

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6734865号
(P6734865)

(45) 発行日 令和2年8月5日 (2020. 8. 5)

(24) 登録日 令和2年7月14日 (2020. 7. 14)

(51) Int. Cl.	F I
DO 1 F 6/76 (2006. 01)	DO 1 F 6/76 A
DO 1 D 5/04 (2006. 01)	DO 1 D 5/04
DO 1 D 5/18 (2006. 01)	DO 1 D 5/18

請求項の数 15 (全 41 頁)

(21) 出願番号	特願2017-550983 (P2017-550983)	(73) 特許権者	512323929
(86) (22) 出願日	平成27年11月10日 (2015. 11. 10)		ソルベイ スペシャルティ ポリマーズ
(65) 公表番号	特表2018-503006 (P2018-503006A)		ユーエスエー, エルエルシー
(43) 公表日	平成30年2月1日 (2018. 2. 1)		アメリカ合衆国 ジョージア 30005
(86) 国際出願番号	PCT/EP2015/076191		-3914, アルファレッタ, マクジ
(87) 国際公開番号	W02016/102113		ニス フェリー ロード 4500
(87) 国際公開日	平成28年6月30日 (2016. 6. 30)	(74) 代理人	110002077
審査請求日	平成30年10月10日 (2018. 10. 10)		園田・小林特許業務法人
(31) 優先権主張番号	62/095, 557	(72) 発明者	ローラー, デイヴィッド ブレイク
(32) 優先日	平成26年12月22日 (2014. 12. 22)		アメリカ合衆国 ジョージア 30093
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		, ノークロス, ウィリアムズバーグ
			ドライブ 5783

最終頁に続く

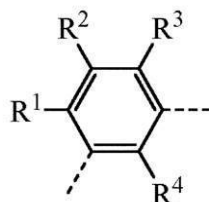
(54) 【発明の名称】 ポリフェニレン繊維および対応する製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

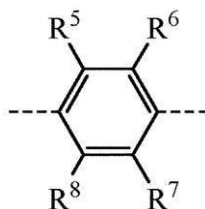
少なくとも も 5 重量パーセントのポリフェニレンポリマーを含むポリフェニレン繊維であって、前記ポリフェニレンポリマーが、

— 少なくとも も 2 5 モルパーセントの次式で表される繰り返し単位 (R p m) :



および

— 少なくとも も 1 0 モルパーセントの次式で表される繰り返し単位 (R p p) :



を含み、

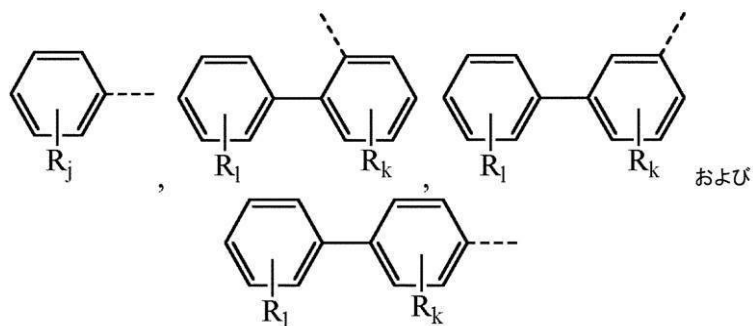
式中、 R^1 、 R^2 、 R^3 、 R^4 、 R^5 、 R^6 、 R^7 、および R^8 がそれぞれ独立して、水素、アルキル、アリール、アルコキシ、アリールオキシ、アルキルケトン、アリールケトン、フルオロアルキル、フルオロアリール、ブromoアルキル、ブromoアリール、クロロアルキル、クロロアリール、アルキルスルホン、アリールスルホン、アルキルアミド、アリールアミド、アルキルエステル、アリールエステル、フッ素、塩素、および臭素からなる群から選択され、

10

ポリフェニレン繊維が100nm～10μmの平均径を有する、ポリフェニレン繊維。

【請求項2】

R^1 、 R^2 、 R^3 、および R^4 の1つもしくは複数が独立して、式Ar-Tで表され、式中、Arが、以下の群の式：



20

(式中、

— 各 R_j 、 R_k および R_l は独立して、水素、ハロゲン、アルキル、アルケニル、アルキニル、アリール、エーテル、チオエーテル、カルボン酸、エステル、アミド、イミド、アルカリもしくはアルカリ土類金属スルホネート、アルキルスルホネート、アルカリもしくはアルカリ土類金属ホスホネート、アルキルホスホネート、アミンおよび第四級アンモニウムからなる群から選択され、互いに等しいか若しくは異なる、 j および l は独立して、0、1、2、3、4、または5であり、 j または l に等しいかもしくはそれとは異なり、 k は独立して、0、1、2、3または4である)

30

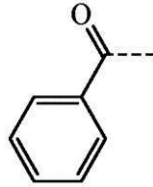
から選択される式で表され、

— Tが、 $-\text{CH}_2-$ ； $-\text{O}-$ ； $-\text{SO}_2-$ ； $-\text{S}-$ ； $-\text{C}(\text{O})-$ ； $-\text{C}(\text{CH}_3)_2-$ ； $-\text{C}(\text{CF}_3)_2-$ ； $-\text{C}(=\text{CCl}_2)-$ ； $-\text{C}(\text{CH}_3)(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH})-$ ； $-\text{N}=\text{N}-$ ； $-\text{R}^a\text{C}=\text{CR}^b-$ （ここで、各 R^a および R^b は、互いに独立して、水素または $\text{C}_1\sim\text{C}_{12}$ アルキル、 $\text{C}_1\sim\text{C}_{12}$ アルコキシ、または $\text{C}_6\sim\text{C}_{18}$ アリール基である）； $n=1\sim6$ の整数の $-(\text{CH}_2)_n-$ および $-(\text{CF}_2)_n-$ ；6個以下の炭素原子の、線状もしくは分岐の、脂肪族二価基；ならびにそれらの組み合わせからなる群から選択される、請求項1に記載の繊維。

40

【請求項3】

R^1 、 R^2 、 R^3 、および R^4 の1つもしくは複数が、式：

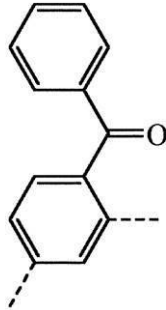


で表される、請求項 1 または 2 に記載の繊維。

【請求項 4】

繰り返し単位 R_pm が、式

10



20

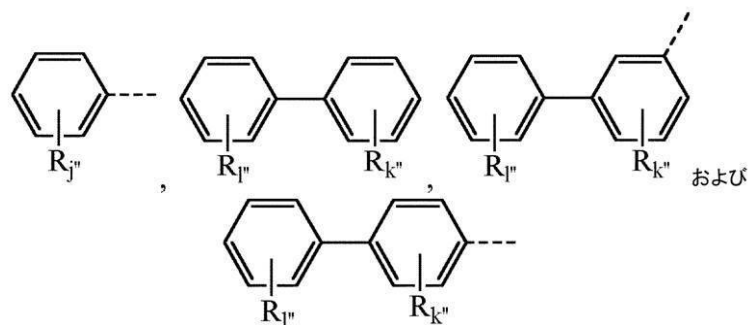
で表される、請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載のポリフェニレン繊維。

【請求項 5】

前記ポリフェニレンポリマーが、少なくとも 30 モル%、好ましくは少なくとも 40 モルパーセントの繰り返し単位 R_pm を含む、請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載のポリフェニレン繊維。

【請求項 6】

R⁵、R⁶、R⁷、および R⁸ の 1 つもしくは複数の独立して、式 Ar' - T' で表され、式中、Ar' が、以下の群の式：



30

(式中、

— 各 R_j、R_k、および R_l は独立して、水素、ハロゲン、アルキル、アルケニル、アルキニル、アリール、エーテル、チオエーテル、カルボン酸、エステル、アミド、イミド、アルカリもしくはアルカリ土類金属スルホネート、アルキルスルホネート、アルカリもしくはアルカリ土類金属ホスホネート、アルキルホスホネート、アミンおよび第四級アンモニウムからなる群から選択され、互いに等しいか若しくは異なる、j、および l は独立して、0、1、2、3、4、または 5 であり、j または l に等しいかもしくはそれとは異なる、k は独立して、0、1、2、3 または 4 である)

40

から選択される式で表され、

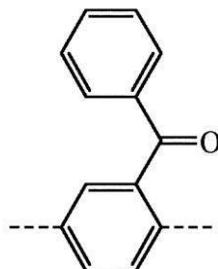
— T' が、—CH₂—；—O—；—SO₂—；—S—；—C(O)—；—C(CH₃)₂—；—C(CF₃)₂—；—C(=CCl₂)—；—C(CH₃)(CH₂CH₂COOH)—；—N=N—；—R^aC=CR^b— (ここで、各 R^a および R^b は、互いに独

50

立して、水素または $C_{1} \sim C_{12}$ アルキル、 $C_{1} \sim C_{12}$ アルコキシ、または $C_6 \sim C_{18}$ アリール基である) ; $n = 1 \sim 6$ の整数の $-(CH_2)_n-$ および $-(CF_2)_n-$; 6 個以下の炭素原子の、線状もしくは分岐の、脂肪族二価基 ; ならびにそれらの組み合わせからなる群から選択される、請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載のポリフェニレン繊維。

【請求項 7】

前記繰り返し単位 R p p が、式 :



10

で表される、請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載のポリフェニレン繊維。

【請求項 8】

前記ポリフェニレンポリマーが、少なくとも 40 モルパーセントの繰り返し単位 R p p を含む、請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載のポリフェニレン繊維。

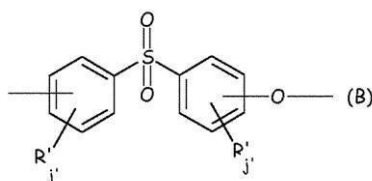
20

【請求項 9】

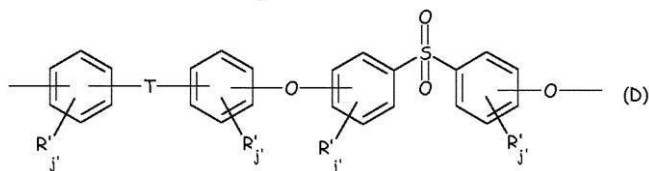
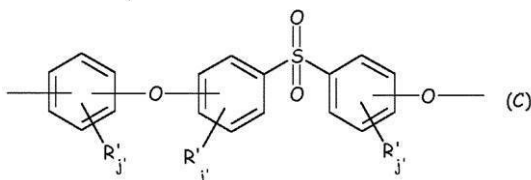
前記ポリフェニレン繊維が、ポリ (アリールエーテルスルホン) ポリマーをさらに含む、請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載のポリフェニレン繊維。

【請求項 10】

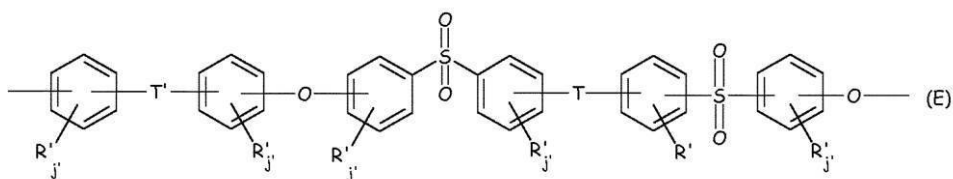
前記ポリ (アリールエーテルスルホン) ポリマーが、以下の群の式 :



30



40



[式中、

— 互いに等しいかもしくは異なる、 R' のそれぞれは、ハロゲン、アルキル、アルケニ

50

ル、アルキニル、アリール、エーテル、チオエーテル、カルボン酸、エステル、アミド、イミド、アルカリもしくはアルカリ土類金属スルホネート、アルキルスルホネート、アルカリもしくはアルカリ土類金属ホスホネート、アルキルホスホネート、アミンおよび第四級アンモニウムからなる群から選択され；

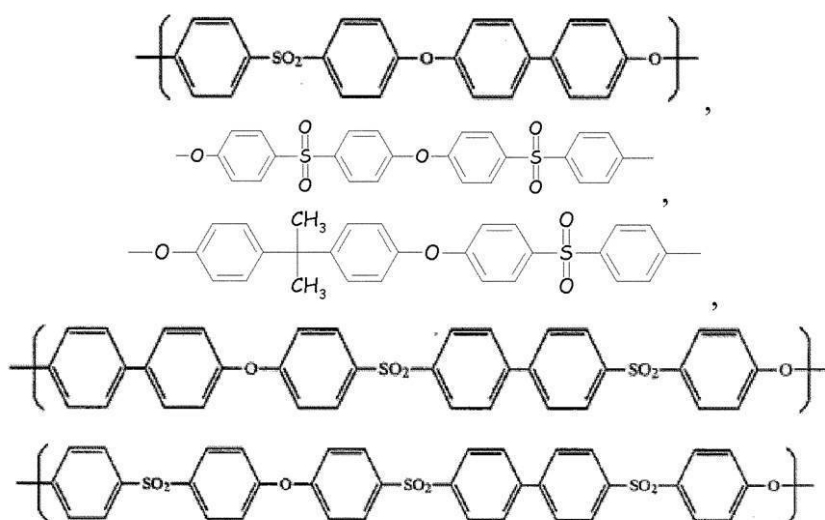
－ J' は、ゼロであるか、または 0～4 の整数であり；

－ 互いに等しいかもしくは異なる T および T' は、結合、 $-\text{CH}_2-$ ； $-\text{O}-$ ； $-\text{SO}_2-$ ； $-\text{S}-$ ； $-\text{C}(\text{O})-$ ； $-\text{C}(\text{CH}_3)_2-$ ； $-\text{C}(\text{CF}_3)_2-$ ； $-\text{C}(=\text{CCl}_2)-$ ； $-\text{C}(\text{CH}_3)(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH})-$ ； $-\text{N}=\text{N}-$ ； $-\text{R}^a\text{C}=\text{CR}^b-$ （ここで、各 R^a および R^b は、互いに独立して、水素または $\text{C}_1\sim\text{C}_{12}$ アルキル、 $\text{C}_1\sim\text{C}_{12}$ アルコキシ、または $\text{C}_6\sim\text{C}_{18}$ アリール基である）；n が 1～6 の整数である $-(\text{CH}_2)_n-$ および $-(\text{CF}_2)_n-$ ；6 個以下の炭素原子の、線状もしくは分岐の、脂肪族二価基；ならびにそれらの組み合わせからなる群から選択される]

から選択される式で表される繰り返し単位 (R p s) を含む、請求項 9 に記載のポリフェニレン繊維。

【請求項 11】

前記繰り返し単位 R p s が、以下の群の式：



およびそれらの混合物

から選択される式で表される、請求項 9 または 10 に記載のポリフェニレン繊維。

【請求項 12】

ポリ（アリールエーテル）スルホンポリマーが、ポリスルホン、ポリ（エーテルスルホン）またはポリ（フェニルスルホン）である、請求項 9～11 のいずれか一項に記載のポリフェニレン繊維。

【請求項 13】

前記ポリフェニレン繊維が、60 重量% 以下のポリ（アリールエーテルスルホン）ポリマーを含む、請求項 9～12 のいずれか一項に記載のポリフェニレン繊維。

【請求項 14】

請求項 1～13 のいずれか一項に記載のポリフェニレン繊維の形成方法であって、前記方法が、

ポリフェニレンポリマーと溶媒とを含むポリマー溶液をフォーススピニングして前記ポリフェニレン繊維を形成する工程を含み、ポリフェニレン繊維が 100 nm～10 μm の平均径を有する、方法。

【請求項 15】

前記溶媒が第 1 溶媒であり、前記ポリマー溶液が、前記第 1 溶媒と貧溶媒とを含む溶媒ブレンドを含み、

ここで、

ー 前記第1溶媒が、クロロホルム、トルエン、テトラヒドロフラン、ジクロロメタン、酢酸エチル、ベンゼン、スチレン、エチルベンゼン、ベンジルアルコール、1,4-ジオキサン、四塩化炭素、テトラクロロエチレン、塩化メチレン、フェノール系溶媒、ピリジン、トリクロロエタン、トリクロロエチレン、N,N-ジメチルホルムアミド、二塩化エチレン、ジメチルスルホキシド、N,N-ジメチルアセトアミド、ピロリドン系溶媒（例えば、N-メチルピロリドン）、スルホラン、キシレン、クロロベンゼン、またはそれらの任意の組み合わせから選択され、

ー 前記貧溶媒が、アセトン、メタノール、エタノール、イソプロパノール、プロパノール、水またはそれらの任意の組み合わせからなる群から選択される、請求項14に記載の方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

本出願は、2014年12月22日出願の、米国仮特許出願第62/095,557号に対する優先権を主張するものであり、その出願の全内容は、あらゆる目的のために参照により本明細書に援用される。

【0002】

本発明は、望ましい機械的特性を有するポリフェニレン繊維に関する。本発明はさらに、ポリフェニレン繊維の製造方法に関する。

20

【背景技術】

【0003】

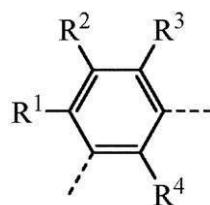
ポリマー繊維は、多種多様なアプリケーション設定において望ましい。例えば、マットとしてのポリマー繊維は、広く使用されるセパレータ、基材、液体およびガス濾過膜、医療移植片、衣服（織物）、電気絶縁材ならびにパーソナルケア製品である。液体およびガス濾過膜に関して、ポリマー繊維マットは、透析濾過、脱塩濾過、水濾過、およびガス分離を含むが、それらに限定されないアプリケーション設定において使用されている。前述のアプリケーション設定の多くの重大な特質のために、増加した機械的特性を有する、それによって選択されたアプリケーション設定においてポリ繊維破損の可能性を低くするポリマー繊維がそれ故望ましい。

30

【発明の概要】

【0004】

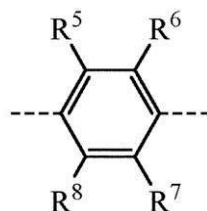
第1態様において、本発明は、少なくとも約5重量パーセントのポリフェニレンポリマーを有するポリフェニレン繊維であって、ポリフェニレンポリマーが、次式で表される少なくとも約25モルパーセントの繰り返し単位（R_{pm}）：



40

および

次式で表される少なくとも約10モルパーセントの繰り返し単位（R_{pp}）：



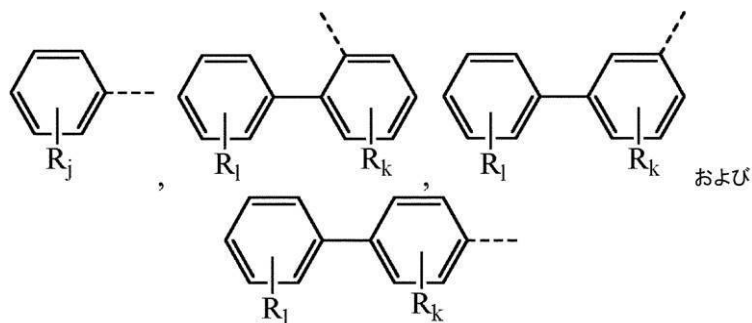
を含み、

R^1 、 R^2 、 R^3 、 R^4 、 R^5 、 R^6 、 R^7 、および R^8 がそれぞれ独立して、水素、アルキル、アリール、アルコキシ、アリーロキシ、アルキルケトン、アリールケトン、フルオロアルキル、フルオロアリール、ブromoアルキル、ブromoアリール、クロロアルキル、クロロアリール、アルキルスルホン、アリールスルホン、アルキルアミド、アリールアミド、アルキルエステル、アリールエステル、フッ素、塩素、および臭素からなる群から選択される、繊維に関する。

10

【0005】

幾つかの実施形態では、 R^1 、 R^2 、 R^3 、および R^4 の1つもしくは複数は独立して、式Ar-Tで表され、式中、Arは、以下の群の式：



20

から選択される式で表される。

【0006】

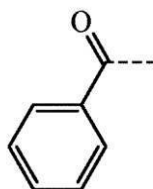
そのような実施形態では、各 R_j 、 R_k および R_l は独立して、水素、ハロゲン、アルキル、アルケニル、アルキニル、アリール、エーテル、チオエーテル、カルボン酸、エステル、アミド、イミド、アルカリもしくはアルカリ土類金属スルホネート、アルキルスルホネート、アルカリもしくはアルカリ土類金属ホスホネート、アルキルホスホネート、アミンおよび第四級アンモニウムからなる群から選択され、互いに等しいか若しくは異なる、 j および l は独立して、0、1、2、3、4、または5であり、 j または l に等しいかもしくはそれとは異なり、 k は独立して、0、1、2、3または4である。さらに、Tは、 $-\text{CH}_2-$ ； $-\text{O}-$ ； $-\text{SO}_2-$ ； $-\text{S}-$ ； $-\text{C}(\text{O})-$ ； $-\text{C}(\text{CH}_3)_2-$ ； $-\text{C}(\text{CF}_3)_2-$ ； $-\text{C}(\text{=CCl}_2)-$ ； $-\text{C}(\text{CH}_3)(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH})-$ ； $-\text{N}=\text{N}-$ ； $-\text{R}^a\text{C}=\text{CR}^b-$ （ここで、各 R^a および R^b は、互いに独立して、水素または $\text{C}_1\sim\text{C}_{12}$ アルキル、 $\text{C}_1\sim\text{C}_{12}$ アルコキシ、または $\text{C}_6\sim\text{C}_{18}$ アリール基である）； $n=1\sim6$ の整数の $-(\text{CH}_2)_n-$ および $-(\text{CF}_2)_n-$ ；6個以下の炭素原子の、線状もしくは分岐の、脂肪族二価基；ならびにそれらの組み合わせからなる群から選択される。

30

40

【0007】

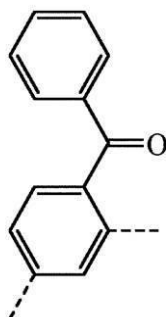
幾つかの実施形態では、 R^1 、 R^2 、 R^3 、および R^4 の1つもしくは複数は、式：



で表される。

【0008】

幾つかの実施形態では、繰り返し単位 R_pm は、式



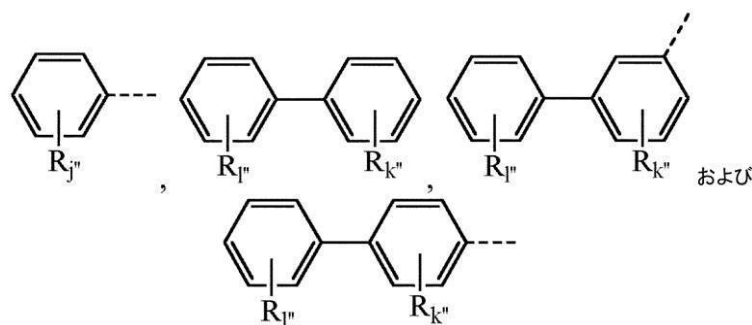
10

で表される。

【0009】

20

幾つかの実施形態では、ポリフェニレンポリマーは、少なくとも約30モルパーセント、好ましくは少なくとも約40モルパーセントの繰り返し単位 R_pm を含む。幾つかの実施形態では、R⁵、R⁶、R⁷、および R⁸ の1つもしくは複数は独立して、式 Ar' '-T' '-で表され、式中、Ar' ' は、以下の群の式



30

から選択される式で表される。

【0010】

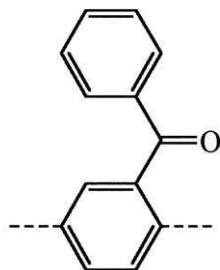
そのような実施形態では、各 R_j、R_k、および R_l は独立して、水素、ハロゲン、アルキル、アルケニル、アルキニル、アリール、エーテル、チオエーテル、カルボン酸、エステル、アミド、イミド、アルカリもしくはアルカリ土類金属スルホネート、アルキルスルホネート、アルカリもしくはアルカリ土類金属ホスホネート、アルキルホスホネート、アミンおよび第四級アンモニウムからなる群から選択され、互いに等しいか若しくは異なる、j、l および l' は独立して、0、1、2、3、4、または5であり、j または l に等しいかもしくはそれとは異なる、k' は独立して、0、1、2、3 または 4 である。さらに、T' は、-CH₂-；-O-；-SO₂-；-S-；-C(O)-；-C(CH₃)₂-；-C(CF₃)₂-；-C(=CCl₂)-；-C(CH₃)(CH₂CH₂COOH)-；-N=N-；-R^aC=CR^b-（ここで、各 R^a および R^b は、互いに独立して、水素または C₁~C₁₂ アルキル、C₁~C₁₂ アルコキシ、または C₆~C₁₈ アリール基である）；n=1~6 の整数の -(CH₂)_n- および -(CF₂)_n-；6 個以下の炭素原子の、線状もしくは分岐の、脂肪族二価基；ならびにそれらの組み合わせからなる群から選択される。

40

【0011】

50

幾つかの実施形態では、繰り返し単位 R p p は、式：



で表される。

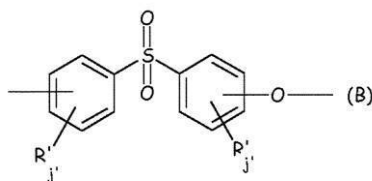
10

【0012】

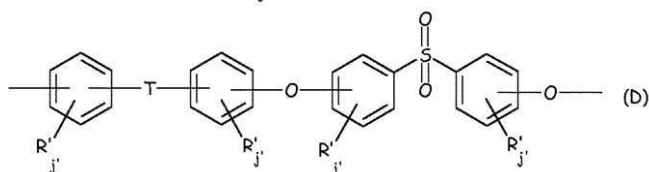
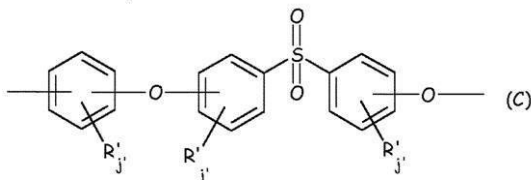
幾つかの実施形態では、ポリフェニレンポリマーは、少なくとも約40モルパーセントの繰り返し単位 R p p を含む。

【0013】

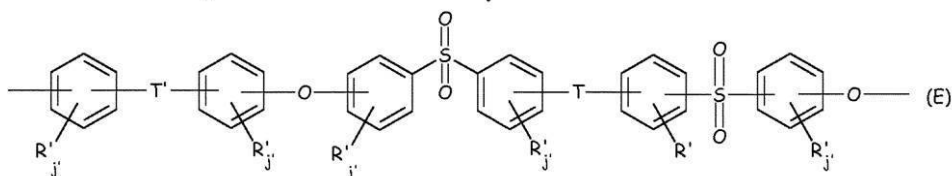
ポリフェニレン繊維は、ポリ（アリールエーテルスルホン）ポリマーをさらに含むことができる。幾つかのそのような実施形態では、ポリ（アリールエーテルスルホン）ポリマーは、以下の群の式：



20



30



から選択される式で表される繰り返し単位（R p s）を含む。

【0014】

そのような実施形態では、互いに等しいかもしくは異なる、R'のそれぞれは、ハロゲン、アルキル、アルケニル、アルキニル、アリール、エーテル、チオエーテル、カルボン酸、エステル、アミド、イミド、アルカリもしくはアルカリ土類金属スルホネート、アルキルスルホネート、アルカリもしくはアルカリ土類金属ホスホネート、アルキルホスホネート、アミンおよび第四級アンモニウムからなる群から選択され；j'は、ゼロであるか、または0～4の整数であり；互いに等しいかもしくは異なる、TおよびT'は、結合、 $-\text{CH}_2-$ ； $-\text{O}-$ ； $-\text{SO}_2-$ ； $-\text{S}-$ ； $-\text{C}(\text{O})-$ ； $-\text{C}(\text{CH}_3)_2-$ ； $-\text{C}(\text{CF}_3)_2-$ ； $-\text{C}(\text{=CCl}_2)-$ ； $-\text{C}(\text{CH}_3)(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH})-$ ； $-\text{N}=\text{N}-$ ； $-\text{R}^a\text{C}=\text{CR}^b-$ （ここで、各R^aおよびR^bは、互いに独立して、水素またはC₁～C₁₂アルキル、C₁～C₁₂、またはアルコキシC₆～C₁₈アリール基である）；nが1～6の整数である $-(\text{CH}_2)_n-$ および $-(\text{CF}_2)_n-$ ；6個以下の

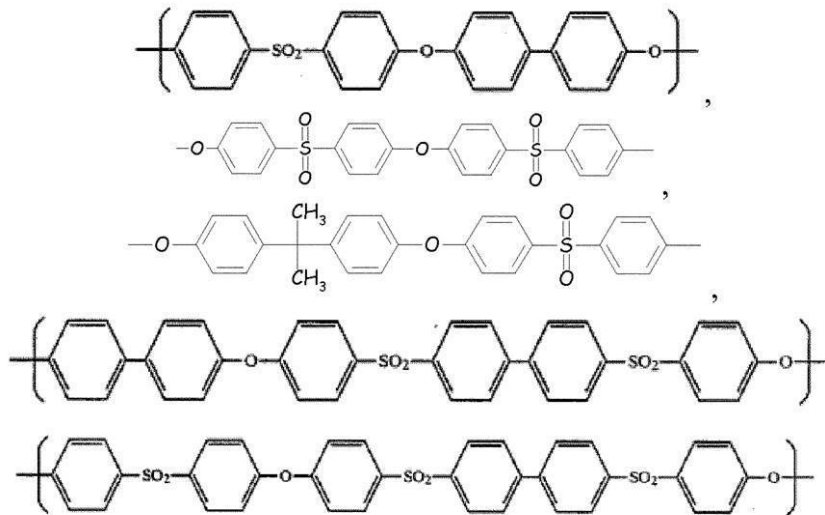
40

50

炭素原子の、線状もしくは分岐の、脂肪族二価基；ならびにそれらの組み合わせからなる群から選択される。

【0015】

繰り返し単位 R p s は、以下の群の式：



10

およびそれらの混合物から選択される式で表される。幾つかの実施形態では、ポリ（アリールエーテル）スルホンポリマーは、ポリスルホン、ポリ（エーテルスルホン）またはポリ（フェニルスルホン）である。幾つかの実施形態では、ポリフェニレン繊維は、約 60 重量%以下以下のポリ（アリールエーテルスルホン）ポリマーを含む。

20

【0016】

幾つかの実施形態では、ポリフェニレン繊維の形成方法は、ポリフェニレンポリマーと溶媒とを含むポリマー溶液をフォーススピニングしてポリフェニレン繊維を形成する工程を含む。幾つかのそのような実施形態では、溶媒は第1溶媒であり、そしてここで、ポリマー溶液は、第1溶媒と貧溶媒とを含む溶媒ブレンドを含む。第1溶媒は、クロロホルム、トルエン、テトラヒドロフラン、ジクロロメタン、酢酸エチル、ベンゼン、スチレン、エチルベンゼン、ベンジルアルコール、1, 4-ジオキサン、四塩化炭素、テトラクロロエチレン、塩化メチレン、フェノール系溶媒、ピリジン、トリクロロエタン、トリクロロエチレン、N, N-ジメチルホルムアミド、二塩化エチレン、ジメチルスルホキシド、N, N-ジメチルアセトアミド、ピロリドン系溶媒（例えば、N-メチルピロリドン）、スルホラン、キシレン、クロロベンゼン、またはそれらの任意の組み合わせから選択され、貧溶媒は、アセトン、メタノール、エタノール、イソプロパノール、プロパノール、水またはそれらの任意の組み合わせからなる群から選択される。

30

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1a】ポリフェニレン繊維束のSEM画像である。

【図1b】より低い倍率で得られる、図1（a）のポリフェニレン繊維束のSEM画像である。

40

【図2a】ポリフェニレンポリマーとポリ（エーテルスルホン）ポリマーとを有するポリフェニレン繊維束のSEM画像である。

【図2b】より低い倍率で得られる、図2（a）のポリフェニレン繊維束のSEM画像である。

【図3a】ポリフェニレンポリマーとポリスルホンポリマーとを有するポリフェニレン繊維束のSEM画像である。

【図3b】より低い倍率で得られる、図3（a）のポリフェニレン繊維束のSEM画像である。

【図4a】ポリフェニレンポリマーとポリ（フェニルスルホン）ポリマーとを有するポリ

50

フェニレン繊維束のSEM画像である。

【図4b】より低い倍率で得られる、図4(a)のポリフェニレン繊維束のSEM画像である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

望ましい機械的特性を有する1種もしくは複数種のポリフェニレンポリマーを含む繊維が本明細書に記載される。幾つかの実施形態では、繊維は、1種もしくは複数種のポリ（アリアルエーテルスルホン）ポリマーをさらに含むことができる。幾つかの実施形態では、ポリフェニレン繊維は、比較的小さい平均を有することができる。特別に調整されたフォーススピニング技術が望ましい特性のポリフェニレンポリマーを二次加工するために用いられ得ることが分かった。繊維は、例えば、複合材、織物または濾過デバイス中へ組み入れることができる。

【0019】

本明細書に記載されるポリフェニレン繊維は、1種もしくは複数種のポリフェニレンポリマーを含む。ポリフェニレンポリマーは、ポリフェニレンポリマー中の繰り返し単位の総数に対して、少なくとも25モルパーセントの、他の繰り返し単位（メタ結合を有するものとは異なるもしくは同じもの）に対してメタ結合を有する繰り返し単位を含む。前述のポリフェニレンポリマーは、増減（scaled）弾性率を含むが、それらに限定されない望ましい機械的特性を有するポリフェニレン繊維を達成するために特別に調整されたフォーススピニング技術を用いて二次加工できることが意外にも分かった。さらに、幾つかの実施形態では、ポリフェニレン繊維は、1種もしくは複数種のポリフェニレンポリマーと、1種もしくは複数種のポリ（アリアルエーテルスルホン）ポリマーとを有する（「混合ポリフェニレン繊維」）。追加の実施形態では、ポリフェニレン繊維のバルク弾性率は、ポリ（アリアルエーテルスルホン）ポリマーのそれよりも大きいことができる。そのような実施形態では、混合ポリフェニレン繊維は、ポリ（アリアルエーテルスルホン）ポリマーを含まない対応する繊維の増減弾性率よりも大きい増減弾性率を有し得ることが意外にも発見された。さらなるそのような実施形態では、混合ポリフェニレン繊維は、ポリフェニレンポリマーのバルク弾性率よりも大きい増減弾性率をさらに有することができる。

【0020】

本明細書で用いるところでは、増減弾性率は、マット空隙率によって増減したバルク弾性率を意味する。特に、増減弾性率は、次式：

$$E_{\text{繊維}} = \frac{E_{\text{マット}}}{(1-P)^2},$$

（式中、 $E_{\text{繊維}}$ は、増減弾性率（試料中の繊維の平均弾性率）であり、 $E_{\text{マット}}$ は、ポリフェニレン繊維から形成されたマットの測定弾性率であり、 P は、マットの空隙率である）のように定義することができる。マットの弾性率は、1インチ幅および4インチ長さ（グリップ間の方向）のマット試料を使用しておよび0.5インチ/分のクロスヘッドスピードを用いて、ASTM-D882標準に従って測定することができる。弾性率は、平坦なゴム空気圧グリップおよび100ニュートン（「N」）ロードセル付きInstron（登録商標）5569システムを用いて試験することができる。Instron（登録商標）5569のゲージエリアは、異なる試料サイズ向けに調整することができる。マット試料の弾性率を測定するために、マットの繊維は、（例えば、Instron（登録商標）5569システムによって）加えられる引張歪みの方向に配向させられる。マット試料の空隙率は、ISO 15901-1標準に従って水銀圧入空隙測定法を用いて測定することができる。空隙率は、Micrometrics（登録商標）Autopore 9600を用いて測定することができる。

【0021】

幾つかの実施形態では、本明細書に記載されるポリフェニレン繊維は、約0.5ギガパ

スカル（「GPa」）～約40GPa、約0.5GPa～約30GPa、約0.5GPa～約35GPa、約0.5GPa～約30GPa、約0.5GPa～約25GPa、約0.5GPa～約25GPa、約1GPa～約20GPaまたは約2GPa～約20GPaの増減弾性率を有することができる。幾つかの実施形態では、ポリフェニレン繊維は、少なくとも0.5GPa、少なくとも約1GPa、少なくとも約2GPa、少なくとも約5GPa、少なくとも約7GPa、少なくとも約10GPa、少なくとも約15GPa、少なくとも約20GPa、または少なくとも約30GPaの増減弾性率を有することができる。当業者は、明確に開示された範囲内の追加範囲の増減弾性率が考えられ、本開示の範囲内であることを認めるであろう。

【0022】

幾つかの実施形態では、ポリフェニレン繊維は、比較的小さい平均径を有することができる。幾つかの実施形態では、ポリフェニレン繊維は、約500ナノメートル（「nm」）～約10ミクロン（「μm」）、約200nm～約7μm、約200nm～約4μm、約200nm～約3μm、約200nm～約3μmもしくは約200nm～約2.5μm、または約100nm～約1μmの平均径を有することができる。当業者は、明確に開示された範囲内の追加範囲の平均径が考えられ、本開示の範囲内であることを認めるであろう。平均径は、走査電子顕微鏡（「SEM」）画像から測定することができる。特に、SEM画像は、統計的に有意な数のポリフェニレン繊維について所得することができ、異なる繊維の直径は、個々の繊維の長さに沿って個々の繊維の直径に伴って、測定することができる。結果を次に平均してポリフェニレン繊維の平均径を得ることができる。

【0023】

本明細書に記載されるポリフェニレンポリマーについて、ポリフェニレン繊維は、特別に調整されたフォーススピニング技術を用いて形成できることが分かった。特に、特別に設計されたポリマー溶液は、上に記載された平均径を有するポリフェニレン繊維を製造するために調整されたフォーススピニング技術で実行することができる。幾つかの実施形態では、紡糸ポリフェニレン繊維は、マットへ集めることができる。マットは、分離膜（例えばガスまたは液体フィルタ）、疎水性不織布、薄い織物足場などを含むが、それらに限定されない物品へ加工することができる。

【0024】

ポリフェニレン繊維の組成

本明細書に記載されるポリフェニレン繊維は、1種もしくは複数種のポリフェニレンポリマーを含む。幾つかの実施形態では、ポリフェニレン繊維は、1種もしくは複数種のポリ（アリールエーテルスルホン）ポリマーをさらに含む。

【0025】

本明細書に記載されるポリフェニレン繊維は、少なくとも5重量%の1種もしくは複数種のポリフェニレンポリマーを含む。幾つかの実施形態では、ポリフェニレン繊維は、約10重量%以下、約20重量%以下、約30重量%以下、約40重量%以下、約50重量%以下、約60重量%以下、約70重量%以下、約80重量%以下、約90重量%以下、約95重量%以下、約99重量%以下または約99.9重量%以下の1種もしくは複数種のポリフェニレンポリマーをさらに含むことができる。幾つかの実施形態ではポリフェニレン繊維は、少なくとも95重量%、少なくとも99重量%または少なくとも99.9重量%の1種もしくは複数種のポリフェニレンポリマーを含む。当業者は、明確に開示された範囲内の追加範囲のポリフェニレンポリマー濃度が考えられ、本開示の範囲内であることを認めるであろう。

【0026】

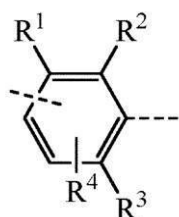
幾つかの実施形態では、ポリフェニレン繊維は、1種もしくは複数種のポリ（アリールエーテルスルホン）ポリマーをさらに含むことができる。そのような実施形態では、ポリフェニレン繊維は、約95重量%以下、約90重量%以下、約80重量%以下、約70重量%以下、約60重量%以下、約50重量%以下、約40重量%以下、約30重量%以下、約20重量%以下、約10重量%以下、約5重量%以下または約1重量%以下の1種も

しくは複数種のポリ（アリールエーテルスルホン）ポリマーを含むことができる。幾つかの実施形態では、1種もしくは複数種のポリフェニレンポリマー対1種もしくは複数種のポリ（アリールエーテルスルホン）ポリマー（ポリフェニレン：ポリ（アリールエーテルスルホン））のその重量比は、約10：1～約1：10、9：1～約1：10、約8：1～約1：10、約7：1～約1：10、約6：1～約1：10、約5：1～約1：10、約4：1～約1：10、約3：1～約1：10、約2：1～約1：10、約2：1～約1：5、約2：1～約1：2または約1.5：1～約1：1.5であり得る。当業者は、明確に開示された範囲内の追加範囲の重量比が考えられ、本開示の範囲内であることを認めるであろう。

【0027】

ポリフェニレンポリマー

本明細書に記載される繊維は、1種もしくは複数種のポリフェニレンポリマーを含む。本明細書で用いるところでは、ポリフェニレンポリマーは、式（I）：



(I)

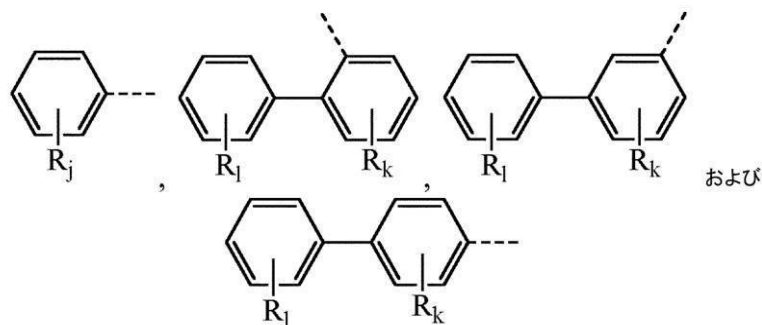
（式中、 R^1 、 R^2 、 R^3 、および R^4 はそれぞれ独立して、水素、アルキル、アリール、アルコキシ、アリールオキシ、アルキルケトン、アリールケトン、フルオロアルキル、フルオロアリール、プロモアルキル、プロモアリール、クロロアルキル、クロロアリール、アルキルスルホン、アリールスルホン、アルキルアミド、アリールアミド、アルキルエステル、アリールエステル、フッ素、塩素、および臭素からなる群から選択される）

で表される少なくとも50モル（mole）%（「モル（mole）%」）の繰り返し単位（Rp）を有する任意のポリマーを意味する。式（I）において、および特に明確に記載しない限り本明細書で用いるところでは、破線結合は、別の繰り返し単位への結合を表す。幾つかの実施形態では、ポリフェニレンポリマーは、少なくとも約60モル%、少なくとも約70モル%、少なくとも約80モル%、少なくとも約90モル%、少なくとも約95モル%、少なくとも約99モル%または少なくとも約99.9モル%の繰り返し単位（Rp）を有することができる。当業者は、明確に開示された範囲内の追加の繰り返し単位（Rp）モル%範囲が考えられ、本開示の範囲内であることを認めるであろう。

【0028】

幾つかの実施形態では、 R^1 、 R^2 、 R^3 、および R^4 の1つもしくは複数は独立して、式（II）、Ar-Tで表すことができ、

－ 式中、Arは、以下の群の式：



から選択される式で表され、

各 R_j 、 R_k および R_l は独立して、水素、ハロゲン、アルキル、アルケニル、アルキニル、アリール、エーテル、チオエーテル、カルボン酸、エステル、アミド、イミド、アル

10

20

30

40

50

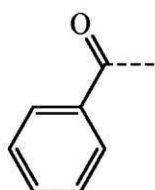
カリもしくはアルカリ土類金属スルホネート、アルキルスルホネート、アルカリもしくはアルカリ土類金属ホスホネート、アルキルホスホネート、アミンおよび第四級アンモニウムからなる群から選択され、互いに等しいかもしくは異なる、 j および l は独立して、0、1、2、3、4、または5であり、 j または l に等しいかもしくはそれとは異なり、 k は独立して、0、1、2、3または4であり；

－ 式中、 T は、 $-\text{CH}_2-$ ； $-\text{O}-$ ； $-\text{SO}_2-$ ； $-\text{S}-$ ； $-\text{C}(\text{O})-$ ； $-\text{C}(\text{CH}_3)_2-$ ； $-\text{C}(\text{CF}_3)_2-$ ； $-\text{C}(\text{=CCl}_2)-$ ； $-\text{C}(\text{CH}_3)(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH})-$ ； $-\text{N}=\text{N}-$ ； $-\text{R}^a\text{C}=\text{CR}^b-$ （ここで、各 R^a および R^b は、互いに独立して、水素または $\text{C}_1\sim\text{C}_{12}$ アルキル、 $\text{C}_1\sim\text{C}_{12}$ アルコキシ、または $\text{C}_6\sim\text{C}_{18}$ アリール基である）； n が1～6の整数の $-(\text{CH}_2)_n-$ および $-(\text{CF}_2)_n-$ ；6個以下の炭素原子の、線状もしくは分岐の、脂肪族二価基；ならびにそれらの組み合わせからなる群から選択され、

－ 式中、破線は、 T への結合を示す。

【0029】

幾つかの実施形態では、 R^1 、 R^2 、 R^3 、および R^4 の1つもしくは複数は、式（I I）：



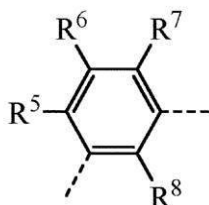
(III)

（ここで、式（I I I）において、破線結合は、繰り返し単位（ R_p ）のベンジル部分への結合を示す）

で表すことができる。

【0030】

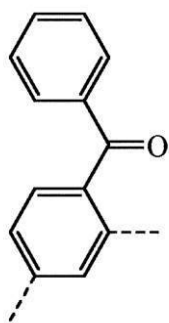
本明細書で興味のあるポリフェニレンポリマーについては、式（I V）：



(IV)

（式中、 R^5 、 R^6 、 R^7 、および R^8 はそれぞれ独立して、 R^1 、 R^2 、 R^3 、および R^4 のいずれかに関して上に記載された通りである）

で表される少なくとも約25モル%の繰り返し単位（ R_pm ）を有する。幾つかの実施形態では、ポリフェニレンポリマーは、少なくとも約30モル%、少なくとも約35モル%、少なくとも約40モル%、少なくとも約45モル%、少なくとも約50モル%、少なくとも約60モル%、少なくとも約70モル%、少なくとも約80モル%、少なくとも約90モル%、少なくとも約95モル%の繰り返し単位、少なくとも約99モルパーセントまたは少なくとも約99.9モルパーセントの（ R_pm ）を有することができる。当業者は、明確に開示された範囲内の追加の R_pm モル%範囲が考えられ、本開示の範囲内であることを認めるであろう。幾つかの実施形態では、繰り返し単位（ R_pm ）は、式（V）：



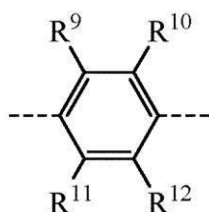
(V)

で表すことができる。

10

【0031】

幾つかの実施形態では、本明細書で興味のあるポリフェニレンポリマーは、繰り返し単位 (R p m) と、式 (V I) :



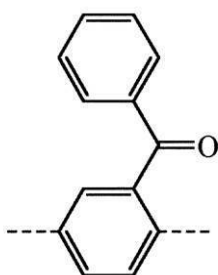
(VI)

(式中、 R^9 、 R^{10} 、 R^{11} 、および R^{12} はそれぞれ独立して、 R^1 、 R^2 、 R^3 、および R^4 のいずれかに関して上に記載された通りである)

20

で表される繰り返し単位 (R p p) とを含むことができる。幾つかの実施形態では、ポリフェニレンポリマーは、少なくとも約 10 モル%、少なくとも約 20 モル%、少なくとも約 30 モル%、少なくとも約 40 モル%、少なくとも約 50 モル%、少なくとも約 60 モル%、少なくとも約 70 モル% または少なくとも約 75 モル% の繰り返し単位 (R p p) を有することができる。当業者は、明確に開示された範囲内の追加の繰り返し単位 (R p p) モル% 範囲が考えられ、本開示の範囲内であることを認めるであろう。幾つかの実施形態では、ポリフェニレンポリマーは、繰り返し単位 R p m および R p p から本質的になることができる。そのような実施形態では、繰り返し単位 (R p p) モル% の範囲は、繰り返し単位 (R p m) モル% 範囲および繰り返し単位 (R p p) モル% 範囲が合計して約 100 % になるように、上に開示された繰り返し単位 (R p m) モル% 範囲に対して選択することができる。幾つかの実施形態では、繰り返し単位 (R p m) は、式 (V I I) :

30



(VII)

で表すことができる。

40

【0032】

ポリフェニレンポリ (アリアルエーテルスルホン) ブレンド

幾つかの実施形態では、繊維は、1 種もしくは複数種のポリフェニレンポリマーと、1 種もしくは複数種のポリフェニレンポリマーとは異なる、1 種もしくは複数種のポリ (アリアルエーテルスルホン) (「PAES」) ポリマーとを含むことができる。本明細書で用いるところでは、PAES ポリマーは、繰り返し単位の少なくとも 50 重量%が、少なくとも 1 種のアリーレン基と、少なくとも 1 個のエーテル基 (—O—) と少なくとも 1 個のスルホン基 [—S(=O)₂—] とを含む繰り返し単位 (R p s) である任意のポリマーを意味する。幾つかの実施形態では、PAES ポリマーの繰り返し単位の少なくとも約

50

60モル%、少なくとも約70モル%、少なくとも約80モル%、少なくとも約90モル%、少なくとも約95モル%、少なくとも約99モル%または少なくとも約99.9モル%は、上に記載されたような、繰り返し単位 (R_{ps}) である。当業者は、明確に開示された範囲内の追加の R_{ps} モル%範囲が考えられ、本開示の範囲内であることを認めるであろう。

【0033】

PAESポリマーのアリーレン基は、6～36個の炭素原子を有する芳香族ラジカルであり得るし、ここで、炭素原子の1個もしくは複数個は、ハロゲン、アルキル、アルケニル、アルキニル、アリール、アリールアルキル、ニトロ、シアノ、アルコキシ、エーテル、チオエーテル、カルボン酸、エステル、アミド、イミド、アルカリもしくはアルカリ土類金属スルホネート、アルキルスルホネート、アルカリもしくはアルカリ土類金属ホスホネート、アルキルホスホネート、アミンおよび第四級アンモニウムからなる群から選択される少なくとも1個の置換基で任意選択的に置換されている。

【0034】

幾つかの実施形態では、繰り返し単位 (R_{ps}) は、下に示されるような式 (A) :
 $-Ar^1-(T'-Ar^2)_n-O-Ar^3-SO_2-[Ar^4-(T-Ar^2)_n-SO_2]_m-Ar^5-O-$ (A)

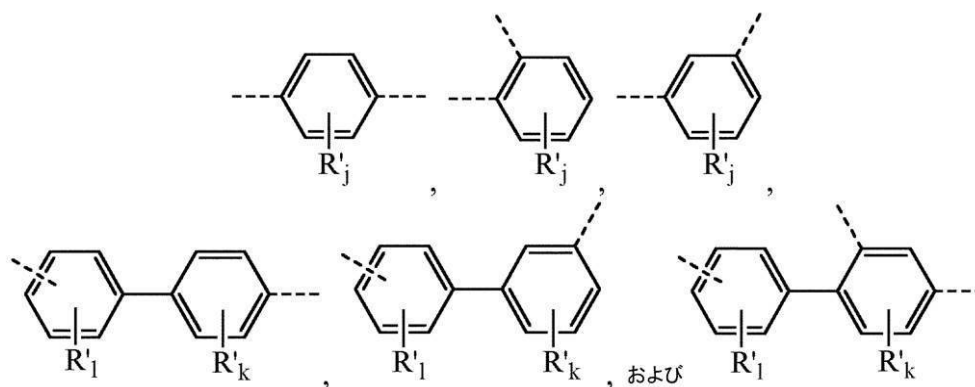
(式中:

- 互いにおよび出現ごとに等しいかもしくは異なる、 Ar^1 、 Ar^2 、 Ar^3 、 Ar^4 、および Ar^5 は独立して、芳香族単核または多核基であり；
- 互いにおよび出現ごとに等しいかもしくは異なる、 T および T' は独立して、結合または1つもしくは2つ以上のヘテロ原子を任意選択的に含む二価基であり；
- 互いに等しいかもしくは異なる、 n および m は独立して、ゼロまたは1～5の整数である)

の繰り返し単位である。

【0035】

幾つかの実施形態では、 Ar^1 、 Ar^2 、 Ar^3 、 Ar^4 および Ar^5 は、互いに等しいかもしくは異なり、次式:



(式中、各 R'_j 、 R'_k および R'_l は独立して、水素、ハロゲン、アルキル、アルケニル、アルキニル、アリール、エーテル、チオエーテル、カルボン酸、エステル、アミド、イミド、アルカリもしくはアルカリ土類金属スルホネート、アルキルスルホネート、アルカリもしくはアルカリ土類金属ホスホネート、アルキルホスホネート、アミンおよび第四級アンモニウムからなる群から選択され、互いに等しいかもしくは異なる、 j 、 k および l は独立して、0、1、2、3または4である)

からなる群から選択される式を有する。 Ar^1 について、破線結合の1つは、別の繰り返し単位 (R_{ps}) への結合を表し、一方、他の破線結合は、同じ繰り返し単位 (R_{ps}) への結合を表す。 Ar^2 、 Ar^3 、 Ar^4 および Ar^5 について、破線結合は、同じ繰り返し単位 (R_{ps}) への結合を表す。

【0036】

幾つかの実施形態では、 Ar^2 はさらに、縮合ベンゼン環類（例えば、ナフチレン類および 2, 6-ナフチレン）、アントリレン類（例えば、2, 6-アントリレン）およびフェナントリレン類（例えば、2, 7-フェナントリレン）、ナфтаセニレン類およびピレニレン類基；その少なくとも 1 つがヘテロ原子である、5～24 の原子を含む芳香族炭素環システム（例えば、ピリジン類、ベンズイミダゾール類、およびキノロン類）からなる群から選択されてもよい。ヘテロ原子は、N、O、Si、P または S であり得る。幾つかの実施形態では、ヘテロ原子は、N、O または S であり得る。

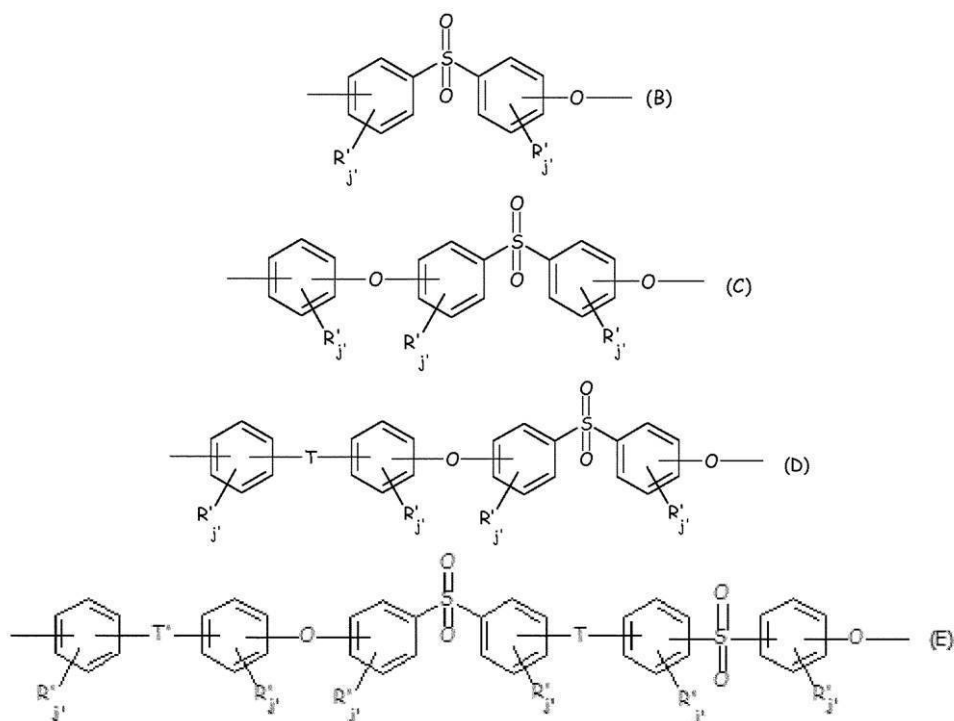
【0037】

幾つかの実施形態では、互いに等しいかもしくは異なる、式 (A) の T および T' は、結合； $-CH_2-$ ； $-O-$ ； $-SO_2-$ ； $-S-$ ； $-C(O)-$ ； $-C(CH_3)_2-$ ； $-C(CF_3)_2-$ ； $-C(=CCl_2)-$ ； $-C(CH_3)(CH_2CH_2COOH)-$ ； $-N=N-$ ； $-R^aC=CR^b-$ （ここで、各 R^a および R^b は、互いに独立して、水素または $C_1 \sim C_{12}$ アルキル、 $C_1 \sim C_{12}$ アルコキシ、または $C_6 \sim C_{18}$ アリール基である）； $n = 1 \sim 6$ の整数の $-(CH_2)_n-$ および $-(CF_2)_n-$ ；6 個以下の炭素原子の、線状もしくは分岐の、脂肪族二価基；ならびにそれらの組み合わせからなる群から選択される。

【0038】

幾つかの実施形態では、繰返し単位 (R_{ps}) は、本明細書で下の式 (B) ～ (E)

:



[式中、

— 互いに等しいかもしくは異なる、 R' のそれぞれは、ハロゲン、アルキル、アルケニル、アルキニル、アリール、エーテル、チオエーテル、カルボン酸、エステル、アミド、イミド、アルカリもしくはアルカリ土類金属スルホネート、アルキルスルホネート、アルカリもしくはアルカリ土類金属ホスホネート、アルキルホスホネート、アミンおよび第四級アンモニウムからなる群から選択され；

— j' は、0～4 の整数であり；

— 互いに等しいかもしくは異なる、T および T' は、結合、 $-CH_2-$ ； $-O-$ ； $-SO_2-$ ； $-S-$ ； $-C(O)-$ ； $-C(CH_3)_2-$ ； $-C(CF_3)_2-$ ； $-C(=CCl_2)-$ ； $-C(CH_3)(CH_2CH_2COOH)-$ ； $-N=N-$ ； $-R^aC=CR^b-$ （ここで、各 R^a および R^b は、互いに独立して、水素または $C_1 \sim C_{12}$ アルキル

10

20

30

40

50

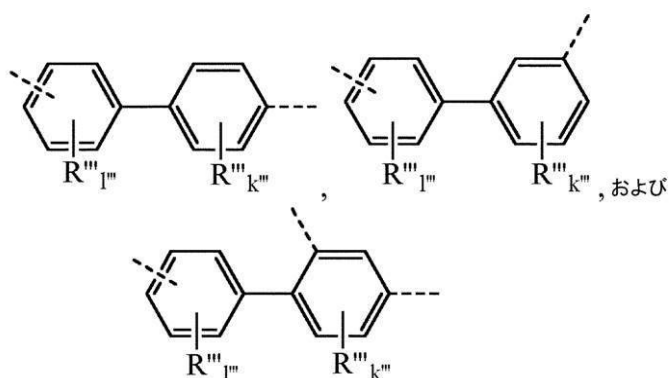
、 $C_1 \sim C_{12}$ アルコキシ、または $C_6 \sim C_{18}$ アリール基である)； n が 1 ～ 6 の整数である $-(CH_2)_n-$ および $-(CF_2)_n-$ ；6 個以下の炭素原子の、線状もしくは分岐の、脂肪族二価基；ならびにそれらの組み合わせからなる群から選択される]のものからなる群から選択することができる。

【0039】

幾つかの実施形態では、PAES は、ポリフェニルスルホンを含むがそれに限定されない、ポリ(フェニルエーテルスルホン)であり得るし、一方、他の実施形態では、PAES は、ポリエーテルスルホン、ポリエーテルエーテルスルホンまたはビスフェノール A ポリスルホンであり得る。本明細書で用いるところでは、ポリ(フェニルエーテルスルホン)は、繰り返し単位の少なくとも 50 重量%が、少なくとも 1 個のエーテル基(—O—)と、少なくとも 1 個のスルホン基 $[-S(=O)_2-]$ と少なくとも 2 個の基(G*) [各基(G*)は独立して、フェニレン類、ナフチレン類(例えば、2,6-ナフチレン)、アントリレン類(例えば、2,6-アントリレン)およびフェナントリレン類(例えば、2,7-フェナントリレン)、ナフタセニレン類およびピレニレン類からなる群から選択され：ここで、基(G*)のそれぞれは、少なくとも 1 個の単結合によっておよび、任意選択的にさらに、最大でも 1 個のメチレン基によって直接に、それ自体とは異なる少なくとも 1 つの基(G*)と結合している]とを含有する 1 つもしくは複数の式の繰り返し単位(R_{PSa})である任意のポリマーを意味する。したがって、基(G*)は、結合してビフェニレン基(例えば、p-ビフェニレン)、1,2'-ビナフチレン基、トリフェニレン基(例えば、p-トリフェニレン)およびフルオレニレン基(フッ素に由来する二価基)を含むが、それらに限定されない基を形成することができる。幾つかの実施形態では、ポリ(ビフェニルエーテルスルホン)の繰り返し単位の少なくとも約 75 重量%、少なくとも約 85 重量%、少なくとも約 95 重量%、または少なくとも約 99 重量%は、上に定義されたような繰り返し単位(R_{PSa})である。

【0040】

幾つかの実施形態では、繰り返し単位(R_{PSa})は、上に定義されたような、式(A)の繰り返し単位であり得る、ただし、少なくとも 1 つの $Ar^1 \sim Ar^5$ は、下記からなる以下の群の式：

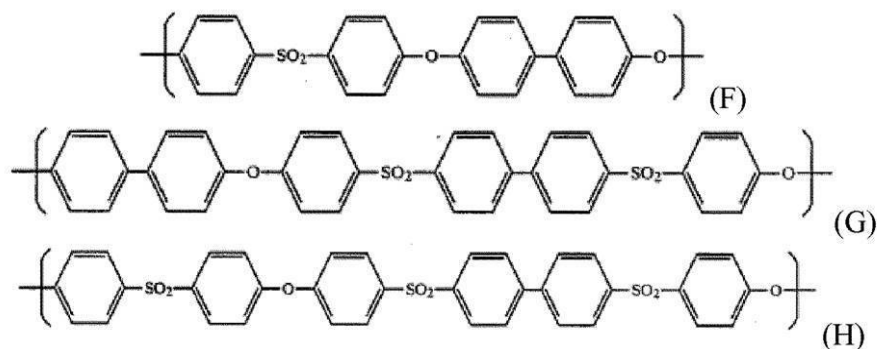


(式中、各 R は独立して、水素、ハロゲン、アルキル、アルケニル、アルキニル、アリール、エーテル、チオエーテル、カルボン酸、エステル、アミド、イミド、アルカリもしくはアルカリ土類金属スルホネート、アルキルスルホネート、アルカリもしくはアルカリ土類金属ホスホネート、アルキルホスホネート、アミンおよび第四級アンモニウムからなる群から選択され、互いに等しいかもしくは異なる k および l は独立して、0、1、2、3 または 4 である)

から選択される式で望ましくは表される芳香族部分である。

【0041】

幾つかの実施形態では、繰り返し単位(R_{PSa})は、下式(F)～(H)：



10

およびそれらの混合物からなる群の式で表すことができる。

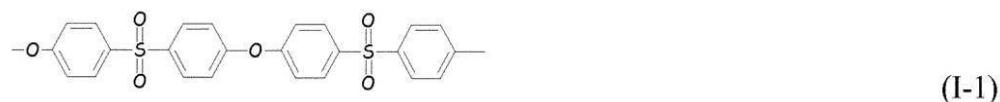
【0042】

幾つかの実施形態では、PAESは、ポリフェニルスルホン（「PPSU」）であり得る。本明細書で用いるところでは、PPSUは、繰返し単位の50重量%超が式（F）の繰返し単位（ R_{PSa} ）である任意のポリマーを意味する。幾つかの実施形態では、PPSUの繰返し単位の約75重量%超、約85重量%超、約95重量%超、または約99重量%超が、式（F）の繰返し単位（ R_{PSa} ）である。PPSUは、当業者に公知の方法によって製造することができる。PPSUはさらに、RADEL（登録商標）PPSUおよびDURADEX（登録商標）D-3000 PPSU（両方ともSolvay Specialty Polymers USA, L. L. C. 製）として商業的に入手可能である。

20

【0043】

幾つかの実施形態では、PAESは、ポリエーテルスルホン（「PESU」）、ポリエーテルエーテルスルホンまたはビスフェノールAポリスルホンである。本明細書で用いるところでは、PESUは、その繰返し単位の少なくとも50重量%が、式（I-1）：



の繰返し単位（ R_{PSb} ）である任意のポリマーを意味する。

30

【0044】

幾つかの実施形態では、PESUの繰返し単位の少なくとも約75重量%、少なくとも約85重量%、少なくとも約95重量%または少なくとも約99重量%は、式（I-1）の繰返し単位（ R_{PSb} ）である。幾つかの実施形態では、PESUは、式（I-1）の繰返し単位（ R_{PSb} ）から本質的になる。PESUは、当業者に公知の方法によって製造することができる。PESUはさらに、Solvay Specialty Polymers USA, L. L. C. からVERADEL（登録商標）PESUとして商業的に入手可能である。

【0045】

幾つかの実施形態では、PAESは、ポリエーテルエーテルスルホン（「PEES」）である。本明細書で用いるところでは、PEESは、繰返し単位の少なくとも50重量%が式（I-2）：



40

の繰返し単位（ R_{PSc} ）である任意のポリマーを意味する。

【0046】

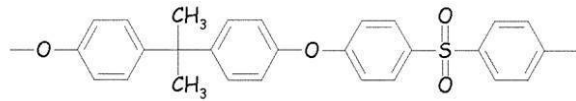
幾つかの実施形態では、PEESの繰返し単位（ R_{PSc} ）の少なくとも約75重量%、少なくとも約85重量%、少なくとも約95重量%または少なくとも約99重量%は

50

、式（I-2）の繰り返し単位である。幾つかの実施形態では、PEESは、式（I-2）の繰り返し単位（R_{ps c}）から本質的になる。

【0047】

幾つかの実施形態では、PAESは、ビスフェノールAポリスルホン（「PSU」）である。本明細書で用いるところでは、PSUは、繰り返し単位の少なくとも50重量%が、式（I-3）：



(I-3)

10

の繰り返し単位（R_{ps d}）である任意のポリマーを意味する。

【0048】

幾つかの実施形態では、PSUの繰り返し単位の少なくとも約75重量%、少なくとも約85重量%、少なくとも約95重量%または少なくとも約99重量%は、式（I-3）の繰り返し単位（R_{ps d}）である。幾つかの実施形態では、PSUは、式（I-3）の繰り返し単位（R_{ps d}）から本質的になる。PSUは、当業者に公知の方法によって製造することができる。さらに、PSUは、Solvay Specialty Polymers USA, L. L. C. からUDELL（登録商標）PSUとして商業的に入手可能である。

【0049】

20

ポリマー繊維の製造

上に記載されたように、本明細書に記載されるポリフェニレン繊維は、剪断スピニング、エレクトロスピニングおよびフォーススピニングを含むが、それらに限定されない多くの公知の方法によって製造することができる。幾つかの実施形態では、フォーススピニングを、本明細書に記載されるポリフェニレン繊維を製造するために望ましくは用いることができる。一般に、フォーススピニングは、1種もしくは複数種のポリフェニレンポリマーと、任意選択的に、1種もしくは複数種のポリ（アリアルエーテルスルホン）ポリマーを含むポリマー溶液の形成を伴う。ポリマー溶液は、ポリフェニレン繊維を形成するためにオリフィスを通して紡糸し、押し進めることができる。ポリマー溶液は、上に詳細に記載されたような、望ましいフォーススピニング特性、究極的には、望ましいポリフェニレン繊維特性を助長するために特別に設計することができる。幾つかの実施形態では、紡糸ポリフェニレン繊維は、マットへ集め、望ましい物品へ形成することができる。

30

【0050】

フォーススピニングは、紡糸口金の1つもしくは複数の毛管を通してポリマー溶液を押し通すための遠心力の適用を伴う。毛管を出るとき、繊維は、ポリマー溶液からキャストされる。特に、フォーススピニングにおいて、ポリマー溶液は、紡糸口金の溜めに入れられる。溜めは、1つもしくは複数のオリフィスと流体連動しており、紡糸口金は、オリフィスを通してポリマー溶液を押し進める遠心力をポリマー溶液上に発生させるために回転させられる。オリフィスを出るとき、繊維は、ポリマー溶液からキャストされる。特に、溶媒は、オリフィスを出るポリマー溶液から蒸発してキャスト繊維を形成するのに役立つことができる。キャスト繊維は、リングコレクタ、ファンコレクタおよび静電コレクタを含むが、それらに限定されない収集システム上で集めることができる。幾つかの実施形態では、生み出される長い繊維を収集システム上でマットへ形成することができる。フォーススピニング装置は、2014年7月15日発行の、Penoraに付与される、そして参照により本明細書に援用される、米国特許出願第8,777,599号明細書に記載されている。

40

【0051】

下に記載されるような、ポリマー溶液設計と併せて、オリフィス設計を、本明細書に記載されるような望ましい特性のポリフェニレン繊維を達成するように選択することができる。一般に、当業者は、本開示に基づいて適切なオリフィス設計を選択する方法を知るで

50

あろう。幾つかの実施形態では、オリフィスは、オリフィスの、長さ、またはその一部に沿って円筒形であるように選択することができる。幾つかの実施形態では、オリフィスは、約60ゲージ（「G」）～約1G、約55G～約1G、約50G～約1G、約40G～約1G、約35G～約1G、約35G～約5G、約35G～約10G、または約35G～約15Gの直径を有することができる。幾つかの実施形態では、オリフィスは、約0.05インチ（「in.」）～約5in.、約0.05in.～約4in.、約0.1～約4in.、約0.1in.～約3in.、約0.1in.～約2.5in.、約0.1in.～約2in.、約0.1in.～約1.5in.、または約0.1in.～約1in.の長さを有することができる。当業者は、明確に開示された範囲内の追加のオリフィス径および長さが考えられ、本開示の範囲内であることを認めるであろう。

10

【0052】

ポリマー溶液は、フォーススピニング技術を用いてポリフェニレン繊維を製造するために特別に設計することができる。本明細書で興味のあるポリフェニレン繊維のために、ポリマー溶液は、1種もしくは複数種のポリフェニレンポリマーと、存在する場合、1種もしくは複数種の任意選択のポリ（アリアルエーテルスルホン）ポリマーとを含む。適切なポリマー溶液設計は、望ましい溶媒系およびポリマー溶液粘度の選択を伴う。望ましい溶媒系は、フォーススピニング中に望ましい粘度および望ましい蒸発速度（例えば、低い沸点）を提供しながら、ポリマーの均一な分布を助長する。本明細書で興味のあるポリフェニレン繊維のために、溶媒は望ましくは、1種もしくは複数種の極性の非プロトン性溶媒を含む。適切な極性の非プロトン性溶媒の例としては、ピロリドン系溶媒（例えばN-メチルピロリドン（「NMP」））、テトラヒドロフラン、N,N-ジメチルホルムアミド、ジメチルスルホキシド、N,N-ジメチルアセトアミド、スルホラン、またはそれらの任意の組み合わせが挙げられるが、それらに限定されない。

20

【0053】

幾つかの実施形態では、2種もしくはそれ以上の溶媒を有する溶媒系を含むポリマー溶液は、フォーススピニング中に均一なポリマー分散ならびに有利な蒸発速度を同時に助長するようにポリマー溶液設計へ統合することができる。そのような実施形態では、第1溶媒は、均一なポリマー分散を助長するように選択することができる。第2溶媒は、ポリマー溶液の溶媒蒸気圧を下げるように選択することができる。例えば、第1溶媒は、それが望ましくもなく高い融点を有してもよいにもかかわらず、ポリマーを溶液に分散させるその能力に関して選択することができる。第2溶媒は、それが望ましい均一なポリマー分散を助長しなくてもよいにもかかわらず、望ましくは低い沸点を有するようにおよび／または溶媒からポリマー溶液中のポリマーの分離（例えば、沈澱）を促進するように選ぶことができる。幾つかの実施形態では、第2溶媒は、貧溶媒（それにポリマーが溶けないまたは望ましくもなく低い溶解度を有する溶媒）であり得る。本明細書で用いるところでは、貧溶媒は、ポリマー溶液のポリマーが溶媒の100ミリリットル当たり約1グラムよりも大きい溶解度を全く持たない任意の溶媒を意味する。そのような実施形態では、溶媒は、クロロホルム、トルエン、テトラヒドロフラン、ジクロロメタン、酢酸エチル、ベンゼン、スチレン、エチルベンゼン、ベンジルアルコール、1,4-ジオキサン、四塩化炭素、テトラクロロエチレン、塩化メチレン、フェノール系溶媒、ピリジン、トリクロロエタン、トリクロロエチレン、N,N-ジメチルホルムアミド、二塩化エチレン、ジメチルスルホキシド、N,N-ジメチルアセトアミド、ピロリドン系溶媒（例えば、N-メチルピロリドン）、スルホラン、キシレン、クロロベンゼン、またはそれらの任意の組み合わせを含むことができるが、それらに限定されない。貧溶媒は、アセトン、低分子量アルコールおよびそれらの組み合わせを含むことができるが、それらに限定されない。低分子量アルコールは、メタノール、エタノール、イソプロパノール、プロパノール、水、およびそれらの任意の組み合わせを含むことができるが、それらに限定されない。幾つかの実施形態では、溶媒対貧溶媒（溶媒：貧溶媒）の比は、容積で約20：1～約1：1、約15：1～約1：1、約10：1～約1：1、または約10：1～約2：1であり得る。当業者は、明確に開示された範囲内の追加の溶媒対貧溶媒比が考えられ、本開示の範囲内であること

30

40

50

を認めるであろう。幾つかの実施形態では、紡糸口金の空洞は、キャストポリフェニレン繊維からの溶媒蒸発を助長するのに役立つように加熱することができる。

【0054】

ポリマー溶液の粘度は、一部は、ポリマー溶液の濃度に関して選択することができる。本明細書に記載されるフォーススピニング製造方法のために、総ポリマー濃度は、約1%重量/容積（「wt/vol」）～約60%wt/vol、約1%wt/vol～約50%wt/vol、約1%wt/vol～約40%wt/vol、約1%wt/vol～約30%wt/volまたは約10%wt/vol～約40%wt/volであり得る。当業者は、明確に開示された範囲内の追加範囲の総ポリマー濃度が考えられ、本開示の範囲内であることを認めるであろう。

10

【0055】

本開示に基づいて、当業者は、所望のポリフェニレン繊維および対応するポリマー溶液に関して適切なフォーススピニングスピードを選択する方法を知るであろう。幾つかの実施形態では、紡糸口金は、約100回転毎分（「rpm」）～約20,000rpm、約100rpm～約15,000rpm、約1,000rpm～約10,000rpm、約2,000rpm～約10,000rpm、約3,000rpm～約10,000rpm、約4,000rpm～約10,000rpm、約5,000rpm～約10,000rpmまたは約6,000rpm～約9,000rpmのスピードで回転させることができる。当業者は、明確に開示された範囲内の追加範囲の回転スピードが考えられ、本開示の範囲内であることを認めるであろう。

20

【0056】

幾つかの実施形態では、キャストポリフェニレン繊維は、マットへ集めることができる。例えば、ポリフェニレン繊維は、多孔性基材などのリング収集システムで集めることができる。そのような実施形態では、多孔性基材は、紡糸口金を取り囲むように配置することができ、紡糸口金から選択された距離を離して配置することができる。紡糸口金のオリフィスを出るキャストポリフェニレン繊維は、マットとして基材上に集めることができる。他の実施形態では、キャストポリフェニレン繊維は、ファン収集システムまたは静電収集システムを、例えば、用いて、しかしそれらに限定されずに集めることができる。幾つかの実施形態では、収集後にまたは収集中に、キャストポリフェニレン繊維は、残留溶媒を除去するために処理することができる。幾つかのそのような実施形態では、ポリフェニレン繊維は、残留溶媒を除去するために加熱することができる。

30

【実施例】

【0057】

実施例は、ポリフェニレン繊維の製造、キャラクタリゼーションおよび機械的性能を実証する。

【0058】

6つのポリフェニレン繊維マット試料を、Fiberlab（登録商標）L-1000（Fiberio（登録商標））を用いるフォーススピニングによって形成した。各試料を形成するために、ポリフェニレン組成物と溶媒とを混合して紡糸液を形成した。幾つかの試料については、紡糸液は、PSUポリマー、PPSUポリマーまたはPESUポリマーをさらに含有した。ポリフェニレン組成物は、0モルパーセント（「モル%」）、20モル%または50モル%のメタフェニレン単位を有するポリフェニレンを含んだ。溶媒は、n-メチル-2-ピロリドン（「NMP」）およびアセトンからなった。紡糸液を、紡糸口金の各エンドにオリフィス付きのT形状紡糸口金へ入れた。各オリフィスは、約27ゲージの直径および約0.5インチの長さを有した。紡糸口金を約3,000rpm～約12,000rpmで回転させて紡糸液を、オリフィスを通して押し通し、紡糸口金から出した。オリフィスを出たポリフェニレン繊維材料を、コレクションリングを用いて多孔性基材（Tygar 3091Lフィルタ）上で集めてマットを形成した。マットを次に減圧下で乾燥させて残留溶媒を除去し、究極的な試料を形成した。表1は、試料のそれぞれについて試料組成および処理パラメータを示す。全てのポリマーは、Solvay S

40

50

pecialty Polymers USA, LLCから入手した。特に、ポリフェニレンポリマー、PESUポリマー、PSUポリマーおよびPPSUポリマーは、それぞれ、PrimoSpire（登録商標）SRP PR-250、Veradel（登録商標）PESU V3100、Udel（登録商標）PSU 1700およびRadel（登録商標）PPSU R-5600として入手した。

【0059】

表1

試料 番号	ポリマー [重量比]	ポリフェニレン 中のモル%メタ 繰返し単位	紡糸液中の ポリマー濃度 (% w/v)	溶液 溶剤 [容積比]	回転 スピード (rpm)
1	ポリフェニレン	0	適用 されない	NMP:アセトン (8:2)	適用 されない
2	ポリフェニレン	20	12	NMP:アセトン (7:3)	3000- 12000
3	ポリフェニレン	50	20	NMP:アセトン [8:2]	6500
4	ポリフェニレン/ PESU [1:1]	50	23	NMP:アセトン [7:3]	7500
5	ポリフェニレン/ PSU [1:1]	50	23	NMP:アセトン [7:3]	7000
6	ポリフェニレン/ PPSU [1:1]	50	22	NMP:アセトン [7:3]	6500

【0060】

表1に言及すると、試料1は、NMP：アセトン溶媒に溶けなかった。さらに、試料2は、溶けるが、紡糸液がオリフィスを出るときに繊維を形成しなかった。幾つかの試みを、試料2から繊維を紡糸するとき約3000rpm～約12000rpmの回転スピードを用いて行った。

【0061】

形成後に、試料を、それらのガラス転移温度（「T_g」）、混和性、空隙率、密度および平均繊維径を測定することによってキャラクタリゼーションした。T_gは、ASTM D3418標準に従って示差走査熱量測定法（「DSC」）によって測定した。DSC測定は、50mL／分の流量での窒素雰囲気下で20℃／分の加熱および冷却速度を用いてTA Instruments Model Q20/Q1000示差走査熱量計（Texas Instruments）で行った。DSC測定はまた、繊維の混和性を測定するためにも用いた。特に、不混和性ポリマー組成物を有する試料は2つのT_gを有し、一方、混和性ポリマー組成物を有する試料は単一T_gを有した。試料の空隙率は、シリカアルミネート標準に照らして較正されたMicrometrics（登録商標）Autopore 9600を用いてISO 15901-1標準に従って水銀圧入空隙測定法で測定した。密度は、ASTM 3776標準に従って試料マットの4インチ×4.5インチ部分に関して測定した。T_g、混和性、空隙率、密度および平均繊維径の測定結果を表2に示す。表2に言及すると、試料4は、2つのガラス転移温度を有し、ポリフェニレンおよびPESが不混和性であることを暗示した。

【0062】

表2

試料	Tg (°C)	混和性 ブレンド	空隙率 (%)	密度 (g/m ³)	平均径 (μm)
3	178	適用されない	92.3	6.8	0.85 ± 0.83
4	167, 207	いいえ	90.5	11.4	1.50 ± 1.08
5	173	はい	88.0	12.3	2.13 ± 1.19
6	181	はい	94.3	9.7	1.89 ± 1.59

【0063】

10

試料中の繊維の平均径は、走査電子顕微鏡法によって測定した。各試料について、試料の異なる部分のSEM画像を得た。各画像における個々の繊維の直径を測定し、表2に報告されるような、試料の平均径を得るために用いた。図1(a)～4(b)は、試料3～6から得られたSEM画像である。特に、図1(a)、2(a)、3(a)および4(a)は、それぞれの試料3～6のSEM画像である。図1(b)、2(b)、3(b)および4(b)はまた、それぞれの試料3～6のSEM画像であるが、図1(a)、2(a)、3(a)および4(a)と比べてより低い倍率で得られた。

【0064】

機械的性能を実証するために、試料のそれぞれの増減弾性率を、上に記載されたような、ASTM-D882に従って測定した。各試料の増減弾性率は、表3に示し、ギガパスカル(「GPa」)単位で報告する。表2はまた、比較のために、バルクポリマー組成物の弾性率を示す。

20

【0065】

表3

試料	増減弾性率 (GPa)	STDEV (GPa)
3	3.33	1.42
4	7.02	1.98
5	3.71	1.54
6	11.42	3.49
組成物	バルク弾性率 (GPa)	
ポリフェニレン	5.52	
PES	2.69	
PSU	2.48	
PPSU	2.34	

30

【0066】

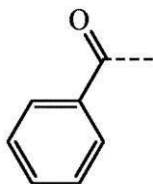
表3は、試験された試料について、ポリフェニレンブレンド(試料4～6)が、非混合ポリフェニレン(試料3)を有する試料よりも大きい増減弾性率を有したことを実証する。特に、試料2(ポリフェニレンおよびPSUブレンド)は、PSUのバルク弾性率(2.49 GPa)がポリフェニレンのそれ(5.52 GPa)よりも著しく低いにもかかわらず、試料3(3.33 GPa)よりも大きい増減弾性率を有した。さらに、試料4および6は、PESのバルク弾性率(2.69 GPa)およびPPSUのバルク弾性率(2.34 GPa)が、ポリフェニレンのそれ(5.52 GPa)よりも著しく低いにもかかわらず、試料3(3.33 GPa)ならびにバルクポリフェニレン(5.52 GPa)よりも著しく大きいバルク弾性率(それぞれ、7.02および11.42)を有した。

40

【0067】

さらなる発明コンセプト

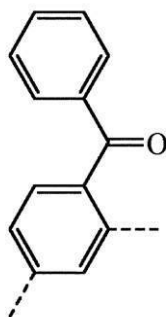
50



で表される、発明コンセプト 1 または 2 の繊維。

【0070】

4. 繰り返し単位 R p m が、式



10

で表される、発明コンセプト 1 ～ 3 のいずれかのポリフェニレン繊維。

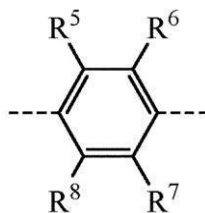
【0071】

20

5. ポリフェニレンポリマーが、少なくとも約 30 モルパーセント、少なくとも約 40 モルパーセント、少なくとも約 50 モルパーセント、少なくとも約 60 モルパーセント、少なくとも約 70 モルパーセント、少なくとも約 80 モルパーセント、少なくとも約 90 モルパーセント、少なくとも約 95 モルパーセント、または少なくとも約 99 モルパーセントの繰り返し単位 R p m を含む、発明コンセプト 1 ～ 4 のいずれかのポリフェニレン繊維。

【0072】

6. ポリフェニレンポリマーが、次式：



30

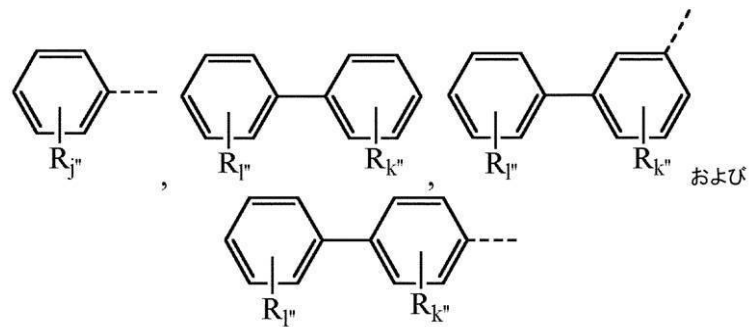
(式中、R⁵、R⁶、R⁷、および R⁸ はそれぞれ独立して、水素、アルキル、アリール、アルコキシ、アリールオキシ、アルキルケトン、アリールケトン、フルオロアルキル、フルオロアリール、ブromoアルキル、ブromoアリール、クロロアルキル、クロロアリール、アルキルスルホン、アリールスルホン、アルキルアミド、アリールアミド、アルキルエステル、アリールエステル、フッ素、塩素、および臭素からなる群から選択される)

40

で表される繰り返し単位 (R p p) をさらに含む、発明コンセプト 1 ～ 5 のいずれかのポリフェニレン繊維。

【0073】

7. R⁵、R⁶、R⁷、および R⁸ の 1 つもしくは複数が独立して、式 A r ' ' - T ' ' で表され、式中、A r ' ' が、以下の群の式：



10

(式中、

— 各 R_j 、 R_k 、および R_l は独立して、水素、ハロゲン、アルキル、アルケニル、アルキニル、アリール、エーテル、チオエーテル、カルボン酸、エステル、アミド、イミド、アルカリもしくはアルカリ土類金属スルホネート、アルキルスルホネート、アルカリもしくはアルカリ土類金属ホスホネート、アルキルホスホネート、アミンおよび第四級アンモニウムからなる群から選択され、互いに等しいかもしくは異なる、 j および l は独立して、0、1、2、3、4、または5であり、 j または l に等しいかもしくはそれとは異なる、 k は独立して、0、1、2、3または4である)

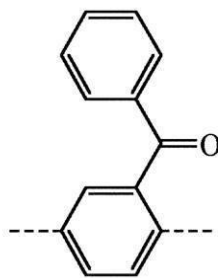
から選択される式で表され、

— T が、 $-\text{CH}_2-$ ； $-\text{O}-$ ； $-\text{SO}_2-$ ； $-\text{S}-$ ； $-\text{C}(\text{O})-$ ； $-\text{C}(\text{CH}_3)_2-$ ； $-\text{C}(\text{CF}_3)_2-$ ； $-\text{C}(\text{=CCl}_2)-$ ； $-\text{C}(\text{CH}_3)(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH})-$ ； $-\text{N}=\text{N}-$ ； $-\text{R}^a\text{C}=\text{CR}^b-$ （ここで、各 R^a および R^b は、互いに独立して、水素または $\text{C}_1 \sim \text{C}_{12}$ アルキル、 $\text{C}_1 \sim \text{C}_{12}$ アルコキシ、または $\text{C}_6 \sim \text{C}_{18}$ アリール基である）； $n=1 \sim 6$ の整数の $-(\text{CH}_2)_n-$ および $-(\text{CF}_2)_n-$ ；6個以下の炭素原子の、線状もしくは分岐の、脂肪二価基；ならびにそれらの組み合わせからなる群から選択される、発明コンセプト6のポリフェニレン繊維。

20

【0074】

8. 繰り返し単位 R_{pp} が式：



30

で表される、発明コンセプト6または7のポリフェニレン繊維。

【0075】

9. ポリフェニレンポリマーが、少なくとも約10モルパーセント、少なくとも約20モルパーセント、少なくとも約30モルパーセント、少なくとも約40モルパーセント、少なくとも約50モルパーセント、少なくとも約60モルパーセント、少なくとも約70モルパーセントまたは少なくとも約75モルパーセントの繰り返し単位 R_{pp} を含む、発明コンセプト6～8のいずれかのポリフェニレン繊維。

40

【0076】

10. ポリフェニレンポリマーが繰り返し単位 R_{pm} および R_{pp} から本質的になる、発明コンセプト6～9のいずれかのポリフェニレン繊維。

【0077】

11. ポリフェニレン繊維が、約10重量%以下、約20重量%以下、約30重量%以下、約40重量%以下、約50重量%以下、約60重量%以下、約70重量%以下、約80重量%以下、約90重量%以下、約95重量%以下、約99重量%以下または約99.

50

9重量%以下のポリフェニレンポリマーを含む、発明コンセプト6～10のいずれかのポリフェニレン繊維。

【0078】

12. ポリフェニレン繊維が、少なくとも約95重量%、少なくとも約99重量%または少なくとも約99.9重量%のポリフェニレンポリマーを含む、発明コンセプト1～10のいずれかのポリフェニレン繊維。

【0079】

13. ポリフェニレンポリマーが第1ポリフェニレンポリマーであり、そしてポリフェニレン繊維が1種もしくは複数種の追加のポリフェニレンポリマーをさらに含む、発明コンセプト1～12のいずれかのポリフェニレン繊維。

10

【0080】

14. ポリフェニレン繊維が、ポリ(アリールエーテルスルホン)ポリマーをさらに含む、発明コンセプト1～13のいずれかのポリフェニレン繊維。

【0081】

15. ポリ(アリールエーテルスルホン)ポリマーが、次式：

$$-Ar^1-(T'-Ar^2)_n-O-Ar^3-SO_2-[Ar^4-(T-Ar^2)_n-SO_2]_m-Ar^5-O-$$

(式中、

— 互いにおよび出現ごとに等しいかもしくは異なる、 Ar^1 、 Ar^2 、 Ar^3 、 Ar^4 、および Ar^5 は独立して、芳香族単核または多核基であり；

20

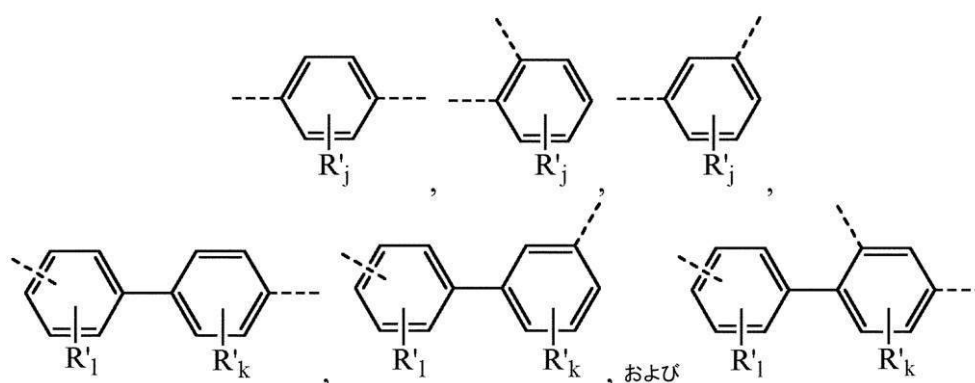
— 互いにおよび出現ごとに等しいかもしくは異なる、 T および T' は独立して、結合または1つもしくは2つ以上のヘテロ原子を任意選択的に含む二価基であり；

— 互いに等しいかもしくは異なる、 n および m は独立して、ゼロまたは1～5の整数である)

で表される繰り返し単位(Rps)を含む、発明コンセプト14のポリフェニレン繊維。

【0082】

16. Ar^1 、 Ar^2 、 Ar^3 、 Ar^4 および Ar^5 が、互いに等しいかもしくは異なり、次式：



30

(式中、

40

— 各 R'_j 、 R'_k および R'_l は独立して、水素、ハロゲン、アルキル、アルケニル、アルキニル、アリール、エーテル、チオエーテル、カルボン酸、エステル、アミド、イミド、アルカリもしくはアルカリ土類金属スルホネート、アルキルスルホネート、アルカリもしくはアルカリ土類金属ホスホネート、アルキルホスホネート、アミンおよび第四級アンモニウムからなる群から選択され、

— 互いに等しいかもしくは異なる、 j 、 k および l は独立して、0、1、2、3、または4である)

からなる群から選択される式で表される、発明コンセプト15のポリフェニレン繊維。

【0083】

17. Ar^2 が、縮合ベンゼン環類(例えば、ナフチレン類および2,6-ナフチレン

50

）、アントリレン類（例えば、2，6-アントリレン）およびフェナントリレン類（例えば、2，7-フェナントリレン）、ナフタセニレン類およびピレニレン類基；その少なくとも1つがヘテロ原子である、5～24の原子を含む芳香族炭素環システム（例えば、ピリジン類、ベンズイミダゾール類、およびキノロン類）からなる群から選択される、発明コンセプト15または16のポリフェニレン繊維。ヘテロ原子は、N、O、Si、PまたはSであり得る。幾つかの実施形態では、ヘテロ原子は、N、OまたはSであり得る。

【0084】

18. Ar^2 が、ナフチレン類、2，6-ナフチレン、2，6-アントリレン、2，7-フェナントリレン、ピリジン類、ベンズイミダゾール類、およびキノロン類からなる群から選択される、発明コンセプト15～17のいずれかのポリフェニレン繊維。

10

【0085】

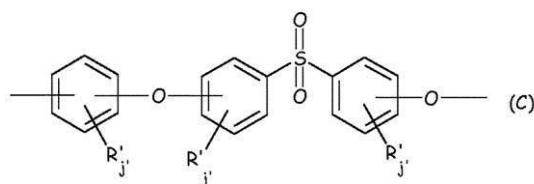
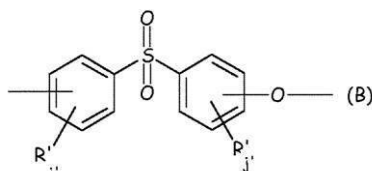
19. 互いに等しいかもしくは異なる、TおよびT' が、結合、 $-CH_2-$ ； $-O-$ ； $-SO_2-$ ； $-S-$ ； $-C(O)-$ ； $-C(CH_3)_2-$ ； $-C(CF_3)_2-$ ； $-C(=CCl_2)-$ ； $-C(CH_3)(CH_2CH_2COOH)-$ ； $-N=N-$ ； $-R^aC=CR^b-$ ； $n=1\sim6$ の整数の $-(CH_2)_n-$ および $-(CF_2)_n-$ ；6個以下の炭素原子の、線状もしくは分岐の、脂肪族二価基；ならびにそれらの組み合わせからなる群から選択され、そして

各 R^a および R^b が、互いに独立して、水素または $C_1\sim C_{12}$ アルキル、 $C_1\sim C_{12}$ アルコキシ、または $C_6\sim C_{18}$ アリール基である、発明コンセプト15～18のいずれかのポリフェニレン繊維。

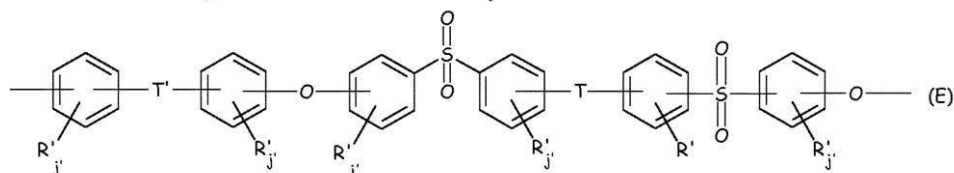
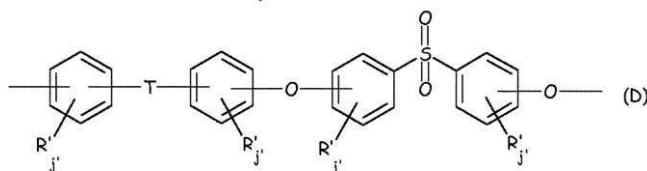
20

【0086】

20. 繰り返し単位 Rps が、以下の群の式：



30



40

[式中、

— 互いに等しいかもしくは異なる R' のそれぞれは、ハロゲン、アルキル、アルケニル、アルキニル、アリール、エーテル、チオエーテル、カルボン酸、エステル、アミド、イミド、アルカリもしくはアルカリ土類金属スルホネート、アルキルスルホネート、アルカリもしくはアルカリ土類金属ホスホネート、アルキルホスホネート、アミンおよび第四級アンモニウムからなる群から選択され；

— J' は、ゼロであるか、または0～4の整数であり、

— 互いに等しいかもしくは異なる、TおよびT' は、結合、 $-CH_2-$ ； $-O-$ ； $-S$

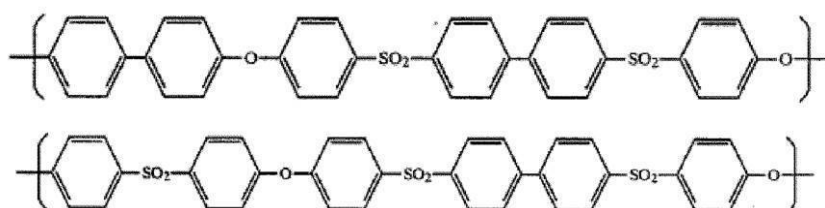
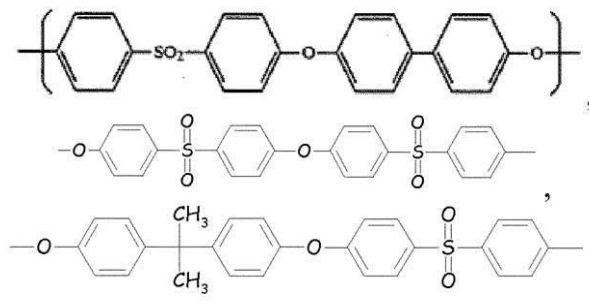
50

O_2- ; $-S-$; $-C(O)-$; $-C(CH_3)_2-$; $-C(CF_3)_2-$; $-C(=CCl_2)-$; $-C(CH_3)(CH_2CH_2COOH)-$; $-N=N-$; $-R^aC=CR^b-$ (ここで、各 R^a および R^b は、互いに独立して、水素または $C_1 \sim C_{12}$ アルキル、 $C_1 \sim C_{12}$ アルコキシ、または $C_6 \sim C_{18}$ アリール基である) ; n が 1 ~ 6 の整数である $-(CH_2)_n-$ および $-(CF_2)_n-$; 6 個以下の炭素原子の、線状もしくは分岐の、脂肪族二価基 ; ならびにそれらの組み合わせからなる群から選択される] から選択される式で表される、発明コンセプト 15 ~ 19 のいずれかのポリフェニレン繊維。

【0087】

21. 繰り返し単位 Rps が、以下の群の式 :

10



20

およびそれらの混合物から選択される式で表される、発明コンセプト 15 ~ 20 のいずれかのポリフェニレン繊維。

【0088】

22. ポリ (アリールエーテルスルホン) ポリマーが、ポリスルホン、ポリ (エーテルスルホン) またはポリ (フェニルスルホン) である、発明コンセプト 15 ~ 20 のいずれかのポリフェニレン繊維。

30

【0089】

23. ポリフェニレン繊維が、約 95 重量%以下、約 90 重量%以下、約 80 重量%以下、約 70 重量%以下、約 60 重量%以下、約 50 重量%以下、約 40 重量%以下、約 30 重量%以下、約 20 重量%以下、約 10 重量%以下、約 5 重量%以下または約 1 重量%以下のポリ (アリールエーテルスルホン) ポリマーを含む、発明コンセプト 15 ~ 22 のいずれかのポリフェニレン繊維。

【0090】

24. ポリフェニレンポリマー対ポリ (アリールエーテルスルホン) ポリマーのその重量比が、約 10 : 1 ~ 約 1 : 10、9 : 1 ~ 約 1 : 10、約 8 : 1 ~ 約 1 : 10、約 7 : 1 ~ 約 1 : 10、約 6 : 1 ~ 約 1 : 10、約 5 : 1 ~ 約 1 : 10、約 4 : 1 ~ 約 1 : 10、約 3 : 1 ~ 約 1 : 10、約 2 : 1 ~ 約 1 : 10、約 2 : 1 ~ 約 1 : 5、約 2 : 1 ~ 約 1 : 2 または約 1.5 : 1 ~ 約 1 : 1.5 である、発明コンセプト 15 ~ 23 のいずれかのポリフェニレン繊維。

40

【0091】

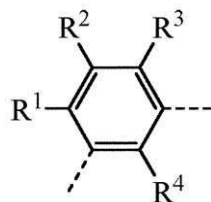
25. ポリフェニレンポリマーが、約 10 モルパーセント以下、約 20 モルパーセント以下、約 30 モルパーセント以下、約 40 モルパーセント以下、約 50 モルパーセント以下、約 60 モルパーセント以下、約 70 モルパーセント以下または約 75 モルパーセント以下の繰り返し単位 Rpp を含む、発明コンセプト 6 ~ 24 のいずれかのポリフェニレン

50

繊維。

【0092】

26. ポリフェニレン繊維の形成方法であって、この方法が、ポリフェニレンポリマーと溶媒とを含むポリマー溶液をフォーススピニングしてポリフェニレン繊維を形成する工程を含み、ここで、ポリフェニレンポリマーが、次式：



10

(式中、 R^1 、 R^2 、 R^3 、および R^4 はそれぞれ独立して、水素、アルキル、アリール、アルコキシ、アリールオキシ、アルキルケトン、アリールケトン、フルオロアルキル、フルオロアリール、ブromoアルキル、ブromoアリール、クロロアルキル、クロロアリール、アルキルスルホン、アリールスルホン、アルキルアミド、アリールアミド、アルキルエステル、アリールエステル、フッ素、塩素、および臭素からなる群から選択される)で表される少なくとも25モルパーセントの繰り返し単位Rpmを有する方法。

【0093】

27. フォーススピニングが、約100rpm～約20,000rpm、約100rpm～約15,000rpm、約1,000rpm～約10,000rpm、約2,000rpm～約10,000rpm、約3,000rpm～約10,000rpm、約4,000rpm～約10,000rpm、約5,000rpm～約10,000rpmまたは約6,000rpm～約9,000rpmのスピードでポリマー溶液を紡糸することを含む、発明コンセプト26の方法。

20

【0094】

28. フォーススピニングが、オリフィスを有する紡糸口金においてポリマー溶液を紡糸し、ポリマー溶液にオリフィスを通過させることを含む、発明コンセプト26または27の方法。

【0095】

29. オリフィスが、約60ゲージ(「G」)～約1G、約55G～約1G、約50G～約1G、約40G～約1G、約35G～約1G、約35G～約5G、約35G～約10G、または約35G～約15Gの直径を有する、発明コンセプト28の方法。

30

【0096】

30. オリフィスが、約0.05in.～約5in.、約0.05in.～約4in.、約0.1～約4in.、約0.1in.～約3in.、約0.1in.～約2.5in.、約0.1in.～約2in.、約0.1in.～約1.5in.、または約0.1in.～約1in.の長さを有する、発明コンセプト28または29の方法。

【0097】

31. 溶媒が、クロロホルム、トルエン、テトラヒドロフラン、ジクロロメタン、酢酸エチル、ベンゼン、スチレン、エチルベンゼン、ベンジルアルコール、1,4-ジオキサン、四塩化炭素、テトラクロロエチレン、塩化メチレン、フェノール系溶媒、ピリジン、トリクロロエタン、トリクロロエチレン、N,N-ジメチルホルムアミド、二塩化エチレン、ジメチルスルホキシド、N,N-ジメチルアセトアミド、ピロリドン系溶媒(例えば、N-メチルピロリドン)、スルホラン、キシレン、クロロベンゼン、またはそれらの任意の組み合わせからなる群から選択される、発明コンセプト26～30のいずれかの方法。

40

【0098】

32. 溶媒が第1溶媒であり、そしてポリマー溶液が、第1溶媒と貧溶媒とを含む溶媒ブレンドを含む、発明コンセプト26～31のいずれかの方法。

50

【0099】

33. 貧溶媒が、アセトン、メタノール、エタノール、イソプロパノール、プロパノール、水、またはそれらの任意の組み合わせからなる群から選択される、発明コンセプト32の方法。

【0100】

34. 溶媒対貧溶媒の容積比が、容積で約20:1~約1:1、約15:1~約1:1、約10:1~約1:1、または約10:1~約2:1である、発明コンセプト32または33の方法。

【0101】

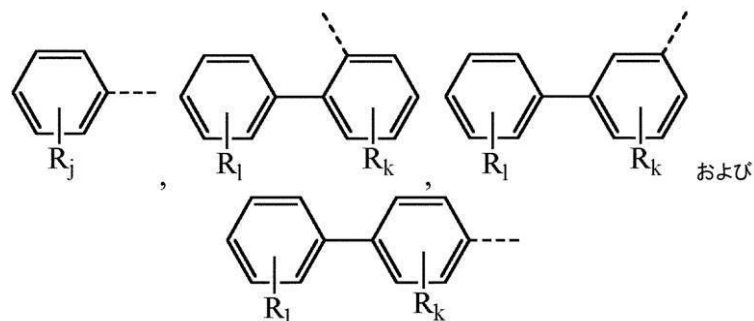
35. ポリマー溶液が、約1%wt/vol~約60%wt/vol、約1%wt/vol~約50%wt/vol、約1%wt/vol~約40%wt/vol、約1%wt/vol~約30%wt/volまたは約10%wt/vol~約40%wt/volの総ポリマー濃度である、発明コンセプト26~34のいずれかの方法。

【0102】

36. ポリフェニレン繊維をマットで集める工程をさらに含む、発明コンセプト26~35のいずれかの方法。

【0103】

37. R^1 、 R^2 、 R^3 、および R^4 の1つもしくは複数が独立して、式Ar-Tで表され、式中、Arが、以下の群の式：



(式中、

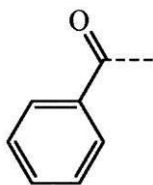
— 各 R_j 、 R_k および R_l は独立して、水素、ハロゲン、アルキル、アルケニル、アルキニル、アリール、エーテル、チオエーテル、カルボン酸、エステル、アミド、イミド、アルカリもしくはアルカリ土類金属スルホネート、アルキルスルホネート、アルカリもしくはアルカリ土類金属ホスホネート、アルキルホスホネート、アミンおよび第四級アンモニウムからなる群から選択され、互いに等しいかもしくは異なる、 j および l は独立して、0、1、2、3、4、または5であり、 j または l に等しいかもしくはそれとは異なる、 k は独立して、0、1、2、3または4である)

から選択される式で表され、

— Tが、 $-\text{CH}_2-$ ； $-\text{O}-$ ； $-\text{SO}_2-$ ； $-\text{S}-$ ； $-\text{C}(\text{O})-$ ； $-\text{C}(\text{CH}_3)_2-$ ； $-\text{C}(\text{CF}_3)_2-$ ； $-\text{C}(=\text{CCl}_2)-$ ； $-\text{C}(\text{CH}_3)(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH})-$ ； $-\text{N}=\text{N}-$ ； $-\text{R}^a\text{C}=\text{CR}^b-$ （ここで、各 R^a および R^b は、互いに独立して、水素または $\text{C}_1\sim\text{C}_{12}$ アルキル、 $\text{C}_1\sim\text{C}_{12}$ アルコキシ、または $\text{C}_6\sim\text{C}_{18}$ アリール基である）； $n=1\sim6$ の整数の $-(\text{CH}_2)_n-$ および $-(\text{CF}_2)_n-$ ；6個以下の炭素原子の、線状もしくは分岐の、脂肪族二価基；ならびにそれらの組み合わせからなる群から選択される、発明コンセプト26~36のいずれかの方法。

【0104】

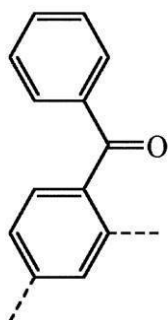
38. R^1 、 R^2 、 R^3 、および R^4 の1つもしくは複数が、式：



で表される、発明コンセプト 37 の方法。

【0105】

39. 繰り返し単位 R p m が、式



10

で表される、発明コンセプト 37 または 38 の方法。

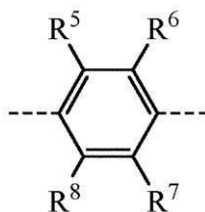
【0106】

20

40. ポリフェニレンポリマーが、少なくとも約 30 モルパーセント、少なくとも約 40 モルパーセント、少なくとも約 50 モルパーセント、少なくとも約 60 モルパーセント、少なくとも約 70 モルパーセント、少なくとも約 80 モルパーセント、少なくとも約 90 モルパーセント、少なくとも約 95 モルパーセント、または少なくとも約 99 モルパーセントの繰り返し単位 R p m を含む、発明コンセプト 37 ~ 39 のいずれかの方法。

【0107】

41. ポリフェニレンポリマーが、次式：



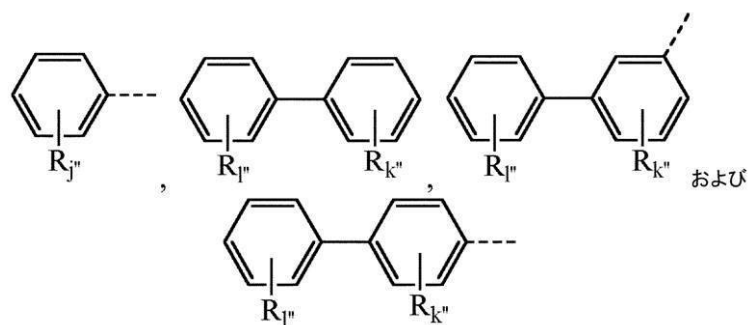
30

(式中、R⁵、R⁶、R⁷、および R⁸ はそれぞれ独立して、水素、アルキル、アリール、アルコキシ、アリールオキシ、アルキルケトン、アリールケトン、フルオロアルキル、フルオロアリール、ブロモアルキル、ブロモアリール、クロロアルキル、クロロアリール、アルキルスルホン、アリールスルホン、アルキルアミド、アリールアミド、アルキルエステル、アリールエステル、フッ素、塩素、および臭素からなる群から選択される) で表される繰り返し単位 (R p p) をさらに含む、発明コンセプト 37 ~ 40 のいずれかの方法。

40

【0108】

42. R⁵、R⁶、R⁷、および R⁸ の 1 つもしくは複数が独立して、式 Ar' - T' で表され、式中、Ar' が、以下の群の式：



(式中、

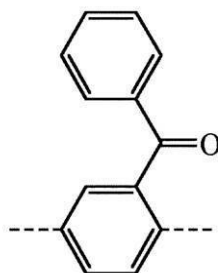
— 各 R_j'' 、 R_k'' および R_l'' は独立して、水素、ハロゲン、アルキル、アルケニル、アルキニル、アリール、エーテル、チオエーテル、カルボン酸、エステル、アミド、イミド、アルカリもしくはアルカリ土類金属スルホネート、アルキルスルホネート、アルカリもしくはアルカリ土類金属ホスホネート、アルキルホスホネート、アミンおよび第四級アンモニウムからなる群から選択され、互いに等しいかもしくは異なる、 j'' および l'' は独立して、0、1、2、3、4、または5であり、 j または l に等しいかもしくはそれとは異なる、 k'' は独立して、0、1、2、3または4である)

から選択される式で表され、

— T'' が、 $-\text{CH}_2-$ ； $-\text{O}-$ ； $-\text{SO}_2-$ ； $-\text{S}-$ ； $-\text{C}(\text{O})-$ ； $-\text{C}(\text{CH}_3)_2-$ ； $-\text{C}(\text{CF}_3)_2-$ ； $-\text{C}(\text{=CCl}_2)-$ ； $-\text{C}(\text{CH}_3)(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH})-$ ； $-\text{N}=\text{N}-$ ； $-\text{R}^a\text{C}=\text{CR}^b-$ （ここで、各 R^a および R^b は、互いに独立して、水素または $\text{C}_1\sim\text{C}_{12}$ アルキル、 $\text{C}_1\sim\text{C}_{12}$ アルコキシ、または $\text{C}_6\sim\text{C}_{18}$ アリール基である）； $n=1\sim6$ の整数の $-(\text{CH}_2)_n-$ および $-(\text{CF}_2)_n-$ ；6個以下の炭素原子の、線状もしくは分岐の、脂肪族二価基；ならびにそれらの組み合わせからなる群から選択される、発明コンセプト41の方法。

【0109】

43. 繰り返し単位 R_{pp} が、式：



で表される、発明コンセプト41または42の方法。

【0110】

44. ポリフェニレンポリマーが、少なくとも約10モルパーセント、少なくとも約20モルパーセント、少なくとも約30モルパーセント、少なくとも約40モルパーセント、少なくとも約50モルパーセント、少なくとも約60モルパーセント、少なくとも約70モルパーセントまたは少なくとも約75モルパーセントの繰り返し単位 R_{pp} を含む、発明コンセプト41～43のいずれかの方法。

【0111】

45. ポリフェニレンポリマーが、繰り返し単位 R_{pm} および R_{pp} から本質的になる、発明コンセプト41～44のいずれかのポリフェニレン繊維。

【0112】

46. ポリフェニレン繊維が、約10重量%以下、約20重量%以下、約30重量%以下、約40重量%以下、約50重量%以下、約60重量%以下、約70重量%以下、約80重量%以下、約90重量%以下、約95重量%以下、約99重量%以下または約99.9重量%以下のポリフェニレンポリマーを含む、発明コンセプト26～45のいずれかの

10

20

30

40

50

ポリフェニレン繊維。

【0113】

47. ポリフェニレン繊維が、少なくとも約95重量%、少なくとも約99重量%または少なくとも約99.9重量%のポリフェニレンポリマーを含む、発明コンセプト26～46のいずれかの方法。

【0114】

48. ポリフェニレンポリマーが第1ポリフェニレンポリマーであり、そしてポリマー溶液が、1種もしくは複数種の追加のポリフェニレンポリマーをさらに含む、発明コンセプト26～46のいずれかの方法。

【0115】

49. ポリマー溶液が、ポリ（アリールエーテルスルホン）ポリマーをさらに含む、発明コンセプト26～48のいずれかの方法。

【0116】

50. ポリ（アリールエーテルスルホン）ポリマーが、次式；
 $-Ar^1-(T'-Ar^2)_n-O-Ar^3-SO_2-[Ar^4-(T-Ar^2)_n-SO_2]_m-Ar^5-O-$

（式中、

— 互いにおよび出現ごとに等しいかもしくは異なる、 Ar^1 、 Ar^2 、 Ar^3 、 Ar^4 、および Ar^5 は独立して、芳香族単核または多核基であり；

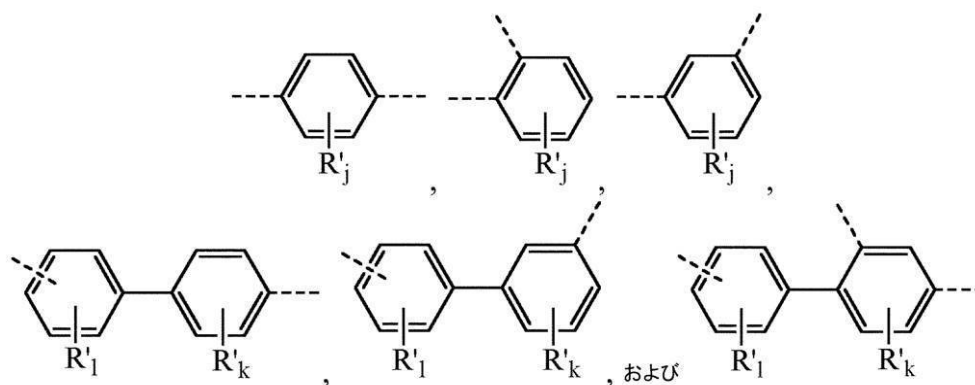
— 互いにおよび出現ごとに等しいかもしくは異なる、 T および T' は独立して、結合または1つもしくは2つ以上のヘテロ原子を任意選択的に含む二価基であり；

— 互いに等しいかもしくは異なる、 n および m は独立して、ゼロまたは1～5の整数である）

で表される繰り返し単位（Rps）を含む、発明コンセプト49の方法。

【0117】

51. Ar^1 、 Ar^2 、 Ar^3 、 Ar^4 および Ar^5 が、互いに等しいかもしくは異なり、次式：



（式中、

— 各 R'_j 、 R'_k および R'_l は独立して、水素、ハロゲン、アルキル、アルケニル、アルキニル、アリール、エーテル、チオエーテル、カルボン酸、エステル、アミド、イミド、アルカリもしくはアルカリ土類金属スルホネート、アルキルスルホネート、アルカリもしくはアルカリ土類金属ホスホネート、アルキルホスホネート、アミンおよび第四級アンモニウムからなる群から選択され、

— 互いに等しいかもしくは異なる、 k および l は独立して、0、1、2、3、または4である）

からなる群から選択される式で表される、発明コンセプト50の方法。

【0118】

52. Ar^2 が、縮合ベンゼン環（例えば、ナフチレン類および2,6-ナフチレン）、アントリレン類（例えば、2,6-アントリレン）およびフェナントリレン類（例えば

10

20

30

40

50

、2,7-フェナントリレン)、ナフタセニレン類およびピレニレン類基；その少なくとも1つがヘテロ原子である、5～24の原子を含む芳香族炭素環システム（例えば、ピリジン類、ベンズイミダゾール類、およびキノロン類）からなる群から選択される、発明コンセプト50または51の方法。ヘテロ原子は、N、O、Si、PまたはSであり得る。幾つかの実施形態では、ヘテロ原子は、N、OまたはSであり得る。

【0119】

53. Ar²が、ナフチレン類、2,6-ナフチレン、2,6-アントリレン、2,7-フェナントリレネル、ピリジン類、ベンズイミダゾール類、およびキノロン類からなる群から選択される、発明コンセプト50～52のいずれかの方法。

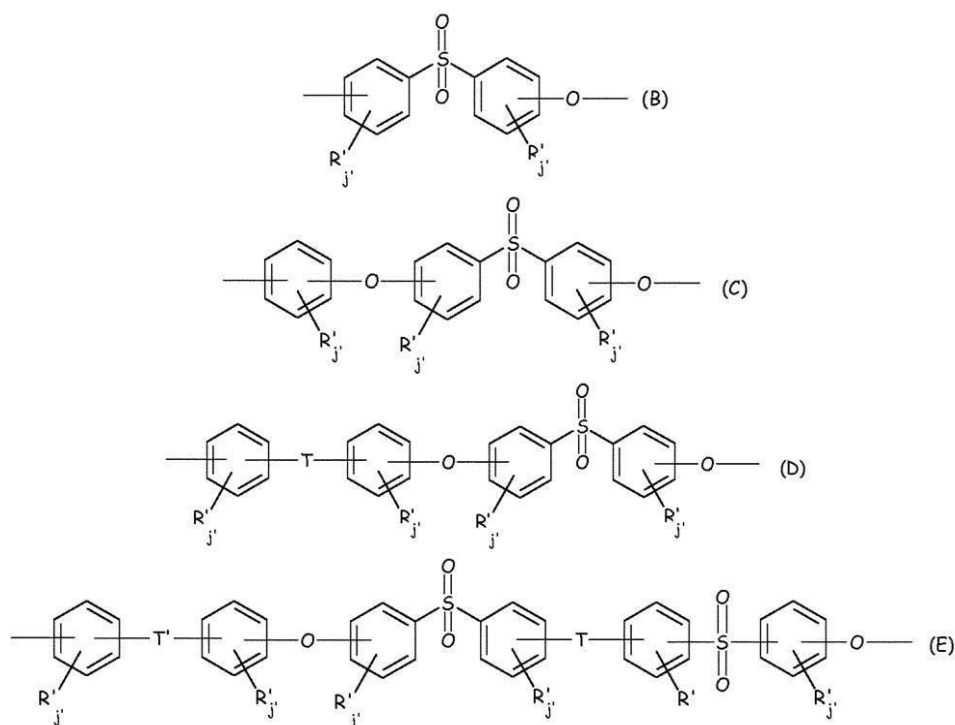
【0120】

54. 互いに等しいかもしくは異なる、TおよびT'が、結合、 $-\text{CH}_2-$ ； $-\text{O}-$ ； $-\text{SO}_2-$ ； $-\text{S}-$ ； $-\text{C}(\text{O})-$ ； $-\text{C}(\text{CH}_3)_2-$ ； $-\text{C}(\text{CF}_3)_2-$ ； $-\text{C}(\text{=CCl}_2)-$ ； $-\text{C}(\text{CH}_3)(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH})-$ ； $-\text{N}=\text{N}-$ ； $-\text{R}^a\text{C}=\text{CR}^b-$ ； $n=1\sim6$ の整数の $-(\text{CH}_2)_n-$ および $-(\text{CF}_2)_n-$ ；6個以下の炭素原子の、線状もしくは分岐の、脂肪族二価基；ならびにそれらの組み合わせからなる群から選択され、そして

各R^aおよびR^bが、互いに独立して、水素またはC₁～C₁₂アルキル、C₁～C₁₂アルコキシ、またはC₆～C₁₈-アリール基である、発明コンセプト50～53のいずれかの方法。

【0121】

55. 繰り返し単位R_{ps}が、以下の群の式：



[式中、

— 互いに等しいかもしくは異なるR'のそれぞれは、ハロゲン、アルキル、アルケニル、アルキニル、アリール、エーテル、チオエーテル、カルボン酸、エステル、アミド、イミド、アルカリもしくはアルカリ土類金属スルホネート、アルキルスルホネート、アルカリもしくはアルカリ土類金属ホスホネート、アルキルホスホネート、アミンおよび第四級アンモニウムからなる群から選択され；

— j'は、ゼロであるか、または0～4の整数であり；

— 互いに等しいかもしくは異なるTおよびT'は、結合、 $-\text{CH}_2-$ ； $-\text{O}-$ ； $-\text{SO}_2-$

10

20

30

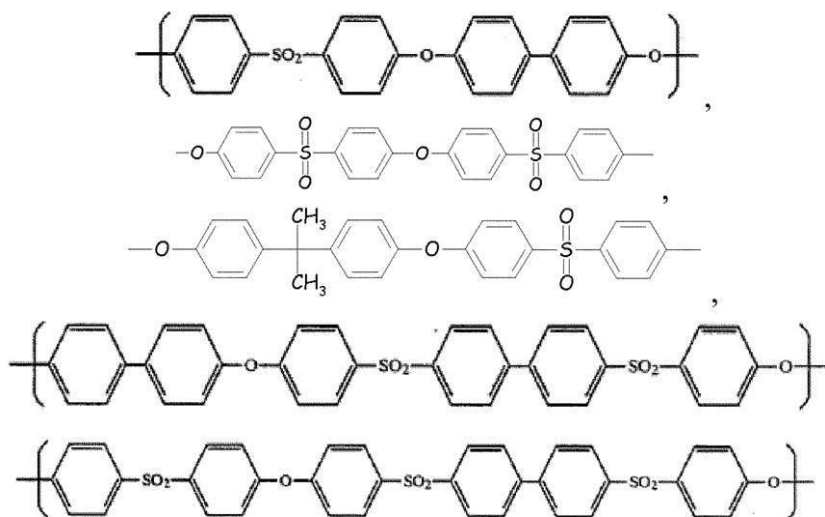
40

50

$_2-$; $-S-$; $-C(O)-$; $-C(CH_3)_2-$; $-C(CF_3)_2-$; $-C(=CCl_2)-$; $-C(CH_3)(CH_2CH_2COOH)-$; $-N=N-$; $-R^aC=CR^b-$ (ここで、各 R^a および R^b は、互いに独立して、水素または $C_1 \sim C_{12}$ アルキル、 $C_1 \sim C_{12}$ アルコキシ、または $C_6 \sim C_{18}$ アリール基である) ; n が 1 ~ 6 の整数である $-(CH_2)_n-$ および $-(CF_2)_n-$ 、6 個以下の炭素原子の、線状もしくは分岐の、脂肪族二価基 ; ならびにそれらの組み合わせからなる群から選択される] から選択される式で表される、発明コンセプト 50 ~ 54 のいずれかの方法。

【0122】

56. 繰り返し単位 R_{ps} が、以下の群の式 :



およびそれらの混合物から選択される式で表される、発明コンセプト 50 ~ 55 のいずれかの方法。

【0123】

57. ポリ(アリールエーテルスルホン)ポリマーが、ポリスルホンポリマー、ポリ(エーテルスルホン)ポリマー、またはポリ(フェニルスルホン)である、発明コンセプト 50 ~ 56 のいずれかの方法。

【0124】

58. ポリフェニレン繊維が、約 95 重量%以下、約 90 重量%以下、約 80 重量%以下、約 70 重量%以下、約 60 重量%以下、約 50 重量%以下、約 40 重量%以下、約 30 重量%以下、約 20 重量%以下、約 10 重量%以下、約 5 重量%以下または約 1 重量%以下のポリ(アリールエーテルスルホン)ポリマーを含む、発明コンセプト 50 ~ 57 のいずれかの方法。

【0125】

59. ポリマー溶液中のポリフェニレンポリマー対ポリ(アリールエーテルスルホン)ポリマーのその重量比が、約 10 : 1 ~ 約 1 : 10、9 : 1 ~ 約 1 : 10、約 8 : 1 ~ 約 1 : 10、約 7 : 1 ~ 約 1 : 10、約 6 : 1 ~ 約 1 : 10、約 5 : 1 ~ 約 1 : 10、約 4 : 1 ~ 約 1 : 10、約 3 : 1 ~ 約 1 : 10、約 2 : 1 ~ 約 1 : 10、約 2 : 1 ~ 約 1 : 5、約 2 : 1 ~ 約 1 : 2 または約 1.5 : 1 ~ 約 1 : 1.5 である、発明コンセプト 50 ~ 59 のいずれかの方法。

【0126】

60. ポリフェニレンポリマーが、約 10 モルパーセント以下、約 20 モルパーセント以下、約 30 モルパーセント以下、約 40 モルパーセント以下、約 50 モルパーセント以下、約 60 モルパーセント以下、約 70 モルパーセント以下または約 75 モルパーセント以下の繰り返し単位 R_{pp} を含む、発明コンセプト 41 ~ 59 のいずれかの方法。

【0127】

62. ポリフェニレン繊維が、約 500 nm ~ 約 10 ミクロン (「 μm 」)、約 200

10

20

30

40

50

nm～約7 μm、約200 nm～約4 μm、約200 nm～約3 μm、約200 nm～約3 μmまたは約200 nm～約2.5 μm、または約100 nm～約1 μmの平均径を有する、発明コンセプト1～25のいずれかのポリフェニレン繊維。

【0128】

63. ポリフェニレン繊維が、約0.5ギガパスカル(「GPa」)～約40 GPa、約0.5 GPa～約30 GPa、約0.5 GPa～約35 GPa、約0.5 GPa～約30 GPa、約0.5 GPa～約25 GPa、約0.5 GPa～約25 GPa、または約1 GPa～約20 GPaの増減弾性率を有する、発明コンセプト1～25および62のいずれかのポリフェニレン繊維。幾つかの実施形態では、ポリフェニレン繊維は、少なくとも0.5 GPa、少なくとも約1 GPa、少なくとも約2 GPa、少なくとも約5 GPa、少なくとも約7 GPa、少なくとも約10 GPa、少なくとも約15 GPa、少なくとも約20 GPa、または少なくとも約30 GPaの増減弾性率を有することができる。

10

【0129】

64. ポリフェニレン繊維が、約500 nm～約10ミクロン(「μm」)、約200 nm～約7 μm、約200 nm～約4 μm、約200 nm～約3 μm、約200 nm～約3 μmまたは約200 nm～約2.5 μm、または約100 nm～約1 μmの平均径を有する、発明コンセプト26～60のいずれかの方法。

【0130】

65. ポリフェニレン繊維が、約0.5ギガパスカル(「GPa」)～約40 GPa、約0.5 GPa～約30 GPa、約0.5 GPa～約35 GPa、約0.5 GPa～約30 GPa、約0.5 GPa～約25 GPa、約0.5 GPa～約25 GPa、または約1 GPa～約20 GPaの増減弾性率を有する、発明コンセプト26～60および64のいずれかの方法。幾つかの実施形態では、ポリフェニレン繊維は、少なくとも0.5 GPa、少なくとも約1 GPa、少なくとも約2 GPa、少なくとも約5 GPa、少なくとも約7 GPa、少なくとも約10 GPa、少なくとも約15 GPa、少なくとも約20 GPa、または少なくとも約30 GPaの増減弾性率を有することができる。

20

【0131】

66. ポリフェニレン繊維が、発明コンセプト1～25、62および63のいずれかのポリフェニレン繊維である、発明コンセプト26～60、64および65のいずれかの方法。

30

【0132】

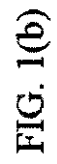
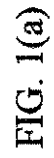
上の実施形態は、例示的であり、そして限定的ではないことを意図する。追加の実施形態は、本発明のコンセプト内である。さらに、本発明は特定の実施形態に関連して記載されているが、当業者は、変更が、本発明の精神および範囲から逸脱することなく形式上および詳細に行われ得ることを認めるであろう。上の公文書の参照によるいかなる援用も、本明細書での明確な開示に反している主題は全く援用されないように限定される。

【0133】

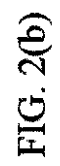
参照により本明細書に援用される特許、特許出願、および刊行物のいずれかの開示が用語を不明瞭にさせ得る程度まで本出願の記載と矛盾する場合、本記載が優先するものとする。

40

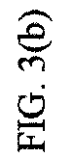
【図 1 (b)】



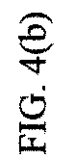
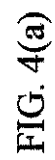
【図 2 (b)】



【図 3 (b)】



【図 4 (b)】



フロントページの続き

- (72)発明者 エルーヒブリ, モハマド ジャマール
アメリカ合衆国 ジョージア 30350, アトランタ, トローブリッジ ウォーク 320
- (72)発明者 ケンカレ, ニルパマ
アメリカ合衆国 ジョージア 30022, アルファレッタ, シナバー ドライブ 4985
- (72)発明者 スミス, ディーディー
アメリカ合衆国 ジョージア 30019, ダキュラ, フランクリン サークル 1330

審査官 斎藤 克也

- (56)参考文献 特表2008-531837 (JP, A)
特許第3245166 (JP, B2)
国際公開第2008/116837 (WO, A2)
米国特許第8777599 (US, B2)
米国特許第5886130 (US, A)
米国特許出願公開第2014/0178665 (US, A1)
特公昭49-000089 (JP, B1)
英国特許出願公開第01137492 (GB, A)
特開2008-144184 (JP, A)
特表2010-522067 (JP, A)
特表2016-508189 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C08G	61/10		
C08L	65/02		
D01D	1/00	—	13/02
D01F	1/00	—	6/96
D01F	9/00	—	9/04