

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7631994号
(P7631994)

(45)発行日 令和7年2月19日(2025.2.19)

(24)登録日 令和7年2月10日(2025.2.10)

(51)国際特許分類	F I	
B 0 1 D 39/20 (2006.01)	B 0 1 D 39/20	B
C 0 3 B 33/09 (2006.01)	C 0 3 B 33/09	
B 2 3 K 26/382 (2014.01)	B 2 3 K 26/382	
B 0 1 D 39/16 (2006.01)	B 0 1 D 39/16	C

請求項の数 16 (全20頁)

(21)出願番号	特願2021-60626(P2021-60626)	(73)特許権者	000000044
(22)出願日	令和3年3月31日(2021.3.31)		A G C 株式会社
(65)公開番号	特開2022-156771(P2022-156771 A)	(74)代理人	東京都千代田区丸の内一丁目5番1号 110002000
(43)公開日	令和4年10月14日(2022.10.14)		弁理士法人栄光事務所
審査請求日	令和5年8月7日(2023.8.7)	(74)代理人	100107766
			弁理士 伊東 忠重
		(74)代理人	100070150
			弁理士 伊東 忠彦
		(72)発明者	岩田 大二郎
			東京都千代田区丸の内一丁目5番1号
			A G C 株式会社内
		(72)発明者	眞下 尚洋
			東京都千代田区丸の内一丁目5番1号
			A G C 株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 微粒子捕捉用フィルタ、微粒子捕捉用フィルタの製造方法

(57)【特許請求の範囲】

- 【請求項1】
微粒子捕捉用フィルタであって、
第1の表面および第2の表面を有し、厚さが50 μm以上である透明な本体と、
該本体の前記第1の表面から前記第2の表面まで貫通する複数の貫通孔と、
を有し、
前記第2の表面からの深さが10 μmの位置を基準深さD_sと定め、
各貫通孔において、前記基準深さD_sにおける最小断面寸法をφ_pとし、前記基準深さD_sと前記第2の表面との間における最小断面寸法をφ_qとしたとき、
φ_q ≤ 0.6 μmであり、φ_q / φ_p ≤ 0.5である、微粒子捕捉用フィルタ。
- 【請求項2】
前記φ_qは、0.2 μm以上である、請求項1に記載の微粒子捕捉用フィルタ。
- 【請求項3】
各貫通孔において、前記第1の表面における最小断面寸法をφ₁としたとき、5 μm ≤ φ₁ ≤ 50 μmである、請求項1または2に記載の微粒子捕捉用フィルタ。
- 【請求項4】
各貫通孔において、前記第2の表面における最小断面寸法をφ₂としたとき、
0.2 μm ≤ φ₂ ≤ 5 μmである、請求項1乃至3のいずれか一項に記載の微粒子捕捉用フィルタ。
- 【請求項5】

前記貫通孔は、前記第 1 の表面から前記基準深さ D_s まで、最小断面寸法が単調に減少する、請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の微粒子捕捉用フィルタ。

【請求項 6】

前記最小断面寸法 ϕ_Q が得られる位置は、前記第 2 の表面からの深さが、0 以上、5 μm 未満の範囲にある、請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の微粒子捕捉用フィルタ。

【請求項 7】

前記本体は、基材およびコーティング層を有し、

前記第 2 の表面は、前記コーティング層の表面である、請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の微粒子捕捉用フィルタ。

【請求項 8】

前記基材は、ガラスまたは樹脂で構成される、請求項 7 に記載の微粒子捕捉用フィルタ。

【請求項 9】

前記コーティング層は、厚さが 1 μm ～ 5 μm の範囲である、請求項 7 または 8 に記載の微粒子捕捉用フィルタ。

【請求項 10】

微粒子捕捉用フィルタの製造方法であって、

(I) 相互に対向する第 1 の表面および第 2 の表面を有する透明な基材を準備する工程と、
(II) 前記基材の前記第 1 の表面にレーザ光を照射し、前記基材に前記第 1 の表面から前記第 2 の表面まで貫通する、複数の基材貫通孔を形成する工程と、

(III) 前記基材の前記第 2 の表面にコーティング層を設置して、前記基材および前記コーティング層を貫通する複数の貫通孔を形成する工程と、
を有し、

前記コーティング層の表面からの深さが 10 μm の位置を基準深さ D_s と定め、
各貫通孔において、前記基準深さ D_s における最小断面寸法を ϕ_P とし、前記コーティング層の前記表面における最小断面寸法を ϕ_2 とし、前記基準深さ D_s と前記コーティング層の前記表面との間における最小断面寸法を ϕ_Q としたとき、
 $\phi_Q \leq 0.6 \mu\text{m}$ であり、 $\phi_Q / \phi_P \leq 0.5$ である、製造方法。

【請求項 11】

前記 (II) の工程の前に、

前記基材の前記第 1 の表面に、吸収層を設置する工程
を有する、請求項 10 に記載の製造方法。

【請求項 12】

前記 (II) の工程後に、

前記基材を湿式エッチング処理する工程
を有する、請求項 10 または 11 に記載の製造方法。

【請求項 13】

前記基材貫通孔は、100 個/ mm^2 以上の密度で配置される、請求項 10 乃至 12 のいずれか一項に記載の製造方法。

【請求項 14】

前記基材は、厚さが 50 μm 以上である、請求項 10 乃至 13 のいずれか一項に記載の製造方法。

【請求項 15】

前記基材は、ガラスまたは樹脂で構成される、請求項 10 乃至 14 のいずれか一項に記載の製造方法。

【請求項 16】

前記コーティング層の厚さは、1 μm ～ 5 μm の範囲である、請求項 10 乃至 15 のいずれか一項に記載の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

20

30

40

50

本発明は、微粒子捕捉用フィルタに関する。

【背景技術】

【0002】

溶液中に含まれる異物を適切に捕獲することが可能な微粒子捕捉用フィルタは、医療施設、医薬品製造工場、および高洗浄度クリーンルームなど、多くの分野でニーズがある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】国際公開第W O 2 0 1 0 / 0 8 7 4 8 3号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

微粒子捕捉用フィルタの一構成例として、フィルタの溶液流路の一部に微細な貫通孔を設け、該貫通孔内に微粒子を捕捉させる方式が考えられる。

【0005】

また、そのような微粒子捕捉用フィルタを量産する際に、レーザ加工技術を利用することが考えられる。レーザ加工技術では、被処理体に対して、高い寸法精度で多数の貫通孔を迅速に形成できるためである（例えば、特許文献1）。

【0006】

ただし、微粒子捕捉用フィルタでは、微粒子を確実に捕捉するため、例えば $0.6\mu\text{m}$ 以下程度の、極めて微細な貫通孔（微細貫通孔）を形成する必要がある。しかしながら、一般に、レーザ加工技術では、厚さ $50\mu\text{m}$ 以上の被処理体に形成される孔の直径は、 $2\mu\text{m}$ 程度が限界である。このため、高い精度で前述のような微粒子捕捉用の貫通孔を形成することは容易ではない。

【0007】

特に、微粒子捕捉用フィルタでは、例えば、 $1\text{mm}\times 1\text{mm}$ の検査領域に、1,000個以上の大量の貫通孔を形成する必要が生じ得る。しかしながら、そのような微小な検査領域に対して、レーザ加工法技術により、直径が $2\mu\text{m}$ 未満の貫通孔を大量に形成することは極めて難しい。

【0008】

このような背景により、これまで、レーザ加工技術を用いて微粒子捕捉用フィルタを製造した例は、ほとんど認められない。しかしながら、レーザ加工技術を用いて微粒子捕捉用フィルタを製造することができれば、品質や製造コストの点で好ましいと考えられる。

【0009】

本発明は、このような背景に鑑みなされたものであり、本発明では、レーザ加工技術を利用して製造することが可能な構成を有する、微粒子捕捉用フィルタを提供することを目的とする。また、本発明では、そのような微粒子捕捉用フィルタの製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明では、微粒子捕捉用フィルタであって、
第1の表面および第2の表面を有し、厚さが $50\mu\text{m}$ 以上である透明な本体と、
該本体の前記第1の表面から前記第2の表面まで貫通する複数の貫通孔と、
を有し、
前記第2の表面からの深さが $10\mu\text{m}$ の位置を基準深さ D_s と定め、
各貫通孔において、前記基準深さ D_s における最小断面寸法を ϕ_P とし、前記基準深さ D_s と前記第2の表面との間における最小断面寸法を ϕ_Q としたとき、
 $\phi_Q \leq 0.6\mu\text{m}$ であり、 $\phi_Q / \phi_P \leq 0.5$ である、微粒子捕捉用フィルタが提供される。

【0011】

また、本発明では、微粒子捕捉用フィルタの製造方法であって、
（Ⅰ）相互に対向する第１の表面および第２の表面を有する透明な基材を準備する工程と、
（ⅠⅠ）前記基材の前記第１の表面にレーザ光を照射し、前記基材に前記第１の表面から前記第２の表面まで貫通する、複数の基材貫通孔を形成する工程と、
（ⅠⅠⅠ）前記基材の前記第２の表面にコーティング層を設置して、前記基材および前記コーティング層を貫通する複数の貫通孔を形成する工程と、
を有する、製造方法が提供される。

【発明の効果】

【００１２】

本発明では、レーザ加工技術を利用して製造することが可能な構成を有する、微粒子捕捉用フィルタを提供することができる。また、本発明では、そのような微粒子捕捉用フィルタの製造方法を提供することを目的とする。

【図面の簡単な説明】

【００１３】

【図１】本発明の一実施形態による微粒子捕捉用フィルタを模式的に示した上面図である。

【図２】図１に示した本発明の一実施形態による微粒子捕捉用フィルタの検査領域の断面の一例を模式的に示した図である。

【図３】基材内の基材貫通孔の別の断面を模式的に示した図である。

【図４】本発明の一実施形態による微粒子捕捉用フィルタの製造方法のフローの一例を模式的に示した図である。

【図５】本発明の一実施形態による微粒子捕捉用フィルタの製造方法の一工程を模式的に示した図である。

【図６】本発明の一実施形態による微粒子捕捉用フィルタの製造方法の一工程を模式的に示した図である。

【図７】本発明の一実施形態による微粒子捕捉用フィルタの製造方法の一工程を模式的に示した図である。

【図８】本発明の一実施形態による微粒子捕捉用フィルタの製造方法の一工程を模式的に示した図である。

【図９】実施例に係るサンプルに形成された貫通孔の断面の一例を示した写真である。

【図１０】別の実施例に係るサンプルに形成された貫通孔の断面の一例を示した写真である。

【図１１】さらに別の実施例に係るサンプルに形成された貫通孔の断面の一例を示した写真である。

【発明を実施するための形態】

【００１４】

以下、本発明の一実施形態について説明する。

【００１５】

本発明の一実施形態では、微粒子捕捉用フィルタであって、

第１の表面および第２の表面を有し、厚さが $50\text{ }\mu\text{m}$ 以上である透明な本体と、

該本体の前記第１の表面から前記第２の表面まで貫通する複数の貫通孔と、

を有し、

前記第２の表面からの深さが $10\text{ }\mu\text{m}$ の位置を基準深さ D_s と定め、

各貫通孔において、前記基準深さ D_s における最小断面寸法を ϕ_p とし、前記基準深さ D_s と前記第２の表面との間における最小断面寸法を ϕ_q としたとき、

$\phi_q \leq 0.6\text{ }\mu\text{m}$ であり、 $\phi_q / \phi_p \leq 0.5$ である、微粒子捕捉用フィルタが提供される。

【００１６】

前述のように、レーザ加工技術では、厚さ $50\text{ }\mu\text{m}$ 以上の被処理体に形成される孔の直径は、 $2\text{ }\mu\text{m}$ 程度が限界であり、高い精度でより微細な孔を形成することは容易ではない。特に、微小な検査領域に対して、レーザ加工技術により、直径が $2\text{ }\mu\text{m}$ 未満の貫通孔

10

20

30

40

50

を大量に形成することは極めて難しい。

【0017】

この点、本発明の一実施形態による微粒子捕捉用フィルタは、上記のような構成を有する。このような構成を有する微粒子捕捉用フィルタは、後に詳しく示すように、 $50\text{ }\mu\text{m}$ 以上の厚さを有するものの、レーザ加工技術を利用して製造することができる。

【0018】

従って、本発明の一実施形態では、高品質および低製造コストで、微粒子捕捉用フィルタを製造することができる。

【0019】

(本発明の一実施形態による微粒子捕捉用フィルタ)

以下、図面を参照して、本発明の一実施形態について、より詳しく説明する。

【0020】

図1および図2には、本発明の一実施形態による微粒子捕捉用フィルタの一構成例を模式的に示す。図1には、本発明の一実施形態による微粒子捕捉用フィルタ（以下、「第1のフィルタ」と称する）の上面図が示されている。

【0021】

図1に示すように、第1のフィルタ100は、透明な本体110を有する。本体110は、第1の表面112および第2の表面114を有する。本体110には、検査領域120が配置される。

【0022】

なお、図1に示した例では、第1のフィルタ100は、上面視、略円形の形態を有する。ただし、第1のフィルタ100の形態は、特に限られず、例えば、楕円形、三角形、四角形、または五角形以上の多角形であってもよい。

【0023】

また、図1に示した例では、検査領域120は、上面視、本体110の略中央に、略正方形に配置されている。しかしながら、これは単なる一例に過ぎない。検査領域120は、本体110の非中央部分に配置されてもよい。また、検査領域120は、非正方形、例えば、円形状、楕円形状、矩形状、または五角形以上の多角形状に配置されてもよい。

【0024】

また、検査領域120の数は、必ずしも1箇所に限られず、検査領域120は、本体110の複数の箇所に設けられてもよい。

【0025】

さらに、図1では、検査領域120が矩形状の枠により、明確に表されている。しかしながら、第1のフィルタ100において、目視では、検査領域120と非検査領域の境界が明確に識別できない場合も、しばしばあり得ることに留意する必要がある。

【0026】

図1の左側の丸枠内には、検査領域120の一部を拡大して示す。この枠内に示すように、検査領域120には、多数の貫通孔122が形成されている。

【0027】

検査領域120における貫通孔122の密度は、特に限られないが、例えば、 $100\text{個}/\text{mm}^2$ 以上である。

【0028】

貫通孔122の二次元配列の形態は、特に限られない。貫通孔122は、規則的に配列されても、ランダムに配列されてもよい。

【0029】

また、貫通孔122が規則的に配列される場合、配列の態様およびピッチなどは、特に限られない。例えば、図1に示したように、貫通孔122は、縦横に規則的に配列されてもよい。ピッチは、例えば、 $10\text{ }\mu\text{m}\sim 100\text{ }\mu\text{m}$ の範囲であってもよい。

【0030】

図2には、本体110の検査領域120の断面の一例を模式的に示す。図2には、複数

10

20

30

40

50

の貫通孔 1 2 2 の長手中心軸に沿った断面が示されている。

【0031】

図 2 に示すように、本体 1 1 0 は、基材 1 4 0 と、該基材 1 4 0 の一方の表面に形成されたコーティング層 1 5 0 とを有する。本体 1 1 0 の第 1 の表面 1 1 2 は、基材 1 4 0 のコーティング層 1 5 0 が設置されていない側の表面に対応し、第 2 の表面 1 1 4 は、コーティング層の表面に対応する。

【0032】

図 2 において、破線 D_i は、基材 1 4 0 とコーティング層 1 5 0 の間の境界を表す。ただし、実際には、この境界 D_i が不明瞭な場合もしばしば生じ得る。

【0033】

本体 1 1 0 には、多数の貫通孔 1 2 2 が含まれる。各貫通孔 1 2 2 は、本体 1 1 0 の第 1 の表面 1 1 2 の側に、第 1 の開口 1 2 5 を有し、第 2 の表面 1 1 4 に第 2 の開口 1 2 7 を有する。

【0034】

各貫通孔 1 2 2 は、基材 1 4 0 およびコーティング層 1 5 0 の両方を貫通することにより、形成されている。従って、貫通孔 1 2 2 の第 1 の開口 1 2 5 は、基材 1 4 0 側の開口であり、第 2 の開口 1 2 7 は、コーティング層 1 5 0 側の開口である。

【0035】

各貫通孔 1 2 2 において、特に、基材 1 4 0 側の部分を「基材貫通孔 1 3 2 a」と称し、コーティング層 1 5 0 側の部分を「コーティング層貫通孔 1 3 2 b」と称する。

【0036】

図 2 に示した例では、各貫通孔 1 2 2 において、基材貫通孔 1 3 2 a は、テーパ形状を有し、第 1 の開口 1 2 5 から境界 D_i まで、「最小断面寸法」が単調に減少する。

【0037】

ここで、「(貫通孔の) 最小断面寸法」とは、貫通孔 1 2 2 の長手中心軸を通る断面において、対向する側壁同士の最も小さい距離を意味する。従って、貫通孔の断面が円形の場合、「最小断面寸法」は、直径を表し、楕円の場合、「最小断面寸法」は、短軸の寸法を表す。

【0038】

また、正確には、第 1 の開口 1 2 5 および第 2 の開口 1 2 7 は、「貫通孔の断面」ではない。しかしながら、本願では、これらの開口 1 2 5、1 2 7 の寸法を表す際にも、「最小断面寸法」という用語を使用する。

【0039】

図 2 に示した例では、基材貫通孔 1 3 2 a のテーパ角度 θ は、例えば、 $65^\circ \sim 89^\circ$ の範囲である。ここで、基材貫通孔 1 3 2 a のテーパ角度 θ は、第 1 の表面 1 1 2 の法線と、基材貫通孔 1 3 2 a の側壁とのなす角で表される。

【0040】

再度図 2 を参照すると、貫通孔 1 2 2 のコーティング層貫通孔 1 3 2 b は、基材貫通孔 1 3 2 a に比べて、より複雑な断面形状を有する。

【0041】

例えば、図 2 に示した例では、コーティング層貫通孔 1 3 2 b は、境界 D_i から第 2 の表面 1 1 4 の間（ただし、境界 D_i は含まない）に、最小断面寸法が最小となる狭窄部 1 5 4 を有する断面形状を有する。すなわち、狭窄部 1 5 4 の最小断面寸法を ϕ_Q とした場合、 ϕ_Q は、貫通孔 1 2 2 の間で最も小さな最小断面寸法を示す。

【0042】

ここで、各貫通孔 1 2 2 において、本体 1 1 0 の第 2 の表面 1 1 4 から深さ $10 \mu\text{m}$ の位置を「基準深さ」と称し、 D_S で表す。図 2 に示すように、基準深さ D_S は、境界 D_i よりも本体 1 1 0 の第 2 の表面 1 1 4 から遠い位置にある。また、基準深さ D_S での貫通孔 1 2 2 の最小断面寸法を ϕ_P で表す。

【0043】

10

20

30

40

50

第1のフィルタ100では、上記のように規定される最小断面寸法 ϕ_P および ϕ_Q を用いた場合、各貫通孔122が

$$\phi_Q \leq 0.6 \mu\text{m}、および$$

$$\phi_Q / \phi_P \leq 0.5$$

を満たすという特徴を有する。

【0044】

特に、 $\phi_Q / \phi_P \leq 0.4$ であってもよい。

【0045】

第1のフィルタ100は、一般的なレーザ加工方法では形成することが難しかった、最小断面寸法 $\phi_Q \leq 0.6 \mu\text{m}$ を満たす狭窄部154を、各貫通孔122の内部（または第2の表面114）に有する。

10

【0046】

従って、第1のフィルタ100は、例えば、粒径が $0.6 \mu\text{m}$ 超程度の微細な微粒子を捕捉するフィルタとして、利用することができる。

【0047】

また、第1のフィルタ100において、基材貫通孔132aの部分は、一般的なレーザ加工技術を用いて形成することができる。レーザ加工技術では、同等の形状の基材貫通孔132aを高精度に形成できる。このため、第1のフィルタ100は、高品質かつ低コストで製造することができる。

【0048】

20

さらに、第1のフィルタ100では、各貫通孔122において、狭窄部154の深さ位置を、第2の表面114から境界 D_i （ただし、境界 D_i の位置は除く）までのいずれかの箇所に揃えることができる。この場合、いずれの貫通孔122においても、ほぼ同等の深さ位置で微粒子を捕捉することが可能となり、微粒子の検出が容易となる。

【0049】

（本発明の一実施形態による微粒子捕捉用フィルタの各部分）

次に、本発明の一実施形態による微粒子捕捉用フィルタの各部分について、より詳しく説明する。

【0050】

なお、ここでは、明確化のため、本発明の一実施形態による微粒子捕捉用フィルタとして、前述の第1のフィルタ100を例に、その各部分について説明する。従って、各部分を表す際には、図1および図2に示した参照符号を使用する。

30

【0051】

（本体110）

図1に示した例では、本体110は、上面視、略円形の形態を有する。ただし、本体110の形態は、特に限られず、例えば、楕円形、三角形、四角形、または五角形以上の多角形であってもよい。

【0052】

本体110は、透明な材料で構成される。ここで、「透明」とは、波長 $360 \text{ nm} \sim 830 \text{ nm}$ における平均透過率が80%以上であることを意味する。

40

【0053】

従って、第1のフィルタ100を用いた場合、赤外線分光分析法、ラマン分光分析法、光学顕微鏡、および蛍光顕微鏡など、一般的な光学的手法により、微粒子を検出することができる。

【0054】

本体110の厚さは、 $50 \mu\text{m}$ 以上であり、 $60 \mu\text{m}$ 以上であることが好ましい。なお、本体110には、特に厚さの上限はないが、本体110の厚さは、例えば、 1 mm 以下であってもよい。

【0055】

本体110の第1の開口125の最小断面寸法を ϕ_1 としたとき、 ϕ_1 は、 $5 \mu\text{m} \leq \phi_1$

50

$\leq 50 \mu\text{m}$ であることが好ましい。

【0056】

また、本体110の第2の開口127の最小断面寸法を ϕ_2 としたとき、 ϕ_1 は、 $0.2 \mu\text{m} \leq \phi_2 \leq 5 \mu\text{m}$ であることが好ましい。

【0057】

また、狭窄部154の最小断面寸法 ϕ_Q は、 $0.2 \mu\text{m}$ 以上であることが好ましい。

【0058】

なお、前述のように、レーザ加工技術のみでは、最小断面寸法が $0.6 \mu\text{m}$ 以下の貫通孔を形成することは難しい。

【0059】

しかしながら、本体110は、基材140およびコーティング層150を有する。従って、第1のフィルタ100では、本体110に、最小断面寸法 ϕ_Q が $0.6 \mu\text{m}$ 以下の狭窄部154を有する貫通孔122を形成できる。

【0060】

狭窄部154の第2の表面114からの深さを d としたとき、狭窄部154は、 $0 \leq d < 5 \mu\text{m}$ の範囲に存在してもよい。なお、狭窄部154は、第2の表面114にあってもよいが、境界 D_i とは異なる位置に存在する。

【0061】

本体110の検査領域120には、 $100 \text{個}/\text{mm}^2$ 以上の密度で貫通孔122が形成されていることが好ましい。貫通孔122の密度は、 $500 \text{個}/\text{mm}^2 \sim 15,000 \text{個}/\text{mm}^2$ の範囲であることがより好ましい。

【0062】

(基材140)

本体110の一部を構成する基材140の種類は、特に限られない。基材140は、例えば、ガラスまたは樹脂のような透明材料で構成されてもよい。

【0063】

基材140の厚さは、 $50 \mu\text{m}$ 以上であることが好ましい。また、基材140の厚さは、例えば、 1mm 以下であってもよい。

【0064】

なお、図2に示した基材貫通孔132aの断面形状は、単なる一例であり、基材貫通孔132aは、異なる断面を有してもよい。例えば、基材貫通孔132aは、図3に示するような断面形状を有してもよい。

【0065】

図3には、基材貫通孔132aの別の断面を模式的に示す。なお、図3には、本体110のうち、基材140の部分のみが示されており、コーティング層150は示されていない。

【0066】

図3に示すように、この基材貫通孔132aは、基材140の内部に基材狭窄部148を有する。基材貫通孔132aは、この基材狭窄部148から、基材140のそれぞれの表面に向かって、「最小断面寸法」が増加するような形状を有する。

【0067】

このような断面形態を有する基材貫通孔132aは、後述するように、微細な貫通孔を有する基材140を湿式エッチング処理した際に、生じ易い。

【0068】

このように、本発明の一実施形態において、基材貫通孔132aの断面形状は、特に限られないことに留意する必要がある。

【0069】

(コーティング層150)

コーティング層150の種類は、透明である限り、特に限られない。

【0070】

10

20

30

40

50

コーティング層 150 の材料としては、透明であれば特に問われないが、シリカ、アルミナ、酸化マグネシウム、フッ化マグネシウムを主とする材料が低屈折率であり透過率を高く保てる点で好ましい。またシリカ、酸化ハフニウム、酸化タンタル、フッ化マグネシウムを主とする材料が紫外域での消衰係数が小さい点で好ましい。

【0071】

コーティング層 150 は、特に、シリカまたはフッ化マグネシウムで構成されることが、屈折率が低く、消衰係数が広い波長域で低い点で好ましい。

【0072】

コーティング層 150 の厚さは、特に限られないが、例えば、 $0.1\ \mu\text{m} \sim 5\ \mu\text{m}$ の範囲であることが好ましい。

【0073】

なお、コーティング層の厚さは、最大 $10\ \mu\text{m}$ 以下である。従って、本体 110 の第 2 の表面 114 から境界 D_i までの深さは、第 2 の表面 114 から基準深さ D_s までの距離よりと等しいか、あるいはより小さい。

【0074】

以上、第 1 のフィルタ 100 を例に、本発明の一実施形態について説明した。

【0075】

しかしながら、上記記載は、単なる一例であり、本発明の一実施形態による微粒子捕捉用フィルタは、他の形態を有してもよい。

【0076】

例えば、図 2 に示した例では、第 1 のフィルタ 100 のコーティング層貫通孔 132 b は、狭窄部 154 から第 2 の表面 114 に向かって、最小断面寸法が徐々に増加する。しかしながら、これとは異なり、コーティング層貫通孔 132 b は、境界 D_i から第 2 の表面 114 に向かって、最小断面寸法が徐々に減少する形態を有してもよい。その場合、第 2 の開口 127 の最小断面寸法が ϕ_Q となる。

【0077】

また、例えば、コーティング層貫通孔 132 b は、その一部に、コーティング層の厚さ方向と平行に延在するストレート部分を有してもよい。

【0078】

すなわち、本発明の一実施形態による微粒子捕捉用フィルタにおいて、基材貫通孔 132 a およびコーティング層貫通孔 132 b は、前述の特徴を有する限り、いかなる形状を有してもよい。

【0079】

さらに、上記記載では、透明な本体に貫通孔が形成されている場合を例に、本発明の一実施形態による微粒子捕捉用フィルタについて説明した。しかしながら、本発明の一実施形態による微粒子捕捉用フィルタは、貫通孔の代わりにスリットを有してもよい。

【0080】

(本発明の一実施形態による微粒子捕捉用フィルタの製造方法)

次に、図 4～図 8 を参照して、本発明の一実施形態による微粒子捕捉用フィルタの製造方法の例について説明する。

【0081】

図 4 には、本発明の一実施形態による微粒子捕捉用フィルタの製造方法（以下、「第 1 の方法」と称する）のフローを模式的に示す。

【0082】

図 4 に示すように、第 1 の方法は、

(1) 相互に対向する第 1 の表面および第 2 の表面を有する透明な基材を準備する工程（工程 S110）と、

(2) 前記基材の前記第 1 の表面にレーザ光を照射し、前記基材に前記第 1 の表面から前記第 2 の表面まで貫通する、複数の基材貫通孔を形成する工程（工程 S120）と、

(3) 前記基材の前記第 2 の表面にコーティング層を設置して、前記基材および前記コー

10

20

30

40

50

ティング層を貫通する複数の貫通孔を形成する工程（工程 S 1 3 0）と、
を有する。

【0083】

以下、図5～図8も参照して、各工程について説明する。なお、ここでは、微粒子捕捉用フィルタとして、前述の図1および図2に示した第1のフィルタを例に、その製造方法について説明する。従って、微粒子捕捉用フィルタの各部分を参照する際には、図1および図2に示した参照符号を使用する。

【0084】

（工程 S 1 1 0）

まず、透明な基材 1 4 0 が準備される。

10

【0085】

図5には、基材 1 4 0 の斜視図を示す。基材 1 4 0 は、第1の表面 1 4 2 および第2の表面 1 4 4 を有する。

【0086】

なお、図5に示した例では、第1の表面 1 4 2 および第2の表面 1 4 4 は、略円形の形状を有する。しかしながら、第1の表面 1 4 2 および第2の表面 1 4 4 の形状は、特に限られない。第1の表面 1 4 2 および第2の表面 1 4 4 は、例えば、楕円形、三角形、矩形、または五角形以上の多角形等の形状を有してもよい。

【0087】

基材 1 4 0 は、透明である限り、いかなる材料で構成されてもよい。基材 1 4 0 は、例えば、ガラスまたは樹脂で構成されてもよい。

20

【0088】

基材 1 4 0 の厚さは、50 μm 以上であることが好ましい。

【0089】

なお、次の工程 S 1 2 0 の前に、基材 1 4 0 の第1の表面 1 4 2 に、吸収材が設置されてもよい。吸収材を設置した場合、基材 1 4 0 に照射されるレーザー光のエネルギーをより効率的に吸収することができる。従って、次の工程 S 1 2 0 において、より低いエネルギーで高品質にレーザー加工を実施することが可能となる。

【0090】

ただし、吸収材 2 2 0 の設置は任意である。

30

【0091】

図6には、基材 1 4 0 の第1の表面 1 4 2 に吸収材 2 2 0 が設置された状態を模式的に示す。

【0092】

吸収層 2 2 0 は、利用されるパルスレーザーの少なくとも一部のエネルギーを吸収する機能を有する限り、その材料は特に限られない。吸収層 1 1 0 は、例えば合成樹脂インクやカーボンブラック等を含む顔料であってもよい。

【0093】

（工程 S 1 2 0）

次に、基材 1 4 0 の第1の表面 1 4 2 の側からレーザー光が照射され、基材貫通孔 1 3 2 a が形成される。

40

【0094】

レーザー光の種類は、特に限られないが、UVレーザーが好ましい。

【0095】

レーザー光は、例えば、短パルスレーザーであってもよい。

【0096】

図7には、基材貫通孔 1 3 2 a が形成された基材 1 4 0 の断面を模式的に示す。なお、図7において、吸収材 2 2 0 は省略されている。

【0097】

レーザー光の照射により、基材 1 4 0 には、第1の表面 1 4 2 から第2の表面 1 4 4 まで

50

延在する、複数の基材貫通孔 1 3 2 a が形成される。

【0098】

図 7 に示すように、レーザ光照射により形成された基材貫通孔 1 3 2 a は、断面が第 1 の表面 1 4 2 から第 2 の表面 1 4 4 に向かってテーパ化された形状を有する傾向がある。

【0099】

テーパ角度 θ_1 は、例えば、 $65^\circ \sim 89^\circ$ の範囲である。

【0100】

各基材貫通孔 1 3 2 a は、基材 1 4 0 の第 1 の表面 1 4 2 に第 1 の開口 2 2 6 a を有し、第 2 の表面 1 4 4 に第 2 の開口 2 2 6 b を有する。

【0101】

第 1 の開口 2 2 6 a の最小断面寸法は、例えば、 $4 \mu\text{m} \sim 30 \mu\text{m}$ の範囲であり、 $4 \mu\text{m} \sim 15 \mu\text{m}$ の範囲であることが好ましい。

【0102】

また、第 2 の開口 2 2 6 b の最小断面寸法は、例えば、 $2 \mu\text{m} \sim 10 \mu\text{m}$ の範囲であり、 $2 \mu\text{m} \sim 5 \mu\text{m}$ の範囲であることが好ましい。

【0103】

形成される基材貫通孔 1 3 2 a の数は、特に限られない。微粒子捕捉用フィルタに利用される場合、基材貫通孔 1 3 2 a の密度は、例えば、 $100 \text{個}/\text{mm}^2$ 以上であり、 $500 \text{個}/\text{mm}^2 \sim 15,000 \text{個}/\text{mm}^2$ の範囲であることが好ましい。

【0104】

基材貫通孔 1 3 2 a の形成後に、基材 1 4 0 を湿式エッチング処理してもよい。

【0105】

湿式エッチングを行うことにより、吸収材 2 2 0 およびレーザ加工の際に生じたデブリ等を除去できる。

【0106】

例えば、基材 1 4 0 がガラスの場合、湿式エッチング処理は、フッ酸溶液中で実施されてもよい。

【0107】

なお、湿式エッチング処理を実施した場合、しばしば、基材貫通孔 1 3 2 a の形状が変化し得る。例えば、基材貫通孔 1 3 2 a の第 1 の開口 2 2 6 a は、 $4.1 \mu\text{m} \sim 30.1 \mu\text{m}$ の範囲に変化し得る。また、第 2 の開口 2 2 6 b の最小断面寸法は、例えば、 $2.1 \mu\text{m} \sim 10.1 \mu\text{m}$ の範囲に変化し得る。

【0108】

また、基材貫通孔 1 3 2 a の断面の形状も、大きく分けて 2 通りの態様で変化し得る。

【0109】

第 1 の態様では、テーパ角度 θ_1 が維持されたまま、基材貫通孔 1 3 2 a の断面寸法が拡張される。

【0110】

第 2 の態様では、前述の図 3 に示したような断面形状が得られる。すなわち、基材貫通孔 1 3 2 a は、第 1 の表面 1 4 2 と第 2 の表面 1 4 4 との間に、基材狭窄部 1 4 8 を有するような形状となる。

【0111】

図 3 に示したような断面形態は、基材 1 4 0 の厚さが厚い場合、ならびに／または第 1 の開口 2 2 6 a および第 2 の開口 2 2 6 b の寸法が小さい場合に生じ易い。

【0112】

すなわち、第 1 の開口 2 2 6 a および第 2 の開口 2 2 6 b の寸法が小さい場合、エッチング溶液が基材貫通孔 1 3 2 a の内部に十分に浸透することが難しくなる。その場合、基材貫通孔 1 3 2 a の両表面 1 4 2、1 4 4 に近い部分が選択的にエッチングされ、図 3 に示したような基材狭窄部 1 4 8 を有する基材貫通孔 1 3 2 a が形成される。

【0113】

10

20

30

40

50

基材 140 の厚さが厚い場合も、同様である。

【0114】

このように、湿式エッチング処理の前後で、基材貫通孔 132 a の形状が変化し得る。しかしながら、本願では、湿式エッチング処理後の基材貫通孔 132 a を、そのまま「基材貫通孔 132 a」と称する。

【0115】

また、湿式エッチングにより、基材 140 の第 1 の表面 142 および第 2 の表面 144 がエッチングされると、それぞれ別の表面（新生面）が露出される。

【0116】

しかしながら、基材 140 の第 1 の表面 142 および第 2 の表面 144 のエッチング量は僅かである。従って、ここでは、湿式エッチング処理以降も、基材 140 のそれぞれの露出表面を、そのまま、「第 1 の表面 142」および「第 2 の表面 144」と称することにする。

10

【0117】

（工程 S130）

次に、基材 140 の第 2 の表面 144 に、コーティング層が設置される。

【0118】

この工程は、基材貫通孔 132 a の先端の寸法および形状を調整するために実施される。

【0119】

コーティング層の設置方法は、特に限られない。

20

【0120】

コーティング層は、例えば、スパッタ法または蒸着法等により、基材 140 の第 2 の表面 144 上に設置されてもよい。

【0121】

スパッタ法または蒸着法では、基材貫通孔 132 a が閉塞される可能性を有意に低減でき、基材貫通孔 132 a と連通されたコーティング層貫通孔 132 b を有するコーティング層を適切に形成することができる。

【0122】

前述のように、コーティング層の種類は、特に限られない。コーティング層は、例えば、シリカ、アルミナ、MgO、MgF、または Ta₂O₅ 等で構成されてもよい。

30

【0123】

コーティング層の厚さは、最大でも 10 μm 以下であり、例えば、0.1 μm～5 μm の範囲である。

【0124】

図 8 には、基材 140 の第 2 の表面 144 に、コーティング層 150 を設置した後の状態を模式的に示す。なお、図 8 において、破線 L1 は、基材 140 とコーティング層 150 の境界、すなわち D_i を表す。ただし、境界 D_i は、しばしば、光学顕微鏡および電子顕微鏡では認識することは難しい場合がある。

【0125】

図 8 に示すように、コーティング層 150 は、各基材貫通孔 132 a に対応するコーティング層貫通孔 132 b を有するように形成される。換言すれば、コーティング層 150 のコーティング層貫通孔 132 b は、基材 140 内に形成された基材貫通孔 132 a を、コーティング層 150 の表面 152 まで延在させるように形成される。

40

【0126】

これにより、基材 140 の第 1 の表面 142 からコーティング層 150 の表面 152 まで貫通する、貫通孔 122 を形成することができる。

【0127】

貫通孔 122 は、コーティング層 150 の表面 152 の側に第 3 の開口 240 c を有する。

【0128】

50

第3の開口240cの最小断面寸法 ϕ_2 は、 $0.2\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$ の範囲である。

【0129】

このように、第1の方法では、基材140の第1の表面142から、コーティング層150の表面152にわたる複数の貫通孔122を形成することができる。

【0130】

これらの貫通孔122は、前述のように規定される最小断面寸法 ϕ_P および ϕ_Q を用いた場合、

$$\phi_Q \leq 0.6\mu\text{m}、および$$

$$\phi_Q / \phi_P \leq 0.5$$

を満たす。

【0131】

ここで、 ϕ_P は、基準深さ D_S の位置（図8には示されていない）での貫通孔122の最小断面寸法である。

【0132】

また、貫通孔122において、最小断面寸法 ϕ_Q が得られる位置は、第3の開口240c部分であってもよい。この場合、 $\phi_2 = \phi_Q$ である。

【0133】

第1の方法では、一般的なレーザ加工方法では形成することが難しかった、最小断面寸法 $\phi_Q \leq 0.6\mu\text{m}$ を満たす狭窄部154を、各貫通孔122の内部（またはコーティング層150の表面152）に形成することができる。

【0134】

従って、第1の方法で製造されたフィルタは、例えば、粒径が $0.6\mu\text{m}$ 超程度の微細な微粒子を捕捉するフィルタとして、利用することができる。

【0135】

また、第1の方法では、基材貫通孔132aの部分は、一般的なレーザ加工技術を用いて形成することができる。このため、第1の方法では、高品質かつ低コストで微粒子捕捉用フィルタを製造することができる。

【0136】

さらに、第1の方法では、各貫通孔122において、狭窄部154の深さ位置を、コーティング層150の表面152から境界 D_i （ただし、境界 D_i の位置は除く）までのいずれかの箇所に揃えることができる。この場合、いずれの貫通孔122においても、ほぼ同等の深さ位置で微粒子を捕捉することが可能となり、微粒子の検出が容易となる。

【実施例】

【0137】

次に、本発明の実施例について説明する。なお、以下の記載において、例1～例3は、実施例であり、例11は、比較例である。

【0138】

（例1）

以下の方法により、評価用サンプルを作製した。

【0139】

まず、相互に対向する第1の表面および第2の表面を有する基材を準備した。基材は、厚さ $200\mu\text{m}$ のガラス基板とした。

【0140】

次に、この基材の第1の表面の側にレーザ光を照射して、複数の貫通孔（基材貫通孔）を形成した。レーザ光には、パルス波のレーザを使用した。

【0141】

次に、スパッタリング法により、基材の第2の表面にコーティング層を成膜した。コーティング層は、厚さが $3.1\mu\text{m}$ のシリカ層とした。成膜後に、基材からコーティング層まで貫通する貫通孔が得られた。

【0142】

これにより、評価用サンプル（以下、「サンプル 1」と称する）が作製された。

【0143】

サンプル 1 の貫通孔において、基材の側の第 1 の開口の最小断面寸法 ϕ_1 、およびコーティングの側の第 2 の開口の最小断面寸法 ϕ_2 を測定した。その結果、 $\phi_1 = 8.0 \mu\text{m}$ 、 $\phi_2 = 3.4 \mu\text{m}$ であった。

【0144】

（例 2）

例 1 と同様の方法により、評価用サンプルを作製した。ただし、この例 2 では、コーティング層の厚さは、 $4.3 \mu\text{m}$ とした。

【0145】

作製された評価用サンプルを「サンプル 2」と称する。

【0146】

サンプル 2 の貫通孔において、基材の側の第 1 の開口の最小断面寸法 ϕ_1 、およびコーティングの側の第 2 の開口の最小断面寸法 ϕ_2 を測定した。その結果、 $\phi_1 = 8.0 \mu\text{m}$ 、 $\phi_2 = 2.7 \mu\text{m}$ であった。

【0147】

（例 3）

例 1 と同様の方法により、評価用サンプルを作製した。ただし、この例 3 では、コーティング層の厚さは、 $4.9 \mu\text{m}$ とした。

【0148】

作製された評価用サンプルを「サンプル 3」と称する。

【0149】

サンプル 3 の貫通孔において、基材の側の第 1 の開口の最小断面寸法 ϕ_1 、およびコーティングの側の第 2 の開口の最小断面寸法 ϕ_2 を測定した。その結果、 $\phi_1 = 8.0 \mu\text{m}$ 、 $\phi_2 = 2.8 \mu\text{m}$ であった。

【0150】

（例 11）

例 1 と同様の方法により、ガラス基板に基材貫通孔を形成し、これを評価用サンプルとして使用した。すなわち、例 11 では、シリカ層のコーティングを実施しなかった。

【0151】

得られた評価用サンプルを「サンプル 11」と称する。

【0152】

サンプル 11 の貫通孔において、基材の側の第 1 の開口の最小断面寸法 ϕ_1 、およびコーティングの側の第 2 の開口の最小断面寸法 ϕ_2 を測定した。その結果、 $\phi_1 = 8.0 \mu\text{m}$ 、 $\phi_2 = 2.0 \mu\text{m}$ であった。

【0153】

以下の表 1 には、各サンプルの作製条件をまとめて示した。

【0154】

10

20

30

40

50

【表 1】

例	基材の厚さ (μm)	コーティング層の 膜厚 (μm)	第1の開口の 最小断面寸法 ϕ_1 (μm)	第2の開口の 最小断面寸法 ϕ_2 (μm)
1	200	3.1	8.0	3.4
2	200	4.3	8.0	2.7
3	200	4.9	8.0	2.8
11	200	—	8.0	2.0

(断面評価)

作製された各サンプルを、いくつかの貫通孔の長手中心軸を通る断面で切断し、評価用試料を作製した。また、評価用試料を用いて、以下の寸法を測定した：

基準深さ D_S (コーティング層の表面から $10\ \mu\text{m}$ の位置) における貫通孔の最小断面寸法 ϕ_P 、および

貫通孔の狭窄部における最小断面寸法 ϕ_Q 。

【0155】

ここで、狭窄部は、貫通孔の最小断面寸法が最も小さくなる深さ位置として定められる。

【0156】

なお、サンプル 11 を除き、狭窄部の位置は、コーティング層の内部であった。一方、サンプル 11 では、狭窄部は、基材の第 2 の表面であった。

【0157】

図 9～図 11 には、それぞれ、サンプル 1～サンプル 3 におけるコーティング層側の貫通孔の断面の一例を示す。

【0158】

なお、図 9～図 11 において、一部が白っぽく見えるのは、光の反射によるものであり、そのような部分は、必ずしも貫通孔の輪郭線に対応していないことに留意する必要がある。特に、コーティング層内の狭窄部近傍には、白く尖って見える領域があるが、これは、貫通孔の先端ではない。いずれの図においても、貫通孔は、コーティング層の表面に開口を有する。

【0159】

以下の表 2 には、各評価用試料において得られた各寸法をまとめて示す。

【0160】

10

20

30

40

50

【表 2】

例	基準深さ D_s における 貫通孔の最小断面寸法 ϕ_P (μm)	狭窄部の 最小断面寸法 ϕ_Q (μm)	比 ϕ_Q/ϕ_P
1	2.2	0.6	0.3
2	2.2	0.3	0.1
3	2.2	0.2	0.1
11	2.3	2.0	0.9

10

20

測定の結果から、サンプル 1～サンプル 3 では、コーティング層内に、最小断面寸法 ϕ_Q が $0.6\ \mu\text{m}$ 以下の狭窄部が形成されていることがわかった。

【0161】

また、サンプル 1～サンプル 3 では、比 ϕ_Q/ϕ_P が 0.5 以下であることがわかった。

【符号の説明】

【0162】

100 第1のフィルタ
 110 本体
 112 本体の第1の表面
 114 本体の第2の表面
 120 検査領域
 122 貫通孔
 125 第1の開口
 127 第2の開口
 132 a 基材貫通孔
 132 b コーティング層貫通孔
 140 基材
 142 基材の第1の表面
 144 基材の第2の表面
 148 基材狭窄部
 150 コーティング層
 152 コーティング層の表面
 154 狭窄部
 220 吸収材
 226 a 第1の開口
 226 b 第2の開口
 240 c 第3の開口

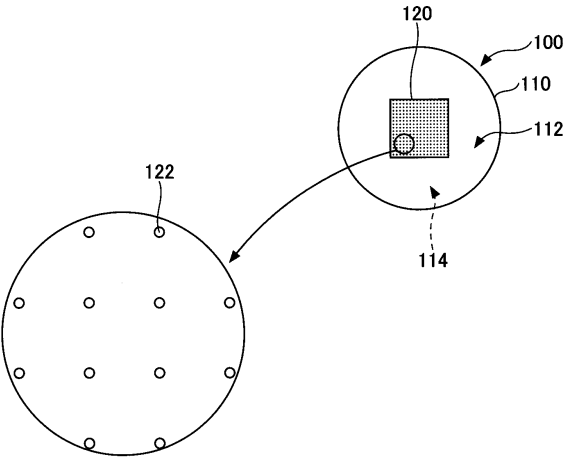
30

40

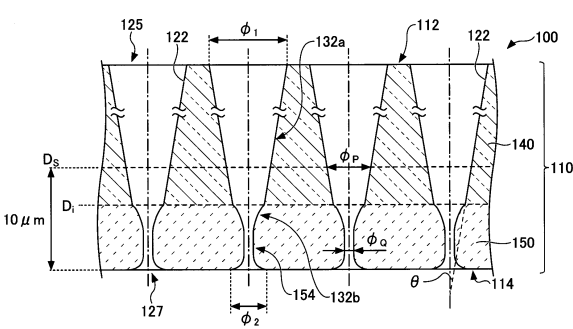
50

【図面】

【図 1】

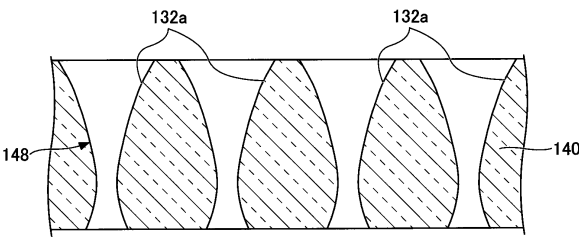


【図 2】

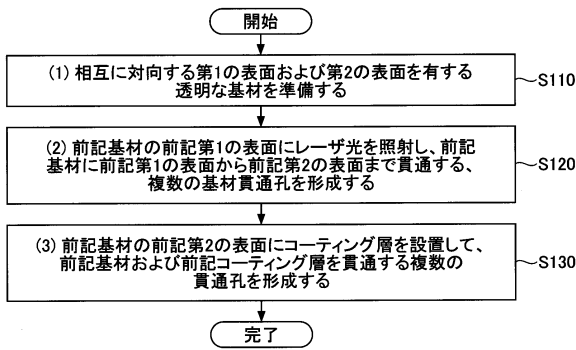


10

【図 3】



【図 4】



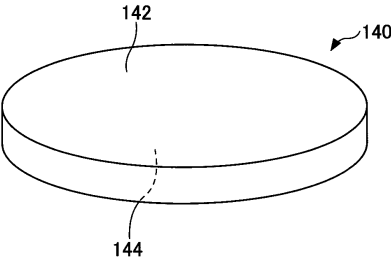
20

30

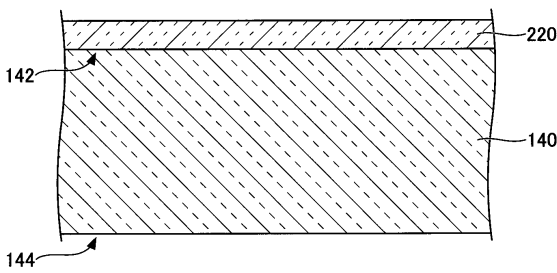
40

50

【図 5】

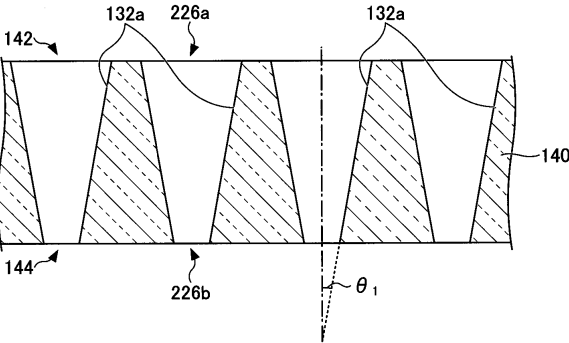


【図 6】

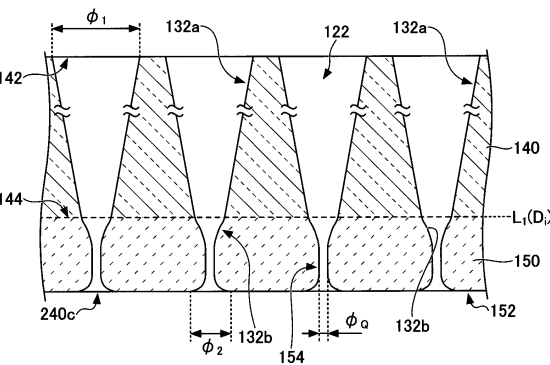


10

【図 7】



【図 8】



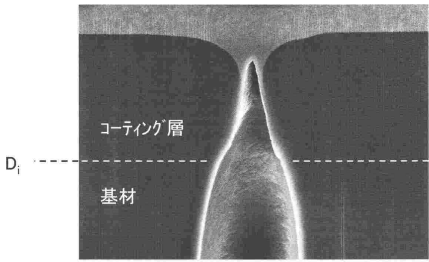
20

30

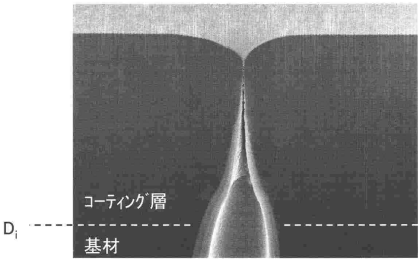
40

50

【図 9】

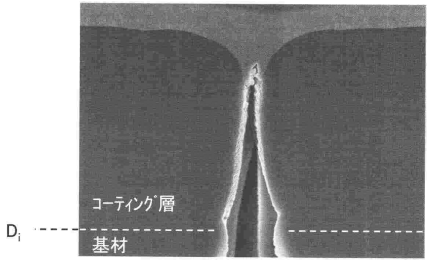


【図 10】



10

【図 11】



20

30

40

50

フロントページの続き

- (72)発明者 龍腰 健太郎
東京都千代田区丸の内一丁目5番1号 A G C株式会社内
- (72)発明者 小▲高▼ 秀文
東京都千代田区丸の内一丁目5番1号 A G C株式会社内
- 審査官 目代 博茂
- (56)参考文献 特開2014-147893 (JP, A)
特開平02-043927 (JP, A)
特表2003-526497 (JP, A)
特開2013-215668 (JP, A)
特表2007-508141 (JP, A)
米国特許第06295986 (US, B1)
中国特許出願公開第108079665 (CN, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
B01D39/00-39/20
B01D61/00-71/82
B01D53/22
C02F1/44
B23K26/00-26/70
C03B33/09
C12M1/00-3/10