بسم الله الرحمن الرحيم

النانو: المواد والتقنيات والتصميم

مقدمة للمهندسين والمعماريين

تأليف

دانيال ل. شودك **باولو فيريرا** **مايك ف. آشبي**

ترجمة

الدكتور المهندس حسين محمد عبد المنعم حسين
معهد التصنيع المتقدم
جامعة الملك سعود

الدكتور ناصر محمد عبدالسلام عمر
كلية المجتمع
جامعة الملك سعود

دار جامعة الملك سعود للنشر

ص ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ - المملكة العربية السعودية

ⓒ دار جامعة الملك سعود للنشر، ١٤٣٥هـ (٢٠١٤م)

هذه ترجمة عربية مصرح بها من مركز الترجمة بالجامعة لكتاب:

Nano materials, Nano technologies and Design
By: Michael F. Asby, Paulo J. Ferreira and Daniel L. Schodek
© Elsevier Ltd., 2009

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

شودك ، دانيال ل

النانو المواد والتقنيات والتصميم. / دانيال ل شودك؛ باولو فيريرا ؛ مايـك ف أشـبي ؛ نـاصر محمد عمر ؛ حسين محمد حسين - الرياض، ١٤٣٥هـ

٦٨٤ ص؛٢١×٢٨ سم

ردمك: ٩-٢٧٧-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨

١-تقنية النانو ٢- النانو أ. فيريرا ، باولو (مؤلف مشارك) ب. أشـبي ، مايـك ف (مؤلـف مشـارك) ج. عمر ، ناصر محمد (مترجم) د. حسين ، حسين محمد (مترجم) هـ. العنوان

ديوي ٥, ٦٢٠ ١٤٣٥/٥٩٦٠

رقم الإيداع: ١٤٣٥/٥٩٦٠

ردمك: ٩-٢٧٧-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة، وقد وافق المجلس العلمي على نشره في اجتماعه السادس للعام الدراسي ١٤٣٤/١٤٣٥هـ المعقود بتاريخ ١٥/ ١/ ١٤٣٥هـ الموافق ١٨/ ١١/ ٢٠١٣م

دار جامعة الملك سعود للنشر، ١٤٣٥هـ

مقدمة المترجميْن

لقد شهدت مراحل الحياة الإنسانية مجموعة من الفترات الزمنية التي تميزت بمجموعة من الأسماء الدالة على ما تتميز به هذه الفترات مثل العصر الطباشيري، والعصر الحجري الذي فيه تعلم الإنسان تصنيع أدواته الحربية من الحجارة ثم العصر البرونزي الذي اكتشف فيه الإنسان المعادن وكيف أن إضافة عنصر القصدير إلى النحاس يزيد من صلابة هذه السبيكة، ثم العصر الحديدي (وما تلاه من اختراع الصلب والسبائك الحديدية) الذي طال وقته وتعددت تطبيقاته وصولاً إلى عصر النهضة الصناعية ثم عصر الفضاء والذي لم يدُم طويلا حتى جاءت القنبلة الذريه في منتصف القرن المنصرم لتعلن بكل قوة عن بداية عصر الذرة. ونعيش الآن في مرحلة من التطور البشرى لم يسبق لها مثيل في جميع مراحل حياتنا الإنسانية. لقد أصبحنا محاطين بجميع نواحي التقنية، وتعمقنا في جميع المجالات العلمية بصورة مذهلة حتى وقفت الإنسانية عاجزة عن تحديد السمة المميزة لهذا العصر، فهناك قائل بأننا في عصر الكمبيوتر فهو الذي جلب لنا كل هذا التقدم، وهناك من قال إننا في عصر التقنية فلا كمبيوتر بدون تقنية، وهناك قائل بأننا ما زلنا في توابع عصر الذرة، ولكن الفئة الفائزة هي التي قالت إننا في عصر النانو.

لقد اكتشف الإنسان عبر مراحل حياته المختلفة أن أدق أسرار حياته تكمن في دقائق الأمور، وقد عبرَّ العالم ريتشارد فينمان عن ذلك من خلال محاضرته التي تعد المتنبئة بعصر تقنية النانو والمعنونة (هناك أماكن لا حصر لها في القاع).فعلى سبيل المثال، مشاكل تصميم الأجزاء الميكانيكية قد أمكن حلها في البداية باستخدام المعادلات التصميمية، ولكن عند التعمق أكثر وأكثر في هذه المشاكل لم يعد الحل ممكنًا إلا باستخدام برامج تحليل العناصر متناهية الصغر Finite Element Analysis. وفي الجراحات الدقيقة، عبّر الإنسان عن حاجته إلى وسائل دقيقة للولوج إلى جسم الإنسان من خلال الفيلم الأمريكي (رحلة إلى داخل جسم الإنسان) حيث تخيل الفيلم عملية تصغير لمجموعة من العلماء داخل غواصة تم حقنها للمريض من خلال محقن. وقام الإنسان بمحاكاة هذه الفكرة في العصر الحديث عن استخدام ما يسمى بالأجهزة أو الروبوتات النانوية، ومن المستحيل تصنيع هذه الأجهزة

أو الروبوتات النانوية باستخدام ماكينات التشغيل التقليدية وإنما ابتكرت لها تقنية تسمى بالتشغيل الآلي الدقيق والنانوي. هذا فيما يتعلق بالتشغيل، أما ما يتعلق بالتشكيل فابتكرت ما تسمى بتقنية قوالب الصياغة أو القولبة النانوية nano-molding or nano-dies. فى مجال علاج الأمراض المستعصية أو مجال التفاعلات الكيميائية، وجد العلماء أنه لو أمكن مراقبة مراحل وسلوك تغلغل المرض في مراحله الأولية، فربما أمكن إيجاد العلاج الرادع لها وكان التصوير فائق السرعة بمعدلات الفمتو ثانية وسيلة متميزة للتعمق في دقائق أمور الكائنات الحية والتفاعلات الكيميائية وسبر أغوارها. و كانت المفاجأة الكبرى عندما اكتشف الإنسان أن سلوك المعدن في شكله النانوي يختلف كليًّا عن سلوكه في الحالة العادية، مما يفتح لنا مجالات لا يمكن حصرها وتطبيقات لا يمكن تخيلها في هذا المجال ويضعنا أمام عالم لا نهاية له. وشيئًا فشيئًا أصبح علم المنمنمات بجميع نواحيه جزءًا لا ينفصل عن حياتنا المعاصرة.

يتناول هذا الكتاب علم المواد من وجهة نظر تقنية النانو بكل ما يحيط بها من علوم مساعدة وأوجه التطبيقات التي نجحت فيها والمقترحة، كما يعطى صورة كاملة لكل ما يتعلق بعلم تقنية النانو، ويعد هذا الكتاب من أفضل ما نشر حتى الآن فيما يتعلق بهذا العلم الحديث، فقد ترك قشور الموضوع ليغوص في الأعماق التي خشي الكثيرون سبر أغوارها أو المساس بها. ونحن نرجو أن يكون هذا الكتاب نبراسًا و مرجعًا أساسيًّا لكل من يرغب في سبر أغوار هذا العلم الوليد.

ونظراً لافتقار المكتبة العربية إلى وجود مثل هذه النوعية المتخصصة فقد رأينا أن من واجبنا ترجمة هذا الكتاب المهم إلى اللغة العربية ليخدم قطاعات متنوعة من طلاب كليات العلوم والهندسة وعلوم المواد في مرحلتي البكالوريوس والدراسات العليا.

والله من وراء القصد وهو الهادي إلى سواء السبيل

المترجمان

مقدمة

في الوقت الحالي مقدار هائل من الاهتمام بالمواد والتقنيات النانوية، وهما مصطلحين مألوفين ليس لدى العلماء والمهندسين والمعماريين ومصممي المنتجات فقط، بل لدى الجمهور العام كذلك. لقد تطورت المواد والتقنيات النانوية كنتيجة للتقدم العلمي في مجال علم المواد. ومن المتوقع أن يكون لاستخدامها، في المقابل، نتائج هائلة على تصميم وهندسة كل شيء بدءًا من المنتجات الاستهلاكية الشائعة والمباني على طول الطريق من خلال الأنظمة المتطورة التي تدعم مجموعة كبيرة من التطبيقات في صناعة الطائرات والسيارات، والصناعات الأخرى. الآمال معقودة بأن تكون المواد والتقنيات النانوية قادرة على جعل الأشياء أصغر وأخف وزنًا، أو تعمل على نحو أفضل مما هو ممكن بالمواد التقليدية. كما يمكن معالجة المشاكل الخطيرة التي تواجه المجتمع بشكل إيجابي، عن طريق استخدام المواد والتقنيات النانوية. في مجال الطاقة، على سبيل المثال، يمكن أن توفر خلايا وقود أساسها النانو أو خلايا فلطائية ضوئية كفاءاتها أعظم فعلاً من المحتملة بالمواد التقليدية. لقد أثارت التطورات في المواد والتقنيات النانوية اهتمام العديد من الأفراد المعنيين بمجال الهندسة والهندسة المعمارية، وتصميم المنتج، سواء في التشييد والسيارات، أو حتى صناعات الأزياء.

على الرغم من الجلبة المحيطة بهذه المواد والتقنيات الجديدة، فإنه يمكن أن تكون إمكانياتها مبالغاً فيها أكثر من اللازم في كثير من الأحيان حيث يُحيط الغموض بهذه الكلمات، التي يمكن أن تلقي بظلالها على فهم طبيعة المواد والتقنيات النانوية في الواقع، وماذا يمكنها تقديمه. أحد أغراض هذا الكتاب إزالة الغموض عن هذا الموضوع، والتمييز بين ما هو حقيقي وما هو ليس كذلك. مع ذلك هناك حاجة إلى فهم أفضل لما هي الفوائد والتكاليف المرتبطة باستخدام المواد النانوية في مجالات التصميم، وماهية هذه المواد والتقنيات الجديدة في الواقع، وكيف يمكن استخدامها على نحو فعال في مجال العلوم والهندسة. إن المعرفة المستندة على العلم الأساسي متوفرة، لكن ليس من الضروري فهم كيف يمكن أن تستخدم هذه المواد والتقنيات لمعالجة الاحتياجات المجتمعية الحقيقية، أو ببساطة أكثر

لتوفير قاعدة للتطبيقات المفيدة، ويتم وصف الوضع أفضل في أغلب الأحيان بالعبارة الكلاسيكية "تقنية تبحث عن تطبيق". يوجد عدد قليل نسبيًّا من التطبيقات في الهندسة المعمارية وتصميم المنتجات في هذه المسألة، لذلك هناك بضعة أمثلة أو دراسات حالة للاستكشاف. وما زال الاعتقاد الرئسي الوارد في هذا الكتاب أن المواد والتقنيات النانوية تقدم سبلاً جديدة لمعالجة العديد من الاحتياجات الحالية، بالإضافة لتوفير القاعدة لرؤية إيجابية للتطورات المستقبلية. يستكشف الكتاب هذه الأنواع من التطبيقات التقدمية المحتملة.

من الواضح أن المجال في وضع ناشئ إلا أن إمكانياته واضحة. والسؤال هو كيف يمضي قدمًا. الموقف الوارد في هذا الكتاب أنه لا يمكن أن يتحقق هذا إلا بعمل المصممين والمهندسين وعلماء المواد سويًّا. الإشارة إلى أن هذه المجموعات "تتعاون" رغم ذلك ببساطة غير فعالة عادة. من الضروري أن تكون هناك قاعدة مشتركة للتواصل وتبادل الأفكار. لغة التحدث المفهومة من قبل مجموعة، يمكن أن تكون غريبة إلى مجموعة أخرى. وفي هذا السياق، الهدف الأساسي من هذا الكتاب تقديم كل من الأرضية واللغة المشتركة لفهم أفضل عن كيفية استخدام المواد والتقنيات النانوية على نحو فعال. إنها تسعى إلى نقل الفهم التقني الضروري من الأفكار الأساسية، التي تقوم عليها هذه المواد والتقنيات الجديدة، إلى المصممين بحيث يكونوا أكثر قدرة على فهم كيفية استغلال خصائصها بفعالية في سياق التصميم. في الوقت نفسه تسعى لتقديم علماء المواد والمهندسين واسعي الاطلاع بالمواد النانوية لقضايا وعمليات التصميم. وما هي مشاكل التصميم التي تحتاج إلى حل، وكيف يفكر المصممون في حلها؟ بهذا الفهم المتبادل فقط، يمكن أن يصبحوا مشاركين بفعالية في تطوير تطبيقات ذات مغزى.

لتلبية هذه التطلعات ونطاق الكتاب الكبير أصلاً، يُسعى لاستكشاف ما هي المواد والتقنيات النانوية، وكيف يمكنهم تطبيقها في مختلف الصناعات. على أية حال، على الرغم من أن النطاق كبير، يستند المنهج المتبع في هذا الكتاب على الفرضية المستكشفة جيدًا، بأن تطبيقات التصميم الأكثر فعالية تحدث، عندما يكون هناك فهم متعمق حقيقي للمواد أو التقنيات المعنية، وليس عندما يؤخذ منهج مبسط أكثر من اللازم، حيث يتم تخفيض مناقشات القضايا التقنية لحالة بلا معنى تقريبًا.

يشتمل الكتاب على العديد من المزايا الفريدة حيث إنه يلخص مناقشات العديد من الأفكار والتقنيات المختلفة، التي توجد عادة منتشرة في كافة أنحاء الأدبيات. تجد الأمثلة على ذلك في الفصل الثامن من هذا الكتاب، والذي يقدم تغطية للعديد من عمليات التشييد المختلفة، استخدمت في صنع المواد النانوية. وهناك العديد من

المناقشات المتعمقة في كافة أنحاء أدبيات طرق التشييد النوعية، مثل الطباعة الليثوغرافية الناعمة أو طرق ترسيب صول (محلول غروي)-هلام، لكن نفس هذه المناقشات لا تغطي تقنيات أخرى بشكل شامل. إن المنهج هنا استكشاف كل الطرق الرئيسية للتشييد النانوي، والخواص الميكانيكية، والحرارية، والبصرية، والكهربائية الناتجة، وهي وجهة نظر شاملة ستكون موضع ترحيب من قبل معلمي الهندسة وعلماء المادة. المعرفة الواسعة للخواص الناتجة مهمة، أيضًا، لأي مصمم أو مهندس يحاول استخدام المواد النانوية. قد يكون من الصعب تعيين القيم الحقيقية لخواص المواد النانوية ؛ قد تسجل الخاصية الميكانيكية في مصدر، والخاصية الحرارية في مصدر آخر. في كتابة هذا الكتاب، وضعت جهدًا كبيرًا للتدقيق في الأدبيات لتحديد قيم ذات مصداقية للخواص الأساسية.

من المعروف حتى فيما مضى أن بعضاً من هذه الخصائص، والخبرة في عالم التصميم تشير إلى أن هذه القيم لا بد من وضعها في مقارنة مع المواد التقليدية قبل استخدامها، وخاصة بالنظر لارتفاع تكاليف المواد المستندة على النانو. هناك طريقة جيدة لاستكشاف المواد واختيارها لتلبي أهداف تصميم محددة هي أن تعرض خواصها مثل "مخططات الخاصية المادية" "material property charts". تعطي هذه المخططات البيانية لمحة عن السمات المادية وتسمح بإجراء المقارنات فيما بينها، بالإضافة إلى أنها تخدم كقاعدة لاختيار المواد الأكثر تقدمًا وتقنيات التصميم ذات الصلة. وقد أدرجت الخواص الحرجة للمواد النانوية المختلفة حاليًا في هذه الأنواع من المخططات، مما يسهل من فهم أين وكيف تستخدم المواد النانوية بفعالية في سياق التصميم.

بمعنى أوسع، الميزة الأخرى الفريدة لهذا الكتاب هو التوجه العام نحو التطبيقات. تتركز المناقشات حول التفكير في المنتجات والمباني عن طريق طبيعة البيئات والأنظمة والتجمعات الفيزيائية ذات العلاقة. وبدلا من ذلك قد تعتبر البيئات إما كجزء مكمل للتصميم، مثل الفراغات داخل المبنى، أو كتحديد السياق الذي يعمل فيه المنتج أو عاكس لنمطه البارز من العملية. تعرف الأنظمة عمومًا كمكونات أو كأجزاء فيزيائية تعمل بشكل تفاعلي لتوفير نوع ما معين من الوظيفة. في كل من المنتجات والمباني، اعتبارات واسعة للصوت، والحرارة، والإضاءة، والبيئات الميكانيكية وأنظمتها الوظيفية ذات الصلة المهمة دائمًا، وتؤثر على تعريف الخواص المادية اللازمة دائمًا، وبالتالي فإنها قد تؤثر أو لا تؤثر على الدور الذي تؤديه المواد والتقنيات النانوية بفعالية. يعكس هذا النوع من المنظور طريقة تفكير المصممين بشأن كيف وأين يمكن إدخال المواد أو التقنيات الجديدة، المنظور الذي من شأنه أن يهتم جيدًا العلماء والمهندسون بتطبيقات المواد النانوية المعروفة نوعًا ما.

هذا الكتاب منظم بطريقة مباشرة ويستخدم رسوم توضيحية بشكل شامل، حيث يقدم الفصلان الأول والثاني نظرة عامة غير تقنية في حد ذاتها، على الخصائص العامة للمواد النانوية، ويوفران أمثلة عن الطرق التي يمكن أن نجد فيها المواد النانوية في كل من الطبيعة والسياق التاريخي. يضع الفصل الثالث سياق التصميم الواسع ويستكشف عمليات التصميم الأساسية. أما الفصل الرابع فيستعرض الخواص التقنية الأساسية للمواد كتمهيد للتركيز على المواد النانوية. ويُستكمل هذا في الفصل الخامس حيث يعطي مقدمة لمخططات الخاصية المادية، ومؤشرات المادة، واستعمالها للاختيار المادي الأمثل. كذلك تعرض الإجراءات الرسمية لاختيار وفرز المادة، وتوفير منهجية لمقارنة الفوائد المترتبة على استخدام المواد النانوية لأنواع أخرى من مواد عالية الأداء تقليدية أكثر.

تؤدي هذه المقدمة إلى معالجة متعمقة للمواد النانوية التي تبدأ في الفصل السادس. إن المساهمة الكبيرة هنا هي من الطرق التوضيحية التي تستطيع أن تصنف مختلف أنواع المواد النانوية رسميا. يتم استكشاف تأثيرات الحجم وخصائص التحديد الأخرى للمواد النانوية. تتوافر الخواص الكهربائية والحرارية والميكانيكية النوعية لأنواع المواد النانوية الشائعة بالتفصيل في الفصل السابع. وبعد ذلك يتم وصف عمليات التشييد والتوصيف للمواد النانوية وإيضاحها في الفصل الثامن. كما يتضمن الفصل الثامن العديد من مخططات الخاصية المادية التي توضح الخواص المختلفة للمواد النانوية.

ثم ينتقل الكتاب بعد ذلك إلى اعتبارات التصميم أو التطبيقات الموجهة. وبعد ذلك تأتي مناقشة التطبيقات النوعية في بيئات التصميم الشائعة– الحرارية والميكانيكية والكهربائية، والبصرية– في الفصل التاسع. تستكشف هذه المقاطع بشكل واسع مجموعة من المواد والتطبيقات التقنية النانوية من حيث علاقتها بتصميم هذه البيئات المختلفة. ويبحث الفصل العاشر في تطبيقات منتجات معينة أو منظورات صناعية - المنسوجات والدهانات ومانعات التسرب النانوية، والتقنيات النانوية للتنظيف الذاتي، أو مضادات الميكروبات أو الشفاء الذاتي، وغيرها. ويفحص الفصل الحادي عشر بإيجاز المواد النانوية فيما يتعلق بالصحة والبيئة. ويختتم الفصل الثاني عشر جولة سريعة من القوى الدافعة وراء تطوير المواد والتقنيات النانوية في العديد من الصناعات.

يتضمن الجمهور المستهدف لهذا الكتاب طلاب كليات الهندسة، والهندسة المعمارية والمهندسين المحترفين، والمهندسين المعماريين، ومصممي المنتجات المهتمين باستكشاف كيف يمكن أن تؤدي هذه المواد والتقنيات الجديدة إلى أفضل المنتجات أو المباني. كذلك ستعثر الشركات والمجموعات الصناعية التي تخطط للمشاركة عن كثب في مجال

تقنية النانو على الاهتمام المنظوري الواسع. من الواضح أن لدى الأفراد في هذه المجالات خلفيات ومصالح وفهمًا مختلفًا تمامًا عن المواد وخصائصها وكذلك التقنيات. ومن الصعب أصلاً وجود كتاب واحد يتناول هؤلاء المشاركين المتعددين. فالمصممون عندهم أهداف رئيسية لصنع منتجات ومباني مهمة، وفعالة، ومفيدة، بمواد ذات مكون تصميم التمكين المهم. وتدور مصالحهم أكثر حول صفات التصميم النهائية والتطبيقات من تحقيق الفهم الكمي للمواد وخواصها. والعديد من مهندسي التصميم الموجه لهم مصالح مماثلة، ولكنها أكثر تركيزًا على طريقة تأثير خواص المادة على التصميم، وهم يستخدمون الطرق الكمية لتحقيق هذه الغايات. إن مهندسي وعلماء المواد يهتمون بالخواص الأساسية بشكل واضح وكيفية إنتاج مواد جديدة للاستخدام واسع النطاق. ولذا، اعتمادًا على خلفية القارئ، تقترح الفقرتان التاليتان إرشادات عامة بشأن كيفية قراءة هذا الكتاب.

في مجال الهندسة، سيدرك طلاب المرحلة الجامعية الثانية أو الثالثة، وطلاب الدراسات العليا أن هذا الكتاب مفيد كقراءة إضافية. يجب أن يجد هؤلاء الطلاب أساسًا مألوفًا في المناقشات التقنية للخواص الأساسية للمواد في الفصل الرابع كما هو الحال بالنسبة للمهندسين في المكاتب الهندسية بصورة. ستكون عمليات اختيار المواد في الفصل الخامس استنادًا على مخططات الخاصية المادية ذات فائدة كبيرة لأي من الذين لم يسبق لهم التعرض لهذا المنهج من قبل، وستوفر استعراضًا موجزًا لأولئك الذين قد استخدموهما بالفعل. أما الفصول من السادس إلى الثامن فتّوفر مقدمة جيدة لأنظمة التصنيف والأسس الأساسية وطرق التشييد والتوصيف وخواص المواد النانوية، والمعلومات التي تنتشر حاليًا بين العديد من المصادر ويصعب العثور عليها في مكان واحد. ومن الواضح، أنه يمكن أن تبنى مقررات متعمقة كاملة حول العديد من المواضيع التي تناولتها هذه الفصول بإيجاز. إن الغاية، على أية حال، هي تقديم فهم تصوري خالص لهذه المواضيع، وعدم التعمق فيها. ويجب على الأشخاص المهتمين بالمزيد من التعمق الرجوع إلى المقالات الموصوفة في مقطع "مزيد من القراءة". وتقدم المقاطع الموجهة للتطبيق في الفصول من التاسع إلى الثاني عشر، نظرات عامة لطرق إما استخدمت المواد والتقنيات النانوية أو على وشك أن تستخدم عمليًّا. ولا يشارك المهندسون وعلماء المادة بنشاط في ممارسات التصميم التي ستستفيد من استعراض هذه الفصول كوسيلة لفهم ما هي خصائص المادة اللازمة والتي تعد مفيدة من قبل مجتمع التصميم. كما قدمت بعض طرق المصممين الأساسية تصور استخدام المواد في المنتجات والمباني في الفصل الثالث، والقراءة مفيدة لأي شخص لا يملك خلفية التصميم.

يتراوح المهندسون المعماريون ومصممو المنتجات على نحو واسع في اهتماماتهم ويحتاجون إلى فهم خواص المواد بتعمق. وبالنسبة للمهندسين المعماريين المثاليين في الشركات أو الطلاب الذين لديهم مقررات أساسية في المواد، والذين لديهم فضول عام حول المواد النانوية وإلى أي درجة قد تؤثر على التصميم في النهاية، فنادرًا ما يحتاج إلى المعالجة الكمية. توفر الفصول من الأول إلى الثالث نظرة ثاقبة عن كل ما هو متعلق بالمواد النانوية والمفيد هنا. ويختص الفصل الخامس بعمليات اختيار المادة ذات العلاقة الوثيقة جدًا بالمصممين. أما الفصول من التاسع إلى الثاني عشر فتحتوي على المناقشات الخاصة بالمواد النانوية والمناسبة بشكل خاص لمجتمع التصميم. كما تتضمن هذه الفصول على أوصاف التقنية النوعية فقط، ويجب أن تكون في متناول جميع القراء المهتمين عمومًا. وعلى أية حال، ينحرف العديد من المصممين في الواقع عن الناحية الفنية تمامًا، ويقومون بتركيز اهتماماتهم على المواد وعلى ابتكارات أساسها تقني وتحمسوا لوضعها في الوقت اللازم لفهمها ببعض التعمق. وتجد هذه المجموعة في الواقع أنه من المفيد استعراض الفصول على أساس أنواع المواد النانوية الأساسية وطرق معالجتها المذكورة سلفًا. في الواقع، إنها موجهة بشكل كبير إلى هذه المجموعة التي تكون بؤرة التصميم في هذا الكتاب، وليس للقارئ العادي.

نأمل أن تستمتع بالكتاب.

المؤلفين

شكر وتقدير

يتقدم المؤلفون بالشكر إلى طلاب السيد جوشوا ساهو Joshua Sahoo لعملهم المتفاني في جمع وتحليل البيانات اللازمة لبناء المخططات البيانية التي تحتوي على المواد النانوية، وألدا بلاك Alda Black، وإليزابيث بيكون Elizabeth Bacon، وناثان فاش Nathan Fash، وبن شودك Ben Schodek، تشو شيويه Xue Zhou، وآخرين، والذين ساعدوا على رسم العديد من الأشكال.

وبالنسبة لبعض صور المجهر الإلكتروني النفاذ، يود المؤلفون أن يتقدموا بخالص الشكر والعرفان لاستخدام الأدوات المجهرية بمختبر المواد عالية درجة الحرارة (HTML) في مختبر أوك ريدج الوطني. ودعمت هذه البحوث من قبل السكرتير المساعد للطاقة الفعالة والمتجددة، لمكتب تقنية المركبات والسيارات الحرة، كجزء من برنامج مستخدم مختبر المواد عالية درجة الحرارة، مختبر أوك ريدج الوطني، الذي يديره UT-Batelle، ذات المسؤولية المحدودة LLC، لوزارة الطاقة الأمريكية تحت العقد رقم DE-AC05OO0R22725.

المحتويات

مقدمة المترجمين ..... **هـ**

مقدمة ..... **ز**

شكر وتقدير ..... **م**

الفصل الأول: المواد والتقنيات النانوية: نظرة عامة **١**

(١,١) لماذا المواد النانوية؟ ١

(١,٢) المقياس والتركيب والسلوك ١٤

مزيد من القراءة ٢١

الفصل الثاني: المنظور التطوري **٢٣**

(٢,١) التاريخ الموجز للمواد ٢٣

(٢,٢) المواد والتراكيب النانوية في الطبيعة ٣٠

(٢,٣) المواد النانوية في الفن والتراث الثقافي ٤٠

مزيد من القراءة ٥٤

الفصل الثالث: سياق التصميم **٥٥**

(٣,١) المواد في التصميم ٥٥

(٣,٢) تصميم المنتجات والهندسة المعمارية والهندسة ٦٥

(٣,٣) البيئات والأنظمة والتجمعات ٧٤

(٣,٤) عملية التطوير والتصميم ٨٦

(٣,٥) وصف التصميم ٩٤

مزيد من القراءة ١٠٢

الفصل الرابع: أصناف المواد، والتركيب والخواص..... ١٠٣
(٤,١) أصناف المواد ١٠٣
(٤,٢) التركيب الداخلي للمواد..... ١٠٥
(٤,٣) السلوك الميكانيكي ١٢٧
(٤,٤) السلوك الحراري ١٤١
(٤,٥) السلوك الكهربائي..... ١٤٧
(٤,٦) السلوك المغناطيسي ١٥٩
(٤,٧) السلوك البصري..... ١٦٥
(٤,٨) السلوك الصوتي ١٧٤
مزيد من القراءة ١٧٨
الفصل الخامس: مخططات خاصية المادة واستخداماتها ١٨١
(٥,١) مخططات خاصية المادة..... ١٨١
(٥,٢) استخدام المخططات لاختيار النقل، الغربلة، التصنيف، والتوثيق..... ١٨٨
(٥,٣) رسم الحدود والمؤشرات على المخططات ١٩٢
(٥,٤) حل الأهداف المتعارضة..... ١٩٥
مزيد من القراءة ٢٠٢
الملحق: مؤشرات المواد..... ٢٠٢
الفصل السادس: المواد النانوية: الأصناف والأساسيات ٢٠٩
(٦,١) تصنيف المواد النانوية ٢٠٩
(٦,٢) تأثيرات الحجم..... ٢١٧
مزيد من القراءة ٢٣٥
الفصل السابع: المواد النانوية: الخواص..... ٢٣٧
(٧,١) الخواص الميكانيكية ٢٣٧
(٧,٢) الخواص الحرارية للمواد النانوية ٢٥١
(٧,٣) الخواص الكهربائية ٢٥٨
(٧,٤) الخواص المغناطيسية..... ٢٦٤
(٧,٥) الخواص البصرية..... ٢٧٠

(٧,٦) الخواص الصوتية ٢٧٧
(٧,٧) الحالات الخاصة ٢٧٧
مزيد من القراءة ٣٠٢
الفصل الثامن: المواد النانوية: التشييد والتوصيف ٣٠٥
(٨,١) تشييد المواد والتراكيب النانومترية ٣٠٥
(٨,٢) توصيف المواد النانوية ٣٢٨
مزيد من القراءة ٣٥٤
الفصل التاسع: تصميم البيئات والأنظمة ٣٥٧
(٩,١) البيئات والأنظمة ٣٥٧
(٩,٢) البيئات التركيبية (الإنشائية) والميكانيكية ٣٥٩
(٩,٣) البيئة الحرارية ٣٧٥
(٩,٤) البيئات الكهربائية والمغناطيسية ٣٩٩
(٩,٥) البيئات الضوئية والبصرية ٤٠٥
(٩,٦) البيئات الصوتية والصوت ٤٤١
(٩,٧) تمكين البيئات والأنظمة: الطاقة ٤٥٥
(٩,٨) الأنظمة الذكية، والنشطة، والتفاعلية والبيئات ٤٧٠
(٩,٩) تكاليف المواد النانوية ٤٧٧
مزيد من القراءة ٤٨٢
الفصل العاشر: أشكال ووظائف منتجات المواد النانوية ٤٨٥
١٠,١) توصيف الأشكال والوظائف ٤٨٥
(١٠,٢) الخصائص الوظيفية ٤٨٧
(١٠,٣) السلوكيات "الذكية" ٥١٤
(١٠,٤) أشكال المنتجات النانوية ٥١٩
مزيد من القراءة ٥٥٥
الفصل الحادي عشر: المواد والتقنيات النانوية في الصحة والبيئة ٥٥٧
(١١,١) السياق ٥٥٧
(١١,٢) تطبيقات تقنية النانو الطبية والصيدلانية ٥٥٨

(١١,٣) المخاوف الصحية ٥٦٢
(١١,٤) الفوائد والتأثيرات البيئية ٥٧٠
مزيد من القراءة ٥٩١
الفصل الثاني عشر: السياق الأوسع ٥٩٣
(١٢,١) آفاق الصناعة ٥٩٣
(١٢,٢) صناعة السيارات ٥٩٤
(١٢,٣) صناعة البناء والتعمير ٦٠٢
(١٢,٤) صناعات المركبات الفضائية، والمنسوجات، والأدوات الرياضية، وأخرى ٦٠٩
(١٢,٥) تعليق ختامي ٦١٤
مزيد من القراءة ٦١٧
ثبت المصطلحات (عربي– إنجليزي) ٦١٩
ثبت المصطلحات (إنجليزي– عربي) ٦٥٠
كشاف الموضوعات ٦٨١