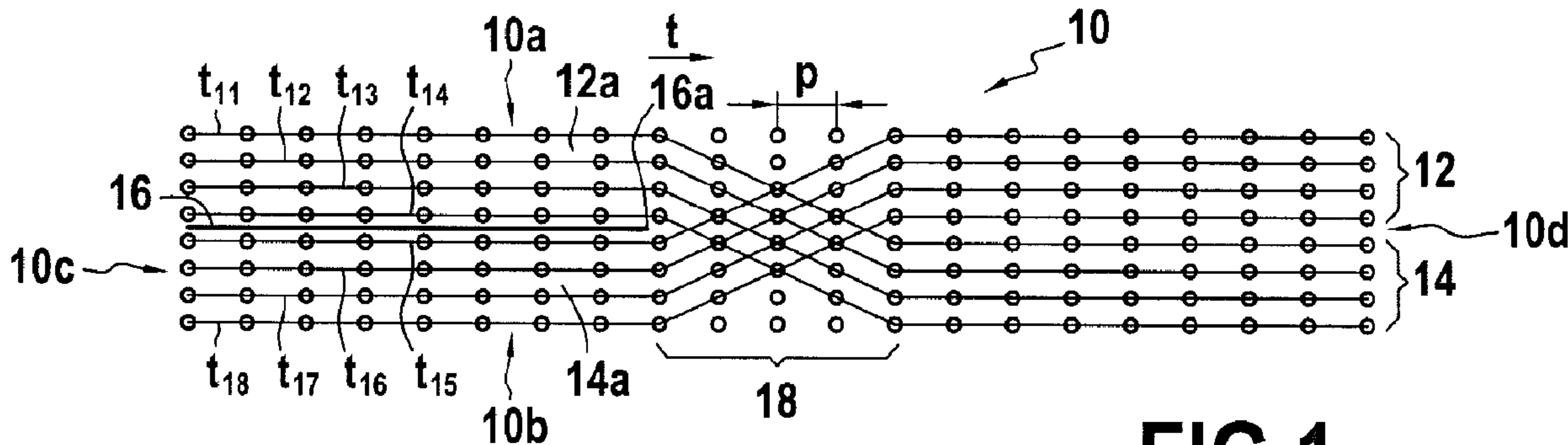




(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2012/12/10  
 (87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2013/06/20  
 (85) Entrée phase nationale/National Entry: 2014/06/05  
 (86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2012/052853  
 (87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2013/088040  
 (30) Priorité/Priority: 2011/12/14 (US61/570,432)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *F01D 5/28* (2006.01),  
*D03D 25/00* (2006.01)  
 (71) Demandeur/Applicant:  
SNECMA, FR  
 (72) Inventeurs/Inventors:  
MARCHAL, YANN, US;  
COUPE, DOMINIQUE, US;  
FRUSCELLO, MONICA, US;  
GOERING, JONATHAN, US  
 (74) Agent: GOUDREAU GAGE DUBUC

(54) Titre : STRUCTURE FIBREUSE TISSEE EN UNE SEULE PIECE PAR TISSAGE 3D ET APPLICATION A LA FABRICATION DE PIECE EN MATERIAU COMPOSITE  
 (54) Title: FIBER STRUCTURE WOVEN INTO A SINGLE PART BY MEANS OF 3D WEAVING, AND USE IN THE MANUFACTURE OF A COMPOSITE MATERIAL PART



**FIG.1**

(57) **Abrégé/Abstract:**

Dans une structure fibreuse tissée en une seule pièce par tissage tridimensionnel, des premiers fils de trame lient entre elles des couches de fils de chaîne d'une première partie (12) de la structure fibreuse (10) adjacentes à une déliaison (16) et des couches de fils de chaîne d'une deuxième partie (14) de la structure fibreuse au-delà de la déliaison, et des deuxièmes fils de trame lient entre elles des couches de fils de chaîne de la deuxième partie (14) de la structure fibreuse adjacentes à la déliaison et des couches de fils de chaîne de la première partie (12) de la structure fibreuse au-delà de la déliaison, de sorte que les trajets des premiers et deuxièmes fils de trame se croisent dans au moins une zone de transition (18) s'étendant dans la structure fibreuse à partir du fond de la déliaison, la zone de transition s'étendant, en direction trame, sur une distance supérieure au pas (p) entre colonnes de chaîne voisines.

## (12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la  
Propriété Intellectuelle  
Bureau international(43) Date de la publication internationale  
20 juin 2013 (20.06.2013)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale  
WO 2013/088040 A3

- (51) Classification internationale des brevets :  
F01D 5/28 (2006.01) D03D 25/00 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2012/052853
- (22) Date de dépôt international :  
10 décembre 2012 (10.12.2012)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :  
61/570,432 14 décembre 2011 (14.12.2011) US
- (71) Déposant : SNECMA [FR/FR]; 2 boulevard du Général  
Martial Valin, F-75015 Paris (FR).
- (72) Inventeurs : MARCHAL, Yann; 1001 Islington Street,  
Appt 46, Portsmouth, New Hampshire 03801 (US).  
COUPE, Dominique; 12 Boston Avenue, Medford, Mas-  
sachusetts 02155 (US). FRUSCELLO, Monica; 44 Kim-  
ball Road, Amesbury, Massachusetts 01913 (US). GOE-  
RING, Jonathan; 7 Nighthawk Drive, York, Maine 03909  
(US).
- (74) Mandataires : JOLY, Jean-Jacques et al.; Cabinet BEAU  
DE LOMENIE, 158 rue de l'Université, F-75340 Paris Ce-  
dex 07 (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre  
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,

AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,  
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,  
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,  
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,  
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,  
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,  
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,  
RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ,  
TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,  
ZM, ZW.

- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre  
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,  
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ,  
UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,  
TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,  
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,  
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM,  
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,  
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

## Publiée :

- avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des  
revendications, sera republiée si des modifications sont re-  
çues (règle 48.2.h)

- (88) Date de publication du rapport de recherche internatio-  
nale :

23 janvier 2014

(54) Title : FIBER STRUCTURE WOVEN INTO A SINGLE PART BY MEANS OF 3D WEAVING, AND USE IN THE MANU-  
FACTURE OF A COMPOSITE MATERIAL PART

(54) Titre : STRUCTURE FIBREUSE TISSÉE EN UNE SEULE PIÈCE PAR TISSAGE 3D ET APPLICATION A LA FABRI-  
CATION DE PIÈCE EN MATERIAU COMPOSITE

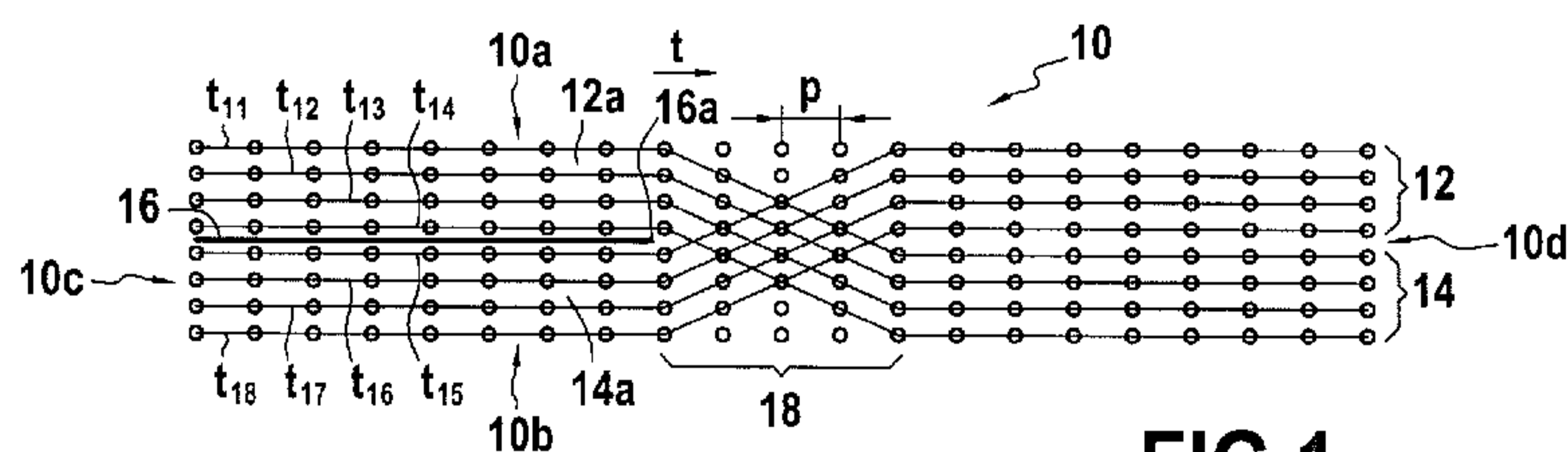


FIG. 1

(57) Abstract : In a fiber structure woven into a single part by means of three-dimensional weaving, first weft threads connect therebetween warp thread layers from a first portion (1) of the fiber structure (10), which are adjacent to a disconnection (16), with warp thread layers from a second portion (14) of the fiber structure, which are located beyond the disconnection, and second weft threads connect therebetween warp thread layers from the second portion (14) of the fiber structure, which are adjacent to the disconnection, with warp thread layers from the first portion (12) of the fiber structure, which are located beyond the disconnection, such that the paths of the first and second weft threads intersect in at least one transition area (18) extending into the fiber structure from the base of the disconnection, the transition area extending over a distance greater than the pitch (p) between adjacent warp columns in the weft direction.

(57) Abrégé : Dans une structure fibreuse tissée en une seule pièce par tissage tridimensionnel, des premiers fils de trame lient entre elles des couches de fils de chaîne d'une première partie (12) de la structure fibreuse (10) adjacentes à une déliaison (16) et des couches de fils de chaîne d'une deuxième partie (14)

[Suite sur la page suivante]

**WO 2013/088040 A3** 

---

de la structure fibreuse au-delà de la déliaison, et des deuxièmes fils de trame lient entre elles des couches de fils de chaîne de la deuxième partie (14) de la structure fibreuse adjacentes à la déliaison et des couches de fils de chaîne de la première partie (12) de la structure fibreuse au-delà de la déliaison, de sorte que les trajets des premiers et deuxièmes fils de trame se croisent dans au moins une zone de transition (18) s'étendant dans la structure fibreuse à partir du fond de la déliaison, la zone de transition s'étendant, en direction trame, sur une distance supérieure au pas (p) entre colonnes de chaîne voisines.

Titre de l'invention**Structure fibreuse tissée en une seule pièce par tissage 3D et application à la fabrication de pièce en matériau composite.**5 Arrière-plan de l'invention

L'invention concerne la réalisation de structure fibreuse tissée en une seule pièce par tissage 3D, notamment pour la fabrication de pièce en matériau composite. Un domaine particulier, mais non exclusif d'application de l'invention est la réalisation de structures fibreuses pour  
10 des préformes de pièces en matériau composite pour des aéronefs ou des moteurs aéronautiques, notamment des turbomoteurs d'avion.

De façon bien connue, une pièce en matériau composite peut être obtenue par réalisation d'une préforme fibreuse et densification de celle-ci par une matrice. Selon l'application envisagée, la préforme peut  
15 être en fibres de verre, carbone ou céramique et la matrice peut être en un matériau organique (polymère), en carbone ou en céramique.

Pour des pièces de forme relativement complexe, il est connu de réaliser une structure fibreuse ou ébauche en une seule pièce par tissage tridimensionnel (3D) ou multi-couches et de mettre en forme cette  
20 ébauche pour obtenir une préforme fibreuse ayant une forme voisine de celle d'une pièce à fabriquer.

Afin de faciliter cette mise en forme et pour éviter de pratiquer des incisions se traduisant par la coupe de fils et un amoindrissement de tenue mécanique, il est connu de ménager une ou plusieurs déliaisons au  
25 sein de la structure fibreuse lors de son tissage. De telles déliaisons sont obtenues en omettant localement de lier entre elles des couches de fils adjacentes et permettent un dépliage des parties de structure fibreuse adjacentes aux déliaisons.

La réalisation de pièces en matériau composite de forme  
30 complexe à partir de structures tissées avec déliaisons est décrite notamment dans les documents WO 2010/061139, WO 2010/103213.

Toutefois, la mise en forme d'une structure fibreuse avec dépliage de parties séparées par une déliaison peut entraîner une fragilité au niveau du fond de la déliaison et des contraintes excessives sur des fils  
35 sollicités lors de cette mise en forme.

### Objet et résumé de l'invention

L'invention a pour but de remédier à de tels inconvénients.

Selon un premier aspect de l'invention, ce but est atteint avec une structure fibreuse tissée en une seule pièce par tissage tridimensionnel, la structure fibreuse ayant des surfaces opposées et  
5 présentant :

- une première partie comprenant une pluralité de couches de fils de chaîne et formant une première partie de l'épaisseur de la structure fibreuse entre ses surfaces opposées,
- 10 - une deuxième partie comprenant une pluralité de couches de fils de chaîne et formant une deuxième partie de l'épaisseur de la structure fibreuse, les fils de chaîne étant disposés en colonnes comprenant chacune des fils de chaîne de la première et de la deuxième partie, et
- 15 - un ensemble de fils de trame liant entre elles les couches de fils de chaîne de la première partie et de la deuxième partie tout en ménageant au moins une déliaison séparant la première partie de la deuxième partie sur une partie de la dimension de la structure fibreuse en direction trame à partir d'un bord de la structure fibreuse jusqu'à un fond  
20 de déliaison,
- structure fibreuse dans laquelle, dans chaque plan, un ou plusieurs mêmes premiers fils de trame lient entre elles des couches de fils de chaîne de la première partie de la structure fibreuse adjacentes à la déliaison et des couches de fils de chaîne de la deuxième partie de la  
25 structure fibreuse au-delà de la déliaison, et
- un ou plusieurs mêmes deuxièmes fils de trame lient entre elles des couches de fils de chaîne de la deuxième partie de la structure fibreuse adjacentes à la déliaison et des couches de fils de chaîne de la première partie de la structure fibreuse au-delà de la déliaison,
- 30 - de sorte que des trajets du ou des premiers fils de trame et du ou des deuxièmes fils de trame se croisent dans au moins une zone de transition s'étendant dans la structure fibreuse à partir du fond de la déliaison, et
- la zone de transition s'étend, en direction trame, sur une  
35 distance supérieure au pas entre colonnes de chaîne voisines.

Le croisement des fils de trame dans une zone de transition adjacente au fond de la déliaison renforce ce fond et peut se traduire par une moindre sollicitation des fils lors du dépliage d'une partie de structure fibreuse adjacente à la déliaison.

5 Selon un mode de réalisation, plusieurs premiers fils de trame, de même que plusieurs deuxièmes fils de trame, suivent des trajets similaires entre les extrémités en direction trame de la zone de transition.

10 Selon un autre mode de réalisation, plusieurs premiers fils de trame, de même que plusieurs deuxièmes fils de trame, suivent des trajets similaires mutuellement décalés en direction trame dans la ou les zones de transition.

15 Les fils de chaîne de couches externes de fils de chaîne adjacentes à l'une au moins des surfaces opposées de la structure fibreuse peuvent être tissées avec des mêmes fils de trame s'étendant continûment sur toute la dimension de la structure fibreuse en direction trame, ce qui permet de préserver une continuité de fils en surface.

20 Dans au moins l'une des première et deuxième partie de la structure fibreuse, les fils de chaîne de couches externes de fils de chaîne adjacentes à une des surfaces de la structure fibreuse sont tissés avec des mêmes fils de trame dont les trajets se croisent à un niveau correspondant sensiblement à celui de la zone de transition, ce qui permet, lors du dépliage d'une partie de structure fibreuse adjacente à la déliaison, de limiter la courbure imposée aux fils de trame adjacents à la surface.

25 Selon un mode de réalisation, la structure fibreuse présente au moins deux déliaisons séparant la première partie de la deuxième partie sur une partie de la dimension de la structure fibreuse en direction trame à partir de bords opposés de la structure fibreuse jusqu'à des fonds de déliaison respectifs, ce qui permet notamment, après mise en forme, d'obtenir une préforme fibreuse à section en forme de  $\pi$  ou de I.

30 Selon un autre aspect de l'invention, le but visé est atteint avec une structure fibreuse telle que définie ci-avant avec inversion entre chaîne et trame.

35 Selon encore un autre aspect de l'invention, celle-ci vise un procédé de fabrication d'une pièce en matériau composite, comprenant la réalisation d'une préforme fibreuse par mise en forme d'une structure

fibreuse telle que définie plus haut, la mise en forme comportant au moins le dépliage d'une partie de la première ou de la deuxième partie de la structure fibreuse adjacente à une déliaison, et la densification de la préforme par une matrice.

5 Selon encore un autre aspect de l'invention, celle-ci vise un procédé de fabrication d'une pièce en matériau composite ayant en section sensiblement une forme de  $\pi$ , comprenant la réalisation d'une préforme fibreuse par mise en forme d'une structure fibreuse telle que définie plus haut avec deux déliaisons, la mise en forme comportant le  
10 dépliage de parties de la première ou de la deuxième partie de la structure fibreuse adjacentes aux deux déliaisons, et la densification de la préforme par une matrice.

Une telle pièce ayant en section sensiblement une forme de  $\pi$  est par exemple une plate-forme d'aube de soufflante de turbomachine.

15 Selon encore un autre aspect de l'invention, celle-ci vise un procédé de fabrication d'une pièce en matériau composite ayant en section sensiblement une forme de I, comprenant la réalisation d'une préforme fibreuse par mise en forme d'une structure fibreuse telle que définie plus haut avec deux déliaisons, la mise en forme comportant le  
20 dépliage des parties de la première ou de la deuxième partie de la structure fibreuse adjacentes aux deux déliaisons, et la densification de la préforme par une matrice.

Une telle pièce ayant en section sensiblement une forme de I est par exemple une aube directrice de sortie de turbomachine.

25 Selon encore un autre de ses aspects, l'invention vise une pale d'hélice creuse de moteur aéronautique obtenue par un procédé tel que défini plus haut.

#### Brève description des dessins

30 L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description, faite ci-après, à titre indicatif mais non limitatif, en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est une vue très schématique en coupe d'une structure fibreuse tissée 3D selon un mode de réalisation de l'invention ;

- la figure 2 est une vue très schématique en coupe d'une préforme obtenue par mise en forme de la structure fibreuse de la figure 1 ;
- la figure 3 est une vue schématique d'un plan d'une structure fibreuse tissée 3D selon un mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 4 est une vue schématique d'un plan d'une préforme à section en  $\pi$  obtenue par mise en forme de la structure fibreuse de la figure 3 ;
- la figure 5 est une vue très schématique en coupe d'une structure fibreuse tissée 3D selon un mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 6 est une vue très schématique en coupe d'une préforme obtenue par mise en forme de la structure fibreuse de la figure 5 ;
- la figure 7 est une vue schématique d'un plan d'une structure fibreuse tissée 3D permettant d'obtenir une préforme à section en  $\pi$  selon un mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 8 est une vue très schématique en coupe d'une structure fibreuse tissée 3D selon un mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 9 est une vue très schématique en coupe d'une préforme obtenue par mise en forme de la structure fibreuse de la figure 8 ;
- la figure 10 est une vue schématique d'un plan d'une structure fibreuse tissée 3D permettant d'obtenir une préforme à section en  $\pi$  selon un mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 11 est une vue très schématique en coupe d'une structure fibreuse tissée 3D selon un mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 12 est une vue très schématique en coupe d'une préforme obtenue par mise en forme de la structure fibreuse de la figure 11 ;
- la figure 13 est une vue schématique en perspective d'une plate-forme d'aube de soufflante obtenue par densification d'une préforme à section sensiblement en forme de  $\pi$  ;
- la figure 14 est une vue très schématique en coupe d'une structure tissée 3D selon un mode de réalisation de l'invention ;

- la figure 15 est une vue très schématique en coupe d'une préforme à profil en I obtenue par mise en forme de la structure fibreuse de la figure 14 ;

5 - la figure 16 est une vue schématique en perspective d'une aube directrice de sortie obtenue par densification d'une préforme à profil en I ;

- la figure 17 est une vue schématique en coupe d'une structure tissée 3D selon un mode de réalisation de l'invention ;

10 - la figure 18 est une vue très schématique en coupe d'une préforme à profil en V obtenue par mise en forme de la structure fibreuse de la figure 17 ; et

- la figure 19 est une vue schématique d'une hélice obtenue par densification d'une préforme à profil en V.

#### 15 Description détaillée de modes de réalisation

Par souci d'allègement des dessins, sur les figures 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10 et 11, les trajets des fils de trame sont représentés rectilignes tandis que les fils de chaîne, en coupe sont représentés par des points. S'agissant de tissage 3D, l'on comprendra que les fils de trame suivent des  
20 trajets sinueux afin de se lier entre eux des fils de chaîne appartenant à des couches de fils de chaîne différentes, exception faite de déliaisons, étant noté qu'un tissage 3D, notamment à armure interlock, peut inclure des tissages 2D en surface. Différentes armures de tissage 3D peuvent être utilisées, telles que des armures interlock, multi-satin ou multi-toile,  
25 par exemple, comme décrit notamment dans le document WO 2006/136755.

La figure 1 montre très schématiquement un plan de trame d'une structure fibreuse 10 tissée 3D en une seule pièce ayant des faces opposées 10a, 10b. Par plan de trame, on entend ici un plan en coupe  
30 perpendiculairement à la direction chaîne montrant une colonne de fils de trame. La structure fibreuse 10 comprend deux parties 12, 14 formant respectivement une première et une deuxième partie de l'épaisseur de la structure fibreuse 10. Chaque partie 12, 14 comprend une pluralité de couches superposées de fils de chaîne, 4 dans l'exemple illustré, le  
35 nombre de couches de fils de chaîne pouvant être tout nombre souhaité au moins égal à 2 en fonction de l'épaisseur désirée. En outre, les

nombres de couches de fils de chaîne dans les parties 12 et 14 pourront être différents l'un de l'autre. Il est possible aussi d'avoir un nombre de couches de fils de chaîne non constant tout le long de la direction trame. Les fils de chaîne sont disposés en colonnes comprenant chacune des fils de chaîne de la partie 12 et de la partie 14 de la structure fibreuse 10.

5 Sur une partie de la dimension de la structure fibreuse 10 en direction trame (t), les deux parties 12, 14 de la structure fibreuse sont séparées totalement l'une de l'autre par une déliaison 16 qui s'étend à partir d'un bord 10c de la structure fibreuse 10 jusqu'au fond 16a de la déliaison. Par déliaison, on entend ici une zone qui n'est pas traversée par des fils de trame liant entre eux des fils de chaîne de couches appartenant respectivement aux parties 12 et 14 de la structure fibreuse 10.

10 Hormis au niveau de la déliaison, les couches de fils de chaîne sont liées entre elles par des fils de trame d'une pluralité de couches de fils de trame.

15 Dans l'exemple illustré, dans chaque plan de la structure fibreuse 10, des premiers fils de trame  $t_{11}$  à  $t_{14}$  lient des fils de chaîne des couches de fils de chaîne dans la portion 12a de la partie 12 adjacente à la déliaison 16 et des fils de chaîne des couches de fils de chaîne de la partie 14 au-delà de la déliaison 16. A l'inverse, des deuxièmes fils de trame  $t_{15}$  à  $t_{18}$  lient des fils de chaîne des couches de fils de chaîne dans la portion 14a de la partie 14 adjacente à la déliaison 16 et des fils de chaîne des couches de fils de chaîne de la partie 12 au-delà de la déliaison 16. Bien entendu, les parties 12 et 14 de la structure fibreuse 10 au-delà de la déliaison 16 sont liées entre elles.

20 On pourra par exemple adopter un tissage satin de surface pour les fils de trame  $t_{14}$ ,  $t_{15}$  dans les portions 12a, 14a séparées par la déliaison 16, le tissage se poursuivant avec une armure interlock au-delà de la déliaison 16.

30 Ainsi, les trajets des fils  $t_{11}$  à  $t_{14}$  et ceux des fils  $t_{15}$  à  $t_{18}$  se croisent dans une zone de transition 18 qui s'étend à partir du fond 16a de la déliaison 16. Cette zone de transition 18 s'étend, en direction trame, sur une distance égale à plus d'un pas  $p$  entre colonnes de fils de chaîne voisines, de préférence au moins égale à  $2p$ . Dans l'exemple illustré, cette distance est égale à  $4p$ . Les fils  $t_{11}$  à  $t_{14}$ , de même que les fils  $t_{15}$  à  $t_{18}$

35

suivent, dans la zone de transition 18, des trajets parallèles similaires entre les extrémités, en direction trame, de la zone de transition 18.

Une préforme fibreuse 19 à profil sensiblement en T (figure 2) est obtenue en dépliant les portions 12a, 14a bordant la déliaison 16. Du fait de la traversée progressive des couches de fils de chaîne par les fils de trame dans la zone de transition 18, les fils de trame sont moins exposés à un risque de détérioration en comparaison avec une traversée plus brusque dans un intervalle entre deux colonnes de fils de chaîne. En outre, le fait d'avoir une zone de transition s'étendant en sens trame sur une longueur relativement grande confère une meilleure capacité de déformation.

La figure 3 montre un plan d'une structure fibreuse 20 qui comprend une partie de base avec une face externe 20a et une face interne 20b. La structure fibreuse comprend dans son épaisseur deux parties 22, 24 séparées l'une de l'autre, sur une partie de la dimension de la structure fibreuse en direction trame, par des déliaisons 26, 26'. Les déliaisons 26, 26' s'étendent, depuis des bords opposés 20c, 20d de la structure fibreuse 20 jusqu'à des fonds de déliaison respectifs 26a, 26'a, la portion centrale de la structure fibreuse 20 étant sans déliaison.

Chaque partie 22, 24 de la structure fibreuse comporte une pluralité de couches de fils de chaîne, les nombres de couches de fils de chaîne dans les parties 22 et 24 étant ici différents.

Dans chaque plan de la structure fibreuse 20, des mêmes premiers fils de trame  $t_{21}$ ,  $t_{22}$ ,  $t_{23}$ ,  $t_{24}$  lient entre eux des fils de chaîne dans la partie 24 au-delà de la déliaison 26' ainsi que des fils de chaîne dans la portion 22a de la partie 22 bordant la déliaison 26. A l'inverse, des mêmes seconds fils de trame  $t_{25}$ ,  $t_{26}$ ,  $t_{27}$ ,  $t_{28}$  lient entre eux des fils de chaîne dans la portion 22'a de la partie 22 bordant la déliaison 26' et des fils de chaîne dans la partie 24 en deçà de la déliaison 26.

Ainsi, les trajets des fils  $t_{21}$ ,  $t_{22}$ ,  $t_{23}$ ,  $t_{24}$  croisent ceux des fils  $t_{25}$ ,  $t_{26}$ ,  $t_{27}$ ,  $t_{28}$  dans une zone de transition 28 située dans la portion centrale de la structure fibreuse 20, entre les fonds 26a, 26'a des déliaisons 26, 26'. Comme dans le mode de réalisation de la figure 1, les trajets des fils de trame  $t_{21}$ ,  $t_{22}$ ,  $t_{23}$ ,  $t_{24}$  de même que ceux des fils de trame  $t_{25}$ ,  $t_{26}$ ,  $t_{27}$ ,  $t_{28}$  entre les extrémités de la zone de transition 28 sont similaires et la

zone de transition 28 s'étend sur une distance, en direction trame, supérieure à  $p$ , ici égale à  $4p$ .

On notera que d'un plan de trame à un autre, l'emplacement de la zone de transition peut être décalé en sens trame pour éviter d'avoir  
5 une partie plus chargée en croisements de fils qu'une autre partie, entre les déliaisons 26, 26'.

La mise en forme de la structure fibreuse 20, pour obtenir une préforme fibreuse 29 à section sensiblement en forme de  $\pi$  comprend le dépliage des portions de la partie 24 de la structure fibreuse bordant les  
10 déliaisons 26, 26' comme montré par la figure 4, pour former en section, les jambes 24a, 24'a du  $\pi$  qui s'étendent à partir de la face interne 20b. On note, dans la portion de la structure fibreuse 20 et de la préforme fibreuse 29 adjacente à la face externe 20a, un tissage avec armure satin de surface (fil  $t_{29}$ ) assurant une continuité de surface sans traversée de  
15 couches de fils de chaîne et sans croisement avec un autre fil de trame.

On notera aussi dans l'exemple illustré que les portions de la partie 24 de la structure fibreuse 20 destinées à former les jambes 24a, 24'a se prolongent au-delà des bords de la partie 22, par ajout de colonnes de fils de chaîne, pour conférer la longueur voulue aux jambes  
20 24a, 24'a.

La figure 5 montre très schématiquement une structure fibreuse 40 tissée 3D en une seule pièce selon un deuxième mode de réalisation de l'invention. Les éléments communs entre la structure fibreuse 40 de la figure 5 et la structure fibreuse 10 de la figure 1 portent  
25 les mêmes références et ne seront pas à nouveau décrits.

La structure fibreuse 40 se distingue de la structure fibreuse 10 par les modes de traversée de couches de fils de chaîne par les fils de trame qui se croisent dans la zone de transition 18.

Ainsi, la traversée de chacun des fils de trame  $t_{11}$ ,  $t_{12}$ ,  $t_{13}$ ,  $t_{14}$  est  
30 effectuée sur une distance en direction trame égale au pas  $p$  entre colonnes de fils de chaîne mais les trajets des fils de trame  $t_{11}$  à  $t_{14}$  sont mutuellement décalés en sens trame, le décalage étant dans l'exemple illustré égal au pas  $p$ . Il en est de même pour les fils de trame  $t_{15}$ ,  $t_{16}$ ,  $t_{17}$  et  $t_{18}$ . On a donc une zone de transition 18 qui, comme dans le mode de  
35 réalisation précédent, s'étend en direction trame sur une distance supérieure au pas  $p$ , en l'espèce sur une distance de  $4p$ . Par rapport au

mode de réalisation de la figure 1, une contrainte plus élevée est exercée sur les fils de trame sur leur trajet dans la zone de transition mais la dimension de celle-ci confère une bonne capacité de déformation.

5 La figure 6 montre une préforme fibreuse 49 à section sensiblement en T obtenue après dépliage des portions 12a et 14a bordant la déliaison 16 des parties 12 et 14 de la structure fibreuse 40.

La figure 7 montre un plan d'une structure fibreuse 50 permettant d'obtenir une préforme à section sensiblement en forme de  $\pi$ . Les éléments communs entre la structure fibreuse 50 de la figure 7 et la structure fibreuse 20 de la figure 3 portent les mêmes références et ne  
10 seront pas à nouveau décrits.

La structure fibreuse 50 se distingue de la structure fibreuse 20 par les modes de traversée de couches de fils de chaîne par les fils de trame.

15 Ainsi, la traversée de chacun des fils de trame  $t_{21}$ ,  $t_{22}$ ,  $t_{23}$ ,  $t_{24}$  est effectuée sur une distance en direction trame égale au pas  $p$  entre colonnes de fils de chaîne, de même que la traversée de chacun des fils de trame  $t_{25}$ ,  $t_{26}$ ,  $t_{27}$ ,  $t_{28}$ . Toutefois les emplacements des traversées des fils  $t_{21}$  à  $t_{24}$ , de même que les emplacements des traversées des fils  $t_{25}$  à  
20  $t_{28}$ , avec croisements mutuels, sont décalés les uns par rapport aux autres en direction trame. Dans l'exemple de la figure 7, la zone de transition 28 s'étend sur une distance relativement grande entre les fonds 26a et 26'a des déliaisons 26 et 26', en étant formée de plusieurs zones de transition élémentaires  $28_1$ ,  $28_2$ ,  $28_3$  et  $28_4$ , les croisements étant ainsi répartis en  
25 direction trame dans la portion de structure fibreuse s'étendant entre les déliaisons 26,26'.

Une préforme fibreuse à section sensiblement en forme de  $\pi$  est obtenue par dépliage des portions de la partie 24 de structure fibreuse adjacentes aux déliaisons 26, 26', comme dans le cas de la figure 4.

30 La figure 8 montre très schématiquement une structure fibreuse 60 tissée 3D en une seule pièce selon un troisième mode de réalisation de l'invention. Les éléments communs entre la structure fibreuse 60 de la figure 8 et les structures 10 et 40 des figures 1 et 5 portent les mêmes références et ne seront pas à nouveau décrits.

35 La structure fibreuse 60 se distingue de la structure fibreuse 10 en ce que, dans chaque plan, seulement une partie des fils de trame est

concernée par le processus de traversées de couches de fils de chaîne et de croisements mutuels, ces fils de trame étant ceux qui lient entre eux des fils de chaîne de couches de fils de chaîne dans des portions de la structure fibreuse 60 adjacentes à la déliaison 16, tandis que des fils de trame situés dans des portions de la structure fibreuse adjacentes à ses faces 10a, 10b s'étendent continûment le long de ces surfaces, sans traversées et croisements avec d'autres fils de trame. De cette façon, on peut renforcer la structure fibreuse au niveau du fond de la déliaison, tout en préservant une continuité en surface favorable à un bon état de surface d'une pièce en matériau composite finalement obtenue.

Dans l'exemple illustré, les fils de trame  $t_{11}$ ,  $t_{12}$ ,  $t_{17}$  et  $t_{18}$  s'étendent continûment entre les bords 10c et 10d de la structure fibreuse 60, sans croisement avec d'autres fils de trame. Par contre, les fils de trame  $t_{13}$ ,  $t_{14}$  dans la portion 12a de la partie 12 de la structure fibreuse 60 adjacente à la déliaison 16 traversent des couches de fils de chaîne immédiatement au-delà du fond 16a de la déliaison 16 pour rejoindre la partie 14 de la structure fibreuse 60. A l'inverse, les fils de trame  $t_{15}$ ,  $t_{16}$  dans la portion 14a de la partie 14 de la structure fibreuse 60 adjacente à la déliaison 16 traversent des couches de fils de chaîne immédiatement au-delà du fond 16a de la déliaison 16, en croisant les fils de trame  $t_{13}$ ,  $t_{14}$ , pour rejoindre la partie 12 de la structure fibreuse 10. Les traversées et croisements de fils de trame se produisent dans une zone de transition 18 ayant, en direction trame, une dimension supérieure au pas  $p$  entre colonnes de fils de chaîne, cette dimension étant égale à  $2p$  dans l'exemple. La configuration avec fils de trame s'étendant continûment à proximité des faces 10a, 10b et fils de trame concernés par le processus de traversées et croisements à l'intérieur de la structure fibreuse 60 se retrouve dans chaque plan de la structure fibreuse.

Bien entendu, le nombre de fils de trame situés dans les portions 12a et 14a en étant adjacents à la déliaison et qui sont concernés par le processus de traversées et croisements peut être différent de 2, étant au moins égal à 1. De même, le nombre de fils de trame adjacent aux faces 10a et 10b et s'étendant continûment, sans croisements entre les bords 10c et 10b peut être différent de 2, étant au moins égal à 1.

La figure 9 montre une préforme fibreuse 69 à section sensiblement en T obtenue après dépliage des portions 12a et 14a bordant la déliaison 16 des parties 12 et 14 de la structure fibreuse 60. Les fils de trame  $t_{11}$ ,  $t_{12}$ ,  $t_{17}$ ,  $t_{18}$  non concernés par le processus de traversées et croisements suivent un trajet lissé dans les zones de courbure.

La figure 10 montre un plan d'une structure fibreuse 70 permettant d'obtenir une préforme fibreuse à section sensiblement en forme de  $\pi$ . Les éléments communs entre la structure fibreuse 70 de la figure 11 et les structures fibreuses 20 et 50 des figures 3 et 7 portent les mêmes références et ne seront pas à nouveau décrits.

La structure fibreuse 70 se distingue notamment des structures fibreuses 20 et 50 par la présence d'un fil de trame  $t'_{29}$  qui s'étend continûment le long de la face interne 20b et le long des faces des portions de la partie 24 bordant les déliaisons 26 et 26', assurant ainsi une continuité de la surface de la préforme du côté interne.

En outre, les croisements entre fils de trame se produisent dans deux zones de transition 28' et 28'' qui se situent immédiatement à proximité des fonds 26a, 26'a des déliaisons 26, 26'. Chaque zone de transition s'étend en direction trame sur une distance supérieure au pas  $p$  entre colonnes de fils de chaîne, en l'espèce sur une distance égale à  $2p$ .

La figure 11 montre schématiquement une structure fibreuse 80 tissée 3D en une seule pièce selon un quatrième mode de réalisation de l'invention. Les éléments communs entre la structure fibreuse 80 de la figure 11 et les structures 10, 40 et 60 des figures 1, 5 et 8 portent les mêmes références et ne seront pas à nouveau décrits.

La structure fibreuse 80 se distingue de la structure fibreuse 60 en ce que, dans chaque plan, les fils de trame qui tissent les fils de chaîne des couches de fils de chaîne les plus proches des faces 10a, 10b, en l'espèce les fils de trame  $t_{11}$  et  $t_{12}$  ainsi que les fils de trame  $t_{17}$  et  $t_{18}$ , se croisent sur leurs trajets entre les bords opposés 10c et 10d, sans croiser d'autres fils de trame. Ces croisements se situent sensiblement au niveau du fond de la déliaison 16, c'est-à-dire au niveau des raccordements 12'a et 14'a entre les portions 12a et 14a et le reste de la structure fibreuse 80, lorsque celle-ci est mise en forme, comme le montre la figure 12, pour former une préforme 89 à section sensiblement en T.

Par l'effet de ce croisement, au niveau de ces raccordements 12'a, 14'a, les fils  $t_{11}$ ,  $t_{12}$ ,  $t_{17}$  et  $t_{18}$  présentent une courbure moindre, c'est-à-dire suivent un rayon de courbure plus grand, en comparaison avec le mode de réalisation des figures 8 et 9. Les fils  $t_{11}$ ,  $t_{12}$ ,  $t_{17}$  et  $t_{18}$  sont ainsi  
5 moins sollicités lors de la mise en forme, notamment lorsque l'angle de dépliage de la portion 12a ou de la portion 14a est relativement fort.

Dans les différents modes de réalisation décrits, la structure fibreuse est formée par tissage 3D avec des fils de nature choisie en fonction de l'application envisagée, par exemple des fils de verre, de  
10 carbone ou de céramique.

La densification de la préforme fibreuse obtenue après mise en forme de la structure fibreuse est réalisée en formant une matrice également de nature choisie en fonction de l'application envisagée, par exemple une matrice organique obtenue notamment à partir d'une résine  
15 précurseur de matrice polymère telle qu'une résine époxyde, bismaléimide ou polyimide, ou une matrice en carbone ou une matrice en céramique. Dans le cas d'une matrice en carbone ou en céramique, la densification pourra être réalisée par infiltration chimique en phase gazeuse ou CVI ("Chemical Vapour Infiltration") ou par imprégnation par une composition  
20 liquide contenant une résine précurseur de carbone ou de céramique et traitement thermique de pyrolyse ou céramisation du précurseur, ces procédés étant bien connus en soi.

La figure 13 montre très schématiquement une plate-forme 30 de soufflante de turbomachine aéronautique en matériau composite telle qu'elle peut être obtenue par densification d'une préforme fibreuse à  
25 section sensiblement en forme de  $\pi$  telle que celle de la figure 4 ou telle qu'obtenue à partir des structures fibreuses des figures 7 et 10. Les fibres sont de préférence en carbone et la matrice est de préférence une matrice polymère.

30 La plate-forme 30 comprend une base 32 ayant une face supérieure 32a et une face inférieure 32b, et deux jambes 34, 36 formant notamment voiles de rigidification et s'étendant à partir de la face inférieure 32b, la plate-forme 30 ayant ainsi une section en forme de  $\pi$  comme montré en tirets.

35 La plate-forme 30 est destinée à être montée dans l'intervalle entre deux aubes de soufflante, au voisinage des pieds de celles-ci, afin

de délimiter, du côté intérieur, une veine annulaire d'entrée d'air dans la soufflante, la veine étant délimitée du côté extérieur par un carter de soufflante. L'usinage de la plate-forme 30 à ses dimensions définitives est réalisé après densification de la préforme fibreuse.

5 Des préformes fibreuses obtenues à partir de structures fibreuses présentant une ou plusieurs déliaisons et conformes à l'invention peuvent être utilisées pour fabriquer d'autres pièces en matériau composite de moteurs aéronautiques.

10 Ainsi, la figure 14 montre très schématiquement un plan de trame d'une structure fibreuse 90 tissée 3D qui se distingue notamment de la structure fibreuse 10 de la figure 1 en ce que les parties 12, 14 sont séparées l'une de l'autre le long de deux déliaisons 16, 16' qui s'étendent à partir de bords opposés 10c, 10d de la structure fibreuse 90 jusqu'à des fonds de déliaison respectifs 16a, 16'a.

15 Les trajets des fils de trame se croisent dans des zones de transition 18, 18' qui s'étendent à partir des fonds 16a, 16'a des déliaisons 16, 16'. Les zones de transition 18, 18' peuvent être similaires à la zone de transition 18 de la structure fibreuse 10 de la figure 1. En variante, on pourrait adopter des zones de transition analogues à celles des structures  
20 fibreuses 40, 60 des figures 5 et 8.

Une préforme fibreuse 99 à section sensiblement en forme de I (ou H) est obtenue (figure 15) en dépliant les portions 12a, 14a des parties 12 et 14 bordant la déliaison 16 et les portions 12'a, 14'a des parties 12 et 14 bordant la déliaison 16'.

25 La figure 16 montre très schématiquement une aube directrice de sortie 100 en matériau composite, ou OGV (« Outlet Guide Vane ») de turbomachine aéronautique telle qu'elle peut être obtenue par densification d'une préforme fibreuse à section sensiblement en forme de I (ou de H). Les fibres sont de préférence en carbone et la matrice est de  
30 préférence une matrice polymère.

L'aube directrice de sortie 100 comprend une pale 102 solidaire à ses extrémités d'une plate-forme extérieure 104 et d'une plate-forme intérieure 106, l'aube 100 étant destinée à être montée dans une veine secondaire d'une turbomachine aéronautique double flux, en aval de la  
35 soufflante. L'aube directrice de sortie 100 présente une section de forme sensiblement en I (ou H), comme montré en tirets sur la figure 16.

Pour la fabrication d'une telle aube directrice de sortie 100, on peut utiliser une préforme fibreuse semblable à celle de la figure 15 avec des découpes pratiquées pour reproduire les dimensions développées à plat de la pale et des plates-formes.

5 La figure 17 montre très schématiquement un plan de trame d'une structure fibreuse 110 tissée 3D qui se distingue de la structure fibreuse 10 de la figure 1 par le fait que les parties 12, 14 sont séparées l'une de l'autre par une déliaison 16 qui s'étend sur la plus grande partie de la dimension de la structure fibreuse 110 en direction trame, depuis un  
10 bord 10c jusqu'au fond de déliaison 16a.

Les trajets de fils de trame se croisent dans une zone de transition 18 qui s'étend à partir du fond 16a de la déliaison 16. La zone de transition 18 de la structure fibreuse 110 peut être semblable à la zone de transition de la structure fibreuse 10 de la figure 1. En variante, on  
15 pourrait adopter une zone de transition semblable à celle de la structure fibreuse 40 de la figure 5 ou de la structure fibreuse 60 de la figure 8.

Une préforme fibreuse 119 à section semblablement en forme de V est obtenue (figure 18) en écartant l'une de l'autre les portions 12a, 14a des parties 12, 14 adjacentes à la déliaison 16.

20 La figure 19 montre très schématiquement et partiellement une pale d'hélice creuse 120 de moteur aéronautique telle qu'elle peut être obtenue par densification d'une préforme fibreuse à section sensiblement en forme de V. Les fibres sont de préférence en carbone et la matrice est de préférence une matrice polymère.

25 La pale d'hélice 120 présente une partie pleine le long de son bord d'attaque 122 et sommet 124, cette partie pleine se prolonge par une partie creuse conférant un profil à section semblablement en V comme montré sur la figure 19.

30 La pale d'hélice 120 peut être obtenue par densification d'une préforme dérivée d'une structure fibreuse avec déliaison semblable à celle de la figure 17. Lors du tissage de la structure fibreuse, les emplacements des zones de transition dans des plans successifs sont choisis pour respecter le profil de la pale d'hélice.

35 Dans les différents modes de réalisation décrits, des fils de trame situés d'un côté d'une déliaison et des fils de trame situés de l'autre côté de la déliaison se croisent dans une partie de la structure fibreuse au-

delà du fond de la déliaison en traversant des couches de fils de chaîne et les croisements s'étalent en direction trame dans une zone de transition qui s'étend sur une distance supérieure au pas entre colonnes de fils de chaîne, typiquement sur une distance de plusieurs pas, la zone de transition englobant tous ces croisements pouvant elle-même être formée de plusieurs zones de transition élémentaires. Les fils de trame qui se croisent dans la zone de transition appartiennent de préférence aux portions de la structure fibreuse adjacentes à une déliaison, les fils de trame situés dans une portion de la structure fibreuse adjacente à une surface externe pouvant ne pas être concernés par le processus de traversée de couches de fils de chaîne et croisements.

On notera enfin que, dans les modes de réalisation décrits, la trame et la chaîne pourront être substituées l'une à l'autre.

## REVENDICATIONS

1. Structure fibreuse tissée en une seule pièce par tissage tridimensionnel, ayant des surfaces opposées, et dans laquelle :
- 5           - une première partie comprend une pluralité de couches de fils de chaîne et forme une première partie de l'épaisseur de la structure fibreuse entre ses surfaces opposées,
- une deuxième partie comprend une pluralité de couches de fils de chaîne et forme une deuxième partie de l'épaisseur de la structure
- 10 fibreuse, les fils de chaîne étant disposés en colonnes comprenant chacune des fils de chaîne de la première et de la deuxième partie,
- dans chaque plan de la structure fibreuse, un ensemble de fils de trame lient entre elles les couches de fils de chaîne de la première partie et de la deuxième partie tout en ménageant au moins une déliaison
- 15 séparant la première partie de la deuxième partie sur une partie de la dimension de la structure fibreuse en direction trame à partir d'un bord de la structure fibreuse jusqu'à un fond de déliaison,
- un ou plusieurs mêmes premiers fils de trame lient entre elles des couches de fils de chaîne de la première partie de la structure fibreuse
- 20 adjacentes à la déliaison et des couches de fils de chaîne de la deuxième partie de la structure fibreuse au-delà de la déliaison, et
- un ou plusieurs mêmes deuxièmes fils de trame lient entre elles des couches de fils de chaîne de la deuxième partie de la structure fibreuse adjacentes à la déliaison et des couches de fils de chaîne de la
- 25 première partie de la structure fibreuse au-delà de la déliaison,
- de sorte que des trajets du ou des premiers fils de trame et du ou des deuxièmes fils de trame se croisent dans au moins une zone de transition s'étendant dans la structure fibreuse à partir du fond de la déliaison, et
- 30           - la zone de transition s'étend, en direction trame, sur une distance supérieure au pas entre colonnes de chaîne voisines.
2. Structure fibreuse selon la revendication 1, dans laquelle plusieurs premiers fils de trame, de même que plusieurs deuxièmes fils de trame, suivent des trajets similaires entre les extrémités en direction
- 35 trame de la zone de transition.

3. Structure fibreuse selon la revendication 1, dans laquelle plusieurs premiers fils de trame, de même que plusieurs deuxièmes fils de trame, suivent des trajets similaires mutuellement décalés en direction trame dans la ou les zones de transition.

5 4. Structure fibreuse selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans laquelle les fils de chaîne de couches externes de fils de chaîne adjacentes à l'une au moins des surfaces opposées de la structure fibreuse sont tissés avec des mêmes fils de trame s'étendant continûment sur toute la dimension de la structure fibreuse en direction trame.

10 5. Structure fibreuse selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans laquelle, dans au moins l'une des première et deuxième partie de la structure fibreuse, les fils de chaîne de couches externes de fils de chaîne adjacentes à une des surfaces de la structure fibreuse sont tissés avec des mêmes fils de trame dont les trajets se croisent à un  
15 niveau correspondant sensiblement à celui de la zone de transition.

6. Structure fibreuse selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, présentant au moins deux déliaisons séparant la première partie de la deuxième partie sur une partie de la dimension de la structure fibreuse en direction trame à partir de bords opposés de la structure  
20 fibreuse jusqu'à des fonds de déliaison respectifs.

7. Structure fibreuse tissée en une seule pièce par tissage tridimensionnel, ayant des surfaces opposées, et dans laquelle :

- une première partie comprend une pluralité de couches de fils de trame et forme une première partie de l'épaisseur de la structure  
25 fibreuse entre ses surfaces opposées,

- une deuxième partie comprend une pluralité de couches de fils de trame et forme une deuxième partie de l'épaisseur de la structure fibreuse, les fils de trame étant disposés en colonnes comprenant chacune des fils de trame de la première et de la deuxième partie,

30 - un ensemble de fils de chaîne lient entre elles les couches de fils de trame de la première partie et de la deuxième partie tout en ménageant au moins une déliaison séparant la première partie de la deuxième partie sur une partie de la dimension de la structure fibreuse en direction chaîne à partir d'un bord de la structure fibreuse jusqu'à un fond  
35 de déliaison,

- un ou plusieurs mêmes premiers fils de chaîne lient entre elles des couches de fils de trame de la première partie de la structure fibreuse adjacentes à la déliaison et des couches de fils de trame de la deuxième partie de la structure fibreuse au-delà de la déliaison, et
- 5           - un ou plusieurs mêmes deuxièmes fils de chaîne lient entre elles des couches de fils de trame de la deuxième partie de la structure fibreuse adjacentes à la déliaison et des couches de fils de trame de la première partie de la structure fibreuse au-delà de la déliaison,
- de sorte que des trajets du ou des premiers et deuxièmes fils
- 10 de chaîne se croisent dans une zone de transition s'étendant dans la structure fibreuse à partir du fond de la déliaison, et
- la zone de transition s'étend, en direction chaîne, sur une distance supérieure au pas entre colonnes de trame voisines.
8. Structure fibreuse selon la revendication 7, dans laquelle
- 15 plusieurs premiers fils de chaîne, de même que plusieurs deuxièmes fils de chaîne, suivent des trajets similaires entre les extrémités en direction chaîne de la zone de transition.
9. Structure fibreuse selon la revendication 7, dans laquelle
- 20 plusieurs premiers fils de chaîne, de même que plusieurs deuxièmes fils de chaîne, suivent des trajets similaires mutuellement décalés en direction chaîne dans la ou les zones de transition.
10. Structure fibreuse selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, dans laquelle les fils de trame de couches externes de fils de trame adjacentes à l'une au moins des surfaces opposées de la structure
- 25 fibreuse sont tissés avec des mêmes fils de chaîne s'étendant continûment sur toute la dimension de la structure fibreuse en direction chaîne.
11. Structure fibreuse selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, dans laquelle, dans au moins l'une des première et deuxième
- 30 partie de la structure fibreuse, les fils de trame de couches externes de fils de trame adjacentes à une des surfaces de la structure fibreuse sont tissés avec des mêmes fils de chaîne dont les trajets se croisent à un niveau correspondant sensiblement à celui de la zone de transition.
12. Structure fibreuse selon l'une quelconque des revendications 7 à 11, présentant au moins deux déliaisons séparant la première
- 35 partie de la deuxième partie sur une partie de la dimension de la structure

fibreuse en direction chaîne à partir de bords opposés de la structure fibreuse jusqu'à des fonds de déliaison respectifs.

5 13. Procédé de fabrication d'une pièce en matériau composite comprenant la réalisation d'une préforme fibreuse par mise en forme d'une structure fibreuse selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, la mise en forme comportant au moins le dépliage d'une partie de la première ou de la deuxième partie de la structure fibreuse adjacente à une déliaison, et la densification de la préforme par une matrice.

10 14. Procédé de fabrication d'une pièce en matériau composite ayant en section sensiblement une forme de  $\pi$ , comprenant la réalisation d'une préforme fibreuse par mise en forme d'une structure fibreuse selon l'une quelconque des revendications 6 et 12, la mise en forme comportant le dépliage de parties de la première ou de la deuxième partie de la structure fibreuse adjacentes aux deux déliaisons, et la densification de la  
15 préforme par une matrice.

15. Plate-forme d'aube de soufflante de turbomachine en matériau composite obtenue par le procédé de la revendication 14.

20 16. Procédé de fabrication d'une pièce en matériau composite ayant une section sensiblement en forme de I, comprenant la réalisation d'une préforme fibreuse par mise en forme d'une structure fibreuse selon l'une quelconque des revendications 6 et 12, la mise en forme comportant le dépliage des parties de la première et de la deuxième partie de la structure fibreuse adjacentes aux deux déliaisons, et la densification de la  
préforme par une matrice.

25 17. Aube directrice de sortie de turbomachine en matériau composite obtenue par le procédé de la revendication 16.

18. Pale d'hélice creuse de moteur aéronautique en matériau composite obtenue par le procédé de la revendication 13.

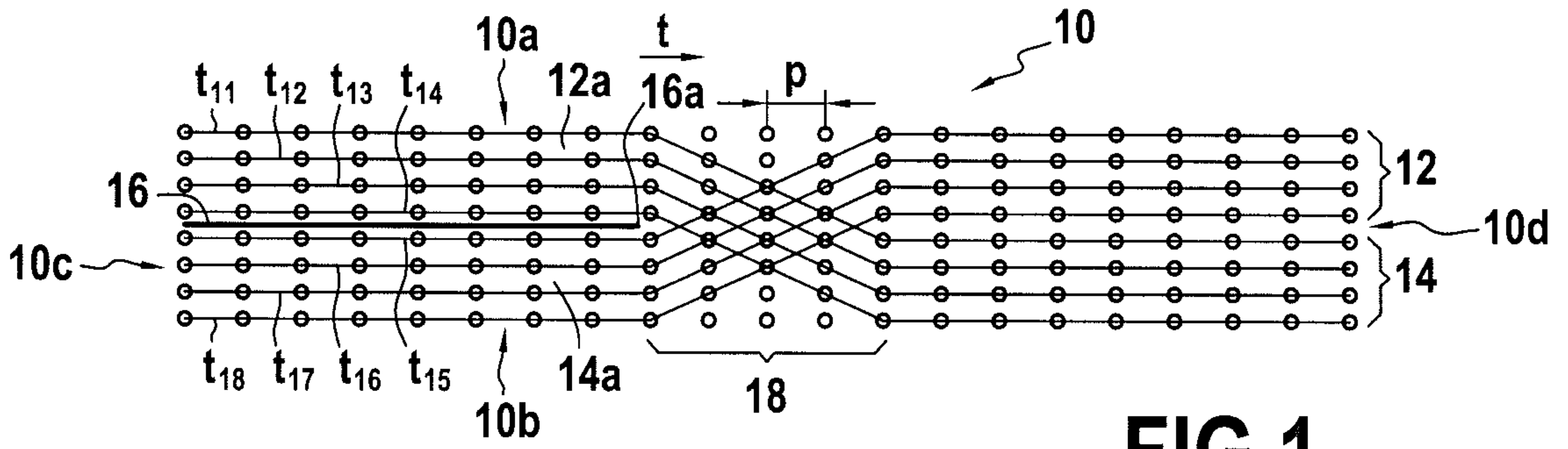


FIG.1

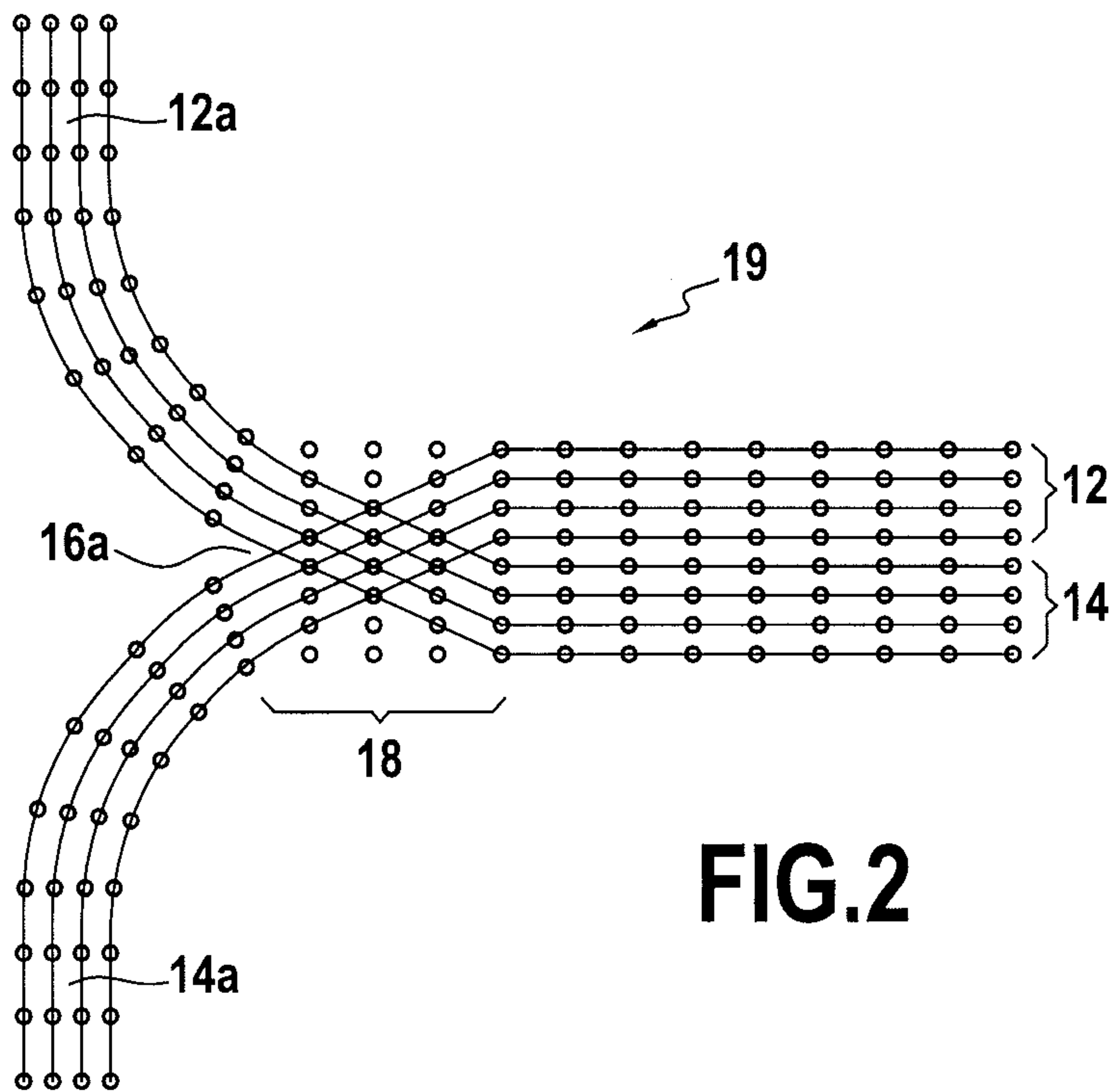


FIG.2



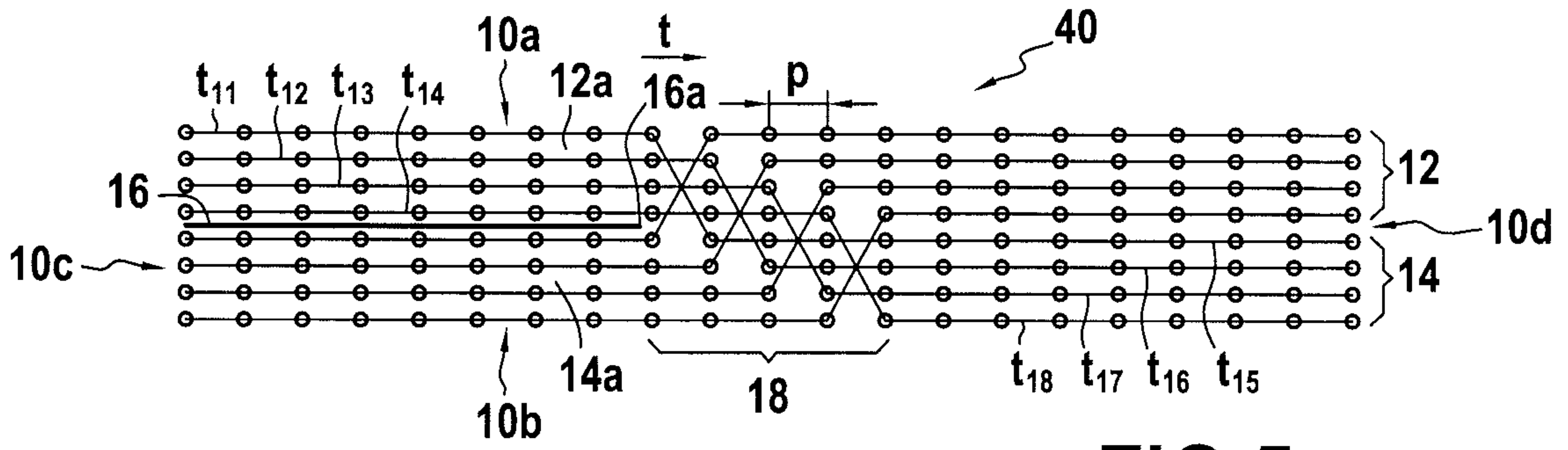


FIG. 5

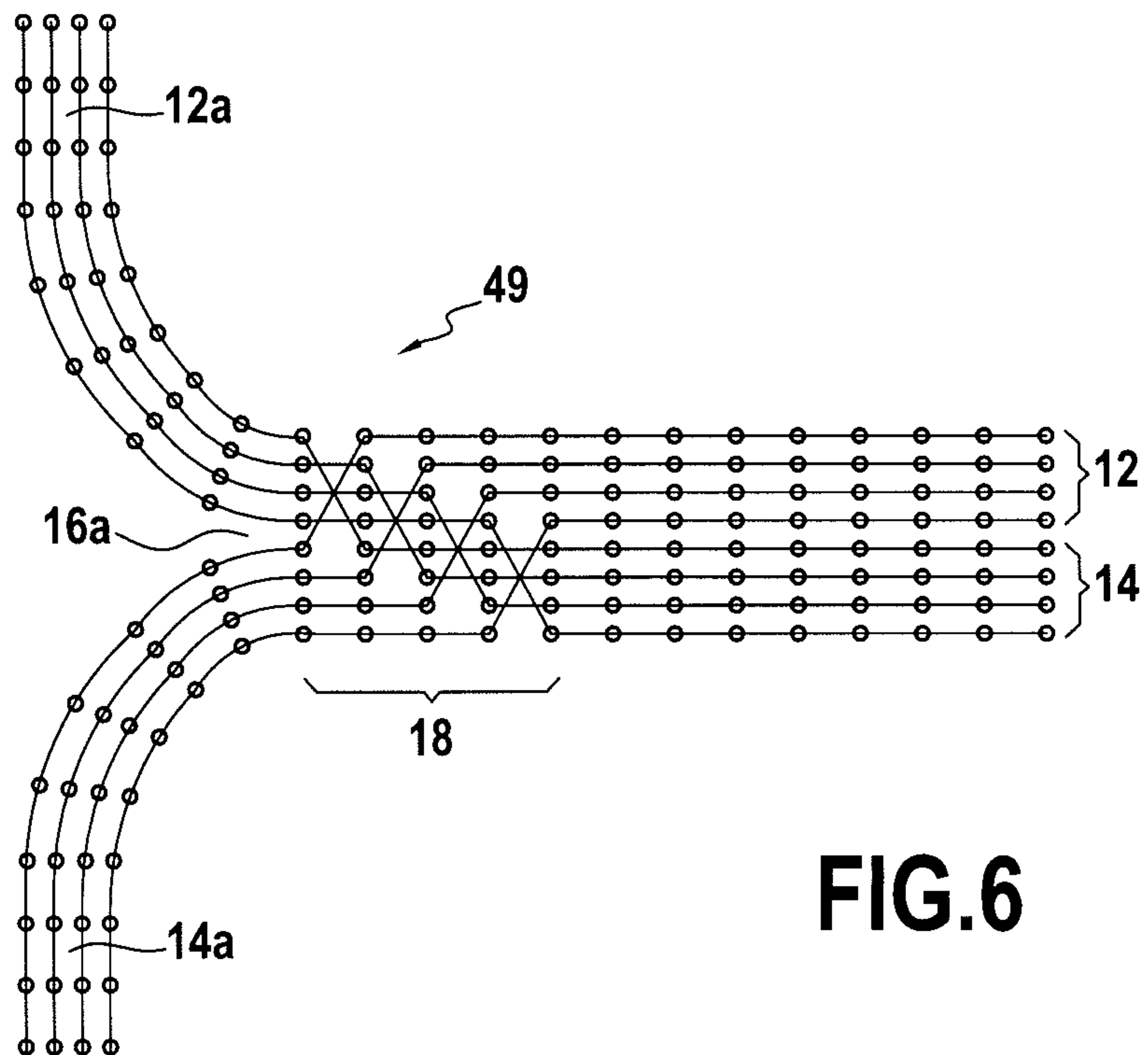


FIG. 6

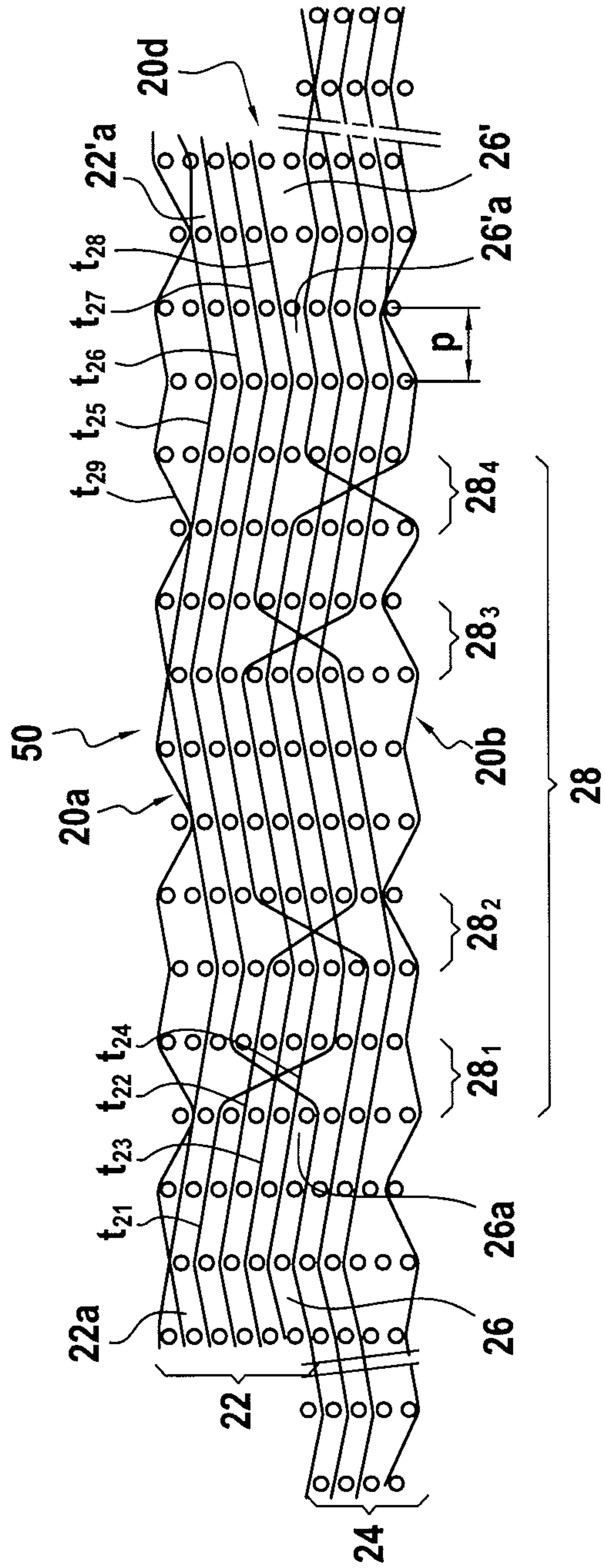


FIG.7

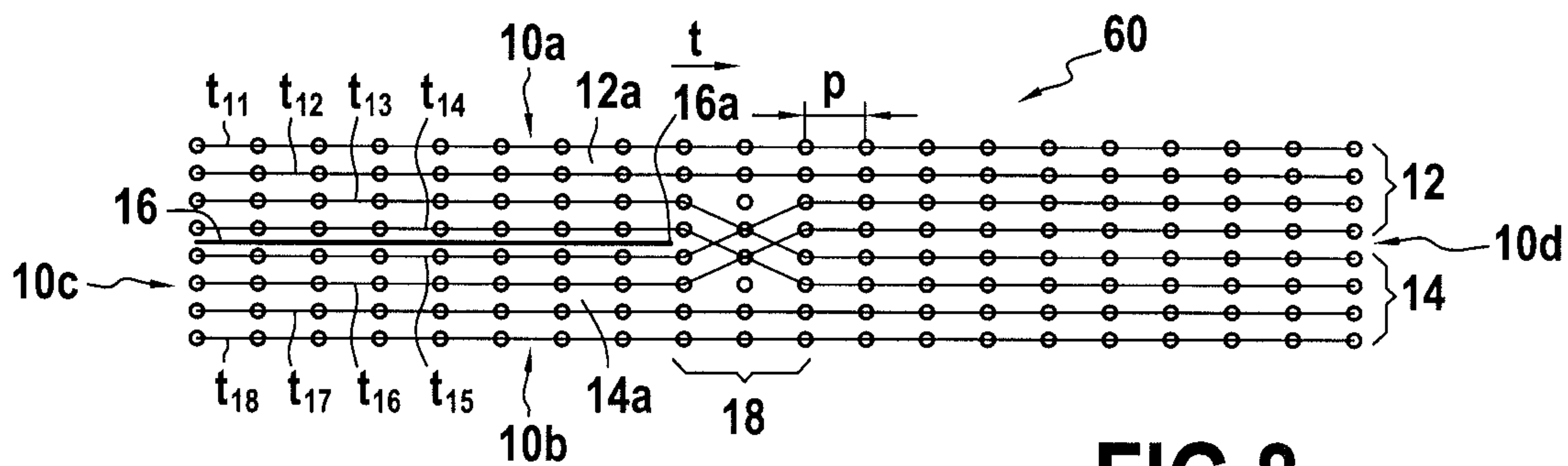


FIG. 8

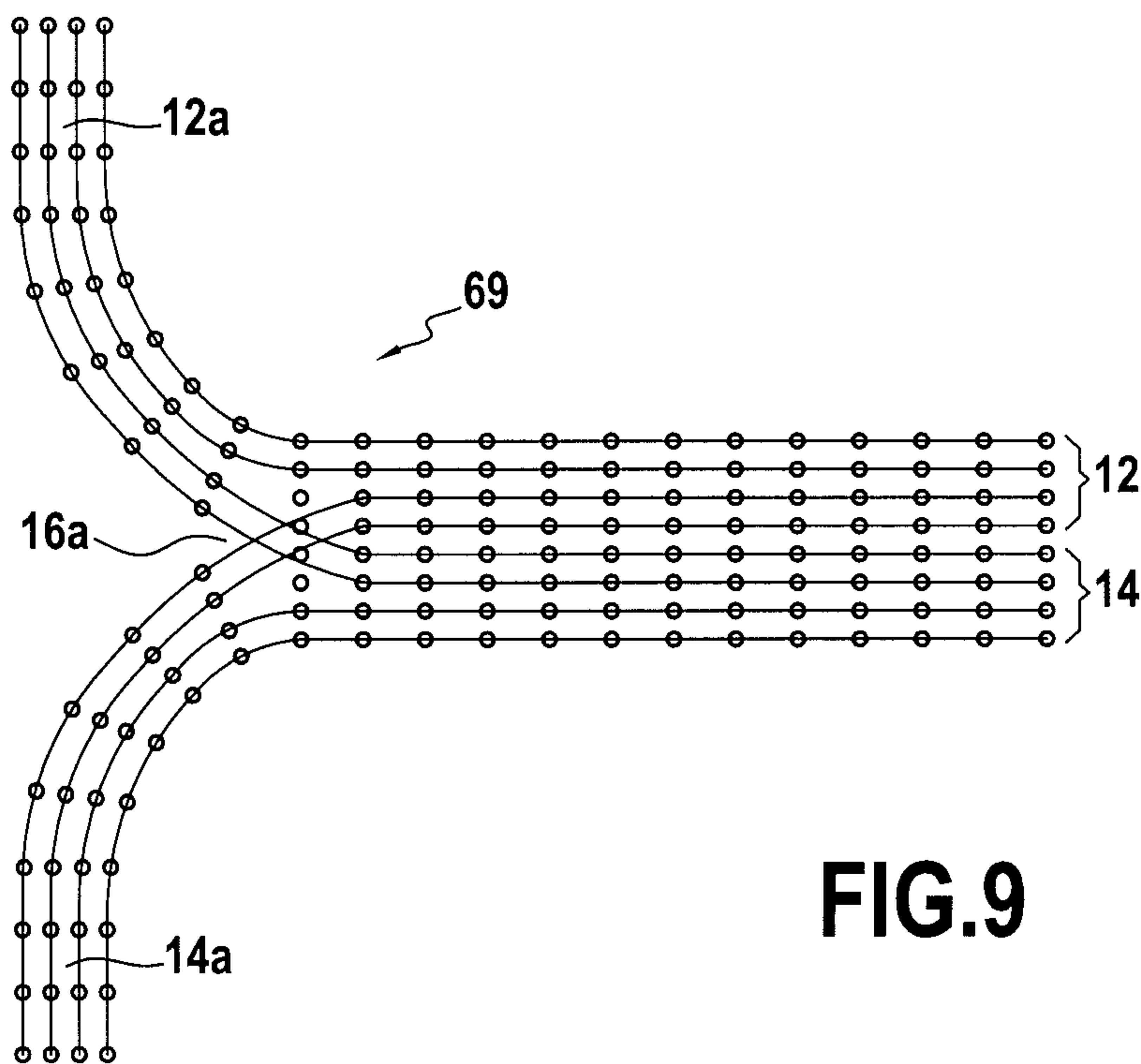


FIG. 9

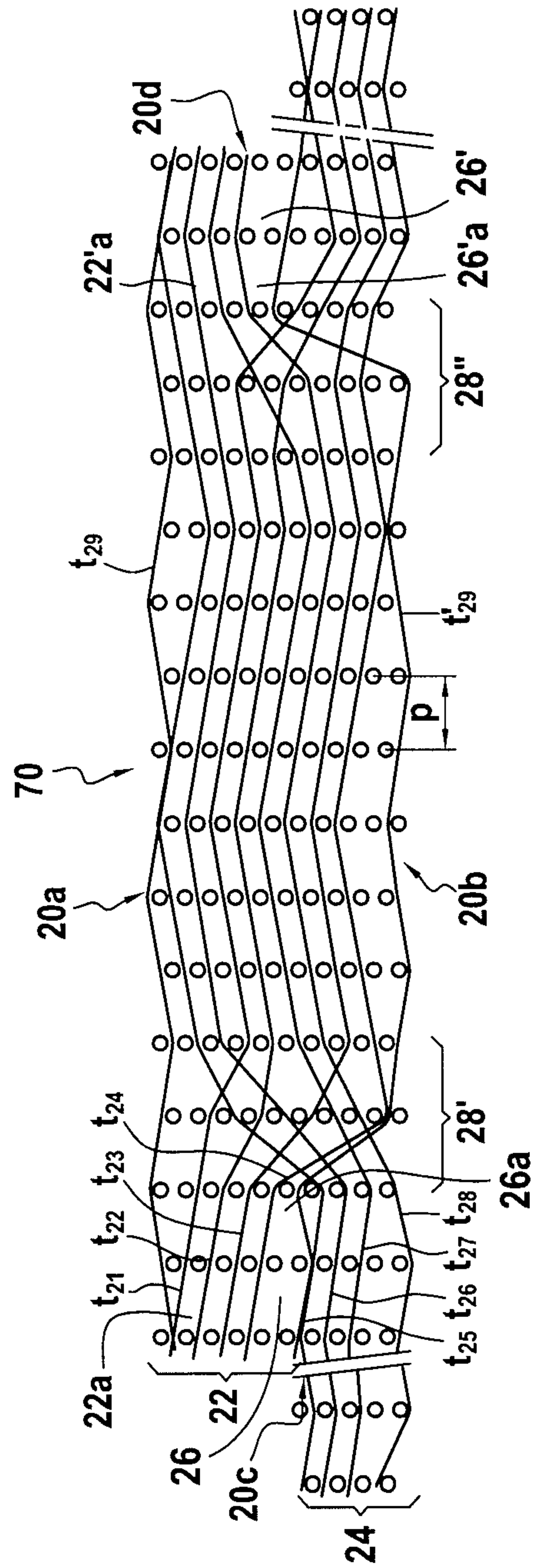


FIG.10

7/10

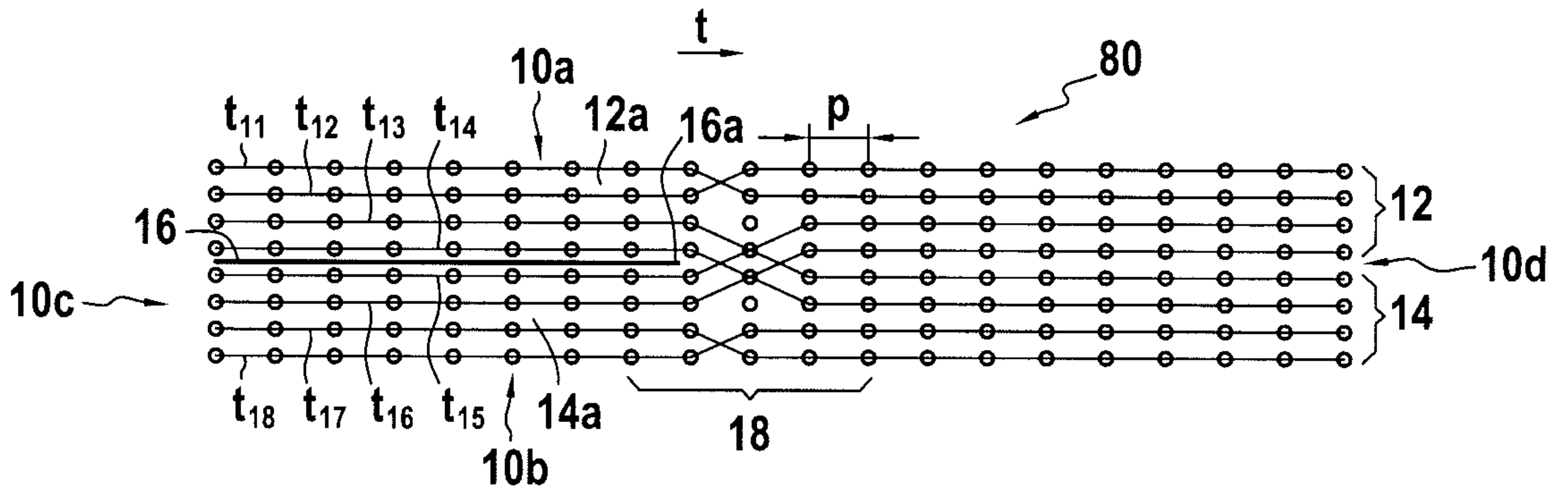


FIG.11

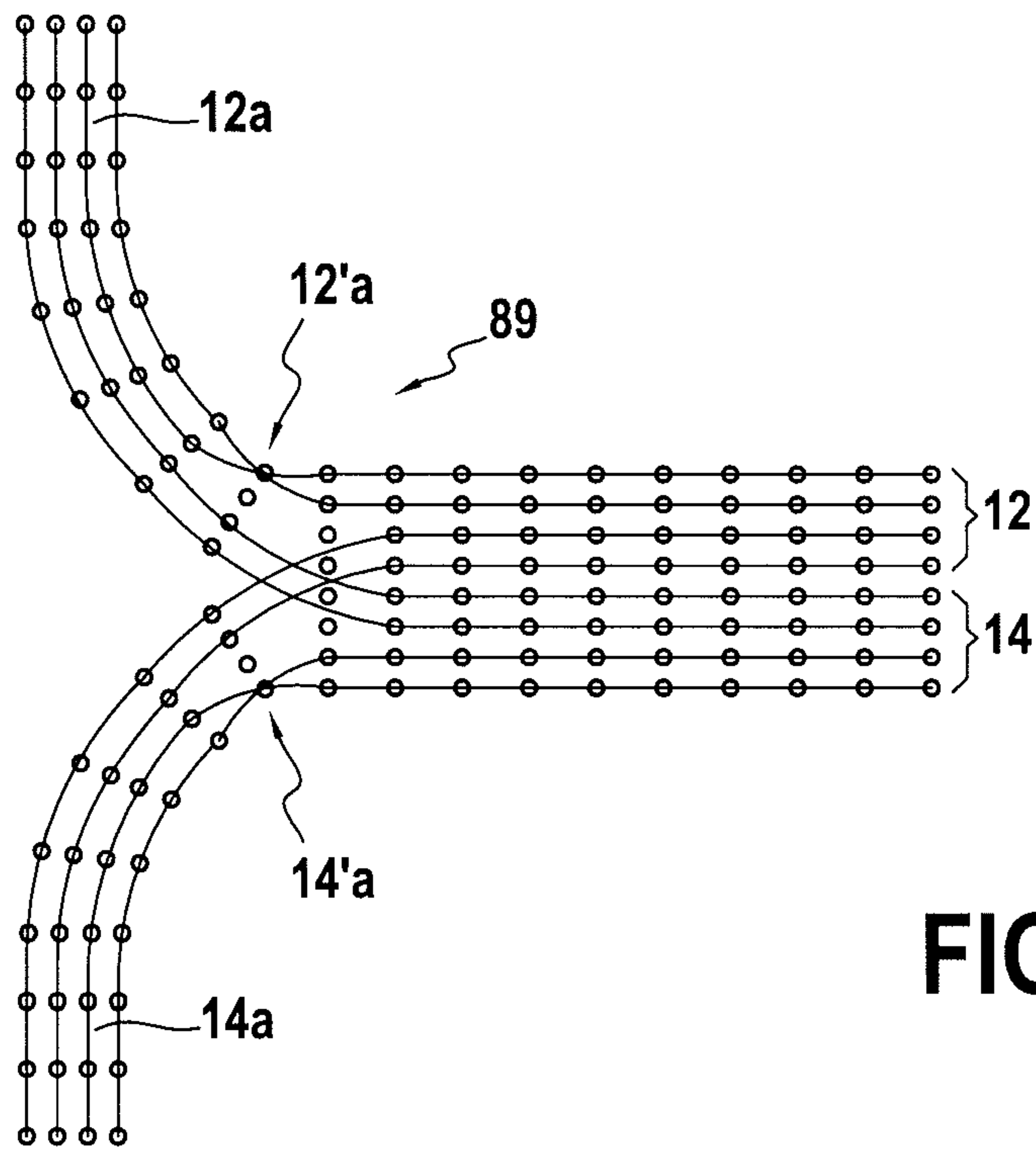


FIG.12

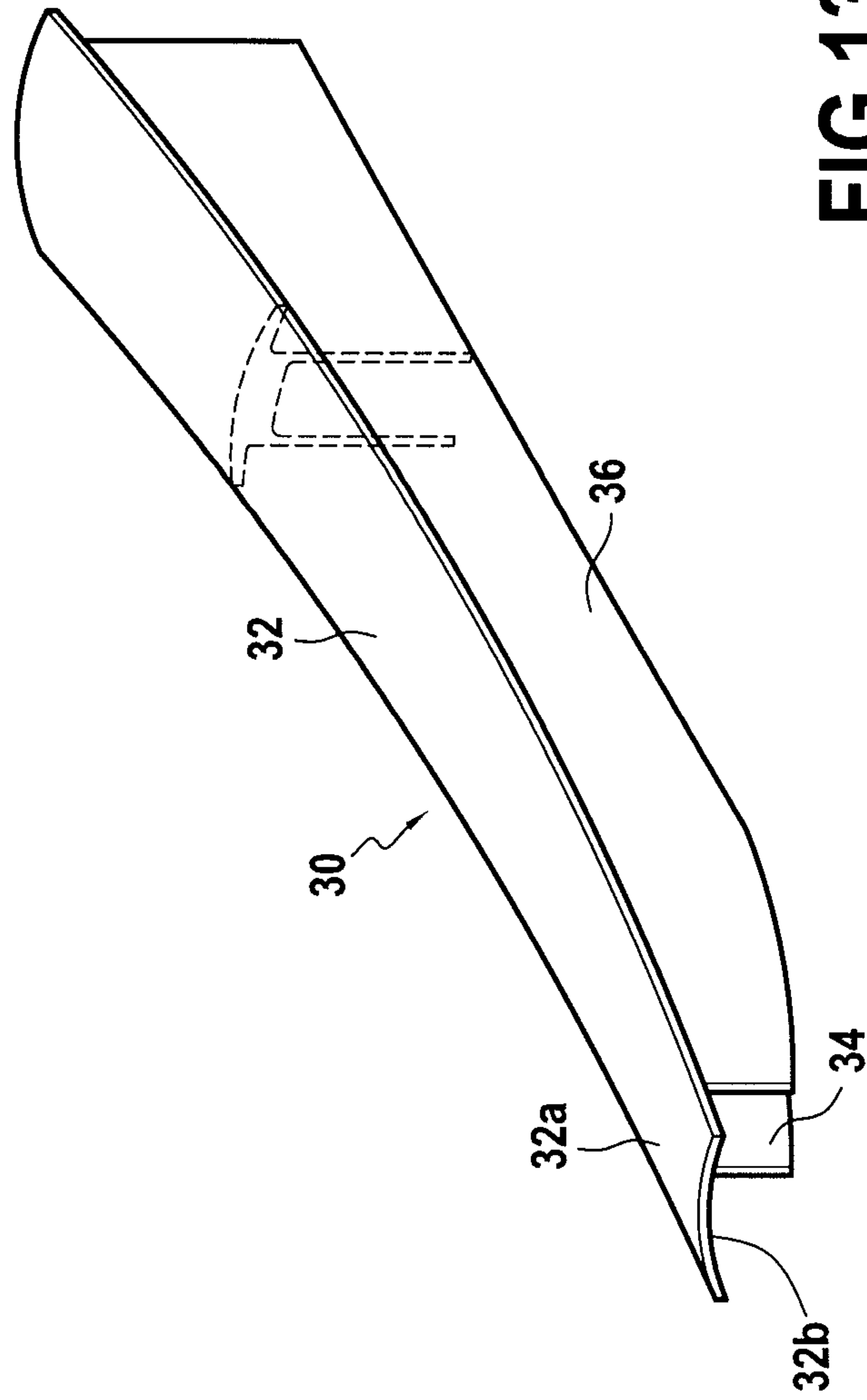
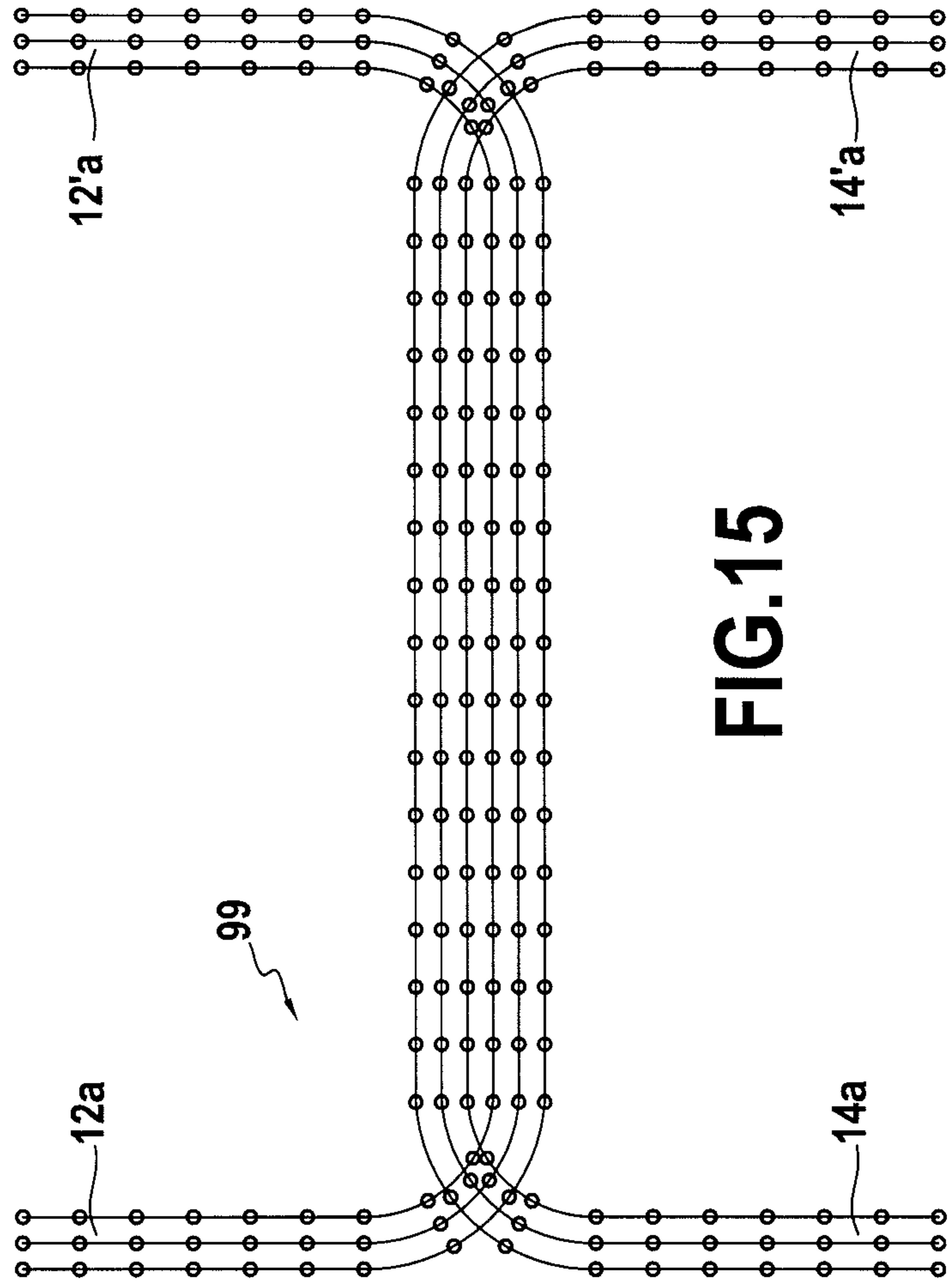
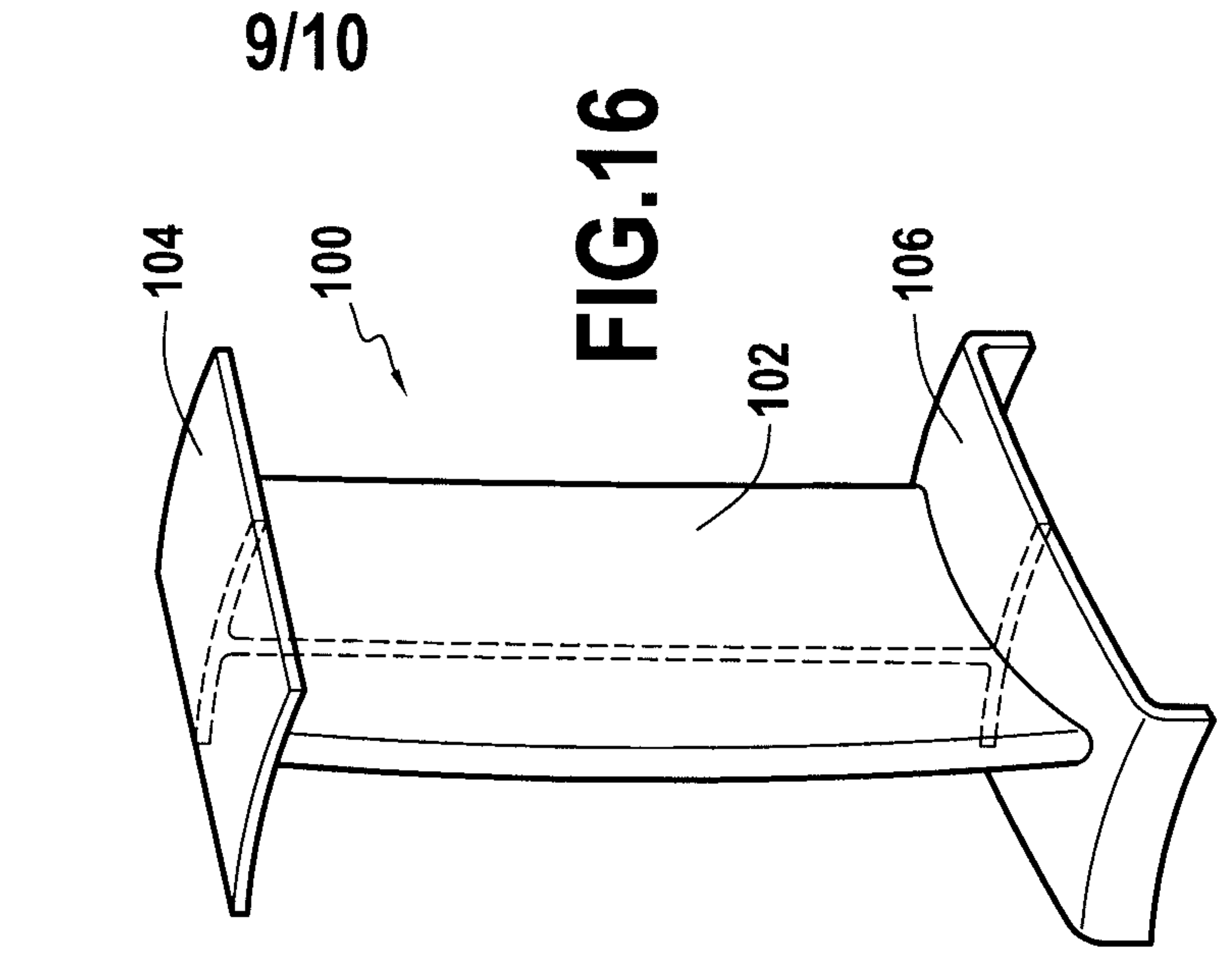
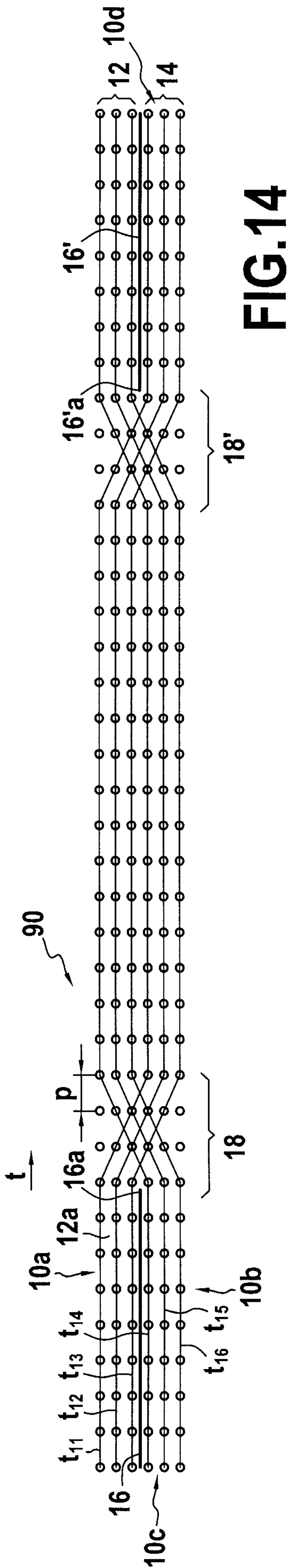


FIG. 13



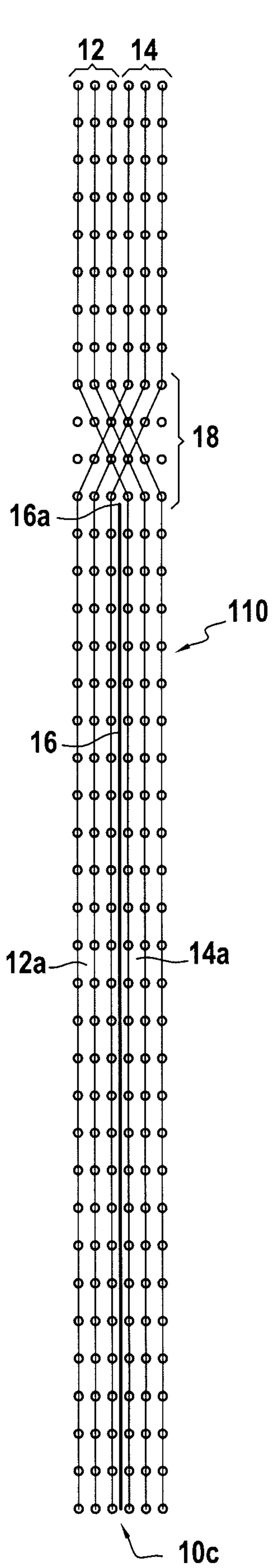


FIG.17

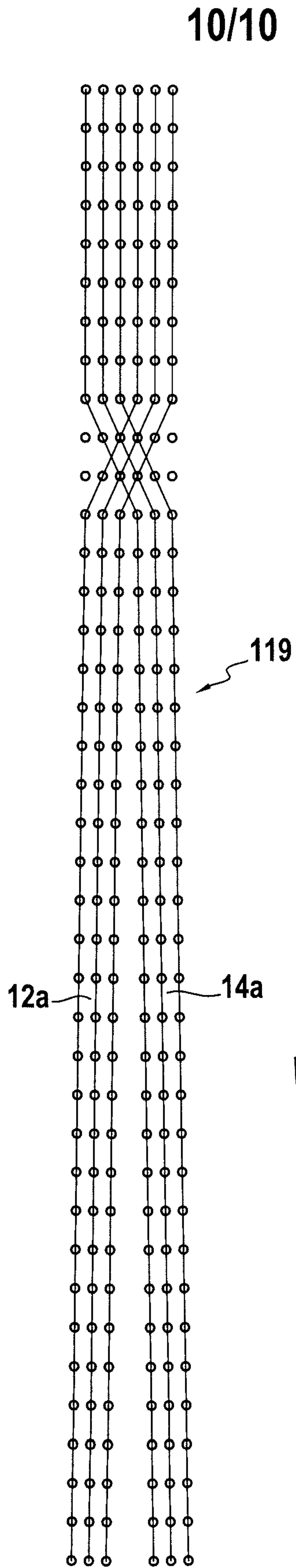


FIG.18

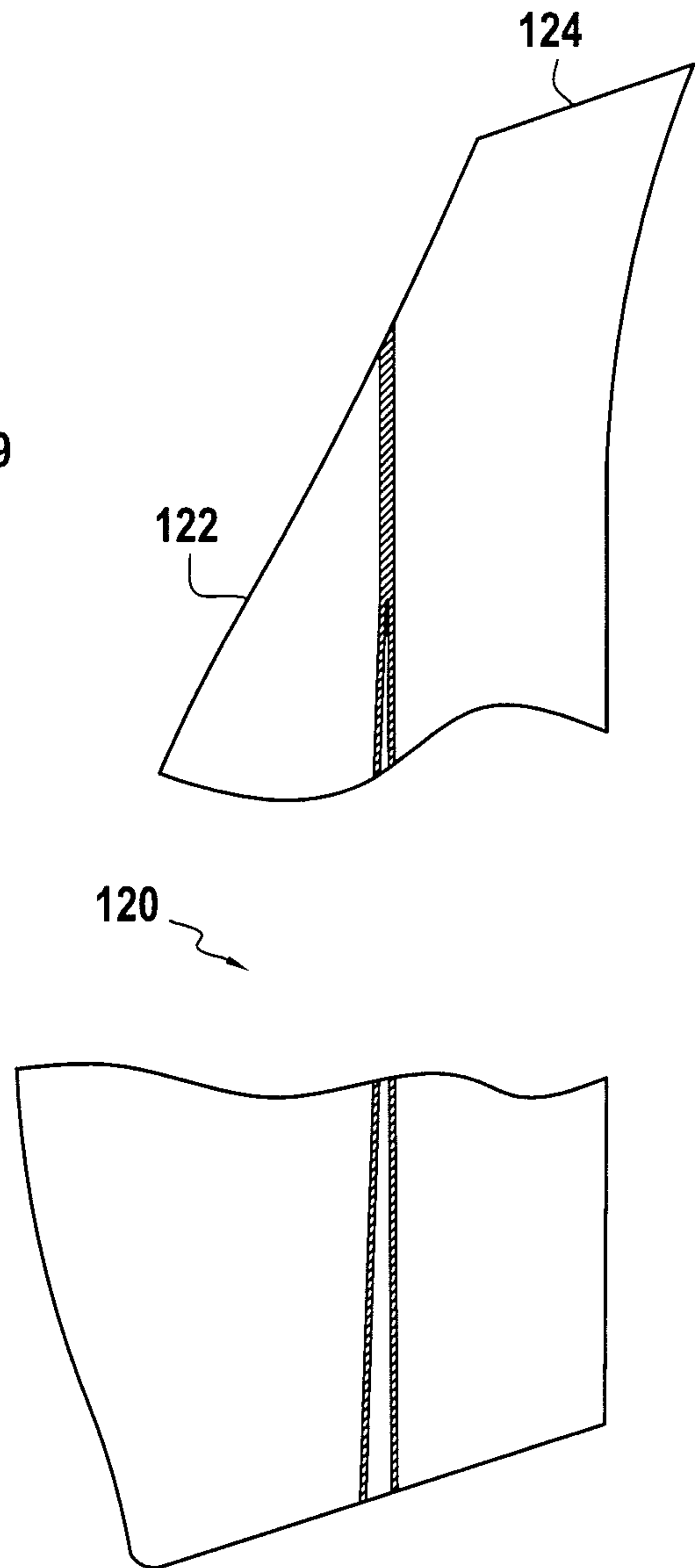
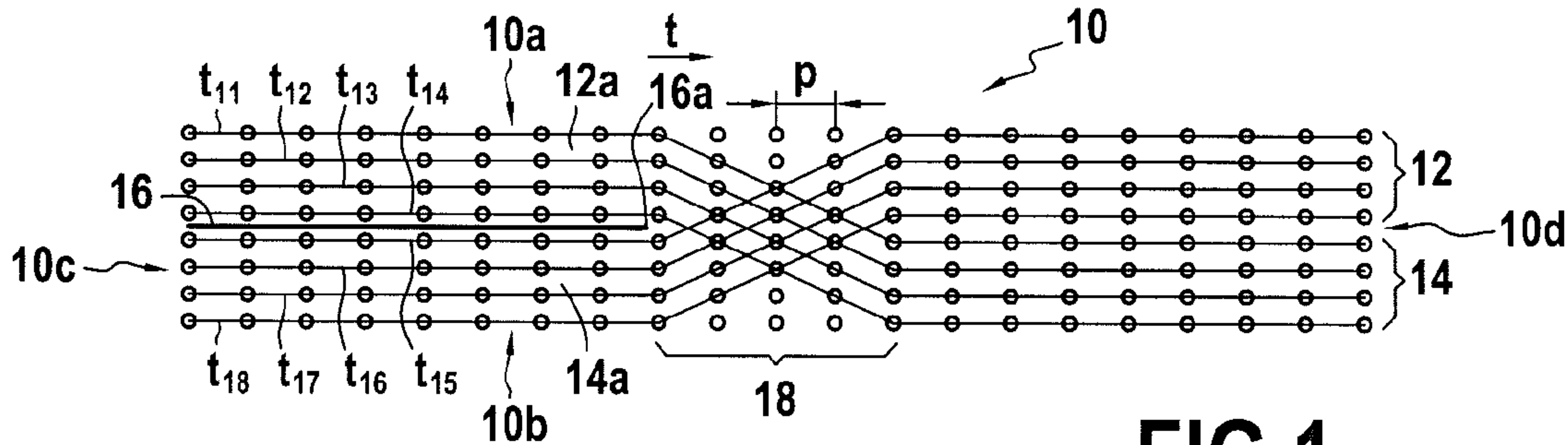


FIG.19



**FIG.1**