ROYAUME DU MAROC

OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE
---

(19)

المملكة المغربية

المكتب المغربي للملكية الصناعية و التجارية
---

(12) FASCICULE DE BREVET

(11) N° de publication :
MA 32766 B1

(51) Cl. internationale :
B01D 71/80

(43) Date de publication :
01.11.2011

(21) N° Dépôt :
33807

(22) Date de Dépôt :
02.05.2011

(30) Données de Priorité :
07.10.2008 US 61/103,281

(86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT :
PCT/DK2009/000216 06.10.2009

(71) Demandeur(s) :
AQUAZ A/S, NORDBORGVEJ 81, E14 DK-6430 NORDBORG (DK)

(72) Inventeur(s) :
MONTEMAGNO, Carlo, D.

(74) Mandataire :
ABU-GHAZALEH INTELLECTUAL PROPERTY (TMP AGENTS)

(54) Titre : **MEMBRANE BIOMIMETIQUE FORMEE A PARTIR D'UN CONJUGUE VESICULE-FIL**

(57) Abrégé : La présente invention concerne un procédé de production de dispositifs faits à la main qui ont les propriétés et les fonctions de membranes biologiques et de protéines membranaires, et la structure de tels dispositifs. En bref, selon un aspect de l'invention, des protéines naturelles ou génétiquement modifiées sont incorporées à l'intérieur d'une vésicule polymère qui est conjuguée à un fil afin de former un conjugué vésicule-fil. La protéine modifiée est de préférence une protéine transmembranaire incorporée dans la paroi de la vésicule polymère. Le conjugué vésicule-fil est ensuite formé à l'intérieur d'une membrane ou d'un tissu fin ayant une grande variété de fonctionnalités inhérentes, y compris la capacité de transporter sélectivement et/ou de filtrer des composés entre des fluides. En choisissant des protéines avec des propriétés spécifiques, les membranes peuvent être fabriquées avec une fonctionnalité définie comprenant la capacité d'adressage à l'échelle moléculaire par le biais de forces électrostatiques, électromagnétiques et chimiques dirigées.

(غشاء محاكاة حيوية مكون من مترافق حويصلي خيطي)

الملخـــــص

يتعلق الاختراع الحالي بطريقة للحصول على أجهزة مصنَّعة لها خصائص ووظائف الأغشية وبروتينات الأغشية الحيوية، وبنى هذه الأجهزة. بإيجاز، في أحد جوانب الاختراع، يتم تضمين البروتينات الطبيعية أو المعالجة بالهندسة الوراثية في حويصلة بوليمرية مترافقة مع خيط لتكوين مترافق حويصلي خيطي. ويفضل أن يكون البروتين المعالج بالهندسة الوراثية عبارة عن بروتين عبر الأغشية مدمج في جدار الحويصلة البوليمرية. بعد ذلك يتم تشكيل المترافق الحويصلي الخيطي في صورة غشاء أو نسيج رقيق يتسم بعدد كبير من الوظائف الضمنية، بما في ذلك القدرة على نقل و/ أو ترشيح المركبات إنتقائياً بين الموائع. وبإنتقاء بروتينات ذات خصائص معينة، يمكن تصنيع أغشية ذات وظيفة محددة بما في ذلك إمكانية التعامل على المستوى الجزيئي من خلال قوى كهروستاتية وكهرومغناطيسية وكيميائية موجهة.

(غشاء محاكاة حيوية مكون من مترافق حويصلى خيطى)

الوصف الكامل

01 NOV 2011

المجال التقني:

32766

يتعلق الإختراع الحالى بطريقة للحصول على أجهزة مصنعة يكون لها خصائص ووظائف الأغشية وبروتينات الأغشية الحيوية ، ويتعلق بالبناء لمثل هذه الأجهزة .

الخلفية التقنية:

إن لبروتينات الأغشية الحيوية مجموعة كبيرة ومتنوعة من الوظائف تتضمن العمل كمضخات ، وقنوات ، وصمامات ، ومحولات طاقة ، و أجهزة إحساس كهربية وحرارية و ميكانيكية ، ضمن أشياء أخرى كثيرة . وحيث أن تلك البروتينات متناهية الصغر فى الحجم وفعالة جداً فهى جذابة بشكل كبير للإستخدام فى الأجهزة الصناعية . إلا أن بيئة الأغشية الشحمية الطبيعية الخاصة بهم تعانى من نقاط ضعف مثل إنخفاض المفاومة ، والحاجة لبيئة مائية ، والقابلية للتحلل البكتيرى أو الكيميائى .

الكشف عن الاختراع:

بإيجاز ، فى أحد جوانب الإختراع ، يتم تتضمن البروتينات الطبيعية أو المعالجة بالهندسة الوراثية فى حويصلة بوليمرية مترافقة مع خيط لتكوين مترافق حويصلة خيطى . ويفضل أن يكون البروتين المعالج بالهندسة الوراثية عبارة عن بروتين عبر الأغشية مدمج فى جدار الحويصلة البوليمرية . بعد ذلك يتم تشكيل المترافق الحويصلى الخيطى فى صورة غشاء أو نسيج رقيق يتسم بعدد كبير من الوظئف الضمنية ، بما فى ذلك القدرة على النقل و / أو ترشيح المركبات

إنتقائياً بين الموائع . وبإنتقاء بروتينات ذات خصائص معينة ، يمكن أن يتم تصنيع أغشية ذات وظيفة محددة بما فى ذلك إمكانية التعامل على المستوى الجزئى من خلال قوى كهروستاتية وكهرومغنطيسية وكيميائية موجهة .

يمكن أن يتم تصميم المترافقات الحويصلية الخيطية للإختراع وتصنيعها بحيث يكون لديهم الخصائص التالية كما هو مرغوب : القدرة على تشكيل أغشية بسمك مرغوب ؛ القدرة على تشكيل أغشية بتركيب كيمائي مرغوب ؛ القدرة على تشكيل أغشية بمقاومة عالية ؛ و القدرة علي زيادة مقاومة الأغشية المشكلة بالفعل كما هو مرغوب . تعد إحدى أهم خصائص المترافقات الحويصلية الخيطية هى قدرتهم على إحتواء البروتينات الحيوية الطبيعية وفى حالة وظيفية وأن هذه المترافقات متينة وطويلة الأمد ، بإدخال بروتينات الأغشية الحيوية إلى الحويصلات يكون للأجهزة خصائص ووظائف البروتينات التى تم تصنيعها . لابد أن تكون الحويصلات المناسبة مشابهة بما فيه الكفاية للأغشية الشحمية الطبيعية لكى يسمح بدخول سهل للبروتينات عندما يتم توجيههم بشكل مناسب ولا يتفقوا مع وظيفة البروتين الطبيعية . من المفضل أن يتم تشكيل الحويصلات التى تنفذ هذه الشروط من بوليمرات شحمية أو كوبوليمرات ثلاثية الكتلة لها خصائص عامة لكتل خارجية تألف الماء وكتل داخلية لا تألف الماء .

يتعلق أحد جوانب الإختراع بصنع مترافق حويصلى خيطى حيث تتضمن حيث تتضمن الحويصلية بروتينين مختلفين عندما يعملان سوياً يؤديان إلى جهاز يوجد الكهرباء من الضوء (الخلية الشمسية الحيوية)" Biosolar cell " . يستخدم الجانب الآخر من الإختراع بروتينات نقل ماء للتمكين من تنقية الماء من مصادر الماء المطلقة . ينم إعطاء هذه الأوصاف فيما يلى . حيث أن الإبداعات التقنية المؤدية إلى تصغير جهاز تجعل الإلكترونيات أصغر و أخف و أكثر فعالية ، فإن التقدم فى مصادر القدرة لهذه الأجهزة لم يتطور بسرعة . تواجه مصادر القدرة فى

القرن الحادى والعشرين تحدى إمداد الطاقة لعدد متزايد من الأجهزة مع نقص فى الحجم والوزن . بالإضافة إلى منتجات المستقبل لتقنية صغيرة جداً وتقنية حيوية سوف تتطلب إمدادات قدرة لا تشبه حتى ما يتم إستخدامهم اليوم فى الشكل أو الوظيفة .

هناك حاجة ملحة لمصادر قدرة كهربية أخف ومضغوطة أكثر لعدد كبير من التطبيقات الطارئة. سوف تحقق مصادر قدرة مثل هذه مدى أكبر من أهداف المهمة التى يمكن تحقيقها بتقنية البطارية الحديثة ، ولتحقيق الحد الأقصى لكثافة القدرة يتم تخفيض الوزن الذى يتم الإحتياج إليه إلى الحد الأدنى بحيث يتم حملة لمطلب قدرة معطى . إن متطلبات الوزن حاسمة ، حيث أنه فى حالة مصادر الوقود التقليدية لابد أن يكون مصدر الوقود قريب من الجهاز ويتم نقله معه ، إذا كان متنقلاً . من المحتمل أيضاً إستنفاد الوقود وبالتالى يعد الإمداد به مجدداً أمراً ضرورياً . هذا يمكن أن يضع حداً على مدى وقابلية التنقل للمستخدم .

لقد قام العلم المعاصر بتوضيح جهد الإثارة الذى تم التعهد به فى تطوير التقنية الحيوية المتناهية الصغر . إن صناعة الأجهزة التى تستخدم مكونات ليس فيها ذرة يضيع وعود الكفاية ويخفض المستوى الأعلى . بالرغم من وعود التطورات التقنية الحديثة التى تتعلق بمصادر القدرة ، فهى تنتج عن التحسينات المتزايدية فى إيجاد التقنيات . إن مصادر القدرة المناسبة بشكل مثالى للجيل القادم من الأجهزة سوف تستخدم تقنية حيوية متناهية صغر لوظائفهم وسوف تكون أيضاً قادرة على تشغيل الجيل الحالىمن الأجهزة عند مستوى عالى من الأداء .

فى الآونة الأخيرة فقط ، أصبحت التقنية والمعرفة الضرورية لتطوير التقنية الحيوية المتناهية الصغر الأولى متوفرة ، ولقد تم تقديم تقريراً عن الأجهزة الهجينة العضوية / الغير عضوية ذات المقياس المتناهى الصغر فى الهندسة والبناء والتى يتم تشغيلها بواسطة وقود ATP الكيمائى

الحيوى (Soong, R. K., Bachand, G. D., Neves, H. P., Olkhovets, A. G., Craighead, H. G., and Montemagno, C. D. (2000), Science 290, p. 1555 1558). لقد حفز توليد ATP _ للإستخدام فى هذه الأجهزة بالإضافة إلى إستخدام هذه الأجهزة لتشغيل آلات أخرى _ الاهتمام بنقل القدرة بين المستويات الكبيرة والمتناهية الصغر بالإضافة إلى التحويل لأنواع مختلفة من القدرة .

فى جانب آخر للإختراع ، يمكن أن يتم إستخدام بروتينات أخرى بوظيفة مختلفة لنقل الإلكترونات / البروتينات للتمكين من تحويل الطاقة الكيمائية والكهربية ، كما تعمل كأجهزة إحساس وصمامات آلية .

فى شكل مفضل للإختراع ، يتم إستخدام الغشاء لتوفير مادة ونسيج يزود بقدرة شمسية حيوية والذى يتكون من مترافقات حويصلية خيطية تتضمن أغشية بوليمرية مترافقة حيوية مدمجة ببروتينين تحويل طاقة ، و رودوبسين بكتيرى ، و أوكسيد السيتوكروم التى سوف تحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربية وتصرف هذه الطاقة إلى حمل خارجى . تنتج وفورات وزن كبيرة من إستخدام الأغشية البوليمرية الرقيقة (أقل من 1 جرة) بالإضافة إلى قلة إحتياج نقل الوقود مع مصدر القدرة . هكذا يمكن أن يتم تطوير نظام يمكن أن يتم دمجه فى قماش و أسطح معظم المواد ، مما يوفر مصدر للطاقة عديم الوزن بشكل فعال (أقل من 1 كيلوجرام / متر2) بكفاية تعادل أو أكثر من ما يمكن تحقيقة بالخلايا الشمسية . هكذا تشكل مادة القدرة الشمسية الحيوية مصدر قدرة عضوى / غير عضوى هجين يحصل على طاقة من الضوء .

تتعلق عملية الإختراع الحالى بصناعة نسيج رقيق يتكون من مترافقات حويصلية خيطية تتشكل فى أغشية بوليمرية وطبقات رقيقة . فى نموذج واحد ، تكون الحويصلية عبارة عن غشاء بوليمرى مترافق حيوى مدمج مع ببروتينين تحول الطاقة ، و الرودوبسيين البكتيرى و أكسيديز

السيتوكروم التى سوف تحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربية وتصرف هذه الطاقة إلى حمل خارجى . يتم فصل هذه البروتينات وتحسينها بإنتقاء طبيعى عبر ملايين السنين لتحول الطاقة الضوئية والكهربية إلى طاقة كهروكيميائية . ثم يتم دمجها فى جهاز بحيث توفر كميات مفيدة من القدرة بشكل غير محدد وهى خفيفة ومضغوطة ومتينة بشكل كافى للتطبيقات التى تتطلب قابلية تنقل عالية فى كلتا البيئتين الصديقة والعدائية .

إن الرودوبسين البكتيرى عبارة عن بروتين بكتيرى ينقل البروتينات عبر غشاء خلية أعلى إمتصاص الضوء . و أكسيديز السيتوكروم عبارة عن بروتين غشاء ينقل البروتونات بإستخدام إلكترونات عالية الطاقة . يتم إستخدام هذه البروتينات بالتتابع لتحويل الطاقة الضوئية إلى تدرج بروتون كهروكيميائي الذى يتم تحويلة لاحقاً إلى قوة كهروحركية تستخدم لعمل خارجى . لأن الجهاز عبارة عن نسخة حيوية لخلية شمسية تقليدية ، فليس هناك وقود ليتم نقله سوياً مع إمداد القدرة ، مما يزيد كثافة الطاقة بشكل ملحوظ . بالإضافة إلى أن الطاقة القصوى القابلة للإستخلاص نظرياً من مثل هذا الجهاز تكون لانهائية ، حيث أنها تعمل طالما أن الشمس أو الجهاز يعمل . تكون كثافة كتلة المساحة التقديرية للجهاز النهائى حوالى 100حرام / متر2 ، مما يوفر مصدر للطاقة عديم الوزن بشكل فعال بكفاية تعادل أو أكثر من ما يمكن تحقيقه بالخلايا الشمسية . سوف يؤدى التركيب المادى و أبعاد هذه الخلية الشمسية الحيوية في النهاية إلى كثافات قدرة كبيرة (> 250واط / كيلوجرام) وكثافات طاقة كبيرة (800 وات / كيلوجرام كل 3 ساعات ، 9500 وات / كيلوجرام كل 3 أيام ، 3200 وات / كيلوجرام كل 10 أيام) ، تكون كافية لتشغيل كمية هامة من المعدات بينما تشغل وزن وحجم منعدمين بشكل فعال . بالإضافة إلى أنه يوجد هناك إشارات إلكترونية وحرارية وصوتية يمكن إهمالها تنتج عن عمليتها .

هناك فروق مهمة بين مصدر القدرة الحالى و الخلايا الشمسية التقليدية ، حيث أنه يتم بناء المصدر الحالى من بروتينات منتجة للكتلة و بوليمرات مشتركة وبالتالى سوف يكون خفيف الوزن ومرن ومتين ويمكن تصنيعة بكميات كبيرة وبتكلفة منخفضة . إن مقياس الطول المتعلق بهذا الجهاز عبارة عن سمك التغليف (< 1 جرة) . ويكون للأغشية التى توجد فيها هذه الإنزيمات سمك 5 نانومتر . يمكن أن يتم دمج الألواح الرقائقية للخلايا الشمسية الحيوية إلى القماش و الأسطح أخرى التى تؤدى إلى تكلفة وزن ، حيث لابد أن يتم ارتدائها على أية حال . سوف يؤدى التصميم المعيارى الملائم لخلايا توليد القدرة فى النسبج إلى قدرة نسيج القدرة على تحمل ضرر كبير ويظل محتفظ بالوظيفة . سوف تمكن القدرة على تبادل الطاقة الكهربية و الكيمائية الحيوية من بناء الأجهزة الحيوية التى يتم تشغيلها كهربياً بالإضافة إلى تحويل الوقود الكيمائى الحيوى إلى كهرباء . إن القدرة على تحويل الطاقة بين أشكال ضوئية و كيميائية حيوية وكهربية سوف يتيح تصميم و إنتاج أجهزة حيوية متناهية الصغر غير مقيدة بنوع طاقة الدخل .

الوصف المختصر للأشكال :

سوف يتم فهم ما سبق وميزات و أهداف إضافية وفوائد الإختراع الحالى وبشكل أفضل من الوصف المفضل التالى لنماذج مفضلة منه ، والأخذ بالرسومات الرفقة ، التى فيها :

شكل 1 : عبارة عن تمثيل تخطيطى للمترافق الحويصلى الخيطى وفقاً للإختراع الحالى ؛

شكل 2 : يوضح العملية المتطلبة للحصول على مترافق حويصلى خيطى وفقاً للإختراع الحالى؛

شكل 3 : يوضح نموذج واحد للإختراع الحالى حيث يتم توظيف سطح الحويصلة للحصول على حويصلة PEtOz-PDMS-PEtOz تنتهى بأمين ؛

شكل 4 : يوضح نموذج بديل للإختراع يبين حويصلة PEtOz-PDMS-PEtOz تنتهى بمث أكريلات وحويصلة PEtOz-PDMS-PetOz تتنتهى بـــ -NHS ؛

شكل 5 : يوضح إستخدام السليولوز كالمكون الخيطى وفقاً للإختراع الحالى ؛

شكل 6 : يوضح إستخدام الكربوكسيميثيل سليولوز (CMC) كالمكون الخيطى وفقاً للإختراع الحالى ؛

شكل 7 : يوضح الترافق لحويصلة مفضلة مع خيط مفضل وفقاً للإختراع الحالى ؛ و

شكل 8 : يوضح إستخدام الأمينوإثييل سليولوز (AE- cellulose) كالمكون الخيطى وفقاً للإختراع الحالى .

الوصف التفصيلى للإختراع :

يتم إدراج محتويات البراءة الأمريكية 7208089 (US 7208089) بعنوان "Biomimetic membranes" فى هذه البراءة بالإشارة بشكل معبر . يتم إدراج طلب البراءة الدولى PCT / US 08/74163 (PCT/US 08 /74163) بعنوان "Biomimetic Polymer Membrane that Prevents Ion Leakage" فى هذه البراءة بالإشارة بشكل معبر . يتم إدراج البراءة الدولى PCT/ US 08/ 74165 (PCT/US 08 /74165) بعنوان "Making Functional Protein-Incorporated Polymersomes" فى هذه البراءة بالإشارة بشكل معبر . يتم إدراج الطلب المؤقت الأمريكى 61/055207 (61/055207) بعنوان "Protein Self-Producing Artificial Cell" فى هذه البراءة بالإشارة بشكل معبر.

يتم توجيه الإختراع الحالى إلى مترافق حويصلى خيطى (1) كما هو موضح فى شكل 1 والذى يمكن أن يتم تشكيله إلى غشاء محاكاة حيوية أو طبقة رقيقة (8) . فى نموذج مفضل ، يتم تشكيل النسيج الرقيق عن طريق نسج المترافقات الحويصلية الخيطية إلى نسيج . فى نموذج بديل ، يتم تشكيل الطبقة رقيقة (8) عن طريق ترسيب المترافقات الحويصلية الخيطية إلى ترتيبات "paper- making" بحيث تلتصق المترافقات بواحدة أخرى . يوضح شكل 1 حويصلة أو أجسام بوليمرية (2) مع بروتينات لأى نوع مدمج فى غشاء الحويصلة . يمكن أن تشتمل الحويصلة (1) على ABA كوبوليمر ثلاثى الكتلة (3) مع مجموعات وظيفية متشابكة (4) تربطهم بخيط . كما يتم أيضاً توضيح طبقة رقيقة أو غشاء (8) يتم تشكيله عن طريق جمع من هذه المترافقات الحويصلية الخيطية (1) . يتم تشكيل المترافق عن طريق توفير سطح حويصلة موظف و سطح خيط موظف كما هو موضح فى شكل 2 .

تكون الحويصلة بشكل مفضل عبارة عن بوليمر شحمى أو كوبوليمر ثلاثى الكتلة كما تم وصفه فى البراءة الأمريكية 7208089 (US 7208089) . يوضح شكل 3 نموذج واحد للإختراع الحالى حيث يتم توظيف سطح الحويصلة لإنتاج حويصلة PEtOz-PDMS-PEtOz تنتهى بأمين ، see Joon-Sik Park, et al. Macromolecules 2004, 37, 30 6786-6792 ، يتم إدراج محتوايتها فى هذه البراءة بالإشارة بشكل معبر.

يمكن أن يتم توظيف سطح الحويصلة بإستخدام تقنيات أخرى معروفة . يوضح شكل 4 حويصلة PEtOz-PDMS-PEtOz تنتهى بمث أكريلات وحويصلة PEtOz-PDMS-PEtOz تنتهى بـ NHS .يمكن أن تختلف الوظيفة المنتقاة تبعاً لنوع الخيط المستخدم فى المترافق الحويصلي الخيطي . علاوة على ذلك ، يمكن أن يعتمد نوع البوليمر والتوظيف على نوع البروتين المدمج إلى الحويصلة . يمكن أن يتم إنتقاء الخيط من مجموعة متنوعة من المواد المتاحة بما فى ذلك – لكن ليس على سبيل الحصر – مواد سليولوزية ، الكربوكسيميثيل سليولوز (CMC) ،

الأمينوإيثيل سليولوز (AE – cellulose) ،ومادة مبنية على النايلون . إن المادة السليولوزية المفضلة تألف الماء وغير قابلة للذوبان فى الماء ومعظم المذيبات العضوية .كما هو موضح فى شكل 5 ، ترتبط مجموعات الهيدروكسيل المتعددة على المادة السليولوزية من الهيدروجين مع جزيئات الأكسجين فى سلسلة أخرى ، التى تمسك السلاسل معاً بحزم جنباً إلى جنب وتشكل خيوط دقيقة مجهرية بمقاومة شد عالية . سوف يصبح السليولوز البلورى غير متبلور فى الماء تحت ضغط 25 ميجا بسكال . يمكن أن يتم تفاعل مجموعات الهيدروكسيل للسليولوز جزئياً أوكلياً مع مفاعلات متعددة لتوفير مشتقات بخصائص مفيدة . إن استرات السليولوز و أثيرات السليولوز هى أهم المواد التجارية ، على سبيل المثال ، استيات السليولوز، الإيثيل سليولوز ، ميثيل سليولوز ، الهيدروكسى بروبيل سليولوز ، الكربوكسى ميثيل سليولوز ، الهيدروكسى بروبيل ميثيل سليولوز ، الهيدروكسيثيل ميثيل سليولوز ، (على سبيل المثال لا الحصر) . كما هو موضح فى شكل 6 ، قد تكون مادة خيطية أخرى هى الكربوكسى ميثيل سليولوز المتاحة تجارياً (CMC) . إن الكربوكسى ميثيل سليولوز عبارة عن سليولوز مشتق من مجموعات الكربوكسي ميثيل ($-CH_2-COOH$) تأتى من مجموعات الهيدروكسيل . إن مجموعات الهيدروكسيل القضبية (حمض عضوى) تجعل السليولوز قابل للذوبان والتفاعل كيمائياً. يحتفظ الكربوكسى ميثيل سليولوز جزئياً عند درجة منخفضة للإحلال(DS = 0.2) بطابعه الليفى فى حين أإن العديد من خصائصه تختلف عن تلك الموجودة فى الليف الأصلى . إن متوسط طول السلسلة ودرجة الإحلال لهما أهمية كبيرة ؛ إن مواد CMCs الأكثر تنافراً مع الماء والمستبدلة بدرجة منخفضة هى عبارة عن مواد قابلة للإسالة عند تعرضها للرج او الإهتزاز ، بينما مواد CMCs الأكثر تمدداً والمستبدلة بدرجة عالية تكون عبارة عن مواد بلاستيكية غير حقيقية . عند رقم هيدروجينى منخفض ، يمكن أن يشكل CMC ترابط مقطعى بين حمض الكربوكسيليك و مجموعات الهيدروكسيثيل المطلقة ، يوضح شكل 8 خيط مشكل من

أمينوإيثيل سليولوز (AE – cellulose) .يمكن أن يتم عمل الأمينوإيثيل سليولوز عن طريق تفاعل سليولوز مع حمض2 – أمينوإيثيل – حمض الكبرتيك فى وجود هيدروكسيد الصوديم . إن الأمينوإيثيل سليولوز متاح تجارياً من Whatman وقد سبق وتم إستخدامه لأعمدة الفصل الكروماتوغرافى و المرشحات .

يوضح شكل 7 المترافق لحويصلة مفضلة مع خيط مفضل . فى هذا النموذج ، يتم تفاعل خيط الكربوكسي ميثيل سليولوز (CMC) مع حويصلة يتم توظيفها أمينياً فى وجود داى سيكلوهكسيل كربوداى إيميد (DCCI) .بالتبادل ، سوف يتفاعل الأمينوإيثيل سليولوز مع هاليدات مثل تراى كلوروميثيل بيورين وبترين سلفونيل كلوريد . سوف يتفاعل أيضاً مع البروتينات و الأحماض العضوية فى وجود كربوداى إيميدز وداى سيكلوهكسبل كربوداى إيميد.

فى شكل مفضل للإختراع ، يتم نسج المترافق الحويصلى الخيطى إلى نسيج للحصول على غشاء محاكاة حيوية يستخدم لتوفير مادة تتولد عن القدرة الشمسية الحيوية و نسيج يشتمل على نسيج رقيق يتضمن غشاء بوليمرى متوافق حيوي مدمج مع بروتنبن تحويل طاقة ، والرودوبسين البكتيرى ، و أكسيديز السيتوكروم التى سوف تحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربية وتصرف هذه الطاقة إلى حمل خارجى . تنتج وفرات وزن كبيرة من إستخدام الأغشية البوليمرية الرقيقة (أقل من 1 جرة) بالإضافة إلى قلة إحتياج نقل الوقود مع مصدر القدرة . هكذا يمكن أن يتم تطوير نظام يمكن أن يتم دمجه فى قماش و أسطح معظم المواد ، مما يوفر مصدر للطاقة عديم الوزن بشكل فعال (أقل من 1 كيلوجرام / متر2) بكفاية تعادل أو أكثر من ما يمكن تحقيقة بالخلايا الشمسية . هكذا تشكل المادة التى تتولد عن القدرة الشمسية الحيوية مصدر قدرة عضوى / غير عضوى هجين يحصل على طاقتة من الضوء .

فى شكل واحد مفضل للإختراع ، يتم دمج الرودوبسين البكتيرى و أكسيديز الستيوكروم إلى حويصلة مترافقة أيضاً مع خيط ، يتم نسج المترافق الحويصلى الخيطى إلى نسيج الذى يكون متصلاً مع إلكترودات ذات نسيج مجهرى . يمكن أن يتم فهم الجهاز المقترح بشكل أفضل بعد فهم الرودوبسين البكتيرى و أكسيديز الستيوكروم ودمجهما إلى شحم و أغشية بوليمرية . لقد تم دراسة كل من الثلاثة على نطاق واسع لديهم مجموعة كبيرة من الكتابات التى تتعلق بتركيبهم و وظيفتهم . للمزيد من التفاصيل المتعلقة ببروتنيات تحويل الطاقة ودمجهم إلى شحم و أغشية بوليمرية ، انظر البراءة الأمريكية 7208089 (US 7208089) .

بسبب أن إنتشار الآيونات على أسطح الغشاء كبير ويمكن أن يتم جعله أكبر بالإختيار المناسب للحويصلات ، يكون سطح الحويصله نفسه هو كل ما هو مطلوب للتوظيف الناجح للخلية الشمسية الحيوية (Pitard et al., 1996) . تحتوى الحويصلات – مثل البوليمرات الشحمية أو أى واحدة من العديد من المصفوفات البوليمرية المتوافقة الحيوية – على البروتينات وتعمل كعوازل بروتونات . هذه المصفوفات البوليمرية عامة جداً ، وهى بشكل مفضل تتطلب فقط أن : (أ) تشكل حويصلات تفضل الأنصاف العليا والسفلى للبروتينات عند إستخدام بروتينات عبر الأغشية ، (ب) تشكل بيئة مشابهة بشكل كافى للغشاء الشحمى الطبيعى بحيث يمكن أن يتم إدخال البروتينات بسهولة إلى الحويصلة مع التوجيه الصحيح ، (جـ) لا تتسبب البيئة الكيمائية الموضعية للحويصلة التى تم إختبارها بالبروتين فى إنتشار أو تشويه البروتين بطريقة كالتى تشتمل على الوظيفة الطبيعة للبروتين . تتضمن الحويصلات التى تستوفى هذه الشروط – على سبيل المثال لا الحصر – بوليمرات شحمية و كوبوليمرات ثلاثية الكتلة لها خصائص عامة لكتل خارجية تألف الماء و كتل خارجية لا تألف الماء . يتم وصف تلك الحويصلات البوليمرية المدمجة إلى البروتين بشكل مفضل فى البراءة الأمريكية 7208089 (US 7208089) وفى طلب البراءة الدولى PCT / US 08/ 74163 (74163/

(PCT/US 08) . يتم توجيه ودمج الرودوبسين البكتيرى و أكسيديزالسيتوكروم فى سطح الحويصلات ، ويتم تغطية الغشاء المشكل من المترافق الحويصلى الخيطى بإلكترودات .

هناك العديد من الإستراتيجيات القابلة للإستخدام لزيادة تقارب الإلكترودات مع البروتينات ، مثل تلك المتوفرة فى البراءة الأمريكية 7208089 (US 7208089) . يمكن أن يتم وضع شبكة إلكترود مباشرةً على قمة الشحم على شكل شبكة سلكية متصلة خارجياً بالمقياس بالكهربى . بعد إزالة السائل فوق سطح القمة ، يمكن أن يتم رش طبقة شفافة رقيقة من الألومنيوم أو النيكل مباشرةً على الغشاء لتشكل الإكترود المعاكس . تبادلياً ، يمكن أن يتم ترسيب الإلكترودات كهروكيميائياً على السطح الشحمى عن طريق تشابك مجموعة من الأطراف . سوف يؤدى هذا الترسيب إلى ملايين الأسلاك المتناهية الصغر على سطح قمة الغشاء . يتم تكرير ودمج الخطوات السابقة مما يؤدى إلى رودوبسين بكتيرى و أكسيديز السيتوكروم موجهان يتم تضمينهما فى غشاء شحمى .

هناك سيناريوان محتملان لتوجيه الرودوبسين بكتيرى و أكسيديز السيتوكروم : توجيه ذو قطبين متوازيان وغير متوازيان .

إذا القطبين متوازيان ، يمكن أن يتحقق الإصطفاف لكلاهما ، بشكل آنى ، خلال تطبيق مجال منفرد . إذا كانا وغير متوازيان ، سيتم الإستفادة بعزم ذو قطبين متجمع كبير للغشاء البوليمرى . سوف يتم تحقيق التوجيه المناسب عن طريق التوجيه الأولى لأكسيديز السيتوكروم فى مجال عالى متبوعاً بتوجيه الغشاء البوليمرى فى مجال صغير بشكل كافىلتجنب إضطراب أكسيديز السيتوكروم ، ولكن كبير بالقدر الكافى لمعالجة شفقات الغشاء البوليمرى .

إن استخدام الأغشية البوليمرية فى تشكيل الحويصلة مرغوباً للأسباب التالية : لديهم عمر أطول من الأغشية الشحمية ، أكثر متانة ، ولديهم خصائص مضبوطة بسهولة أكثر ، مثل

نفاذية و موصلية الإلكترون والآيون . لابد أن تكون الأشياء الداخلية لهذه الأغشية لا تألف الماء ومطاطية بحيث يمكن أن يتم محاكاة بيئة البروتين الطبيعة بأقرب ما يمكن .

توجد مجموعة كبيرة ومتنوعة من البوليمرات المتوافقة الحيوياة لها نطاق واسع من الخصائص مثل الإمتصاص الضوئى ، و القطبية ، و الوصلية الآيونية والكهربية بين الآخرين . إن البوليمرات التى تحسن خصائص الخلايا الشمسية للإختراع الحالى لابد أن تكون متوافقة مع البروتينات والإلكترودات . يكون أيضاً اللا إنفاذية للبروتونات مهماً . يمكن أن تكون القدرة على المعالجة الكيمائية لسطح البوليمر مهمة ، حيث أنها يمكن أن تلعب دور رئيسى فى موصلية البروتون و الوصل عبر الأغشية . يكون أيضاً عمر البوليمر بالإضافة إلى تأثيراته بأعمار البروتينات التى يتم تضمينها بداخله متناسبة ، وتكون عوامل فى إختياره . يمكن إن يكون الإختيار لبوليمر بعمر قصير لكن ذو أداء عالى مفيداً فى تطبيقات خاصة .

توضح الطرق السابقة – للحصول على مصادر قدرة شمسية منتجة وعالية الكفائة بمكونات حيوية – دمج البروتينات الحيوية المحولة للطاقة بجهاز خارجى ، وتشير إلى الطريق تجاه تصنيع طريقة قادرة على إنتاج نطاق واسع من الخلايا الشمسية القادرة على تشغيل مجموعة كبيرة و متنوعة من الأجهزة .

فى جانب آخر للإختراع ، يتم الحصول على عائلة الأكوابورين من البروتينات – المدمجة فى أغشية كوبوليمرية ثلاثية الكتلة ، وطبقات مستقرة – التى سوف تعبر الماء فقط ، مما يسهل تنقية الماء ، والتحلية ، والتركيز الجزيئى من خلال الديلزة . تستثنى الأكوابورنيات عبور كل الملوثات بما فى ذلك البكتريا ، الفيروسات ، المعادن ، البروتنات ،DNA ، الأملاح ، المنظفات ، وحتى البروتونات من محلول مائى ، ولكن تكون جزيئات الأكوابورين قادرة على نقل الماء بسبب تركيبها . يتم الكشف عن تفاصيل إضافية متعلقة بعائلة الأكوابورين من البروتونات فى

البراءة الأمريكية 7208089 (US 7208089) . يتحرك الماء عبر الغشاء فى إتجاه معين بسبب الضغط الإنتشارى أو الهيدرولى . يمكن أن يتم تحقيق تنقية / تحلية الماء بجهاز ذو حجرتين لديه حجرات منفصلة بواسطة بروتين جاسء مدمج فى غشاء بوليمرى عند مركزه الذى ملأه بالأكوابورين . إن هذا الغشاء نفسه غير نفاذ للماء ويفصل الماء الملوث فى حجرة أولى عن الماء المنقى فى حجرة الثانية . إن الماء النقى فقط هو القادر على التدفق بين الحجرتين . هكذا ، عندما يتم وضع ماء البحر أو ماء آخر ملوث من جهة الغشاء تحت ضغط مناسب ، يتدفق الماء النقى فى الحجرة الآخرى بشكل طبيعى . وفقاً لذلك ، يمكن أن يتم الحصول على ماء منقى من المصادر الغير صالحة للشرب أو ، إذا كان مصدر الماء محتوياً على مواد كيمياوية مهمة ، يمكن أن يتم إزالة الماء بشكل إنتقائى ، تاركاً تركيز عالى من المواد الكيمياوية المطلوبة فى داخل الحجرة . بشكل هام ، على أية حال فإن الأكوابورينات مناسبة أيضاً لهذا الأختراع لأسباب تختلف عن إنتقائيتهم الخاصة بالماء .إن العديد من أعضاء عائلة البروتين هذه — مثل Aquaporin Z (AqpZ) متين جداً ويمكن أن يتحمل الظروف القاسية للماء ذو المصدر الملوث بدون فقدان الوظيفة . يقاوم AqpZ تحويل الصفات الطبيعية أو الانحلال من التعرض للأحماض ، والفولطيات ، و المنظفات ، والحرارة . لذلك ، يمكن أن يتم إستخدام الجهاز لتنقية الماء ذو المصدر الملوث بمواد يمكن أن تفسد أو تدمر غشاء آخر ، ويمكن أن يتم إستخدامه فى المناطق التى تواجه درجات الحرارة عالية بثبات .

إن AqpZ قابل للتغير أيضاً . منذ أن يتم تجلى هذا البروتين بشكل محدد فى بكتيريا مضيفة وفقاً لتسلسل وراثى يؤثر على شكله النهائى ووظيفته ، يمكن أن يحول خبير تقنى رمزه الجينى بسهولة لكى يغير خصائص البروتين . لذلك يمكن أن يتم معالجة البروتين بالهندسة الوراثية لتحقيق تطبيق مرغوب قد يكون مختلف عن الوظيفة الأصلية للبروتين . على سبيل المثال ، عن طريق تغيير بشكل بسيط لمتخلف حمض أمينى معين قرب مركز قناة الماء إلى سيستين ، سوف

تربط ال Aquaporins الناتجة أى زئبق طليق فى التحلل وتوقف نقل الماء بسبب العائق .هكذا ، يمكن أن تكشف هذه البروتينات المتحولة المستخدمة فى جهاز غشائى تلوث زئبقي فى عينة ماء عن طريق توقف التدفق بشكل بسيط عندما يرتفع تركيز المادة السامة بشكل عالي جداً .

إن الشكل المفضل للإختراع لديه شكل قرص ترشيح تقليدى لأنه يقوم بالإختبار بسهولة أكثر لوظيفة تلك الطريقة . لصناعة مثل هذا القرص ، يتم ترسيب طبقة أحادية بسمك 5 نانومولار من بروتين وكوبوليمر ثلاثى الكتلة صناعى على سطح قرص ترشيح تجارى فائق النقاوة بسمك 25 نانومولار بإستخدام حوض Langmuir- Blodgett . ثم يتم تعريض الطبقة الأحادية على القرص لضوء UV 254 نانومولار ليترابط مقطعياً بالبوليمر ويزيد متانته . أخيراً ، يتم لصق غشاء PVDF بواسطة الإيبوكسى بحجم مسامى 220 نانومولار لسطح القرص لضمان معالجة آمنة ويمنع التسرب عند الحواف .

يتم إختبار الجهاز عند تركيبه فى حجرة تواجه ماء ذو مصدر مكيف الضغط عبر الغشاء . يتم إعتبار الجهاز الوظيفى عندما يدخل الماء النقى فقط عبر الجانب الآخر للغشاء ويلوث بقية المواد المذابة المركزة فى الحجرة الأصلية . يجب أن يتم تكيف ضغط المحلول الملوث لكى يتغلب على الميل الطبيعي للماء النقى للتدفق فى الحجرة التى لديها عدد أكبر من الجزيئات المذابة . إن الغرض من غشاء Aquaporin Z هو التناضح العكسى وفصل الماء عن المواد المذابة الملوثة . يمكن أن يتم تحلي هذا الميل ، أو الضغط الإنتشارى لهذا النظام فى باوندات لكل بوصة مربعة (psi) . على سبيل الثال ، فإن الضغط الإنتشارى لماء البحر هو360 باوند لكل بوصة مربعة تقريباً .

هنال عدة طرق يمكن أن يتم إستخدامها لكى تتيح للجهاز أن يتحمل هذه الأنواع من الضغط. تكون بعض البوليمرات المتنوعة أكثر متانة من الآخرين بشكل طبيعى ، ويمكن أن يتم

ترابطهما مقطعياً بضوء UV لتوفير حساءة إضافية .هناك طريقة إخرى لإضافة تركيز عالى من مذيب غير سام وقابل للفصل بسهولة لحجرة الماء العذب لتشجيع التناضح المنتظم عبر الغشاء بينما يحدث التناضح العكسي أيضاً بسبب تكيف ضغط الحجرة . أخيراً ، يمكن أن يتم تقليل الضغط المتطلل للتناضح العكسي بإستخدام أجهزة AqpZ متعددة فى شاغور للحجرات المتصلة المحكمة الغلق التى تحتوى على تركيزات أقل من الملوثات بشكل متتابع . إن الضغط الناتج المتطلب لتنقية الماء فى كل زوج من الحجرات هو جزء من الضغط الكلى الضرورى للتناضح العكسى . لذلك ، يجب أن يتحمل كل غشاء فقط ضغط صغير ويكون له فرصة أكبر للبقاء مصون . لذلك إذا كان الإختلاف فى التركيز بين كل زوج من الحجرات 10 % فقط بدلاً من 100 % ، فإنه سوف يتم الإحتياج إلى 10 % فقط من الضغط العالى المذكور سابقاً لتنقية ماء المصدر عند كل ملتقى . سوف يتم الحصول على الماء النقى بشكل مستمر فى الحجرة النهاية بتدفق وضغط ثابت .

يمكن لغشاء الأكوابورين للتناضح العكسى أن ينقى الماء الذى يمتلك عدة أنواع مختلفة من التلوث فى خطوة واحدة فقط . تتطلب نظم النقاوة العالية التقليدية عدة مكونات يمكن أن تتضمن جهاز تيسير الماء ، مرشحات كربون ، مبادلات آيونية ، UV أو تعقيم كيمائى ، ويمكن أن يتم إنتاج مرشح تناضحى عكسى ذو ممرين منظم ليستخدم فى الوصول قبل الماء (ذلك لا يكون نظيف كالماء المنقى بالأكوابورين) . لا يستطيع هذا النظام المسهب إزالة المواد أو المواد المذابة الأصغر من 150 دالتون من ماء المصدر مثلنا يستطيع غشاء الأكوابورين . علاوة على ذلك ، تتطلب كل هذه المكونات صيانة . تتطلب بصيلات UV إحلال وطاقة . من الضرورى أن يتم تجديد المبادلات الآيونية كيميائياً عندما تكون كاملة . تتطلب أجهزة التيسير ملحاً . لابد أن يتم إستبدال الكربون وخراطيش التناضح العكسى عندما تصبح

فاسدة. أخيراً ، سوف يتطلب جهاز ذو خطوة واحدة حيز أقل بكثير من نظام تنقية نموذجى ، وتمكن هذه الميزة من أن تكون أجهزة تنقية الماء من ال Aquaporin قابلة للتنقل .

تعد أيضاً أغشية Aquaporin أسرع من النظم التقليدية . يمكن أن تنتج وحدة R.O. بسرعة عالية تقليدية حوالى 28.4 لتر (7.5 غالون) من الماء النظيف كل دقيقة . يوضح البحث الحالى حركة جزيئات الماء عبر AqpZ مشبعة بغشاء شحمى (0.0177 مليميتر SUP) عند معدل 54 بيكومول / الثانية . (Pohl, P., Saparov, S. M., Borgnia, M. J., and Agre, P., (2001), Proceedings of the National Academy of Sciences 98, p. 9624 9629) هكذا ، يمكن أن يرشح غشاء من الـ Aquaporin Z للتناضح العكسى نظرياً بمساحة سطح 0.1 متر مربع فى حدود 3295 لتر من الماء النقى كل دقيقة . تلك المعدل أكثر من 116 مرة أسرع من جهاز تنقية طبيعى .

أخيراً ، فإن الأغشية الجديدة المبنية على البروتين تعتبر أيضاً قليلة التكلفة جداً فى إنتاجها . يتم حصاد جوهر العملية ، AqpZ ، بسهولة بكميات تقدر بالمليجرامات من سلسلة بكتريا E.coil المعالجة بالهندسة الوراثية . يمكن أن يتم الحصول على معدل 2.5 من البروتين النقى من كل لتر من الإستنبات البكتيرى الذى ينتجه . يمكن أن يتم إنتاج 10 مليجرام من البروتين من حوالى 10 دولارات لأوساط النمو . يعد هذا بروتين كافى لعدة أجهزة كاملة الحجم . كذلك أيضاً ، يمكن أن يتم إنتاج البوليمر – الذى يتم فيه تضمين الـ AqpZ – فى نفس المعمل لوحدات "بنى" الوزينة فقط غنية بالمواد الكيماوية لكل جهاز . تعتبر

Aquaporin Z Reverse Osmosis Membrane وسائل قليلة التكلفة وفعالة و مبتكرة لتنقية الماء .

هكذا، لقد كان هناك جهاز وطرق تم الكشف عنها تستخدم مكونات حيوية لتحقيق إنتاج عالى الفاعلية من الماء النقى بشكل كامل من الماء الملوث أو المالح أو الفاسد . يوضح الإختراع

دمج الماء الذى ينقل البروتينات الحيوية بجهاز خارجى ، ويشير الى الطريق نحو تصنيع ممر قادر على إنتاج واسع النطاق من أجهزة تنقية الماء .

بالرغم من أنه تم وصف الاختراع الحالى من ناحية النماذج المفضلة ، فسوف يتم فهم تلك الإختلافات العديدة و تعديلات الطرق و الأجهزة التى تم الكشف عنها هنا بدون الفصل عن جوهر ومجال الإختراع ، كما هو موضح فى عناصر الحماية التالية .

عناصر الحماية

1 1- حويصلة بوليمرية ، حيث يتم ترافق الحويصلة بخيط لتشكيل مترافق حويصلي خيطي .

1 2- مترافق حويصلي خيطي وفقاً لعنصر الحماية 1 ، حيث يتم تشكيل المترافق عن طريق توفير
2 سطح حويصلة موظف وسطح خيط موظف .

1 3- مترافق حويصلي خيطي وفقاً لعنصر الحماية 1 أو 2 ، حيث يتم دمج بروتينات إلى غشاء
2 الحويصلة .

1 4- مترافق حويصلي خيطي وفقاً لعنصر الحماية 3 ، حيث يتم دمج أكثر من نوع من البروتين
2 في غشاء الحويصلة .

1 5- مترافق حويصلي خيطي وفقاً لأحد عناصر الحماية 1-4 ، حيث يتم تشكيل الحويصلة من
2 بوليمرات شحمية أو كوبوليمرات ثلاثية الكتلة لها خصائص عامة لكتل خارجية تـألف المـاء
3 وكتل داخلية لا تألف الماء .

1 6- مترافق حويصلي خيطي وفقاً لأحد عناصر الحماية السابقة ، حيث تتـضمن الخيـوط أي
2 واحدة أو عدد أو تبادل من مادة سليولوزية ، كربوكسي ميثيل سليولوز (CMC) ، أمينوإيثيـل
3 سليولوز (AE – cellulose) ، خلية ليفية مجهرية ، سليولوز متبلور متناهي الصغر ، شعر / ألياف
4 متناهية الصغر سليولوزية ، و مواد مبنية على النايلون .

1 7- غشاء محاكاة حيوية مشكل عن طريق نسج خيوط لمترافقات حويصلية خيطية متعددة وفقاً
2 لأي من عناصر الحماية السابقة إلى نسيج .

1 8- غشاء محاكاة حيوية مشكل عن طريق ترسيب مترافقات حويصلية خيطية وفقاً لأحد عناصر
2 الحماية 1- 6 إلى ترتيبات "paper- making" حيث تلتصق المترافقات كلاً بالآخر .

1 9- غشاء محاكاة حيوية مشكل بدمج لأغشية محاكاة الحيوية وفقاً لعنصر الحماية 7 , 8 .

1 10- غشاء محاكاة حيوية وفقاً لأحد عناصر الحماية 7 - 9 ، حيث يتم ترابطه مقطعياً بضوء

. UV 2

1 11- غشاء محاكاة حيوية وفقاً لأحد عناصر الحماية 7 – 10 ، حيث يشتمل الغشاء على

2 مترافقات حويصلية خيطية بأنواع مختلفة من البروتينات المدمجة إلى غشاء الحويصلات.

1 12- غشاء محاكاة حيوية وفقاً لأحد عناصر الحماية 7 – 11 ، حيث تشتمل البروتينات

2 المدمجة فى أغشية الحويصلات على بروتينات من عائلة Aquaporin .

1 13- غشاء محاكاة حيوية وفقاً لعنصر الحماية 12 ، حيث سوف يعبر الغشاء فقط الماء ، هكذا

2 يكون غشاء ترشيح الماء الذى يسهل التركيز الجزيئى وتحلية وتنقية الماء من خلال الديلزة .

1 14- غشاء محاكاة حيوية وفقاً لعنصر الحماية 7 – 11 ، حيث يتم دمج بروتينين تحويل طاقة

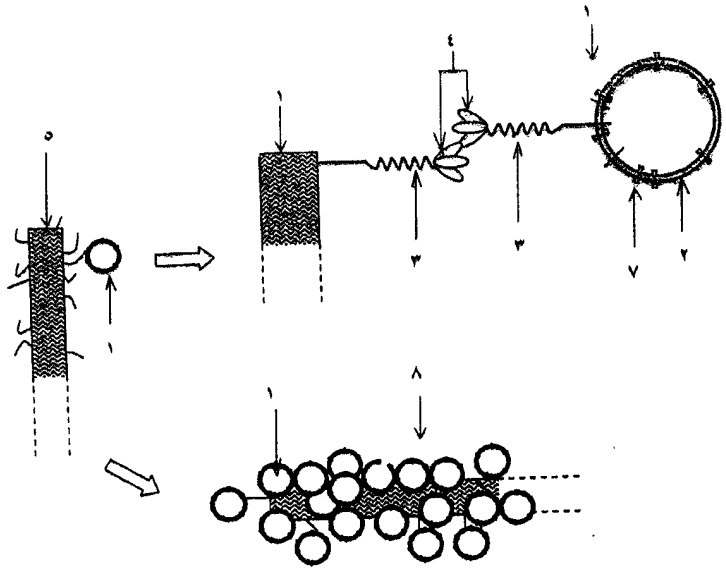
2 إلى أغشية الحويصلة .

1 15- غشاء محاكاة حيوية وفقاً لعنصر الحماية 14 ، حيث يكون بروتينين تحويل الطاقة هما

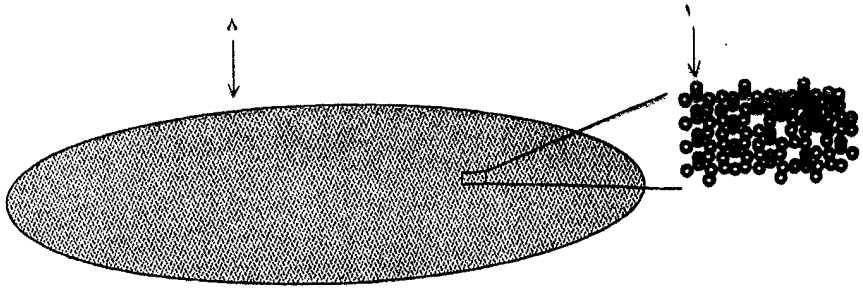
2 الرودوسبين البكتيرى و أكسيديز السيتوكروم .

1 16- مصدر قدرة مشتملاً على غشاء محاكاة حيوية وفقاً لعنصر الحماية 14 أو 15 ، حيث

2 يكون غشاء محاكاة الحيوية متصلاً بإلكترودات ذات نسيج مجهرى .

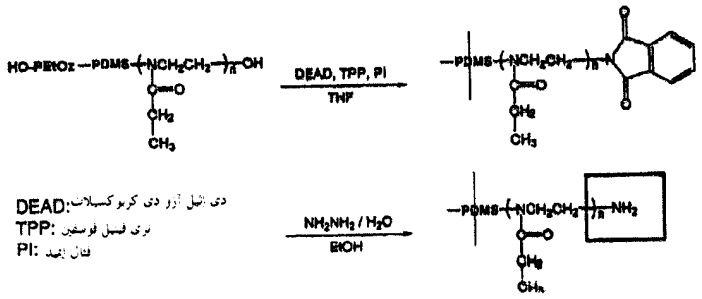


شكل ١



شكل ٢

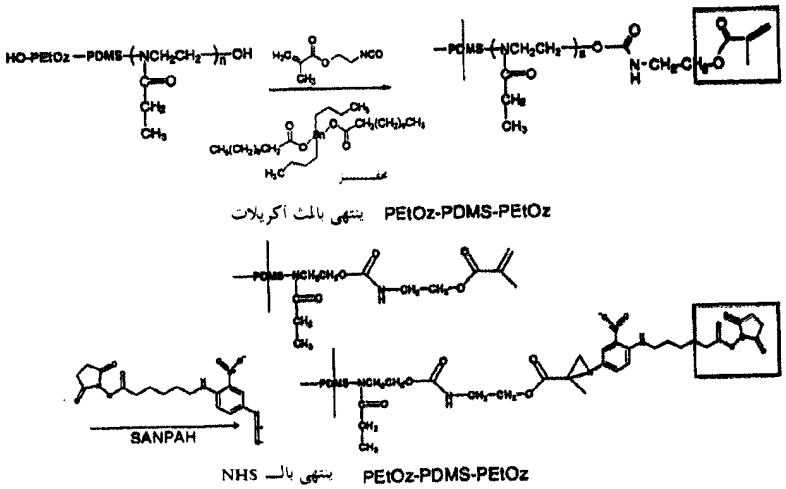
أصل			
اسم الطالب			
عدد اللوحات	4	رقم اللوحة	1
رقم الطلب/التاريخ/الساعة			
توقيع الوكيل / الطالب			



ينتهي بالأمين PEtOz-PDMS-PEtOz

Joon-Sik Park, et al. *Macromolecules* 2004, *37*, 6786-6792

شكل ٣



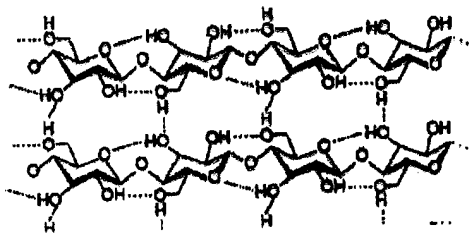
ينتهي بالمث أكريلات PEtOz-PDMS-PEtOz

ينتهي بالـ NHS PEtOz-PDMS-PEtOz

شكل ٤

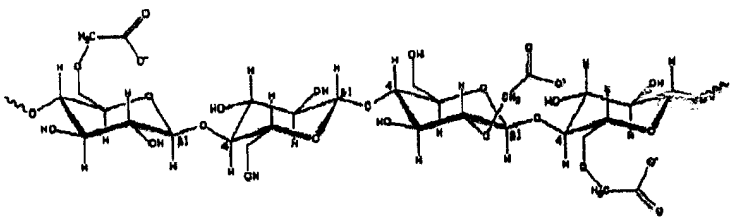
أصل			
اسم الطالب			
عدد اللوحات	4	رقم اللوحة	2
رقم الطلب/التاريخ/الساعة			
توقيع الوكيل / الطالب			

سليولوز



شكل ٥

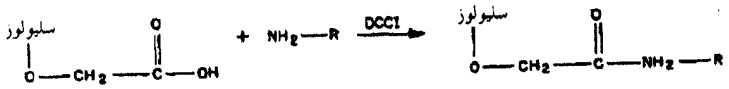
كربوكسي ميثيل سليولوز (CMC)



شكل ٦

أصل			
اسم الطالب			
عدد اللوحات	4	رقم اللوحة	3
رقم الطلب/التاريخ/الساعة			
توقيع الوكيل / الطالب			

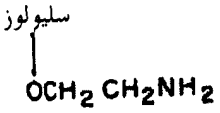
كربوكسي ميثيل سليولوز (CMC)



داى سيكلوهكسيل كربودای إميد DCCI

شكل ٧

أمينو إثيل سليولوز (AE-Cellulose)



شكل ٨

أصل			
اسم الطالب			
عدد اللوحات	4	رقم اللوحة	4
رقم الطلب/التاريخ/الساعة			
توقيع الوكيل / الطالب			