真空/絶縁体ハイブリッドアイソレーションを用いた薄膜トランスバース型μTEG の設計と性能

Design and performance of transverse-type thin-film µTEGs using vacuum/insulator-hybrid isolation module structure

東工大未来研 °大久保 岳,千脇 那菜, 清野 稔仁, 山下 涼音, 菅原 聡 °T. Okubo^{1,2}, N. Chiwaki^{1,2}, T. Seino¹, S. Yamashita.¹, S. Sugahara^{1,2}

Lab. for Future Interdisciplinary Research of Sci. and Tech. (FIRST), Tokyo Inst. of Tech. E-mail:okubo.t@isl.titech.ac.jp

【はじめに】ウェアラブルデバイスは Internet of Humans (IoH)におけるマン・マシーン・インターフェイスとして注 【はしめに】りェアラフルテハイスは Internet of Humans (IoH)におりるマン・マシーン・インターフェイスとして注 目を集めている[1-4]. このようなウェアラブルデバイスは, スマートフォンなど通信デバイス機器が存在する状 況下での使用が想定され, 必要となる電力も数 mW 程度であることから, その電源としてマイクロ熱電発電 (μTEG)モジュールの応用が期待できる. 我々は, ウェアラブルデバイスへの応用を目指し, 薄膜熱電材料を 用いた μTEG)を提案して研究を進めている[2-4]. 特に, 薄膜熱電材料に適したモジュール構造である. 薄 膜トランスバース型 μTEG の性能は, モジュール内の熱的アイソレーションに強く依存するが, ゼーベック素子 の集積領域に絶縁体、その周りを真空で絶縁する真空/絶縁体ハイブリッドアイソレーションは比較的に作製しやすく、また、高い出力が得られるモジュールの構造として期待できる。今回、真空/絶縁体ハイブリッドアイソレ -ションを実装できるモジュール構造を採用して, 薄膜トランスバース型 µTEG の最適化を行った. 最適設計と

その特性について報告する. 【モジュール構造と設計方法】図1に提案する薄膜トランスバース型 μTEG の構造を示す. 放熱に関するモジ 【モジュール構造と設計力法】図1に提案する海峡トワンスハーへ空µIEOの無道を小す. 放然に関するモン ュール表面から外界までの熱抵抗を実現するために必要となるモジュールの全面積をD×Dとする. コールドプ レートは凸型になっており, 凸構造の頂上部分にゼーベック素子が集積化される. このゼーベック素子部は, L×Wの面積を占めるが, 今回は簡単のためW=Dとした. このゼーベック素子部は, 図に示すように適当に折り 曲げることで凸部頂上に配置する. ゼーベック素子部の素子間は, 熱的・電気的な絶縁物で埋めてある. モジ ュールの外周には真空封じのための支持構造(真空封じ壁)を導入し, ゼーベック素子部の周りを真空によっ て絶縁する. 支持構造の幅をx, 高さをHとする. プレート構造を凸型とすることで, 薄膜熱電材料を用いても, +分な H を稼ぐことができるため,真空封じ壁の効果による出力の低下を抑止できる. ゼーベック素子には BiTe 系材料(膜型 t₀)を用い,ゼーベック素子領域の熱的電気的絶縁にはポーラスシリカを用いた. 真空封じ 壁には硬質・低熱伝導率有機材料を用いた. モジュールの最適設計はゼーベック素子の熱抵抗とモジュールの内部抵抗を1 つのトレードオフパラメータγを用いて表現し、このγによって出力を最適化することで、所望の 出力が得られる構造を求めた[2-4]. 構造最適化にはヒトの産熱能力を考慮した恒温動物モデルを用いた[3,4]. ロフルーキウム いる IIIP 起これ のフレビン IIIP 起取 週1 にには に POU 医然 E 刀 ど 考慮した 世 温 動物 モ アルを用いた [3,4] 設計には、D=1 cm, x=0.3 mm, H=5 mm および E PO体温と外気との温度差 $\Delta T_S = 10$ Kを用いた。出力の目標 値として 1 cm 角のモジュール 1 つで 10 µW とした (このモジュールではリストバンド程度の実装面積(100 cm²) で短距離通信可能な 1 mW 以上の出力を実現できる).重要な構造パラメータおよび設計パラメータは、ゼー ベック素子の幅 nd、引き出し電極幅(1-nd、ゼーベック素子の素子対数 m_0 、モジュールの熱抵抗 K_M 、ゼーベッ ク素子にかかる温度差 $\beta\Delta T$ 、出力電力 P_{out} である。

【設計結果と性能評価】図 2(a)と(b)に, t₀ = 1µm における Poutのおよび構造・設計パラメータの L 依存性と mo 依存性をそれぞれ示す. これらの図において、 γ は横軸のLまたは m_0 の各値の下で最適化されている. Lは0.1 μ m 付近に最適値があるが、作製上と熱流の観点からは数~数+ μ mを用いることが望ましい. L=50 μ mのとき、 m_0 は 600 個程度、最少加工寸法は 700 μ m 程度となる. このとき、14 μ W 程度の出力が得られる. 図 2(c)に L=50 μ m におけるPoutのおよび構造・設計パラメータのto依存性を示す.Poutはtoの増加とともに増大するが、薄膜作製 上からは厚くても数 μm 程度が好ましい. L=50μm, t₀ = 100nm,1μm,10μm では, それぞれ 9μW, 14μW, 18μW の出力が得られる.

【参考文献】[1] V. Leonov et al., IEEE Sensors Journal 7 pp 650-657, 2007. [2] T. Kondo et al., 2017 IEEE Electron Dev. Tech. and Manufact. Conf. p 201-203.[3] T. Seino et al., The 17th Power MEMS, Kanazawa, Pt70, Japan, 2017. [4] N. Chiwaki et al. The 17th Power MEMS, Kanazawa, PW73, Japan, 2017.

