



التصنيع النانوي الموجه للتطبيقات الطبية الحيوية

التقنيات - الأدوات - والتطبيقات - والتأثير

الجزء الأول

تحرير

تشالا إس. إس. آر. كومار، جوزيف هورميس، كارولا لوشينر

ترجمة

الدكتور ناصر محمد عبدالسلام عمر الدكتور طارق ضيف عبدالفتاح السرنجاوي
أستاذ الكيمياء المساعد أستاذ الهندسة الطبية المشارك
كلية المجتمع بالرياض - جامعة الملك سعود جامعة الأمير سلطان

النشر العلمي والمطابع - جامعة الملك سعود

ص.ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ - المملكة العربية السعودية



ح) جامعة الملك سعود، ١٤٣٥ هـ (٢٠١٣ م)

هذه ترجمة عربية مصرح بها من قبل مركز الترجمة بالجامعة لكتاب:

Nanofabrication Towards Biomedical Applications

Techniques, Tools, Applications, and Impact

Challa S.S.R. Kumar, Josef Hormes, Carola Leuschner (Editors)

© WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2005

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

كومار، تشالا إس. إس. آر.

التصنيع النانوي الموجه للتطبيقات الطبية الحيوية: والأدوات والتطبيقات

والتأثير. / تشالا إس. إس. آر. كومار؛ جوزيف هورميس وكارولا لوشينر؛

ناصر محمد عمر؛ طارق ضيف السرنجاوي - الرياض، ١٤٣٤ هـ.

٤٠٨ ص، ١٧×٢٤ سم. ٢ مج.

ردمك: ١٨٢-٦-١٨٣-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨ (مجموعة)

١٨٣-٣-١٨٣-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨ (ج ١)

١- تقنية النانو أ. لوشينز، هوماس وسي (مؤلف مشارك) ب. عمر، ناصر محمد

(مترجم) ج. السرنجاوي، طارق ضيف (مترجم) د. العنوان

١٤٣٤/٩٣٦٧

ديوي ٦٢٠,٠٥

رقم الإيداع: ١٤٣٤/٩٣٦٧

ردمك: ١٨٢-٦-١٨٣-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨ (مجموعة)

١٨٣-٣-١٨٣-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨ (ج ١)

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة، شكلها المجلس العلمي بالجامعة، وقد وافق المجلس

العلمي على نشره بعد اطلاعه على تقارير المحكمين- في اجتماعه العشرين للعام الدراسي

١٤٣٣/١٤٣٤ هـ، المعقود بتاريخ ١٦/٧/١٤٣٤ هـ، الموافق ٢٦/٥/٢٠١٣ م.

النشر العلمي والمطابع ١٤٣٥ هـ



مقدمة المترجمين

يعتبر كتاب "التصنيع النانوي الموجه للتطبيقات الطبية الحيوية" من أهم الكتب التي ظهرت في الفترة الأخيرة في هذا المجال نظراً لما يحتويه من معلومات ثرية وحديثة عن المواد النانوية، وطرائق تشييدها، وخصائصها المختلفة وتطبيقاتها في المجالات العملية وخاصة في المجال الطبي، وعلى سبيل المثال، استخدام الجسيمات المغناطيسية النانوية لعلاج السرطان والأورام. كذلك هناك بالطبع تطبيقات قد تصبح حقيقة في المستقبل البعيد مثل زرع مضخات بحجم الجزيء توصل الأدوية بجرعات دقيقة حيثما تدعو الحاجة، أو إمكانية إزالة الجزء التالف من الخلية واستبداله بآلة حيوية.

لقد قام بتأليف هذا الكتاب مجموعة من الخبراء في هذا المجال، ويلخص المؤلفون الحالة الراهنة لتأثير تقنية النانو في مجال علم الأحياء، والتقنية الحيوية، والطب، والتعليم والاقتصاد، والمجتمع، والصناعة. وقد تم تجميع فصول هذا الكتاب بحكمة بالغة، لتغطي الجوانب الفنية للمجالات المختلفة مثل علم الأحياء النانوي، والطب النانوي، والتأثير الاجتماعي والتعليمي للتقنيات الجديدة الصاعدة. وهكذا، يقدم الكتاب نظرة عامة لغير المتخصصين من خلال توفير أحدث استعراض للأدبيات الموجودة، بالإضافة إلى تقديم رؤى جديدة للعلماء المهتمين بالأمر، وإعطاء انطلاقة للبدء في هذا المجال البحثي الصاعد.

ونظراً لافتقار المكتبة العربية إلى وجود مثل هذه المراجع في مجال تقنية النانو وخاصة في مجال الطب الحيوي النانوي، فقد رأينا أنه من الواجب أن نقوم بترجمة هذا

الكتاب ليكون مرجعاً مفيداً لكل المهتمين بهذا المجال الجديد من الدراسة سواءً لطلاب مرحلة البكالوريوس أو طلاب الدراسات العليا أو الباحثين في المجالات العلمية المختلفة. كما نأمل أن يحفز هذا الكتاب العديد من العلماء والباحثين لبدء البحث في هذه الاتجاهات المثيرة والمهمة.

وأخيراً، لا يسعنا إلا أن نوجه خالص الشكر إلى مركز الترجمة بجامعة الملك سعود على تشجيعه المتواصل للقيام بترجمة الكتب العلمية. والله من وراء القصد وهو الهادي إلى سواء السبيل،

المترجمان

مقدمة

تقنية النانو الحيوية: عنوان أحد فصول هذا الكتاب "الدعاية والأمل والشيء الصغير القادم". ويشير هذا العنوان إلى أن تطبيقات تقنية النانو في علم الأحياء والطب مازالت لحد ما في مستقبل مجهول، إلا أن العكس صحيح كذلك: فهناك بالفعل العديد من المنتجات المتوافرة في السوق، مثل جسيمات أكسيد الزنك النانوية المستخدمة في الكريمات المضادة للشمس أو الفضة النانوية الداخلة ضمن مادة طلاء الأجهزة المنزلية لتدمير البكتيريا ومنعها من الانتشار. والتطبيقات الأخرى الأكثر إثارة قيد مرحلة الاختبار الآن، على سبيل المثال، استخدام الجسيمات المغناطيسية النانوية لعلاج سرطان الدماغ عن طريق الحرارة المفرطة. كذلك هناك بالطبع تطبيقات قد تصبح حقيقة في المستقبل البعيد- رغم أن هناك دائما مفاجآت محتملة في تقنية النانو- على سبيل المثال، زرع مضخات بحجم الجزيء توصل الأدوية بجرعات دقيقة حيثما تدعو الحاجة، أو إمكانية إزالة الجزء التالف من الخلية واستبداله بآلة حيوية. وهذه التطبيقات هي بعض من الأهداف المعلنة في خارطة طريق المعهد الوطني للصحة والطب النانوي، والذي تأسس في ربيع عام ٢٠٠٣م. مرة ثانية هذه المبادرة جزء من المبادرة القومية لتقنية النانو الأمريكية الأكبر (NNN)، التي ستوفر فيها ميزانية الرئاسة نحو مليار دولار لعام ٢٠٠٥ م بالنسبة للمشاريع المنسقة من قبل عشر وكالات اتحادية مختلفة على الأقل.

لقد تم عنونة الكتاب بجدارة ويشكل مناسب جداً "التصنيع النانوي الموجه للتطبيقات الطبية الحيوية" وقام بتأليف هذه الكتاب مجموعة من الخبراء في هذا المجال، وهو يلخص الحالة الراهنة لتأثير تقنية النانو في مجال علم الأحياء، والتقنية الحيوية، والطب، والتعليم والاقتصاد، والمجتمع، والصناعة. وأنا معجب جداً بالتجميع الحكيم لفصول هذا الكتاب والتي تغطي الجوانب الفنية للمجالات المختلفة مثل علم الأحياء النانوي، والطب النانوي من تشييد وتوصيف الأنظمة النانوية إلى التطبيقات العملية، والتأثير الاجتماعي والتعليمي للتقنيات الجديدة الصاعدة. وهكذا، يقدم الكتاب نظرة عامة لغير المتخصصين من خلال توفير أحدث استعراض للأدبيات الموجودة، بالإضافة إلى تقديم رؤى جديدة للعلماء المهتمين بالأمر، وإعطاء انطلاقة للبدء في هذا المجال البحثي الصاعد. أمل أن يحفز هذا الكتاب العديد من العلماء لبدء البحث في هذه الاتجاهات المثيرة والمهمة. وإنني لمسرور على وجه الخصوص بالتعرف على الجهود التي يبذلها مركز التراكيب الدقيقة والأجهزة المتقدمة (CAMD) ومركز بنينجتون للبحوث الطبية الحيوية (PBRC) في اتخاذ زمام المبادرة لنشر تأثير تقنية النانو الطبية الحيوية، كما أنني مقتنع بأن هذا الكتاب سيكون أداة قيمة في أيدي جميع المهتمين باكتشاف طرق وفرص جديدة في هذا المجال الجديد الساحر.

ويليام ل. جنكينز

رئيس جامعة ولاية لويزيانا

تمهيد

لقد تطورت تقنية النانو خلال فترة زمنية قصيرة - عشر سنوات - لتصبح تقنية متعددة التخصصات حقاً تلامس كل نظام علمي تقليدي. وكان تأثير تقنية النانو على مجالات الطب الحيوي أبداً نوعاً ما وهو مجرد بداية لاكتساب الأهمية ويتضح ذلك عند عمل بحث حديث على المنشورات البحثية في هذا المجال. فهناك نسبة ١٠٪ فقط من البحوث المتعلقة بعلم الطب الحيوي من المجموع الكلي لعدد البحوث المنشورة في تقنية النانو وهو حوالي ٢٥٠٠ بحث في الفترة من عام ٢٠٠٢ - ٢٠٠٤م. وبالرغم من أن تأثير تقنية النانو على مجال الطب الحيوي بطيء، إلا أنه من المتوقع أن يكتسب زخماً في السنوات القادمة نظراً لأن جميع الأنظمة البيولوجية تجسد مبادئ التقنية النانوية. وببطء ولكن بخطى ثابتة، يجري تطوير المواد والأجهزة النانوية التي تمتلك مزايا التصميم على نطاق جزيئي ولها قدرة على التفاعل مباشرة مع الخلايا والجزيئات الضخمة. ومن المرجح أن تحقق الأدوات العلمية النانوية المفهومة جيداً حالياً وتلك التي سيتم تطويرها في المستقبل تأثيراً هائلاً على علم الأحياء، والتقنية الحيوية والطب. وبالمثل، سيتمكن فهم علم الأحياء بمساعدة التقنية النانوية من إنتاج مواد المحاكاة الحيوية بنية نانومترية. ويسهل مقياس الحجم المتقارب للمواد النانوية والبيولوجية - مثل الأجسام المضادة، والبروتينات - استخدام هذه المواد في التطبيقات البيولوجية والطبية. كذلك، في السنوات الأخيرة، اكتشف مجتمع الطب الحيوي أن الخصائص الفيزيائية والخواص

الجديدة للجسيمات النانوية مثل مساحتها السطحية العالية جداً نسبة إلى الحجم، و الانبعاث الضوئي الانضباطي، والسلوك المغناطيسي وغيرها من الخواص يمكن استغلالها في استخدامات تتراوح بين توصيل العقار إلى الحساسات الحيوية.

ومن وجهة نظر الباحثين في الطب الحيوي، أنه من الصعب جداً فهم الأدبيات ذات الصلة والمعلومات المناسبة على أدوات التقنية النانوية التي ستكون ذات تأثير عميق على البحوث الطبية الحيوية لأن معظم الأدبيات يتم نشرها في المجالات الفيزيائية والكيميائية. ومسعانا هو دعم مجتمع الطب الحيوي من خلال توفير المعلومات المطلوبة عن تقنية النانو تحت مظلة واحدة. ويسرنا أن نقدم لقرائنا الكتاب الذي يغطي الجوانب المختلفة للتصنيع النانوي والذي نأمل أن يساعد متخصصي علم الأحياء والباحثين في مجال الطب. وهذا الكتاب لا يغطي الجوانب العلمية لأدوات التصنيع النانوي للبحوث الطبية الحيوية فقط ولكنه يغطي أيضاً الآثار المترتبة على هذا المجال الجديد من الأبحاث في مجال التعليم، والصناعة، والمجتمع بشكل عام. وهدفنا هو تقديم وجهة نظر شمولية بقدر الإمكان لقرائنا المهتمين بالتعلم، ومزاولة تدريس أدوات التقنية النانوية في المجالات الطبية الحيوية. ولذلك، تم تقسيم محتويات الكتاب من الستة عشر فصلاً إلى أربعة أجزاء رئيسة وهي: (١) الجوانب التشييدية للمواد النانوية، (٢) تقنيات توصيف المواد النانوية (٣) تطبيق أدوات التقنية النانوية في مجال الطب الحيوي و(٤) الآثار المجتمعية والتعليمية والاقتصادية.

يقدم الجزء الأول من الكتاب معلومات عن أدوات التصنيع للمواد النانوية. وقد أصبح الآن تصنيع المواد النانوية مجالاً متطوراً جداً للبحث ومن المستحيل أن يغطي جميع الجوانب. تقليدياً، تم تقسيم الأساليب التشييدية للمواد النانوية إلى فئتين: "من أعلى لأسفل" و "من أسفل لأعلى". ويجادل باحثون "من أعلى لأسفل" شد التقنية

الحالية لهندسة أجهزة بميزات تصميم دائمة أصغر. أما باحثون "من أسفل لأعلى" فإنهم يحاولون بناء المواد النانوية والأجهزة بجزء أو بذرة واحدة في كل مرة، وبنفس الطريقة التي تُشيد بها الكائنات الحية الجزيئات الضخمة. لذا، حاولنا في هذا المجلد استكشاف الطرائق الكيميائية الرطبة لتصنيع الجسيمات الفلزية النانوية، والأساليب التشييدية لأنابيب الكربون النانوية، والأساليب لبناء مواد نانوية التركيب من لبنات بناء صغيرة الأبعاد. وقد تم تناول عرض رائع لأساليب المحاكاة الحيوية لمواد البناء من التراكيب النانوية في فصلين - "محاكي الكولاجين بالتركيب النانوي في هندسة الأنسجة" و"المحاكيات الحيوية الجزيئية: الطريق الطبيعي لمواد البناء، جزيء واحد في كل مرة". ونتمنى تغطية الجوانب التشييدية الأخرى في مجلدات لاحقة.

إن الجزء الثاني من الكتاب يغطي الأدوات المتوافرة حالياً لتوصيف المواد النانوية ويتوقع أن توفر الفرصة للباحثين في الطب الحيوي للتعلم، ليس فقط أساسيات بعض التقنيات الهامة جداً مثل مطيافية امتصاص الأشعة السينية وحيود الأشعة السينية، والمجهر الإلكتروني النفاذ، أو الحيود الإلكتروني، ولكن أيضاً المساعدة في تنمية فهم كيف يمكن أن تستخدم هذه التقنيات لتعزيز بحثهم الخاصة. كما أدرج في هذا الجزء فصل بعنوان "كشف ومعالجة الجزيء الوحيد في تقنية النانو وعلم الأحياء" والذي نتمنى أن يوفر لقرائنا أحدث المعلومات حول الفرص الموجودة في الوقت الراهن والآفاق المستقبلية عن الأدوات اللازمة لتصوير العالم في المستوى الجزيئي والنانوسكوبي. و"التقنيات النانوية للتصوير الخلوي والجزيئي بالرنين المغناطيسي MRI" وهو أحد الفصول الذي من المتوقع أن يوفر لقرائنا فكرة عن التشخيص وتوصيف لويحات تصلب الشرايين. وفي هذا الجزء مرة أخرى، هناك المزيد من أدوات التوصيف وطرائق الكشف المبتكرة التي تُركت عمداً لتكون مشمولة في مجلدات لاحقة.

يعرض الجزء الثالث أمثلة عن كيفية استخدام أدوات تقنية النانو في البحوث الطبية الحيوية. بينما يقدم الفصل المعنون بـ "الجسيمات النانوية لتوصيل عقاقير السرطان" أحدث المعلومات عن الأنواع المختلفة للجسيمات النانوية الموجودة حالياً قيد التطوير لعلاج السرطان، وتم وصف أسلوب أكثر تحديداً باستخدام الأصداف الفلزية النانوية في فصل - التطبيقات التشخيصية والعلاجية للأصداف الفلزية النانوية. ويقدم هذا الجزء الخاص لقراءنا مجالات أخرى هامة من البحوث الطبية الحيوية مثل توصيل الجينات، وإزالة تلوث العامل البيولوجي والذي تأثر إيجابياً بتقنية النانو. وندرك أن هناك العديد من التطبيقات، وأن أكثر المناطق عرضة في مجالات البحوث الطبية الحيوية لا تزال تتأثر بتقنية النانو، وإنه من المستحيل تغطيتها جميعاً في كتاب واحد، ولكننا نتمنى أن نكون قادرين على تغطية أكبر عدد ممكن من الأمثلة من خلال تتابع مجلدات أخرى مخصصة للتصنيع النانوي في التطبيقات الطبية الحيوية، والتي يجري التخطيط لها حالياً.

في الجزء الأخير والأهم في رأينا يبرز تأثير تقنية النانو الطبية الحيوية على التعليم، والمجتمع، والصناعة. وليس هناك شك في أن تقنية النانو ستؤثر بشكل كبير على هذه الجوانب المهمة من حياتنا، ومهمتنا هي ضمان أن الباحثين العاملين في مجال تقنية النانو الطبية الحيوية أصبحوا مدركين لهذه الآثار. بينما الفصل "أصغر من أن يُرى" يزيد من وعي القراء حول كيفية محاولة المدرسين الأكاديميين التعامل مع هذا الوضع لتعليم الجيل الجديد تقنية النانو، وتم عنونة الفصل باقتدار بـ "التقنية الطبية الحيوية النانوية: التحديات المالية والقانونية والسريية والسياسية، والأخلاقية، والاجتماعية لتطبيقها" يقدم للقارئ التحديات العالمية المختلفة لتطبيق هذه التقنية الجديدة. وتسلسل كتاب بهذا الحجم أمر مستحيل بدون دعم ثابت من المؤلفين الذين

تمهيد

م

أخذوا وقت طويلاً من مشاغلهم الكثيرة لتقديم مخطوطاتهم في الوقت المناسب، ونحن مدينون لهم بالشكر والتقدير. ولا يسعنا إلا أن نقدم الشكر والامتنان للدعم المقدم من ويلي Wiley VCH، وبشكل خاص إلى مارتن أوتمار Martin Ottmar، الذي عمل معنا مباشرة لجعل المجلد الأول هذا من سلسلة الكتب الموجودة بالفعل. كما نعتز ونقدر الدعم والتشجيع المقدم من مركز الأجهزة والتراكيب الدقيقة المتقدمة ومركز بينينجتون Pennington للبحوث الطبية الحيوية وهما مؤسستان فريدتان من نوعهما في ولاية لويزيانا بالولايات المتحدة الأمريكية، واللتان وفرتا فرصاً لا تعد ولا تحصى لموظفيهما نحو التفوق.

وأخيراً، نحن مدينون لعائلاتنا لثقتهم ودعمهم، بالإضافة إلى تحملهم غيابنا الطويل عن أعمالنا العائلية الرتيبة.

باتون روج Baton Rouge ، نوفمبر ٢٠٠٤

شالا كومار Challa Kumar، جوزيف هورميس Josef Hormes،

كارولا لوشينر Carola Leuschner

قائمة المشاركين

List of Contributors

Pulickel M. Ajayan
Rensselaer Polytechnic Institute
Department of Materials Science and
Engineering
Troy, NY 12180
USA

Jennifer Barton
Electrical and Computer Engineering
University of Arizona
1230 Speedway Blvd.
Tucson, AZ 85721
USA

Carl A. Batt
Cornell University
Food Science Department
312 Stocking Hall
Ithaca, NY 14853
USA

Helmut Bönemann
Max-Planck-Institut für Kohlenforschung
Heterogene Katalyse
Kaiser-Wilhelm-Platz 1
D-45470 Mülheim an der Ruhr
Germany

Shelton D. Caruthers
Washington University
School of Medicine
660 S. Euclid Avenue
St. Louis, MO 63110
USA
and
Philips Medical Systems
Cleveland, Ohio
USA

Alex Chen
Rutgers, The State University of New
Jersey
Department of Chemistry
73 Warren Street
Newark, NJ 07102
USA

Daniel T. Chiu
University of Washington
Department of Chemistry
P.O. Box 351700
Seattle, WA 98195-1700
USA

Rebekah Drezek
Rice University
Department of Bioengineering
Houston, TX 77005
USA

قائمة المشاركين

ع

Steven A. Edwards
S.A. Edwards and Associates
Christiana, TN 37037
USA

Maria P. Gil
Department of Chemical & Biomolecular
Engineering
300 Lindy Boggs Center
Tulane University
New Orleans, LA 70118
USA

Naomi Halas
Rice University
Departments of Electrical and
Computer Engineering
Houston, TX 77005
USA

Jeffrey D. Hartgerink
Departments of Chemistry and
Bioengineering
Rice University
6100 Main St.
Houston, TX 77005
USA

Huixin He
Rutgers, The State University of New
Jersey
Department of Chemistry
Newark, NJ 07102
USA

Gavin D.M. Jeffries
University of Washington
Department of Chemistry
P.O. Box 351700
Seattle, WA 98195-1700
USA

Leon Hirsch
Rice University
Department of Bioengineering
Houston, TX 77005
USA

Michael D. Kaminski
Nanoscale Engineering Group
Chemical Engineering Division
Argonne National Laboratory
9700 South Cass Avenue
Argonne, IL 60439
USA

Kenneth J. Klabunde
Department of Chemistry
Kansas State University
111 Willard Hall
Manhattan, KS 66505
USA

Challa Kumar
Center for Advanced Microstructures
and Devices
Louisiana State University
6980 Jefferson Hwy.
Baton Rouge, LA 70806
USA

Christopher L. Kuyper
University of Washington
Department of Chemistry
P.O. Box 351700
Seattle, WA 98195-1700
USA

ف

قائمة المشاركين

Gregory M. Lanza School of Medicine Washington University 660 S. Euclid Avenue St. Louis, MO 63110 USA	Min-Ho Lee Rice University Department of Bioengineering Houston, TX 77005 USA
Carola Leuschner Pennington Biomedical Research Center 6400 Perkins Road Baton Rouge, LA 70808 USA	Alex Lin Rice University Department of Bioengineering Houston, TX 77005 USA
Christopher Loo Baylor College of Medicine Rice University Department of Bioengineering Houston, TX 77005 USA	Robert M. Lorenz University of Washington Department of Chemistry P.O. Box 351700 Seattle, WA 98195-1700 USA
Guang Lu Department of Chemical & Biomolecular Engineering 300 Lindy Boggs Center Tulane University New Orleans, LA 70118 USA	Yunfeng Lu Department of Chemical & Biomolecular Engineering 300 Lindy Boggs Center Tulane University New Orleans, LA 70118 USA
Hartwig Modrow Physikalisches Institut der Rheinischen Friedrich-Wilhelms- Universität Bonn Nußallee 12 53115 Bonn Germany	Sergey E. Paramonov Departments of Chemistry and Bioengineering Rice University 6100 Main St. Houston, TX 77005 USA
C. K. S. Pillai Regional Research Laboratory Polymer Division Thiruvananthapuram 695019 India	Ryan M. Richards International University Bremen Campus-Ring 8, Res III, 116 28759 Bremen Germany
Axel J. Rosengart Departments of Neurology and Neurosurgery The University of Chicago and Pritzker	Latha M. Santhakumaran University of Medicine and Dentistry of New Jersey Robert Wood Johnson Medical School

قائمة المشاركين

ص

School of Medicine
and
Neuroscience Critical Care
Bioengineering
Argonne National Laboratory
5841 South Maryland Ave, MC 2030
Chicago, IL, 60637
USA

Department of Medicine
125 Paterson Street, CAB 7090
New Brunswick, NJ 08903
USA

Mehmet Sarikaya
Materials Science & Engineering
University of Washington
Seattle, WA 98195
USA
and
Molecular Biology and Genetics
Istanbul Technical University
Maslak, Istanbul
Turkey

Keith Sheppard
Columbia University
Teachers College
525 West 120th Street, Box 210
New York City, NY 10027
USA

Douglas Spencer
Edu, Inc.
6900-29 Daniels Parkway
Fort Meyers, FL 33912
Florida, 33901
USA

Peter K. Stoimenov
Department of Chemistry,
Kansas State University
111 Willard Hall
Manhattan, KS 66505
USA
Current address:
University of California at
Santa Barbara
Department of Chemistry and
Biochemistry
Santa Barbara, CA 93106
USA

Candan Tamerler
Materials Science & Engineering
University of Washington
Seattle, WA 98195
USA
and
Molecular Biology and Genetics
Istanbul Technical University
Maslak, Istanbul
Turkey

Thresia Thomas
University of Medicine and Dentistry of
New Jersey
Robert Wood Johnson Medical School
Department of Environmental and
Occupational Medicine
125 Paterson Street, CAB 7090
New Brunswick, NJ 08903
USA

ق

قائمة المشاركين

T. J. Thomas University of Medicine and Dentistry of New Jersey Robert Wood Johnson Medical School Department of Medicine 125 Paterson Street, CAB 7090 New Brunswick, NJ 08903 USA	Robert Vajtai Rensselaer Polytechnic Institute Rensselaer Nanotechnology Center Troy, NY 12180 USA
Anna M. Waldron Cornell University Nanobiotechnology Center 350 Duffield Hall Ithaca, NY 14853 USA	Donghai Wang Department of Chemical & Biomolecular Engineering 300 Lindy Boggs Center Tulane University New Orleans, LA 70118 USA
Bingqing Wei Louisiana State University Department of Electrical and Computer Engineering and Center for Computation and Technology EE Building, South Campus Drive Baton Rouge, LA 70803 USA	Jennifer West Rice University Department of Bioengineering Houston, TX 77005 USA
Samuel A. Wickline School of Medicine Washington University St. Louis, MO 63110 USA	Patrick M. Winter Washington University School of Medicine St. Louis, MO 63110 USA
Jian Min (Jim) Zuo Department of Material Science and Engineering and F. Seitz Materials Research Laboratory University of Illinois at Urbana- Champaign 1304 West Green Street Urbana, IL 61801 USA	

المحتويات

الصفحة

هـ	مقدمة المترجمين	.....
ز	مقدمة	.....
ط	تمهيد	.....
س	قائمة المشاركين	.....

الجزء الأول

الباب الأول: صناعة المواد النانوية

٣	الفصل الأول: الأساليب التشييدية للمواد النانوية الفلزية	.....
٣	١,١ المقدمة	.....
٥	١,٢ التحضيرات الكيميائية الرطبة	.....
١٠	١,٣ عوامل الاختزال	.....
٢٢	١,٤ التشييد الكهروكيميائي	.....
٢٧	١,٥ تفكك معقدات الفلزات الانتقالية منخفضة التكافؤ	.....
٢٩	١,٦ فصل الجسيمات حسب الحجم	.....
٣٢	١,٧ التطبيقات المحتملة في علم المواد	.....
٣٨	المراجع	.....
٥٣	الفصل الثاني: الأساليب التشييدية للأنابيب الكربونية النانوية	.....

٥٣	٢,١ المقدمة.....
٥٤	٢,١,١ تركيب المواد الكربونية النانوية.....
٥٥	٢,١,٢ مدى واسع من الخواص.....
٥٧	٢,٢ عائلة المواد الكربونية النانوية.....
٥٧	٢,٢,١ الفوليرينات.....
٦٠	٢,٢,٢ الكربون بصلي الشكل (الفوليرينات المتداخلة).....
٦٢	٢,٢,٣ الألياف الكربونية النانوية.....
٦٤	٢,٢,٤ الأنابيب الكربونية النانوية.....
٦٦	٢,٢,٥ الالماس النانومتري وكربون يشبه الالماس.....
٦٨	٢,٢,٦ الكربون المسامي النانوي المنشط.....
٦٩	٢,٣ تشييد الأنابيب الكربونية النانوية.....
٧٠	٢,٣,١ نمو الأنابيب النانوية بطريقة تفرغ القوس الكهربائي.....
٧١	٢,٣,٢ إنتاج الأنابيب الكربونية النانوية عن طريق التذرية بالليزر.....
٧٣	٢,٣,٣ ترسيب البخار الكيميائي كأداة لإنتاج الأنابيب الكربونية النانوية.....
٧٤	٢,٤ التحكم في تشييد بُنى الأنابيب الكربونية النانوية.....
٧٥	٢,٤,١ نمو موقع الركيزة الانتقائي.....
٧٦	٢,٤,٢ بُنى الأنابيب النانوية ثلاثية الأبعاد.....
٧٨	٢,٤,٣ جدائل الأنابيب النانوية أحادية الجدار فائقة الطول.....
٨٠	٢,٥ نظرة على التطبيقات الطبية الحيوية.....
٨٠	٢,٥,١ التصوير والتشخيص.....
٨٣	٢,٥,٢ الحساسات الحيوية.....
٨٦	٢,٦ الخلاصة.....
٨٧	الاختصارات.....
٨٧	المراجع.....

المحتويات

ث

الفصل الثالث: أنظمة نانوية التركيب من كتل بناء منخفضة الأبعاد	٩١
٣,١ المقدمة	٩١
٣,٢ نظام ذو تركيب نانوي بالتجميع الذاتي	٩٣
٣,٢,١ تجمعات الجسيمات النانوية	٩٣
٣,٢,١,١ دور جزيئات التغطية	٩٤
٣,٢,١,٢ التجميع متعدد المكونات	٩٦
٣,٢,٢ تجمعات التركيب النانوي أحادي البعد	٩٨
٣,٣ تجميع التمييز الجزيئي الحيوي والمحاكي الحيوي	١٠١
٣,٣,١ تجميع بالتمييز الجزيئي الحيوي	١٠١
٣,٣,١,١ تجميع بمساعدة الحمض النووي	١٠١
٣,٣,١,٢ تجمعات بمساعدة البروتين	١٠٣
٣,٣,١,٣ تجمعات بمساعدة الفيروس	١٠٤
٣,٣,٢ عملية تجميع المحاكي الحيوي	١٠٥
٣,٤ التجميع والتكامل بمساعدة القالب	١٠٨
٣,٤,١ التجميع الذاتي بمساعدة القالب	١٠٨
٣,٤,١,١ القولية بالتراكيب البارزة (الناتئة)	١٠٩
٣,٤,١,٢ القولية بالأسطح المنمطة الوظيفية	١١٢
٣,٤,٢ تنميط تجمعات المكونات نانوية الحجم	١١٣
٣,٥ التجميع المستحث بالمجال الخارجي	١١٤
٣,٥,١ التجميع الموجه بالتدفق	١١٤
٣,٥,٢ التجميع المستحث بمجال كهربائي	١١٥
٣,٥,٣ التجميع بالاستشراء	١١٦
٣,٥,٤ التجميع باستخدام تقنيات لآنموير - بلودجيت	١١٧
٣,٦ التشييد المباشر لتراكيب نانوية ثنائية/ثلاثية الأبعاد	١١٨

١١٩	التشييد بالقالب	٣,٦,١
١٢٠	التشييد بقالب السليكا متوسط المسام	٣,٦,١,١
١٢٥	التشييد المباشر للتركيب النانوية باستخدام القوالب اللينة	٣,٦,١,٢
١٢٧	التشييد المباشر لمصفوفات التراكيب النانوية أحادية البعد الموجهة	٣,٦,٢
١٢٩	المصفوفات الموجهة بترسيب البخار الكيميائي	٣,٦,٢,١
١٣١	نمو المحلول البذري	٣,٦,٢,٢
١٣٤	التطبيقات	٣,٧
١٣٤	تطبيقات الاستشعار البيولوجي والكيميائي	٣,٧,١
١٣٥	الاستشعار المستند على الأنابيب الكربونية النانوية	٣,٧,١,١
١٣٦	الاستشعار المستند على السلك النانوي شبه الموصل	٣,٧,١,٢
١٣٨	الاستشعار المستند على السلك النانوي الفلزي	٣,٧,١,٣
١٣٩	التطبيقات الأخرى لتجمعات المكونات المتكاملة نانوية الحجم	٣,٧,٢
١٤١	الملاحظات الختامية	٣,٨
١٤٢	المراجع	
١٥٥	الفصل الرابع: محاكيات الكولاجين نانوية التركيب في هندسة الأنسجة	
١٥٥	المقدمة	٤,١
١٥٨	التدرج التركيبي للكولاجين	٤,٢
١٦٠	تسلسل الأحماض الأمينية والتركيب الثانوي	٤,٣
١٦٢	الملاحظة التحريية من لولب الكولاجين الثلاثي	٤,٤
١٦٦	حركية الطي (اللف)	٤,٥
١٦٨	تحقيق الاستقرار من خلال اختيار التسلسل	٤,٦
١٧٢	تحقيق الاستقرار عن طريق هيدروكسي البرولين: تجعد حلقة البيروليدين	٤,٧
١٧٥	استقرار اللولب الثلاثي من خلال التكسد القسري	٤,٨
١٧٩	مصفوفة خارج الخلية ومحاكيات الكولاجين في هندسة الأنسجة	٤,٩

١٨٢	٤,١٠ "الأطراف اللزجة" والبلمرة فوق الجزئية
١٨٩	٤,١١ الخلاصة
١٨٩	الاختصارات
١٩٠	المراجع
	الفصل الخامس: المحاكيات الحيوية الجزئية: بناء المواد بطريقة الطبيعة، جزيء بعد
١٩٥	جزيء
١٩٦	٥,١ المقدمة
١٩٩	٥,٢ بيتيدات الارتباط غير العضوي عن طريق البيولوجيا التوافقية
٢٠٤	٥,٣ الخصوصية الفيزيائية والنمذجة الجزئية
٢٠٦	٥,٤ تطبيقات البولي بيتيدات المهندسة كقوائم جزيئية
٢٠٧	٥,٤,١ التجميع الذاتي لبولي بيتيدات الارتباط غير العضوي كطبقات أحادية
	٥,٤,٢ التشكل الحيوي للجسيمات النانوية غير العضوية عن طريق البروتينات المهندسة
٢٠٩	جينياً لغير العضويات
	٥,٤,٣ تجميع الجسيمات غير العضوية النانوية عن طريق البروتينات المهندسة جينياً
٢١١	لغير العضويات
٢١٣	٥,٥ الآفاق المستقبلية والتطبيقات المحتملة في تقنية النانو
٢١٧	الاختصارات
٢١٧	المراجع

الباب الثاني: أدوات التوصيف للمواد النانوية والأنظمة النانوية

٢٢٣	الفصل السادس: تقنيات المجهر الإلكتروني لتوصيف المواد النانوية
٢٢٣	٦,١ المقدمة
٢٢٥	٦,٢ الهندسة والحيود الإلكتروني
٢٢٧	٦,٢,١ الحيود الإلكتروني من المساحة المختارة

٢٢٨	٦,٢,٢	الحيود الإلكتروني من المساحة النانوية.....
٢٣٠	٦,٢,٣	الحيود الإلكتروني من الشعاع المتقارب
٢٣٢	٦,٣	نظرية الحيود الإلكتروني.....
٢٣٣	٦,٣,١	الحيود الإلكتروني الحركي والتشتت الذري الإلكتروني.....
٢٣٥	٦,٣,٢	الحيود الإلكتروني الحركي من تجمع الذرات
٢٤٠	٦,٤	المجهر الإلكتروني عالي الوضوح
٢٤٥	٦,٥	التحليل التجريبي
٢٤٥	٦,٥,١	تسجيل نمط الحيود التجريبي.....
٢٤٧	٦,٥,٢	مشكلة الطور والانقلاب
٢٤٩	٦,٥,٣	فرط عينة الحيود الإلكتروني واسترداد الطور للمواد النانوية
٢٥٤	٦,٦	التطبيقات
٢٥٤	٦,٦,١	تحديد تركيب الأنابيب الكربونية النانوية أحادية الجدار
٢٥٨	٦,٦,٢	تركيب العناقيد النانوية الصغيرة المدعمة والتناضد.....
٢٦١	٦,٧	الاستنتاجات والمنظورات المستقبلية
٢٦١		الاختصارات
٢٦٣		المراجع
٢٦٥		الفصل السابع : طرائق الأشعة السينية لتوصيف الجسيمات النانوية.....
٢٦٥	٧,١	المقدمة.....
٢٦٧	٧,٢	حيود الأشعة السينية: التعرف على ترتيب الذرات
٢٧٥	٧,٣	تشتت الأشعة السينية صغير الزاوية: تعلّم مورفولوجيا وشكل الجسيمات.....
٢٨١	٧,٤	امتصاص الأشعة السينية: استكشاف التركيب الكيميائي والتركيب الموضعي.....
٢٨٧	٧,٥	التطبيقات
٢٨٧	٧,٥,١	جسيمات الكوبالت النانوية بأصداف (بأغلفة) حماية مختلفة
٢٩٣	٧,٥,٢	جسيمات PdxPty النانوية.....

المحتويات

ظ

٢٩٨	تشكيل جسيمات البلاطين النانوية
٣٠٢	الملخص والاستنتاجات
٣٠٤	ملحق: الوصف الرسمي لتفاعل الأشعة السينية مع المادة
٣٠٤	A.1 الأسلوب العام
٣٠٦	A.2 حيود الأشعة السينية
٣٠٨	A.3 التشتت صغير الزاوية
٣٠٩	A.4 امتصاص الأشعة السينية
٣١٣	المتغيرات
٣١٥	المراجع
٣١٩	الفصل الثامن: كشف ومعالجة الجزيء الوحيد في تقنية النانو والبيولوجيا
٣١٩	٨,١ المقدمة
٣٢٠	٨,٢ الكشف البصري عن الجزيئات الوحيدة
٣٢٠	٨,٢,١ الكشف عن الجزيئات الوحيدة بمجهر التآلق متحد البؤرة
٣٢٤	٨,٢,٢ إظهار (رؤية) الجزيئات الوحيدة بكشف التآلق الخارجي
٣٢٦	٨,٢,٣ مجهر تآلق الانعكاس الداخلي الكلي (TIRF)
٣٢٩	٨,٢,٤ مطيافية رامان الرنينية معززة السطح لجزيء وحيد
٣٣١	٨,٣ معالجات الجزيء الوحيد باستخدام مصائد بصرية
٣٣١	٨,٣,١ دراسات القوة باستخدام مصائد أنحدار (ميل) الشعاع الوحيد
٣٣٤	٨,٣,٢ الحصر (الأسر) الدوامي البصري
٣٣٦	٨,٣,٣ الصفوف البصرية
٣٣٧	٨,٤ التطبيقات في مطيافية الجزيء الوحيد
٣٣٧	٨,٤,١ ديناميكية الشكل الجزيئي لجزيئات الحمض النووي DNA الوحيدة في المحلول
٣٤٠	٨,٤,٢ تقصي حركية جزيئات الإنزيم الوحيدة
٣٤٥	٨,٤,٣ كشف وفرز وتسلسل جزيء وحيد للحمض النووي DNA

٣٤٨	٨,٤,٤ تصوير الجزيء الوحيد في الخلايا الحية
٣٥٠	٨,٥ كشف الجزيء الوحيد بالأنواع الفلورية اللامعة
٣٥٠	٨,٥,١ المسابر البصرية
٣٥٢	٨,٥,٢ النقاط الكميّة
٣٥٣	٨,٦ الكيمياء النانوية بالحوصلات والقطيرات الدقيقة
٣٥٥	٨,٧ وجهات النظر
٣٥٦	المراجع
٣٦٩	الفصل التاسع: تقنيات النانو للتصوير الخلوي والجزيئي بالرنين المغناطيسي
٣٦٩	٩,١ المقدمة
٣٧٢	٩,٢ أمراض الأوعية القلبية
٣٧٦	٩,٣ التصوير الخلوي والجزيئي
٣٧٩	٩,٤ التصوير الخلوي بأكاسيد الحديد
٣٨٢	٩,٥ التصوير الجزيئي بمجسيمات بارامغناطيسية نانوية
٣٨٤	٩,٥,١ تحقيق الأمثلة لكيمياء الصياغة
٣٩٢	٩,٥,٢ تحقيق الأمثلة لتقنيات التصوير بالرنين المغناطيسي
٣٩٦	٩,٥,٣ التصوير الجزيئي لنمو (لتكوّن) الأوعية الدموية الجديدة داخل الجسم
٤٠٠	٩,٦ الاستنتاجات
٤٠١	المراجع

الجزء الثاني

الباب الثالث: تطبيق تقنية النانو في مجال البحث الطبي الحيوي

٤١١	الفصل العاشر: تقنية النانو في توصيل الجين اللافيروسي
٤١١	الملخص
٤١٢	١٠,١ مقدمة

٤١٥	١٠,٢ العوامل التي تُثير تشكيل جسيمات الحمض النووي DNA النانوية
٤١٥	١٠,٢,١ البولي أمينات (متعدد الأمينات)
٤٢٠	١٠,٢,٢ الدهون الكاتيونية
٤٢٣	١٠,٢,٣ البولي إيثيلين إيمين
٤٢٥	١٠,٢,٤ الدينديمرات (البوليمرات الشجرية)
٤٢٩	١٠,٢,٥ البروتينات والبولي بيتيدات
٤٣٣	١٠,٢,٦ البوليمرات
٤٣٤	١٠,٣ توصيف جسيمات الحمض النووي DNA النانوية
٤٣٤	١٠,٣,١ تشتت ضوء الليزر
٤٣٦	١٠,٣,٢ المجهر الإلكتروني
٤٤٠	١٠,٣,٣ مجهر القوة الذرية
٤٤٢	١٠,٣,٣,١ دراسات جسيمات الحمض النووي النانوية بمجهر القوة الذرية
٤٤٧	١٠,٣,٣,٢ قيود تقنية مجهر القوة الذرية
٤٥٠	١٠,٤ الاعتبارات الآلية في تشكيل جسيم الحمض النووي DNA النانوي
٤٥٥	١٠,٥ تطبيقات العلاج الجيني المنهجي
٤٥٧	١٠,٦ التوجهات المستقبلية
٤٥٩	الاختصارات
٤٦٠	المراجع
٤٧١	الفصل الحادي عشر: الجسيمات النانوية لتوصيل عقاقير السرطان
٤٧١	١١,١ المقدمة
٤٧٢	١١,٢ السرطان: مرض فتاك والأساليب الحالية لعلاج
٤٧٧	١١,٣ خصائص أنسجة الورم
٤٧٩	١١,٤ توصيل العقاقير إلى الأورام
٤٨١	١١,٥ الخواص الفيزيوكيميائية للجسيمات النانوية في علاج السرطان

المحتويات

ب ب

٤٨٤	١١,٥,١ مسارات سريان الجسيمات النانوية داخل الجسم
٤٨٧	١١,٥,٢ معالجة سطح أو تغليف الجسيمات النانوية
٤٨٨	١١,٥,٣ بوليمرات للكبسلة (للتغليف)
٤٨٩	١١,٦ توصيل عوامل العلاج الكيميائي لموقع محدد باستخدام الجسيمات النانوية
٤٩٠	١١,٦,١ الاستهداف السليبي
٤٩١	١١,٦,١,١ استهداف الغدد الليمفاوية بالجسيمات النانوية
٤٩٢	١١,٦,١,٢ زيادة التوافر الحيوي للمركب
٤٩٩	١١,٦,٢ الاستهداف الفعال
٤٩٩	١١,٦,٢,١ الاستهداف الموجه مغناطيسياً إلى نسيج الورم [FettU]
٥٠٥	١١,٦,٢,٢ استهداف فعال موجه بالليجانند
٥٠٦	١,٦,٢,٣ توصيل عقاقير مستهدفة باستخدام التوجيه المغناطيسي
٥٠٧	١١,٧ العلاج الجيني اللا فيروسي بالجسيمات النانوية
٥١١	١١,٨ الحرارة المفرطة
٥١٦	١١,٩ التوصيل المحكوم لعقاقير العلاج الكيميائي باستخدام الجسيمات النانوية
٥٢٠	١١,١٠ جسيمات نانوية للتحايل على مقاومة العقاقير المتعددة
٥٢٢	١١,١١ المشاكل المحتملة في استخدام الجسيمات النانوية لعلاج السرطان
٥٢٣	١١,١٢ النظرة المستقبلية
٥٢٤	الاختصارات
٥٢٥	المراجع
٥٤١	الفصل الثاني عشر: التطبيقات التشخيصية والعلاجية للقذائف النانوية الفلزية
٥٤١	المخلص
٥٤٢	١٢,١ المقدمة
٥٤٩	١٢,٢ المنهجية
٤٤٩	تصنيع الصدف الذهبية النانوية

المحتويات

ج ج

٥٥٠	ترافق الجسم المضاد
٥٥١	زراعة الخلية
٥٥١	التصوير الجزيئي، والسمية الخلوية، وصبغ الفضة
٥٥٢	التصوير الشعاعي الطبقي المترابط بصرياً (OCT)
٥٥٣	العلاج الحراري الضوئي بالصدفة النانوية خارج الجسم
٥٥٤	١٢,٣ النتائج والمناقشة
٥٦٣	١٢,٤ الاستنتاجات
٥٦٥	المراجع
	الفصل الثالث عشر: تفكيك وإزالة المخاطر الحيوية باستخدام أنظمة النواقل
٥٦٧	المغناطيسية النانوية تنصل
٥٦٨	١٣,١ مقدمة
٥٧١	١٣,٢ الحاجة التقنية
٥٧٥	١٣,٣ الأساس التقني
٥٧٥	١٣,٣,١ الاختلاف بين عزل وتوصيل العقاقير باستخدام الكرات النانوية والميكروية
٥٧٧	١٣,٣,٢ سلامة الأوعية الدموية من الكرات النانوية
٥٧٨	١٣,٣,٣ سمية المكوّنات
٥٨٠	١٣,٣,٤ الترشيح المغناطيسي للكرات النانوية من الدورة الدموية
٥٨٢	١٣,٤ المواصفات التقنية
٥٨٢	١٣,٤,١ تطوير الكرات النانوية المغناطيسية المستقرة حيوياً
٥٨٣	١٣,٤,١,١ حجم الكرة النانوية
٥٨٦	١٣,٤,١,٢ خواص السطح
٥٨٧	١٣,٤,١,٣ التحلل الحيوي
٥٨٨	١٣,٤,١,٤ المستقبلات السطحية
٥٩٣	١٣,٤,٢ الترشيح المغناطيسي للكرات النانوية المغناطيسية المرتبطة بالسم

٥٩٦	١٣,٥	التقدم التقني
٦٠١		المراجع
٦٠٥		الفصل الرابع عشر: تقنية النانو في إزالة تلوث (تطهير) العامل البيولوجي
٦٠٥	١٤,١	المقدمة
٦٠٦	١٤,٢	الطرق القياسية لإزالة التلوث الكيميائي للعوامل البيولوجية
٦٠٨	١٤,٣	المواد النانوية لإزالة التلوث
٦١٠	١٤,٤	أكسيد المغنيسيوم
٦١٢	١٤,٥	آلية العمل
٦١٦	١٤,٦	ثاني أكسيد التيتانيوم
٦١٦	١٤,٧	الملخص
٦١٧		المراجع

الباب الرابع: تأثير تقنية النانو الطبية الحيوية على الصناعة والمجتمع والتعليم

الفصل الخامس عشر: أصغر من أن يرى: تعليم الجيل القادم علوم وهندسة المقياس

٦٢١		النانوي
٦٢١	١٥,١	المقدمة
٦٢٢	١٥,٢	تقنية النانو كمحفز لجذب الطلاب
٦٢٥	١٥,٣	المقياس النانومتري
٦٢٥	١٥,٣,١	أصغر من أن يرى
٦٢٦	١٥,٣,٢	كيف نرى أشياء أصغر من أن ترى؟
٦٢٩	١٥,٣,٣	كيف نجعل الأشياء أصغر من أن ترى؟
٦٣٣	١٥,٤	فهم أشياء أصغر من أن ترى
٦٣٣	١٥,٤,١	ماذا يعرفون؟
٦٣٥	١٥,٤,٢	نظرية الجسيم

المحتويات

هـ

٦٣٨	١٥,٥	تصميم أنشطة تعلم علمية عملية لجذب الذهن
٦٤١	١٥,٦	الأشياء التي تخيفنا
٦٤١	١٥,١٦,١	المخاوف المجتمعية من تقنية النانو
٦٤٣	١٥,٦,٢	الجيل القادم
٦٤٥	١٥,٧	الطريق إلى الأمام
٦٤٦		المراجع
		الفصل السادس عشر: التقنية الطبية الحيوية النانوية: التحديات المالية، والقانونية، والسريرية، والسياسية، والأخلاقية، والاجتماعية التي تواجه تطبيقها .. ٦٤٩
٦٤٩	١٦,١	المقدمة
٦٥٤	١٦,٢	دريكسلر والمُجمّع العالمي المخيف
٦٥٧	١٦,٣	النواحي المالية
٦٦١	١٦,٤	النواحي القانونية والتنظيمية
٦٦٥	١٦,٤,١	التشخيص
٦٦٦	١٦,٤,٢	اللائحة الأوروبية والكندية
٦٦٧	١٦,٤,٣	اللائحة العامة لتقنية النانو
٦٧١	١٦,٥	النواحي التشغيلية
٦٧٣	١٦,٦	النواحي السريرية
٦٧٥	١٦,٧	التحديات الاجتماعية والأخلاقية والسياسية
٦٨١	١٦,٧,١	سيناريو الجو جرای
٦٨١	١٦,٧,٢	سيناريو الجو جرين
٦٨٣	١٦,٧,٣	الكارثة البيئية بسبب استنشاق أو ابتلاع الجسيمات النانوية
٦٨٤	١٦,٧,٤	نهاية الاقتصاد القائم على نقص الاحتياجات
٦٨٥	١٦,٧,٥	"سيعيش الناس للأبد، مما يؤدي إلى الانفجار السكاني"
	١٦,٧,٦	"سيعيش الأغنياء فقط للأبد": ستعود فوائد التقنية النانوية فقط على أولئك

٦٨٨	القادرين عليها مادياً.....
٦٨٩	"ستحولنا تقنية النانو إلى "سايبورغات"
٦٩٠	"يمكن أن تستخدم تقنية النانو لصنع أسلحة الدمار الشامل المدهشة"
٦٩١	١٦,٨ الملخص
٦٩٣	الاختصارات
٦٩٣	المراجع
٦٩٥	ثبت المصطلحات
٦٩٥	أولاً: عربي-إنجليزي
٧٥٥	ثانياً: إنجليزي-عربي
٨١٥	كشاف الموضوعات