

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7540259号
(P7540259)

(45)発行日 令和6年8月27日(2024.8.27)

(24)登録日 令和6年8月19日(2024.8.19)

(51)国際特許分類		F I	
D 2 1 F	1/00 (2006.01)	D 2 1 F	1/00
B 2 9 B	11/16 (2006.01)	B 2 9 B	11/16
D 0 4 H	1/4242(2012.01)	D 0 4 H	1/4242
D 2 1 H	13/50 (2006.01)	D 2 1 H	13/50
B 2 9 K	105/12 (2006.01)	B 2 9 K	105:12
請求項の数 30 (全16頁)			
(21)出願番号	特願2020-155784(P2020-155784)	(73)特許権者	000006035
(22)出願日	令和2年9月16日(2020.9.16)		三菱ケミカル株式会社
(65)公開番号	特開2022-49541(P2022-49541A)		東京都千代田区丸の内一丁目1番1号
(43)公開日	令和4年3月29日(2022.3.29)	(74)代理人	100165179
審査請求日	令和5年8月8日(2023.8.8)		弁理士 田 崎 聡
		(74)代理人	100142309
			弁理士 君塚 哲也
		(74)代理人	100140774
			弁理士 大浪 一徳
		(72)発明者	辻川 一輝
			東京都千代田区丸の内一丁目1番1号
			三菱ケミカル株式会社内
		(72)発明者	池田 勝司
			東京都千代田区丸の内一丁目1番1号
			三菱ケミカル株式会社内
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 炭素繊維シート製造方法、炭素繊維ウェブ製造装置および炭素繊維シート製造装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

(i)抄紙網の表面であって長手方向を有する底面と、各々が前記底面の前記長手方向に沿って伸びる2つの側壁とを備え、かつ、開水路である脱水路を準備すること、(ii)前記抄紙網を前記脱水路の上流端から下流端に向かう方向に走行させながら、前記脱水路の前記上流端側から前記脱水路内に炭素繊維懸濁液を導入すること、および、(iii)前記炭素繊維懸濁液が前記脱水路内を前記上流端側から前記下流端側に向かって流れる間に脱水されることで得られる炭素繊維ウェブを乾燥させること、を含み、透水性を有さない底面とその底面を挟んで設けられた2つの側壁とを備えた開水路である、導入路が前記脱水路の前記上流端に結合され、
前記導入路が、前記脱水路との継目を下流端とする層流区間を有し、
前記脱水路と前記導入路の継目において、前記導入路の底面の幅が前記脱水路の底面の幅よりも大きく、
前記導入路を通して前記脱水路に前記炭素繊維懸濁液が供給され、
前記導入路内において前記炭素繊維懸濁液中の炭素繊維が流れ方向に配向する、炭素繊維シート製造方法。

【請求項2】

前記脱水路と前記導入路の継目において、前記導入路の液深が前記脱水路の液深の0.8倍以上である、請求項1に記載の炭素繊維シート製造方法。

【請求項3】

前記導入路の内面の表面粗さ R_z が $5\text{ }\mu\text{m}$ 以下である、請求項 1 または 2 に記載の炭素繊維シート製造方法。

【請求項 4】

前記導入路の底面の幅が、前記導入路における前記炭素繊維懸濁液の液深よりも大きい、請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の炭素繊維シート製造方法。

【請求項 5】

前記導入路の少なくとも一部に前記導入路をサブ路に分割するための仕切りが設けられる、請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載の炭素繊維シート製造方法。

【請求項 6】

前記導入路を上面視したとき前記仕切りの下流端が流線形である、請求項 5 に記載の炭素繊維シート製造方法。

10

【請求項 7】

前記導入路に設けられた幅員減少部を有する、請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載の炭素繊維シート製造方法。

【請求項 8】

前記導入路を上面視したときの、前記脱水路の長手方向に対する前記導入路の底面の側縁の傾斜の最大値が、前記幅員減少部において $10 \sim 80^\circ$ である、請求項 7 に記載の炭素繊維シート製造方法。

【請求項 9】

前記導入路を上面視したとき、前記幅員減少部の上流端において前記導入路の底面の側縁が 1 mm 以上の曲率半径で湾曲している、請求項 7 または 8 に記載の炭素繊維シート製造方法。

20

【請求項 10】

前記導入路を上面視したとき、前記幅員減少部の下流端において前記導入路の底面の側縁が 1 mm 以上の曲率半径で湾曲している、請求項 7 ～ 9 のいずれかに記載の炭素繊維シート製造方法。

【請求項 11】

前記導入路の下流端における液深が上流端における液深の $0.8 \sim 1$ 倍である、請求項 1 ～ 10 のいずれかに記載の炭素繊維シート製造方法。

【請求項 12】

30

前記導入路が、上流側から下流側に向かって前記炭素繊維懸濁液の流速が減少する部分を有さない、請求項 1 ～ 11 のいずれかに記載の炭素繊維シート製造方法。

【請求項 13】

前記導入路において、底面と側壁の境界が曲面である、請求項 1 ～ 12 のいずれかに記載の炭素繊維シート製造方法。

【請求項 14】

前記脱水路と前記導入路の継目において、前記脱水路側の底面の幅および液深が、それぞれ、前記導入路側の底面の幅および液深の $0.9 \sim 1.1$ 倍である、請求項 1 ～ 13 のいずれかに記載の炭素繊維シート製造方法。

【請求項 15】

40

前記炭素繊維懸濁液が、水と、粘剤と、繊維長が $3 \sim 100\text{ mm}$ の範囲内の炭素短繊維とからなる、請求項 1 ～ 14 のいずれかに記載の炭素繊維シート製造方法。

【請求項 16】

長手方向を有する底面と各々が前記底面の前記長手方向に沿って伸びる 2 つの側壁とを備え、前記底面が抄紙網の表面である脱水路と、透水性を有さない底面とその底面を挟んで設けられた 2 つの側壁とを備え、上流側から下流側に向かって前記底面の幅員が増加する部分を有さず、前記脱水路の上流端に結合された導入路と

を有し、

前記脱水路と前記導入路の継目において、前記導入路の底面の幅が前記脱水路の底面の幅

50

よりも大きく、

前記抄紙網を前記脱水路の上流端から下流端に向かう方向に走行させながら、前記導入路を用いて前記脱水路の前記上流端側から前記脱水路内に炭素繊維懸濁液を導入したとき、前記炭素繊維懸濁液が前記脱水路内を前記上流端側から前記下流端側に向かって流れる間に脱水される、炭素繊維ウェブ製造装置。

【請求項 17】

前記脱水路と前記導入路の継目において、前記導入路の底面が前記脱水路の底面と連続しているか、または、前記脱水路の底面より低い位置にある、請求項 16 に記載の炭素繊維ウェブ製造装置。

【請求項 18】

前記導入路の内面の表面粗さ R_z が $5\text{ }\mu\text{m}$ 以下である、請求項 16 または 17 に記載の炭素繊維ウェブ製造装置。

【請求項 19】

前記導入路の少なくとも一部に前記導入路をサブ路に分割するための仕切りが設けられている、請求項 16 ~ 18 のいずれかに記載の炭素繊維ウェブ製造装置。

【請求項 20】

前記導入路を上面視したとき前記仕切りの下流端が流線形である、請求項 19 に記載の炭素繊維ウェブ製造装置。

【請求項 21】

前記導入路に設けられた幅員減少部を有する、請求項 16 ~ 20 のいずれかに記載の炭素繊維ウェブ製造装置。

【請求項 22】

前記導入路を上面視したときの、前記脱水路の長手方向に対する前記導入路の底面の側縁の傾斜の最大値が、前記幅員減少部において $10 \sim 80^\circ$ である、請求項 21 に記載の炭素繊維ウェブ製造装置。

【請求項 23】

前記導入路を上面視したとき、前記幅員減少部の上流端において前記導入路の底面の側縁が 1 mm 以上の曲率半径で湾曲している、請求項 21 または 22 に記載の炭素繊維ウェブ製造装置。

【請求項 24】

前記導入路を上面視したとき、前記幅員減少部の下流端において前記導入路の底面の側縁が 1 mm 以上の曲率半径で湾曲している、請求項 21 ~ 23 のいずれかに記載の炭素繊維ウェブ製造装置。

【請求項 25】

前記導入路の底面がひとつの平面である、請求項 16 ~ 24 のいずれかに記載の炭素繊維ウェブ製造装置。

【請求項 26】

前記導入路において、底面と側壁の境界が曲面である、請求項 16 ~ 25 のいずれかに記載の炭素繊維ウェブ製造装置。

【請求項 27】

前記脱水路と前記導入路の継目において、前記脱水路側の底面の幅が、前記導入路側の底面の幅の $0.9 \sim 1.1$ 倍である、請求項 16 ~ 26 のいずれかに記載の炭素繊維ウェブ製造装置。

【請求項 28】

請求項 16 ~ 27 のいずれかに記載の炭素繊維ウェブ製造装置と乾燥機とからなる炭素繊維シート製造装置。

【請求項 29】

請求項 28 に記載の炭素繊維シート製造装置を用いる、炭素繊維シート製造方法。

【請求項 30】

請求項 1 ~ 15 および 29 のいずれかに記載の炭素繊維シート製造方法で炭素繊維シート

10

20

30

40

50

を製造することと、前記炭素繊維シートを熱硬化性樹脂または熱可塑性樹脂で含浸することを含む、プリプレグの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、主として、炭素繊維シート製造方法、炭素繊維ウェブ製造装置および炭素繊維シート製造装置に関する。

【背景技術】

【0002】

繊維が特定の方向に配向した炭素繊維シートを湿式法で製造する技術が提案されている（特許文献1）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開昭60-199996

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明の主たる目的は、炭素繊維が配向した炭素繊維シートの製造に適した、炭素繊維シートの製造技術を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0005】

[1] (i) 長手方向を有する底面と各々が前記底面の前記長手方向に沿って伸びる2つの側壁とを備え、前記底面は抄紙網の表面であり、かつ、開水路である脱水路を準備すること、(ii) 前記抄紙網を前記脱水路の上流端から下流端に向かう方向に走行させながら、前記脱水路の前記上流端側から前記脱水路内に炭素繊維懸濁液を導入すること、および、(iii) 前記炭素繊維懸濁液が前記脱水路内を前記上流端側から前記下流端側に向かって流れる間に脱水されることで得られる炭素繊維ウェブを乾燥させること、を含む炭素繊維シート製造方法。

[2] 前記脱水路の底面の幅(W1)に対する前記脱水路の底面の長さ(L)の比率(L/W1)が2以上、3以上、5以上、10以上、15以上、20以上、または30以上である、[1]に記載の炭素繊維シート製造方法。

[3] 前記底面が前記上流端側から前記下流端側に向かって上り勾配を有する、[1]または[2]に記載の炭素繊維シート製造方法。

[4] 導入路が前記脱水路の前記上流端に結合され、前記導入路は透水性を有さない底面とその底面を挟んで設けられた2つの側壁とを備えた開水路であり、前記導入路を通して前記脱水路に前記炭素繊維懸濁液が供給される、[1]～[3]のいずれかに記載の炭素繊維シート製造方法。

[5] 前記脱水路と前記導入路の継目において、前記導入路の底面の幅(W2)が前記脱水路の底面の幅(W1)の0.8倍以上であり、好ましくは0.9倍以上である、[4]に記載の炭素繊維シート製造方法。

[6] 前記脱水路と前記導入路の継目において、前記導入路の液深が前記脱水路の液深の0.8倍以上であり、好ましくは0.9倍以上である、[4]または[5]に記載の炭素繊維シート製造方法。

[7] 前記脱水路における前記抄紙網の走行速度が、前記脱水路の上流端における前記炭素繊維懸濁液の平均流速の0.75～1.25倍であり、好ましくは0.8～1.2倍であり、より好ましくは0.9～1.1倍である、[4]～[6]のいずれかに記載の炭素繊維シート製造方法。

[8] 前記抄紙網の走行速度が1～3m/min、1～5m/min、1～10m/min、1～20m/min、1～40m/minまたは1～80m/minである、[4]

10

20

30

40

50

～ [7] のいずれかに記載の製造方法。

[9] 前記導入路内において前記炭素繊維懸濁液中の炭素繊維が流れ方向に配向する、[4] ～ [8] のいずれかに記載の炭素繊維シート製造方法。

[10] 前記導入路が、前記脱水路との継目を下流端とする層流区間を有する、[4] ～ [8] のいずれかに記載の炭素繊維シート製造方法。

[11] 前記炭素繊維懸濁液中の炭素繊維を流れ方向に配向させるのに十分な長さを、前記層流区間が有する、[10] に記載の炭素繊維シート製造方法。

[12] 前記導入路の内面の表面粗さ R_z が $5 \mu\text{m}$ 以下である、[4] ～ [11] のいずれかに記載の炭素繊維シート製造方法。

[13] 前記導入路の底面の幅が、前記導入路における前記炭素繊維懸濁液の液深よりも大きい、[4] ～ [12] のいずれかに記載の炭素繊維シート製造方法。

[14] 前記導入路の少なくとも一部に前記導入路をサブ路に分割するための仕切りが設けられる、[4] ～ [13] のいずれかに記載の炭素繊維シート製造方法。

[15] 前記導入路を上面視したとき前記仕切りの下流端が流線形である、[14] に記載の炭素繊維シート製造方法。

[16] 前記導入路に設けられた幅員減少部を有する、[4] ～ [15] のいずれかに記載の炭素繊維シート製造方法。

[17] 前記導入路を上面視したときの、前記脱水路の長手方向に対する前記導入路の底面の側縁の傾斜の最大値が、前記幅員減少部において $10 \sim 80^\circ$ であり、好ましくは $10 \sim 40^\circ$ であり、より好ましくは $10 \sim 30^\circ$ である、[16] に記載の炭素繊維シート製造方法。

[18] 前記導入路を上面視したとき、前記幅員減少部の上流端において前記導入路の底面の側縁が 1mm 以上の曲率半径で湾曲している、[16] または [17] に記載の炭素繊維シート製造方法。

[19] 前記導入路を上面視したとき、前記幅員減少部の下流端において前記導入路の底面の側縁が 1mm 以上の曲率半径で湾曲している、[16] ～ [18] のいずれかに記載の炭素繊維シート製造方法。

[20] 前記導入路の上流端における液深が下流端における液深の $0.8 \sim 1$ 倍、好ましくは $0.9 \sim 1$ 倍、より好ましくは $0.95 \sim 1$ 倍である、[4] ～ [19] のいずれかに記載の炭素繊維シート製造方法。

[21] 前記導入路が、上流側から下流側に向かって前記炭素繊維懸濁液の流速が減少する部分を有さない、[4] ～ [20] のいずれかに記載の炭素繊維シート製造方法。

[22] 前記導入路において、底面と側壁の境界が曲面である、[4] ～ [21] のいずれかに記載の炭素繊維シート製造方法。

[23] 前記脱水路と前記導入路の継目において、前記導入路の底面の幅および液深が、それぞれ、前記脱水路の底面の幅および液深の $0.9 \sim 1.1$ 倍であり、好ましくは $0.9 \sim 1$ 倍であり、より好ましくは $0.95 \sim 1$ 倍である、[9] ～ [22] のいずれかに記載の炭素繊維シート製造方法。

[24] 前記炭素繊維懸濁液が、水と、粘剤と、繊維長が $3 \sim 100\text{mm}$ の範囲内の炭素短繊維とからなる、[1] ～ [23] のいずれかに記載の炭素繊維シート製造方法。

[25] 前記炭素繊維懸濁液が、 $12 \sim 50\text{mm}$ の範囲内の繊維長を有する炭素短繊維を含有する、[24] に記載の炭素繊維シート製造方法。

[26] 前記炭素繊維懸濁液が含有する繊維長 $3 \sim 100\text{mm}$ の炭素短繊維のうち、 $95\text{wt}\%$ 以上が繊維長を $12 \sim 50\text{mm}$ の範囲内に有する、[25] に記載の炭素繊維シート製造方法。

[27] 前記炭素繊維懸濁液がポリアクリルアミドを含有する、[1] ～ [26] のいずれかに記載の炭素繊維シート製造方法。

[28] 長手方向を有する底面と各々が前記底面の前記長手方向に沿って伸びる2つの側壁とを備え、前記底面が抄紙網の表面である脱水路を有し、前記抄紙網を前記脱水路の上流端から下流端に向かう方向に走行させながら、前記脱水路の前記上流端側から前記脱水

10

20

30

40

50

路内に炭素繊維懸濁液を導入したとき、前記炭素繊維懸濁液が前記脱水路内を前記上流端側から前記下流端側に向かって流れる間に脱水される、炭素繊維ウェブ製造装置。

[2 9] 前記脱水路の底面の幅 (W 1) に対する前記脱水路の底面の長さ (L) の比率 ($L / W 1$) が 2 以上、3 以上、5 以上、1 0 以上、1 5 以上、2 0 以上、または 3 0 以上である、[2 8] に記載の炭素繊維ウェブ製造装置。

[3 0] 前記底面が前記上流端側から前記下流端側に向かって上り勾配を有している、[2 8] または [2 9] に記載の炭素繊維ウェブ製造装置。

[3 1] 導入路が前記脱水路の前記上流端に結合され、前記導入路は透水性を有さない底面とその底面を挟んで設けられた 2 つの側壁とを備えた開水路であり、前記導入路を通して前記脱水路に前記炭素繊維懸濁液が供給される、[2 8] ~ [3 0] のいずれかに記載の炭素ウェブ製造装置。

10

[3 2] 前記脱水路と前記導入路の継目において、前記導入路の底面の幅 (W 2) が前記脱水路の底面の幅 (W 1) の 0 . 8 倍以上であり、好ましくは 0 . 9 倍以上である、[3 1] に記載の炭素繊維ウェブ製造装置。

[3 3] 前記脱水路と前記導入路の継目において、前記導入路の底面が前記脱水路の底面と連続しているか、または、前記脱水路の底面より低い位置にある、[3 1] または [3 2] に記載の炭素繊維ウェブ製造装置。

[3 4] 前記導入路の内面の表面粗さ R_z が $5 \mu m$ 以下である、[3 1] ~ [3 3] のいずれかに記載の炭素繊維ウェブ製造装置。

[3 5] 前記導入路の少なくとも一部に前記導入路をサブ路に分割するための仕切りが設けられている、[3 1] ~ [3 4] のいずれかに記載の炭素繊維ウェブ製造装置。

20

[3 6] 前記導入路を上面視したとき前記仕切りの下流端が流線形である、[3 5] に記載の炭素繊維ウェブ製造装置。

[3 7] 前記導入路に設けられた幅員減少部を有する、[3 1] ~ [3 6] のいずれかに記載の炭素繊維ウェブ製造装置。

[3 8] 前記導入路を上面視したときの、前記脱水路の長手方向に対する前記導入路の底面の側縁の傾斜の最大値が、前記幅員減少部において $10 \sim 80^\circ$ であり、好ましくは $10 \sim 40^\circ$ であり、より好ましくは $10 \sim 30^\circ$ である、[3 7] に記載の炭素繊維ウェブ製造装置。

[3 9] 前記導入路を上面視したとき、前記幅員減少部の上流端において前記導入路の底面の側縁が 1 mm 以上の曲率半径で湾曲している、[3 7] または [3 8] に記載の炭素繊維ウェブ製造装置。

30

[4 0] 前記導入路を上面視したとき、前記幅員減少部の下流端において前記導入路の底面の側縁が 1 mm 以上の曲率半径で湾曲している、[3 7] ~ [3 9] のいずれかに記載の炭素繊維ウェブ製造装置。

[4 1] 前記導入路の底面がひとつの平面である、[3 1] ~ [4 0] のいずれかに記載の炭素繊維ウェブ製造装置。

[4 2] 前記導入路が、上流側から下流側に向かって底面の幅員が増加する部分を有さない、[3 1] ~ [4 1] のいずれかに記載の炭素繊維ウェブ製造装置。

[4 3] 前記導入路において、底面と側壁の境界が曲面である、[3 1] ~ [4 2] のいずれかに記載の炭素繊維ウェブ製造装置。

40

[4 4] 前記脱水路と前記導入路の継目において、前記導入路の底面の幅が、前記脱水路の底面の幅の $0.9 \sim 1.1$ 倍であり、好ましくは $0.9 \sim 1$ 倍であり、より好ましくは $0.95 \sim 1$ 倍である、[3 1] ~ [4 3] のいずれかに記載の炭素繊維ウェブ製造装置。

[4 5] [2 8] ~ [4 4] のいずれかに記載の炭素繊維ウェブ製造装置と乾燥機とからなる炭素繊維シート製造装置。

[4 6] [4 5] に記載の炭素繊維シート製造装置を用いる、炭素繊維シート製造方法。

[4 7] [1] ~ [2 7] および [4 6] のいずれかに記載の炭素繊維シート製造方法で炭素繊維シートを製造することと、前記炭素繊維シートを熱硬化性樹脂または熱可塑性樹脂で含浸することとを含む、プリプレグの製造方法。

50

【発明の効果】

【 0 0 0 6 】

炭素繊維が配向した炭素繊維シートの製造に適した、炭素繊維シートの製造技術が提供される。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 7 】

【図 1】図 1 は、脱水路の基本構成を示す模式図であり、図 1 (a) は上面図、図 1 (b) は図 1 (a) 中の破線 X - X の位置における断面図である。

【図 2】図 2 は、脱水路の構成を示す模式図である。

【図 3】図 3 は、炭素繊維シート製造装置の一例を示す模式図である。

10

【図 4】図 4 は、底面を傾斜させた脱水路を示す模式図である。

【図 5】図 5 は、脱水路の断面を示す模式図である。

【図 6】図 6 は、炭素繊維シート製造装置の一例を示す模式図である。

【図 7】図 7 は、脱水路と導入路の接続部を示す模式図である。

【図 8】図 8 は、導入路の一態様を説明するための模式図である。

【図 9】図 9 は、導入路の一態様を説明するための模式図である。

【図 1 0】図 1 0 は、導入路の断面を示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 0 8 】

本発明の一実施形態は、以下に説明する脱水路 (dewatering channel) 内で炭素繊維懸濁液を脱水して炭素繊維ウェブを得ることを特徴とする炭素繊維シート製造方法に関する。

20

図 1 は脱水路の基本構成を示す模式図で、図 1 (a) は上面図、図 1 (b) は図 1 (a) 中の破線 X - X の位置における断面図である。

図 1 に示すように、脱水路 1 0 は、長手方向を有する底面 1 1 と、それぞれが底面 1 1 の長手方向に沿って延びる 2 つの側壁 1 2、1 2 とを備える開水路 (open channel) であり、炭素繊維懸濁液は底面 1 1 の長手方向に沿って脱水路 1 0 内を一方向に流れることが可能である。

【 0 0 0 9 】

本明細書にいう開水路は、自由液面 (free surface) が形成されるように使用される流路と定義される。従って、脱水路 1 0 の形状は管であってもよいが、その場合には、脱水路 1 0 内が炭素繊維懸濁液で充たされないように、すなわち、液面が側壁 1 2 の上端に達しないように、脱水路 1 0 内を流れる炭素繊維懸濁液の流量が調整される。

30

【 0 0 1 0 】

脱水路 1 0 の底面 1 1 は、抄紙網 (mesh belt) 1 3 の表面である。ただし、図 1 では、抄紙網 1 3 のうち脱水路 1 0 を構成していない部分の図示を省略している。

図 2 に示すように、抄紙網 1 3 は無端ベルトであり、その一部が脱水路 1 0 の底面 1 1 を形成している。

脱水路 1 0 の一方の端を上流端 1 0 1、他方の端を下流端 1 0 2 と呼ぶとき、実施形態に係る炭素繊維シート製造方法では、上流端 1 0 1 側から脱水路 1 0 内に炭素繊維懸濁液が導入される。

40

図 2 中の太矢印は、脱水路 1 0 内における炭素繊維懸濁液の流動方向であると同時に、脱水路 1 0 における抄紙網 1 3 の走行方向である。すなわち、脱水路 1 0 の底面は、脱水路 1 0 内における炭素繊維懸濁液の移動方向と同じ方向に走行する抄紙網 1 3 の表面である。

【 0 0 1 1 】

炭素繊維懸濁液の移動方向と抄紙網 1 3 の走行方向が同じであることから、炭素繊維懸濁液が脱水路 1 0 内に流入するときに渦が発生し難く、脱水路 1 0 内における炭素繊維懸濁液の流れは層流となり易い。

炭素繊維懸濁液が層流をなして脱水路 1 0 内を上流端 1 0 1 から下流端 1 0 2 に向かっ

50

て流れるとき、側壁 12 に近づくほど流速が小さいために、炭素繊維懸濁液中の炭素繊維にはせん断力が作用する。このせん断力の作用で、炭素繊維は炭素繊維懸濁液の流動方向に引き伸ばされるとともに、繊維方向が該流動方向と一致するように配向する。

【0012】

図 1 に示す脱水路 10 を用いた炭素繊維シート製造装置の一例を図 3 に示す。

図 3 を参照すると、リザーバー 30 に貯えられた炭素繊維懸濁液は流路を通して脱水路 10 に供給される。脱水路 10 の上流端 101 側に導入された炭素繊維懸濁液は、脱水路 10 内を下流端 102 側に向かって流れる間に脱水され、それに伴い炭素繊維ウェブが形成される。脱水を促進するために、脱水路 10 の下には吸引ボックス 40 が設置される。

吸引ボックス 40 は、脱水路 10 の流れ方向に沿って吸引量を変えることが可能であり、下流側に向かって吸引量を多くしていくことにより、脱水路 10 内での炭素繊維懸濁液の逆流を防止することができる。

脱水路 10 で形成された炭素繊維ウェブは、従来公知の手段でフェルトに転写された後、乾燥機 50 に送られて乾燥されることにより炭素繊維シートとなる。

【0013】

一例では、脱水路 10 内における炭素繊維懸濁液の流れが層流となることにより炭素繊維が配向し、その状態で炭素繊維懸濁液が脱水され炭素繊維ウェブが形成される。

他の一例では、リザーバー 30 に貯えられた炭素繊維懸濁液が、リザーバー 30 に接続された流路に流入するとき、炭素繊維懸濁液中の炭素繊維が該流路に沿って配向し、その状態で炭素繊維懸濁液が脱水路 10 に流入し、脱水されて炭素繊維ウェブが形成される。

これらの例において、脱水路 10 で形成された炭素繊維ウェブを乾燥させて得られる炭素繊維シートは、炭素繊維が配向したものとなる。

【0014】

再び図 1 を参照して、脱水路 10 の好ましい設計について説明する。

脱水路 10 の底幅 W1 (底面 11 の幅) は、製造すべき炭素繊維シートのサイズに応じて適宜定めればよく、例えば 0.3 ~ 1 cm、1 ~ 5 cm、5 ~ 10 cm、10 ~ 25 cm、25 ~ 50 cm、50 ~ 100 cm、1 ~ 2 m、2 ~ 3 m などであり得るが、特に限定されるものではない。

底幅 W1 が大きい程、脱水路 10 内を流れる炭素繊維懸濁液と側壁 12 との間の摩擦が流れの性質に与える影響が小さくなるため、脱水路 10 内で渦が発生し易くなる。従って、底幅 W1 を大きくするときは、それに応じて脱水路 10 内における炭素繊維懸濁液の液深 (depth) を小さくすることが、渦の発生を防止するうえで好ましい。

【0015】

脱水路 10 内における炭素繊維懸濁液の液深は、脱水路 10 の上流端 101 において最大であるから、脱水路 10 の底幅 W1 が例えば 1 cm のときは、脱水路 10 の上流端 101 において炭素繊維懸濁液の液深が 3 cm 以下であることが好ましく、脱水路 10 の底幅 W1 が例えば 5 cm 以上のときは、脱水路 10 の上流端 101 において炭素繊維懸濁液の液深が 2 cm 以下であることが好ましい。ただし、好ましい液深は炭素繊維懸濁液の粘度や流速に応じて変わり得る。

【0016】

脱水路 10 内では上流端 101 から下流端 102 に近づく程、脱水に伴って炭素繊維懸濁液の液深が小さくなる他、炭素繊維濃度の上昇に伴って炭素繊維懸濁液の流れの性質が変わる。脱水速度が大きい程、これらの変化は急激なものとなるため、脱水路 10 内における炭素繊維懸濁液の流れが乱れ易い傾向が生じる。

従って、脱水速度を必要なだけ小さくできるように、脱水路 10 の長さ L を確保することが望ましい。脱水路 10 が十分に長ければ、脱水速度が低くても脱水路 10 内で炭素繊維懸濁液の脱水を完了させることができる。

底面 11 の長手方向に炭素繊維懸濁液が流れるように脱水路 10 を構成するのは、この理由による。

【0017】

脱水路 10 内で渦が発生するのを防止するための有効な対策として、炭素繊維懸濁液の液深を小さくすることと、炭素繊維懸濁液の流量を小さくすることが挙げられる。これらの対策は、底幅 W_1 が大きいとき、すなわち、流れの性質に与える側壁 12 の影響が小さいときに、特に有効である。

一方で、脱水路 10 の長さ L が同じであれば、液深が小さいほど、また、流量が小さいほど、炭素繊維懸濁液を脱水して得られる炭素繊維ウェブの単位面積当たり重量は小さくなり、炭素繊維シートの生産効率が低下する。

従って、渦の発生を防止しつつも生産効率を低下させないためには、脱水路 10 の底幅 W_1 に対する脱水路 10 の長さ L の比率 L/W_1 を大きくすることが好ましい。該比率 L/W_1 は例えば 2 以上、更には 3 以上、更には 5 以上、更には 10 以上、更には 15 以上、更には 20 以上、更には 30 以上とすることができる。

10

【0018】

脱水路 10 では脱水に伴って炭素繊維懸濁液の液深が上流端 101 から下流端 102 に向かって減少するところ、それによる液面の傾斜が相殺されるよう、図 4 に示すように、脱水路 10 の底面 11 を傾斜させてもよい。すなわち、底面 11 を上流端 101 側から下流端 102 側に向かって上り坂とすることにより、脱水路 10 内において炭素繊維懸濁液の液面を水平に近づけることができる。

液面を水平に近づけることは、脱水路 10 内での炭素繊維懸濁液の流れを安定化させるうえで有利である。

【0019】

20

脱水路 10 において、側壁 12 が底面 11 に対し垂直であることは必須ではない。一例では、乱流を発生し難くするために、図 5 に断面を示すように、底面 11 と隣接する部分において側壁 12 の内面を湾曲させることができる。

【0020】

図 1 に示す脱水路 10 を用いた炭素繊維シート製造装置の好適例を図 6 に示す。

図 6 に示す炭素繊維シート製造装置が図 3 に示す炭素繊維シート製造装置と異なる点は、炭素繊維懸濁液がリザーバー 30 から導入路 20 を介して脱水路 10 に供給される点である。

導入路 20 は、図 7 に示すように、脱水路 10 の上流端 101 に結合される開水路であり、透水性を有さない底面 21 と、底面 21 を挟んで設けられた 2 つの側壁 22、22 とを備える。

30

脱水路 10 と導入路 20 は共に開水路であるため、脱水路 10 の液面と導入路 20 の液面は連続している。このことは、上流端 101 近傍で脱水路 10 内に乱流が発生し難くするうえで有利である。

【0021】

脱水路 10 と導入路 20 の継目 A において、導入路 20 の底幅（底面の幅） W_2 が脱水路 10 の底幅 W_1 と同程度か、それよりも大きいこと、および、導入路 20 の液深が脱水路 10 の液深と同程度か、それよりも大きいことは、上流端 101 近傍で脱水路 10 内に乱流を発生し難くするうえで有利である。ここでいう同程度とは、脱水路 10 側の底幅または液深が、導入路 20 側の 0.8 ~ 1.2 倍、好ましくは 0.9 ~ 1.1 倍であることを意味する。

40

【0022】

抄紙網 13 の走行速度と、脱水路 10 の上流端 101 における炭素繊維懸濁液の平均流速とを一致させることも、上流端 101 近傍で脱水路 10 内に乱流が発生し難くするうえで有利である。

具体的には、抄紙網 13 の走行速度は、好ましくは該平均流速の 0.75 ~ 1.25 倍であり、より好ましくは該平均流速の 0.8 ~ 1.2 倍であり、更に好ましくは該平均流速の 0.9 ~ 1.1 倍である。

ここで、脱水路 10 の上流端 101 における炭素繊維懸濁液の平均流速とは、脱水路 10 に導入される炭素繊維懸濁液の体積流量を、該上流端 101 における炭素繊維懸濁液流

50

の断面積で除算した値をいう。

生産効率の観点からは、抄紙網 13 の走行速度を 1 m/min 以上とすることが好ましく、脱水路 10 内で炭素繊維懸濁液の流れが著しく乱れない限り、 3 m/min 、 5 m/min 、 10 m/min 、 20 m/min 、 40 m/min 、 80 m/min などといった走行速度を採用してもよい。

【0023】

好適例では、導入路 20 内において炭素繊維懸濁液中の炭素繊維を流れ方向に配向させることができる。予め導入路 20 内で炭素繊維を配向させ、その配向が保たれるように炭素繊維懸濁液を脱水路 10 に導入して炭素繊維ウェブを形成することにより、炭素繊維がよりよく配向した炭素繊維シートを得ることができる。

10

【0024】

導入路 20 内において炭素繊維懸濁液中の炭素繊維を流れ方向に配向させる方法のひとつは、導入路 20 に、層流区間 B を設けることである。層流区間 B の下流端は導入路 20 と脱水路 10 との継目 A である。層流区間 B 内では、炭素繊維懸濁液が層流をなして導入路 20 内を流れる。なお、一時的に流れが乱れても、直ぐに層流に復帰する場合には、その流れは層流であるとみなす。

層流区間 B では底面 21 および側壁 22 に近づくほど流速が小さいために、炭素繊維懸濁液中の炭素繊維にはせん断力が作用する。このせん断力の作用で、炭素繊維は流動方向に引き伸ばされるとともに、繊維方向が該流動方向に一致するように配向する。

この場合、区間内で炭素繊維が配向するうえで十分な長さを層流区間 B が有することが必要である。

20

【0025】

層流が形成されるのはレイノルズ数が比較的小さいときであることはよく知られている。従って、層流を利用して炭素繊維を配向させるには、層流区間 B における炭素繊維懸濁液の流れが持つレイノルズ数が小さくなるように、導入路 20 を設計し、また、炭素繊維懸濁液の粘度と流量を調節すればよい。

炭素繊維懸濁液の流速を下げることは層流の形成にとって有利である一方で、炭素繊維シートの生産性を低下させる方向にも働く。そのため、炭素繊維懸濁液の流速を下げずに、層流の形成を促す工夫が求められる。

【0026】

層流が形成されるには、底面 21 および側壁 22 の表面を含む導入路 20 の内面が滑らかな方が有利である。従って、導入路 20 の内面の表面粗さ R_z は、好ましくは $5\text{ }\mu\text{m}$ 以下である。

30

層流の形成を促進するひとつの方法は、導入路 20 における炭素繊維懸濁液の液深を小さくすることである。単に液深を小さくすると流量が小さくなるので、この方法を採用する場合には、併せて導入路 20 の底幅 W_2 を広くすることが望ましい。従って、導入路 20 においては、底幅 W_2 が炭素繊維懸濁液の液深よりも大きいことが好ましい。

【0027】

他の方法では、図 8 に示すように、導入路 20 を複数のサブ路 20S に分割するための仕切り 23 を設けてもよい。流れの断面積を小さくすることは、層流を形成するうえで有利に働く。

40

図 8 の例では、複数のサブ路 20S からの流れが合流する部分で乱流が生じるのを防ぐために、仕切り 23 の下流端が流線形とされている。

【0028】

図 9 に例示する幅員減少部 C を導入路 20 に設けることは、炭素繊維懸濁液中の炭素繊維を配向させるうえで極めて有利である。

幅員減少部 C では、その上流端 c1 から下流端 c2 にかけて底幅 W_2 が狭くなっており、下流側に向かうにつれて炭素繊維懸濁液の流速が増加している。そのため、炭素繊維は幅員減少部 C を通過するとき炭素繊維懸濁液の流動方向に引っ張られ、その長手方向が該流動方向と一致するように配向する。

50

【 0 0 2 9 】

導入路 2 0 を上面視したときの、脱水路 1 0 の長手方向に対する底面 2 1 の側縁 2 1 a の傾斜 の最大値は、幅員減少部 C において例えば $10 \sim 80^\circ$ である。好ましくは該最大値が $10 \sim 40^\circ$ のとき、より好ましくは $10 \sim 30^\circ$ のとき、炭素繊維をより効果的に配向させることができる。

導入路 2 0 を上面視したとき、幅員減少部 C の上流端 c 1 および下流端 c 2 において底面 2 1 の側縁 2 1 a を屈曲させないで、1 mm 以上の曲率半径で湾曲させることが、乱流を発生し難くするうえで好ましい。

幅員減少部 C において、導入路 2 0 の底面 2 1 の平面形状は必ずしも線対称であることを要さない。

10

【 0 0 3 0 】

導入路 2 0 に設けることのできる幅員減少部 C の数はひとつに限定されるものではなく、2 以上であってもよい。

図 9 の例では、導入路 2 0 が幅員減少部 C の上流側と下流側にそれぞれ幅員一定の部分有するが、必須ではない。導入路 2 0 の上流端が幅員減少部 C の上流端 c 1 であってもよいし、あるいは、導入路 2 0 の下流端が幅員減少部 C の下流端 c 2 であってもよく、一例では、導入路 2 0 全体が幅員減少部 C であってもよい。

【 0 0 3 1 】

導入路 2 0 内においては、液深が均一に近い方が、乱流が発生し難くなることから、その下流端における液深は好ましくは上流端の $0.8 \sim 1$ 倍であり、より好ましくは $0.9 \sim 1$ 倍、更に好ましくは $0.95 \sim 1$ 倍である。同じ理由から、導入路 2 0 の底面 2 1 はひとつの平面であることが好ましいが、必須ではない。例えば、幅員減少部 C の上流端 c 1 から下流端 c 2 にかけて液深が小さくなるように、底面 2 1 が下流側に向かって上り勾配を有していてもよい。

20

【 0 0 3 2 】

導入路 2 0 には、上流側から下流側に向かって流速が減少する部分が存在しないことが好ましい。かかる部分を通過するとき、炭素繊維の流れ方向の配向が崩れる傾向があるからである。

上流側から下流側に向かって流速が減少し得る部分として、例えば、上流側から下流側に向かって底幅が広がる部分や、上流側から下流側に向かって液深が増加する部分が挙げられる。

30

【 0 0 3 3 】

導入路 2 0 において、側壁 2 2 が底面 1 1 に対し垂直であることは必須ではない。一例では、乱流を発生し難くするために、図 1 0 に断面を示すように、底面 2 1 と側壁 2 2 との境界を曲面としてもよい。

【 0 0 3 4 】

導入路 2 0 内で炭素繊維を配向させるときは、脱水路 1 0 と導入路 2 0 の境界で乱流を発生させないことが特に重要であり、そのためには脱水路 1 0 と導入路 2 0 の継目 A で脱水路 1 0 側と導入路 2 0 の底幅と液深を一致させることが好ましい。具体的には、脱水路 1 0 側の底幅および液深は、それぞれ、導入路 2 0 側の $0.9 \sim 1.1$ 倍であることが好ましく、 $0.9 \sim 1$ 倍であることがより好ましく、 $0.95 \sim 1$ 倍であることが更に好ましい。

40

【 0 0 3 5 】

炭素繊維懸濁液は、例えば、粘剤の水溶液に分散剤と繊維長が $3 \sim 100$ mm の範囲内の炭素短繊維を加えて得られる原液を、水で希釈することにより調製することができる。

炭素繊維懸濁液が含有する炭素短繊維は、繊維長が $12 \sim 50$ mm の範囲内の成分を含むことが好ましい。より好ましいのは、炭素繊維懸濁液が含有する繊維長 $3 \sim 100$ mm の炭素短繊維のうち $95 \text{ wt} \%$ 以上が繊維長を $12 \sim 50$ mm の範囲内に有することである。

【 0 0 3 6 】

50

繊維長が12mm以上の炭素短繊維は、前述の方法により配向させ易く、また、配向した状態が比較的安定である。ただし、繊維長が50mmを超える炭素短繊維の含有量が多くなると、炭素短繊維同士の絡まり合いが発生し易くなる。炭素短繊維同士の絡まり合いは、製造される炭素繊維シートの外観を悪化させる。炭素短繊維同士の絡まり合いの程度によっては、炭素繊維懸濁液をリザーバーから送り出すポンプの詰まりが引き起こされることもある。

炭素繊維懸濁液が含有する炭素短繊維は、一部または全部が、炭素繊維廃棄物または炭素繊維複合材料廃棄物からリサイクルされたものであってもよい。

【0037】

粘剤には、ポリエチレンオキシド、ポリアクリルアミドなどの水溶性ポリマーを成分とする一般的な抄紙用粘剤を用いることができる。

粘剤の水溶液における粘剤濃度は、調製すべき炭素繊維懸濁液の粘度に応じて決定すればよく、特に限定されないが、例えば0.3wt%程度とすることができる。

【0038】

本発明者等の実験検討によれば、使用する粘剤によってはスネークポンプ内で炭素繊維懸濁液から細かい泡が多量に発生するために消泡剤の併用が必須であったが、ポリアクリルアミドを成分とする粘剤を用いた炭素繊維懸濁液には消泡剤を添加する必要がなかった。

スネークポンプ内で発生する細かい泡は消え難く、炭素繊維の表面に付着してその自由な運動を邪魔するという、好ましくない働きをする。

【0039】

分散剤は例えば界面活性剤であり、炭素繊維の水への分散性を改善するために用いられる。

一例では、原液における炭素繊維含有量を約0.1wt%とし、これを希釈して炭素繊維含有量0.03wt%の炭素繊維懸濁液を得ることができる。

【0040】

実施形態に係る炭素繊維シート製造方法は、CFRP（炭素繊維強化プラスチック）やCFRTP（炭素繊維強化熱可塑性プラスチック）のような炭素繊維複合材料のための強化材の製造に使用することができる。

例えば、実施形態に係る炭素繊維シート製造方法で製造した炭素繊維シートを、熱可塑性樹脂または熱硬化性樹脂で含浸させることにより、プリプレグを製造することができる。

【0041】

以上、本発明を具体的な実施形態に即して説明したが、各実施形態は例として提示されたものであり、本発明の範囲を限定するものではない。本明細書に記載された各実施形態は、発明の趣旨を逸脱しない範囲内で、様々に変形することができ、かつ、実施可能な範囲内で、他の実施形態により説明された特徴と組み合わせることができる。

【符号の説明】

【0042】

- 10 脱水路
- 11 底面
- 12 側壁
- 13 抄紙網
- 101 上流端
- 102 下流端
- 20 導入路
- 20S サブ路
- 21 底面
- 22 側壁
- 23 仕切り
- 30 リザーバー
- 40 吸引ボックス

10

20

30

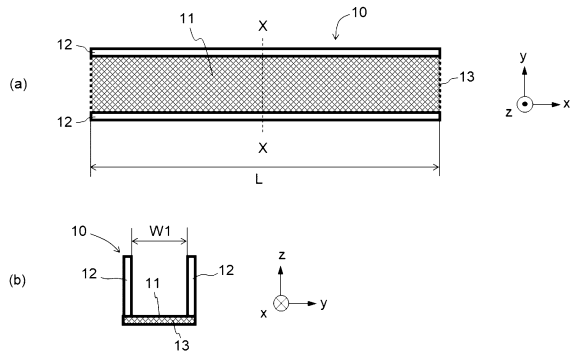
40

50

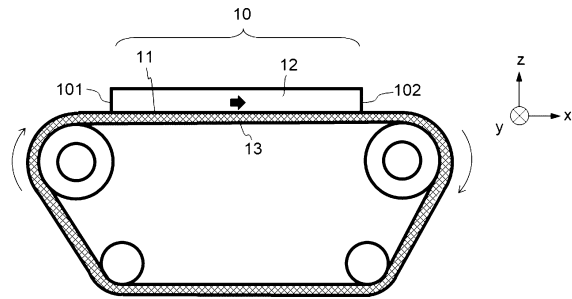
5 0 乾燥機
A 継目
B 層流区間
C 幅員減少部

【図面】

【図 1】

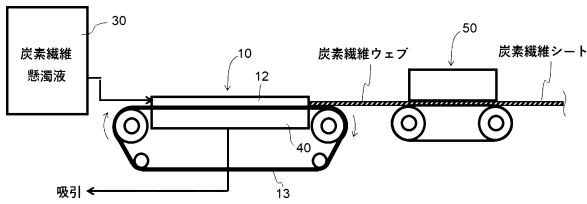


【図 2】

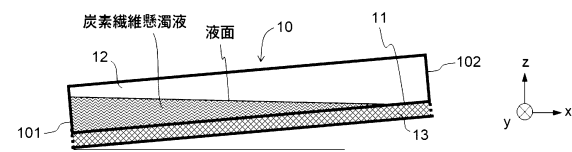


10

【図 3】



【図 4】



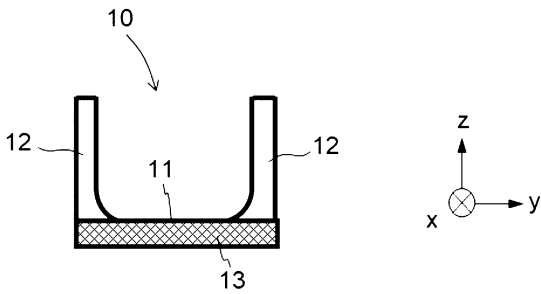
20

30

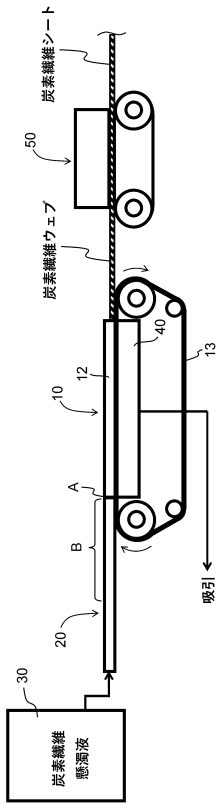
40

50

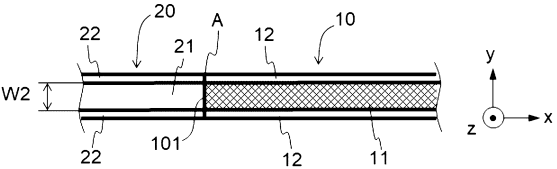
【図 5】



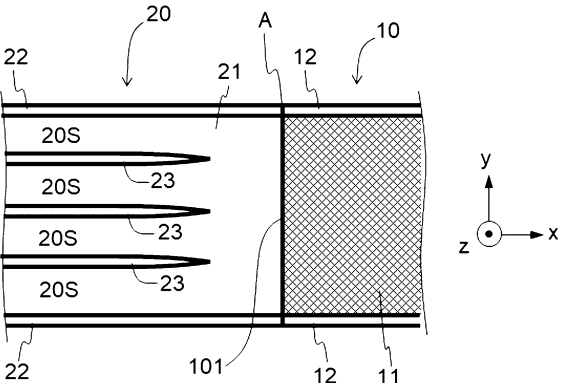
【図 6】



【図 7】



【図 8】



10

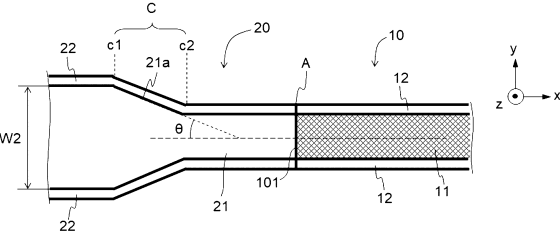
20

30

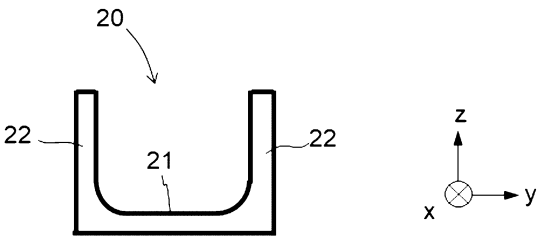
40

50

【図 9】



【図 10】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(72)発明者 松井 純
東京都千代田区丸の内一丁目 1 番 1 号 三菱ケミカル株式会社内

審査官 佐藤 彰洋

(56)参考文献 特開 2 0 0 4 - 0 8 4 0 9 2 (J P , A)
特開 2 0 1 6 - 0 3 7 6 8 1 (J P , A)
特開昭 5 3 - 1 1 1 1 0 5 (J P , A)
特開 2 0 0 4 - 0 6 0 1 1 6 (J P , A)
特開 2 0 0 6 - 1 3 2 0 7 4 (J P , A)
特開平 0 1 - 2 0 1 5 9 6 (J P , A)
特表 2 0 0 3 - 5 1 0 4 7 2 (J P , A)
特開平 0 9 - 1 3 6 9 6 9 (J P , A)
特開 2 0 0 7 - 0 8 4 9 6 4 (J P , A)
特開 2 0 1 7 - 2 0 8 5 4 2 (J P , A)
特開 2 0 1 8 - 1 5 4 0 9 5 (J P , A)
特開 2 0 1 6 - 1 6 3 9 5 6 (J P , A)
特開 2 0 1 3 - 0 5 6 9 8 5 (J P , A)
特開 2 0 1 6 - 3 7 5 8 0 (J P , A)
特開 2 0 1 6 - 2 1 0 9 6 0 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

D 2 1 F 1 / 0 0
B 2 9 B 1 1 / 1 6
D 0 4 H 1 / 4 2 4 2
D 2 1 H 1 3 / 5 0
B 2 9 K 1 0 5 / 1 2