare il componente selettivamente conduttivo su un complessivo

di fornitura per la successiva installazione sul veicolo.

A questi scopi, vantaggiosamente il componente o la parte strutturale reca costampati sulla matrice polimerica una pluralità di terminali di connessione in metallo, atti a permettere la connessione delle tracce conduttive e dei dispositivi di comando con circuiti elettrici o sistemi esterni al componente, per ricevere o distribuire segnali di informazione o correnti di alimentazione.

In figura 8 è mostrato un pannello in materiale polimerico, indicato nel complesso con 50, recante tracce conduttive 52, esemplificativamente parallele tra loro e distanziate in modo tale da non provocare diafonia o interferenze tra collegamenti adiacenti, alle cui estremità, in corrispondenza del bordo del pannello, sono accoppiati terminali di connessione 54 in metallo (ad esempio, oro) per il collegamento con circuiti di distribuzione elettrica (di segnale o di alimentazione) esterni, ad esempio cablaggi di apparecchi di bordo atti a ricevere comandi di azionamento tramite i dispositivi (tasti) di controllo integrati nella matrice polimerica (non raffigurati).

Si noti che la realizzazione proposta per la presente invenzione nella discussione che precede

ha carattere puramente esemplificativo e non limitativo della presente invenzione. Un tecnico esperto del settore potrà facilmente attuare la presente invenzione in realizzazioni diverse che non si discostano però dai principi qui esposti, e sono dunque ricomprese nel presente brevetto.

RIVENDICAZIONI

1. Procedimento per la realizzazione di un componente o una parte strutturale in materiale polimerico atto ad integrare dispositivi e collegamenti elettrici, particolarmente per l'installazione a bordo di un veicolo, caratterizzato dal fatto che include lo stampaggio per iniezione di un materiale composito comprendente:

- una matrice polimerica non-conduttiva;
- una fase dispersa comprendente almeno un promotore di carbonizzazione atto a formare strutture carboniose conduttive; ed
- una carica di fibre di rinforzo atta ad indirizzare la distribuzione e l'orientamento di detta fase dispersa nella matrice polimerica,

in cui l'iniezione di detto materiale composito in uno stampo predisposto per la formatura di detto componente o detta parte strutturale include una adduzione di materiale spazialmente più concentrata in corrispondenza di prestabilite regioni del componente o della parte strutturale progettate per l'incorporazione di dispositivi o collegamenti elettrici formati da strutture carboniose conduttive nel materiale composito, ed una adduzione di materiale spazialmente più diradata altrove.

2. Procedimento secondo la rivendicazione 1, in

cui lo stampaggio per iniezione di detto materiale composito avviene ad una temperatura del materiale compresa tra 190°C e 260°C.

3. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui lo stampaggio per iniezione di detto materiale composito avviene con una termostatazione dello stampo compresa tra 50°C e 70°C.

4. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui lo stampaggio per iniezione di detto materiale composito avviene con una velocità di iniezione compresa tra 60 e 150cm³/s.

5. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui lo stampaggio per iniezione di detto materiale composito avviene ad una pressione di iniezione compresa tra 60 bar e 80 bar.

6. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui lo stampaggio per iniezione di detto materiale composito include un tempo di raffreddamento in stampo compreso tra 30s e 60s.

7. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui lo stampaggio per iniezione di detto materiale composito include una

fase di mantenimento ad una pressione di mantenimento compresa tra 35 bar e 60 bar.

8. Sistema per la realizzazione di un componente o una parte strutturale in materiale polimerico atto ad integrare dispositivi e collegamenti elettrici, particolarmente per l'installazione a bordo di un veicolo, includente uno stampo predisposto per la formatura di detto componente o detta parte strutturale mediante stampaggio ad iniezione di un materiale composito comprendente:

- una matrice polimerica non-conduttiva;
- una fase dispersa comprendente almeno un promotore di carbonizzazione atto a formare strutture carboniose conduttive; ed
- una carica di fibre di rinforzo atta ad indirizzare la distribuzione e l'orientamento di detta fase dispersa nella matrice polimerica,

caratterizzato dal fatto che a detto stampo è associata una prima distribuzione di ugelli di iniezione spazialmente più concentrata in corrispondenza di prestabilite regioni del componente o della parte strutturale progettate per l'incorporazione di dispositivi o collegamenti elettrici formati da strutture carboniose conduttive nel materiale composito, ed una seconda distribuzione di ugelli di iniezione spazialmente più diradata altrove.

9. Sistema secondo la rivendicazione 8, in cui detta prima disposizione di ugelli di iniezione comprende una pluralità di ugelli disposti ad una distanza reciproca e dalla regione progettata per la realizzazione di dispositivi o collegamenti elettrici non superiore a 30cm.

10. Procedimento per la realizzazione di un componente o una parte strutturale di bordo di un veicolo, comprendente un substrato in materiale polimerico integrante dispositivi e collegamenti elettrici, caratterizzato dal fatto che include le fasi di:

- predisporre un materiale composito, comprendente:

- una matrice polimerica non-conduttiva;

- una fase dispersa comprendente almeno un promotore di carbonizzazione atto a formare strutture carboniose conduttive; ed

- una carica di fibre di rinforzo atta ad indirizzare la distribuzione e l'orientamento di detta fase dispersa nella matrice polimerica;

- iniettare detto materiale composito in uno stampo di formatura del componente o della parte strutturale,

- irraggiare un fascio laser su prestabilite aree di substrato del componente o della parte

strutturale formata, in modo tale da provocare per carbonizzazione la formazione di strutture carboniose conduttive, determinando una migliorata conducibilità elettrica di dette aree, e definire tracce conduttive integrate nella matrice polimerica atte a realizzare collegamenti elettrici o dispositivi elettrici piezo-resistivi;

- co-stampare su detto substrato almeno un terminale metallico di connessione elettrica ad almeno una estremità di dette tracce conduttive localizzata in corrispondenza di un bordo del substrato, per il collegamento con circuiti di distribuzione di segnale esterni.

CLAIMS

1. A method for the production of a component or a structural part made of polymeric material adapted to integrate electrical devices and connections, particularly for installation on board a vehicle, characterized in that it includes the injection molding of a composite material comprising:

- A non-conductive polymeric matrix;
- A dispersed phase comprising at least one promoter of carbonization adapted to form carbonaceous conductive structures; and
- A charge of reinforcing fibers adapted to direct the distribution and orientation of said dispersed phase in the polymeric matrix,

wherein the injection of said composite material into a mold arranged for the molding of said component or said structural part includes a supply of material which is more spatially concentrated at predetermined areas of the component or of the structural part designed for embedding electrical devices or connections formed by carbonaceous conductive structures in the composite material, and a supply of material which is spatially more sparse elsewhere.

2. The method according to claim 1, wherein the

injection molding of said composite material occurs at a temperature of the material between 190 °C and 260 °C.

3. The method according to any one of the preceding claims, wherein the injection molding of said composite material occurs with thermostating the mold between 50 °C and 70 °C.

4. The method according to any one of the preceding claims, wherein the injection molding of said composite material occurs with a speed of injection between 60 and 150 cm³/s.

5. The method according to any one of the preceding claims, wherein the injection molding of said composite material occurs at an injection pressure between 60 bar and 80 bar.

6. The method according to any one of the preceding claims, wherein the injection molding of said composite material includes a cooling time in the mold between 30 s and 60 s.

7. The method according to any one of the preceding claims, wherein the injection molding of said composite material includes a maintenance phase at a maintenance pressure between 35 bar and 60 bar.

8. A system for the production of a component or a structural part made of polymeric material

adapted to integrate electrical devices and connections, particularly for installation on board a vehicle, including a mold arranged for the molding of said component or said structural part by means of injection molding of a composite material comprising:

- a non-conductive polymeric matrix;
- a dispersed phase comprising at least one promoter of carbonization adapted to form carbonaceous conductive structures; and
- A charge of reinforcing fibers adapted to direct the distribution and orientation of said dispersed phase in the polymeric matrix,

characterized in that a first arrangement of injection nozzles is associated with said mold which is more spatially concentrated at predetermined areas of the component or of the structural part designed for embedding electrical devices or connections formed by carbonaceous conductive structures in the composite material, and a second arrangement of injection nozzles which is spatially more sparse elsewhere.

9. The system according to claim 8, wherein said first injection nozzle arrangement comprises a plurality of nozzles arranged at a mutual distance and

at a distance from the area designed for the implementation of electrical devices or connections not greater than 30 cm.

10. A method for the production of a component or a structural part of a vehicle, comprising a substrate of polymeric material integrating electrical devices and connections, characterized in that it includes the steps of:

- providing a composite material, comprising:
a non-conductive polymeric matrix;

- a dispersed phase comprising at least one promoter carbonization adapted to form carbonaceous conductive structures; and

- a charge of reinforcing fibers adapted to direct the distribution and orientation of said dispersed phase in the polymer matrix;

- injecting said composite material into a mold for forming the component or the structural part,

- irradiating a laser beam on predetermined areas of the substrate of the formed component or structural part in such a way as to cause by carbonization the formation of carbonaceous conductive structures, resulting in an improved electrical conductivity of said areas, and to define conductive traces incorporated in the polymeric matrix

and adapted to make electrical connections or electrical piezo-resistive devices;

- co-printing on said substrate at least one metal terminal for electrical connection to at least one end of said conductive traces at an edge of the substrate, for connection with external signal distribution circuits.

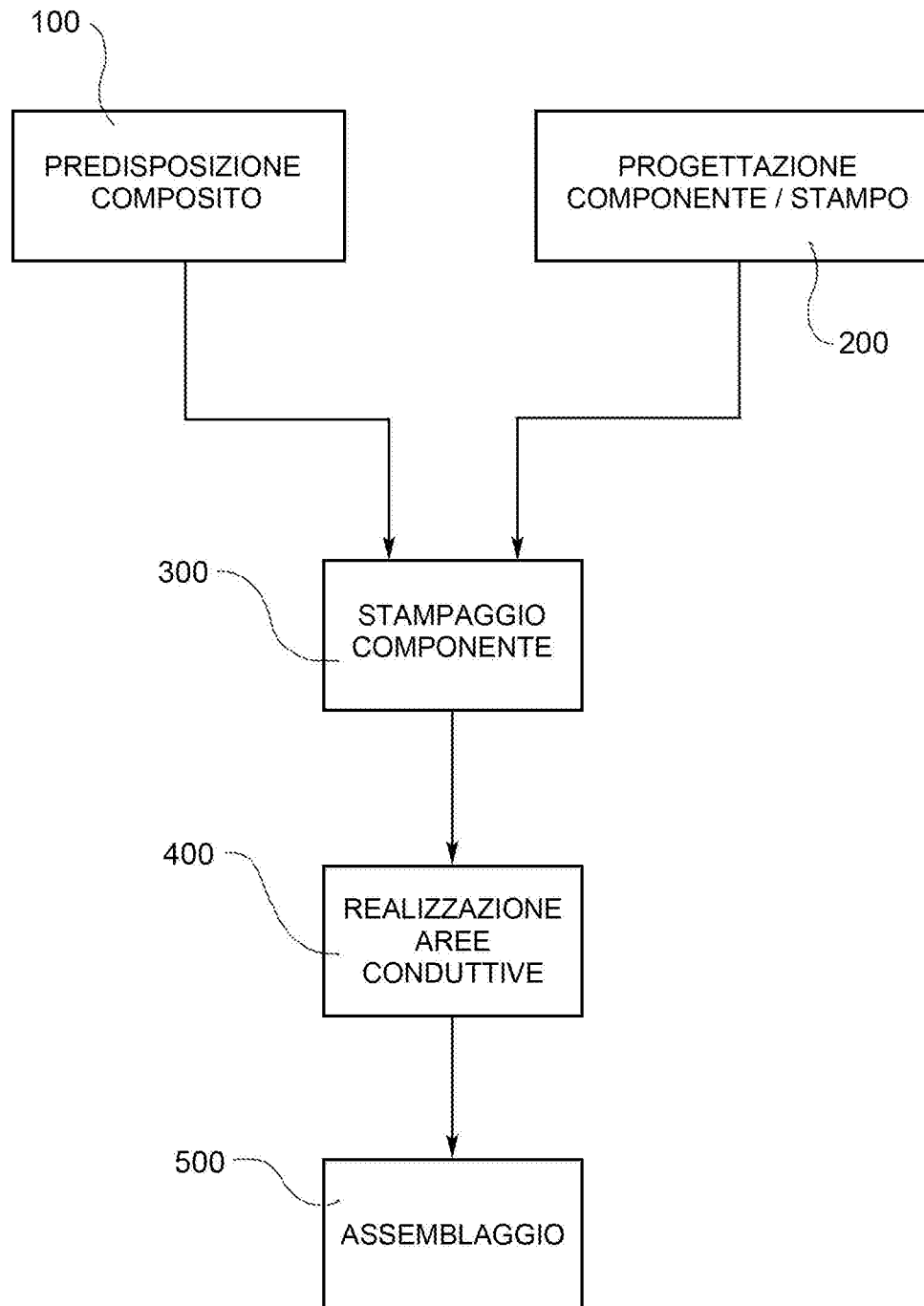


FIG. 1

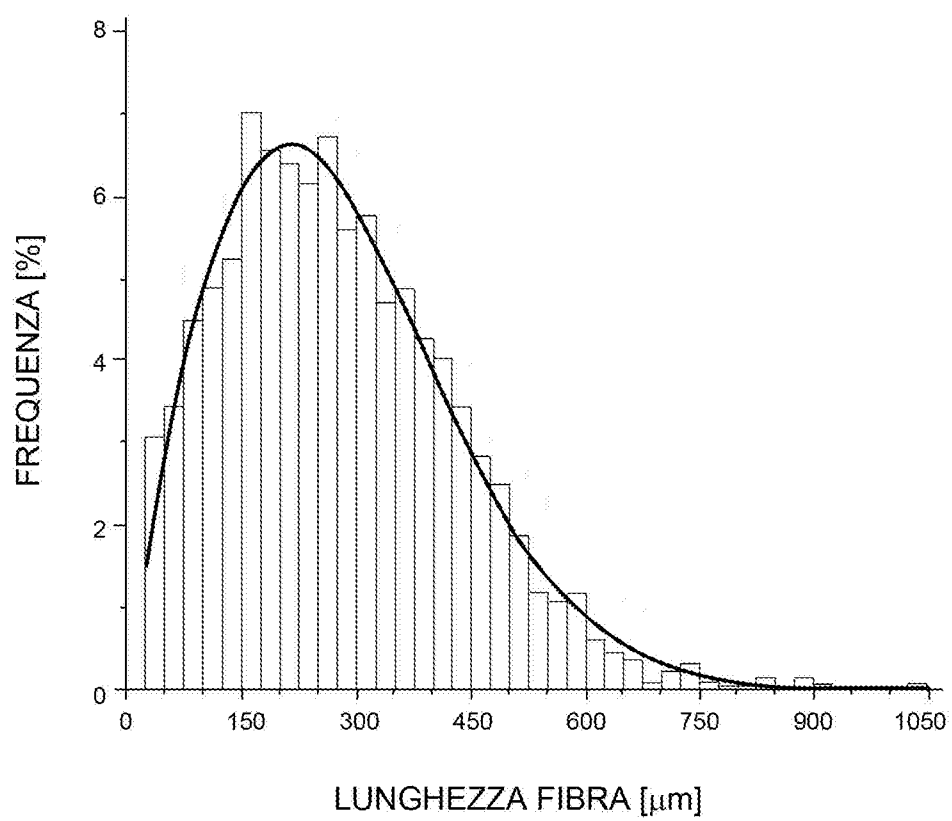


FIG. 2

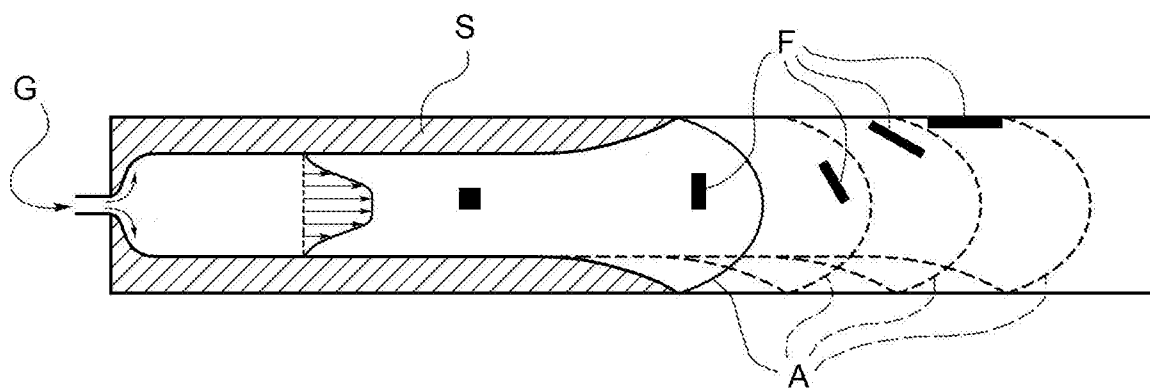


FIG. 3

3/5

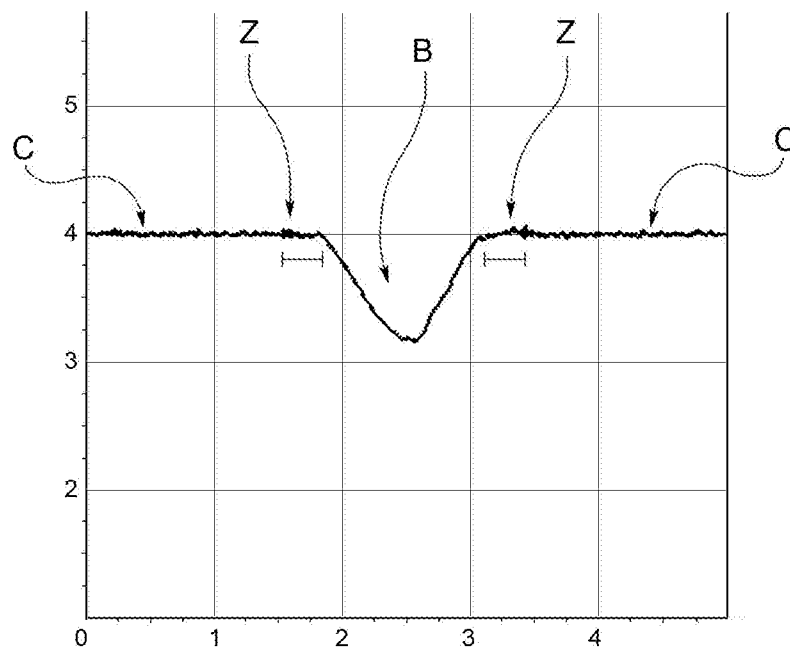


FIG. 4

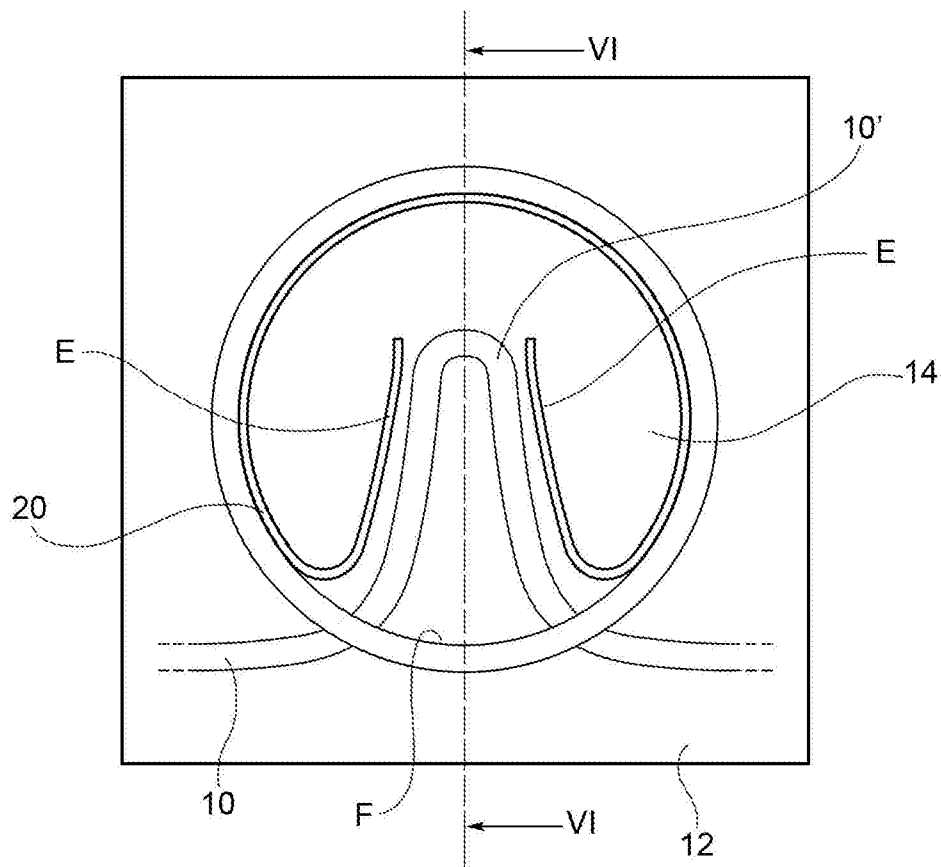


FIG. 5

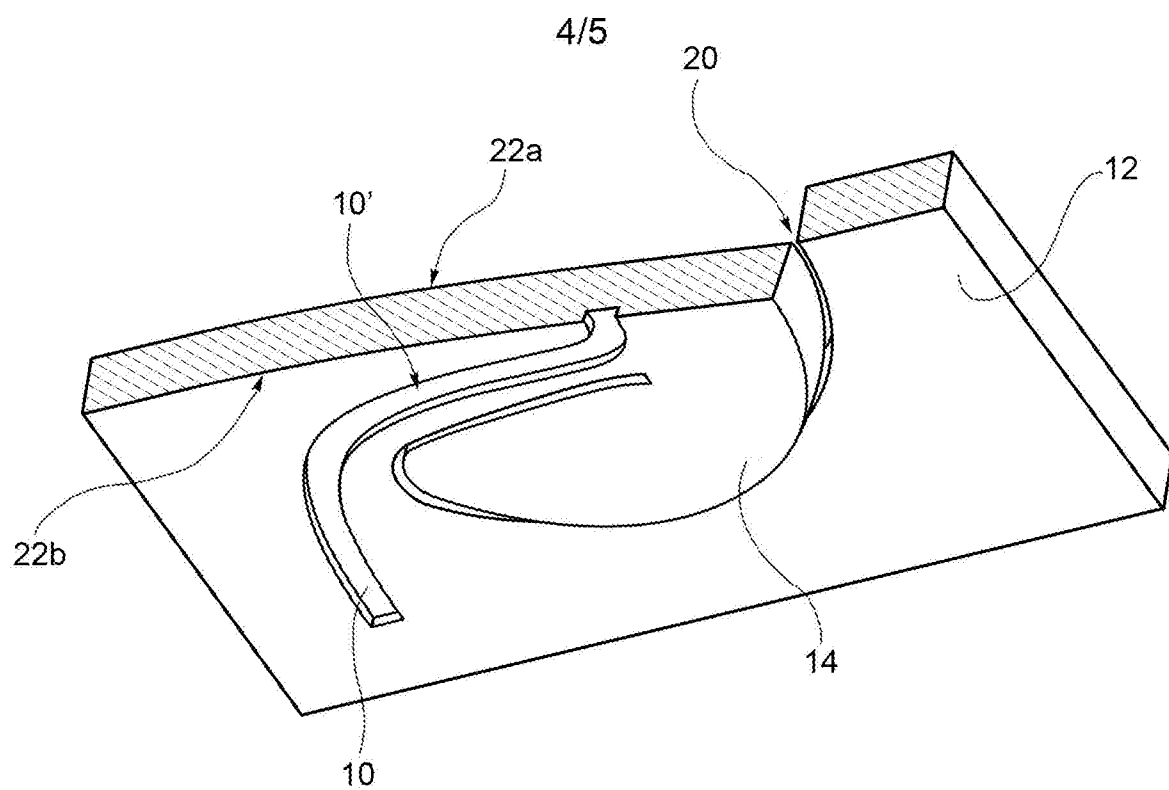


FIG. 6

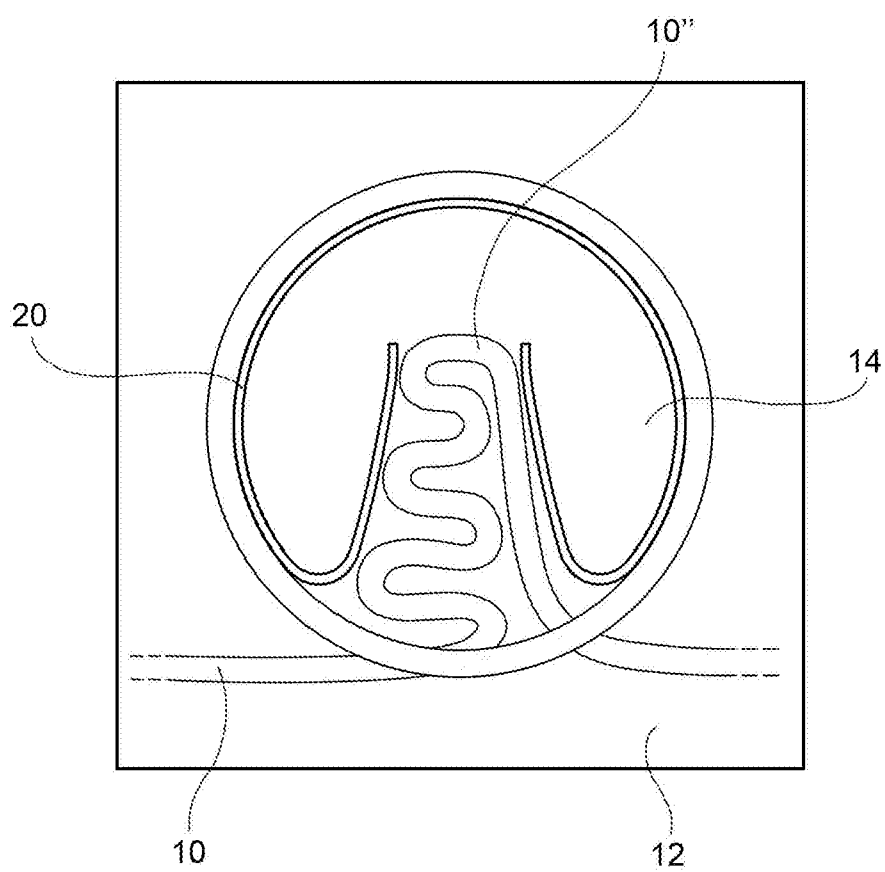


FIG. 7

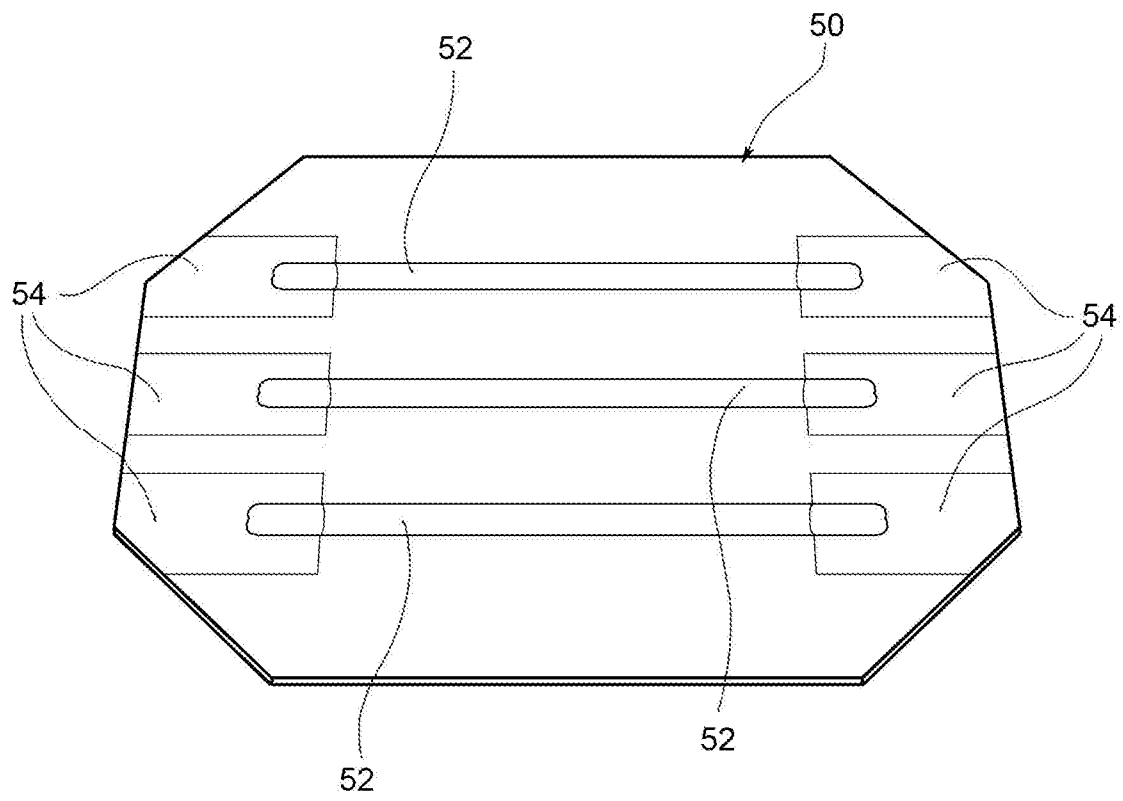


FIG. 8