

Avant-propos

Hiroyuki AKINAGA¹, Atsuko KOSUGA² et Takao MORI^{3,4}

¹ AIST, Tsukuba, Japon

² OMU, Osaka, Japon

³ NIMS, WPI-MANA, Tsukuba, Japon

⁴ Université de Tsukuba, Tsukuba, Japon

En utilisant l'effet Seebeck, les matériaux thermoélectriques peuvent convertir la chaleur en électricité à l'aide d'un dispositif à l'état solide, c'est-à-dire un générateur thermoélectrique. Cela pourrait apporter une contribution importante à la société, étant donné qu'environ la moitié de l'énergie primaire consommée, c'est-à-dire les combustibles fossiles, est gaspillée sous forme de chaleur perdue, et que l'application viable des générateurs thermoélectriques peut permettre de réaliser des économies d'énergie substantielles. En outre, les milliards de capteurs nécessaires à l'Internet des objets (IdO) ont besoin d'une source d'énergie dynamique et sans entretien, les générateurs thermoélectriques sont un candidat prometteur. Cette dernière application est intéressante parce que la motivation n'est pas de fournir de l'électricité bon marché, mais de l'électricité de grande valeur, qui convient à la thermoélectricité, et aussi parce que la conversion thermoélectrique est viable avec des dispositifs de petite taille. C'est dans ce contexte que cette édition en deux volumes de *Micro-/nanogénérateurs thermoélectriques* a été produite pour servir d'ensemble d'ouvrages importants et complets, englobant les principes fondamentaux, les avancées de l'état de l'art et les perspectives de ce sujet.

Le volume 1 traite principalement de la physique fondamentale, des matériaux et des mesures. Après une introduction sur les stratégies de développement des matériaux thermoélectriques à haute performance (chapitre 1) par plusieurs éditeurs, un chapitre complet sur le développement des matériaux thermoélectriques par le calcul et les données (chapitre 2) est rédigé par Prashun Gorai et Michael Toriyama. Ils présentent en détail

la théorie générale du transport des porteurs et des phonons, y compris la formation de défauts et le dopage, qui sont des outils puissants pour l'amélioration thermoélectrique. Des progrès importants ont été réalisés récemment dans le domaine du calcul en ce qui concerne l'informatique des matériaux et l'apprentissage automatique. Les auteurs donnent des conseils détaillés sur la manière d'utiliser l'apprentissage automatique pour accélérer la recherche de matériaux thermoélectriques prometteurs.

Les quatre chapitres suivants couvrent le développement détaillé et les perspectives de plusieurs systèmes de matériaux thermoélectriques prometteurs. Les systèmes de matériaux thermoélectriques traditionnels à haute performance comprennent Bi_2Te_3 et PbTe , qui présentent des caractéristiques peu attrayantes telles que l'extrême rareté du Te et la haute toxicité du Pb . Quatre systèmes de matériaux plus durables sont présentés. Holger Kleinke traite des chalcogénures thermoélectriques de cuivre et d'argent (chapitre 3). Cu_2S , Cu_2Se et leurs équivalents en argent sont des matériaux abondants qui ont été signalés comme présentant un nombre extrêmement élevé de qualités. Ce chapitre couvre leurs caractéristiques de base et les progrès récents, y compris en ce qui concerne leur stabilité, qui a été un problème, ainsi que les développements de plusieurs autres chalcogénures sélectionnés. Michihiro Ohta, Priyanka Jood et Kazuki Imasato ont rédigé un chapitre complet sur les sulfures thermoélectriques : « matériaux et modules » (chapitre 4). La polyvalence et les performances élevées d'une grande variété de matériaux sulfurés, les sulfures en couches comme les composés à base de TiS_2 et les composés *misfits*, les sulfures de terres rares à haute température, les sulfures en phase de Chevrel et les sulfures à base de minéraux, tels que la tétraédrite, la colusite, la chalcopyrite, etc., sont abordées. Ichiro Terasaki a présenté une étude concise des oxydes fortement corrélés (chapitre 5). Les oxydes sont parmi les composés les moins chers, les plus stables et les plus abondants. Terasaki se concentre particulièrement sur les principes physiques, à savoir la forte corrélation et la manifestation des degrés de liberté de *spin* et d'orbite dans les propriétés thermoélectriques, qui ont permis d'obtenir des performances élevées notables. Il couvre systématiquement plusieurs systèmes intrigants dans les oxydes de métaux de transition 3d et les oxydes de métaux de transition 4d, tout en donnant le contexte général et la signification en matière de principes physiques. Tsuyohiko Fujigaya et Yoshiyuki Nonoguchi traitent de l'émergence relativement récente des matériaux nanocarbonés en tant que générateurs thermoélectriques (chapitre 6). Ils se concentrent en particulier sur les principes fondamentaux et le développement des nanotubes de carbone (NTC) thermoélectriques. La capacité de production et le contrôle de la qualité des matériaux à base de nanotubes de carbone ont considérablement progressé, ce qui en fait des candidats pour l'une des familles de matériaux potentiellement les plus abondantes et les plus durables. Les auteurs examinent en détail les propriétés thermoélectriques des NTC et leur contrôle par dopage, et couvrent également de manière exhaustive l'utilisation des NTC dans des générateurs thermoélectriques de

différents formats, y compris les détails du traitement tels que le traitement par l'encre, etc.

Les deux derniers chapitres traitent de la métrologie des propriétés thermiques. L'évaluation précise des propriétés thermoélectriques est essentielle pour le développement efficace des matériaux et des dispositifs. Yasutaka Amagai traite de la mesure précise du coefficient Seebeck absolu à partir de l'effet Thomson (chapitre 7). Il présente une introduction instructive et détaillée aux principes de mesure du coefficient Seebeck et élucide de nouvelles méthodes concernant la mesure de précision du coefficient Seebeck absolu, qui est également connu sous le nom d'échelle absolue de la thermoélectricité. Tetsuya Baba, Takahiro Baba et Takao Mori ont rédigé un chapitre sur la mesure de la diffusivité thermique des films minces par la méthode du flash laser ultrarapide (chapitre 8). L'évaluation précise de la diffusivité thermique, et donc de la conductivité thermique des films minces, est un sujet difficile, qui est important non seulement pour la thermoélectricité, mais aussi pour toute une série de domaines. Les principes de la mesure des matériaux massifs sont présentés et les progrès de la méthode du flash laser ultrarapide utilisant la thermoréfectance pour les mesures de films minces sont détaillés, y compris les équations et les dérivations pour une analyse précise des données.

Ce premier volume de *Micro-nano générateurs thermoélectriques* couvre de manière exhaustive les principes fondamentaux et les avancées les plus récentes en matière d'amélioration des propriétés thermoélectriques, de méthodes de calcul, de systèmes de matériaux prometteurs et de métrologie. Il devrait être utile à un large éventail de lecteurs, allant des personnes ayant une certaine curiosité pour ce sujet et des débutants dans le domaine jusqu'aux experts souhaitant obtenir des lignes directrices et de nouvelles pistes pour un développement avancé.