

新型熱電発電モジュールと そのウェアラブルデバイスへの応用

東京工業大学

科学技術創成研究院 未来産業技術研究所

菅原 聡, 近藤 剛

熱電発電の新たな応用 (1/2)

新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!

ウェアラブルデバイスへの応用

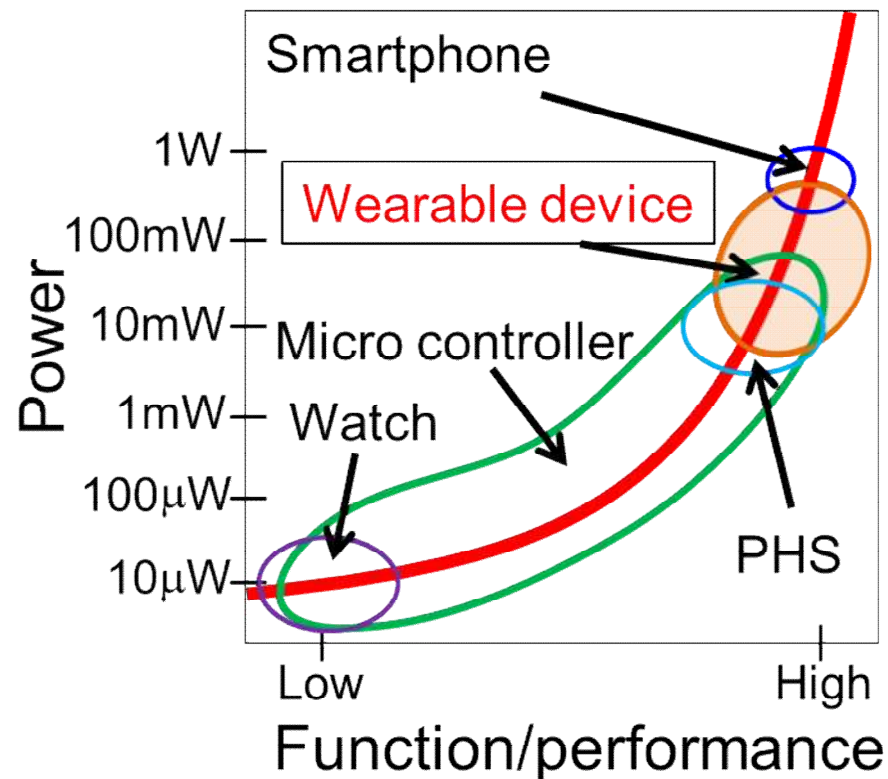
→ 人体の体温から放出されるエネルギーを熱電発電に応用



*IEEE Spectrum 2013.9

熱電発電モジュールに求められる条件

- ウェアラブルデバイスのSoC/マイクロコントローラーに電力供給
- 所望の駆動電圧供給: ~ 0.4 V(高エネルギー効率), 1 V(高性能)
- 軽量/薄型(薄膜熱電材料の応用)

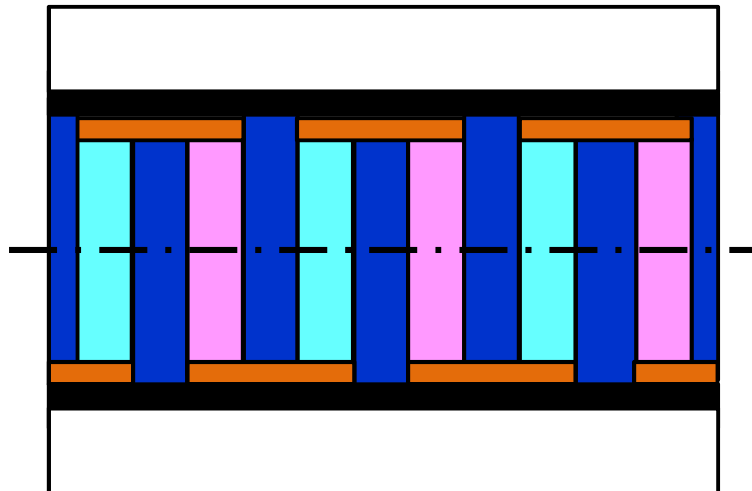


従来型 μ TEG

- 従来の μ TEGの作製方法

→機械加工/MEMS技術による集積化

集積数に限界→出力が制限



課題

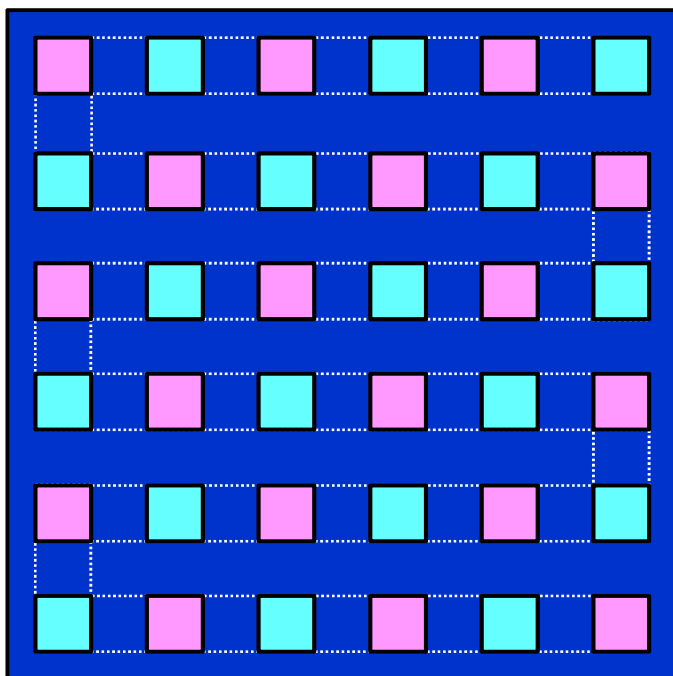
- マイクロデバイスプロセスの応用

→ゼーベック素子の高密度集積化
(10^4 以上の多段接合容易)

→接触抵抗の低減
(ナノデバイスも不可能ではない)

集積化・高出力化に適した構造必要

薄膜熱電材料を用いる必要性有



従来型適用の問題点

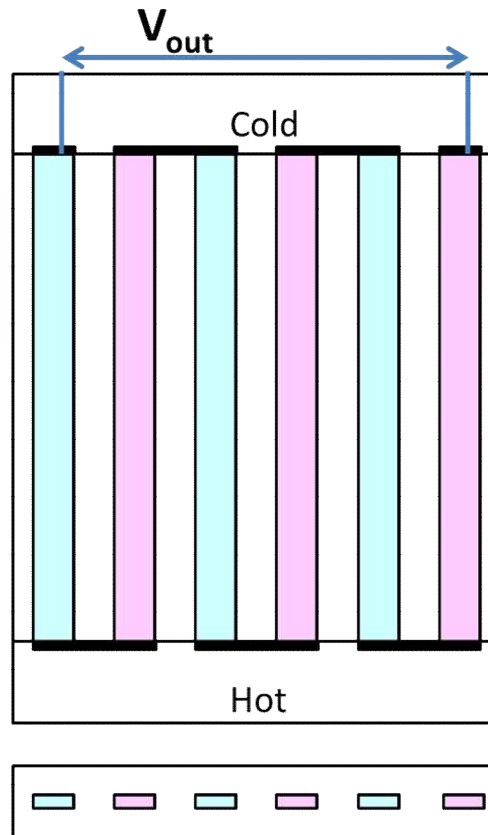
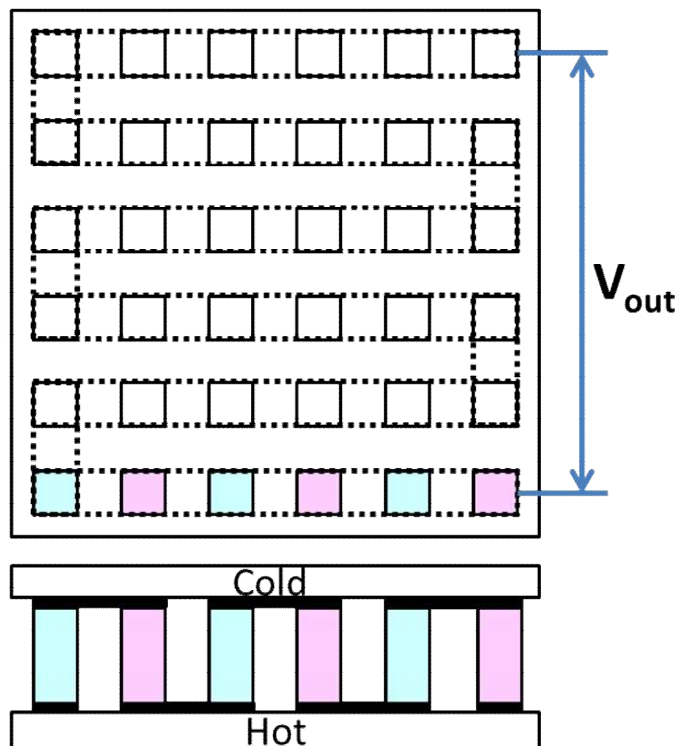
設計指針

- 所望の出力電圧を得る接合数(フォトリソ等マイクロデバイスプロセス(MDP)の導入)
- 十分な温度差を得るための熱抵抗
- 十分な出力電力を得るための内部抵抗

→ 熱抵抗は高く, 内部抵抗は低く設計

トレードオフ

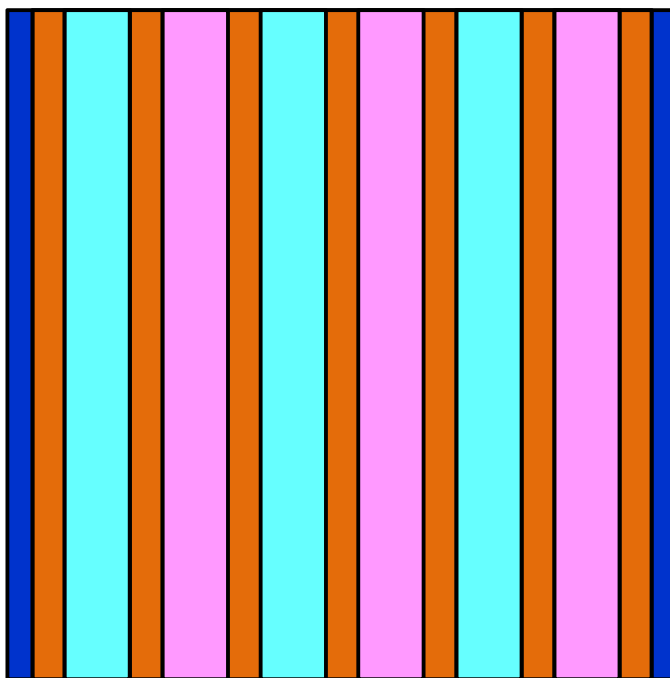
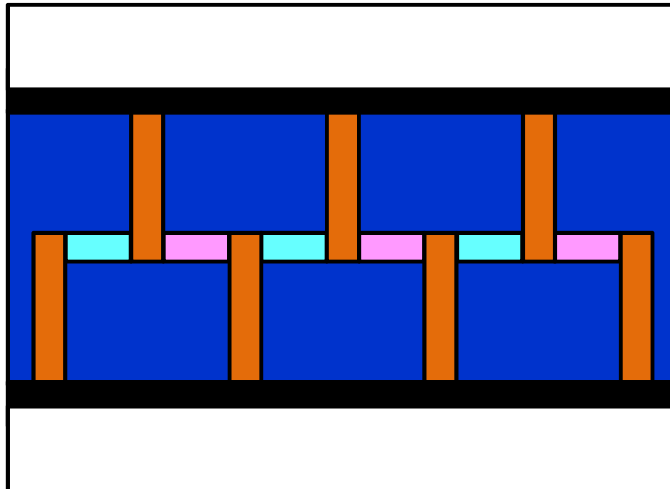
従来構造モジュール



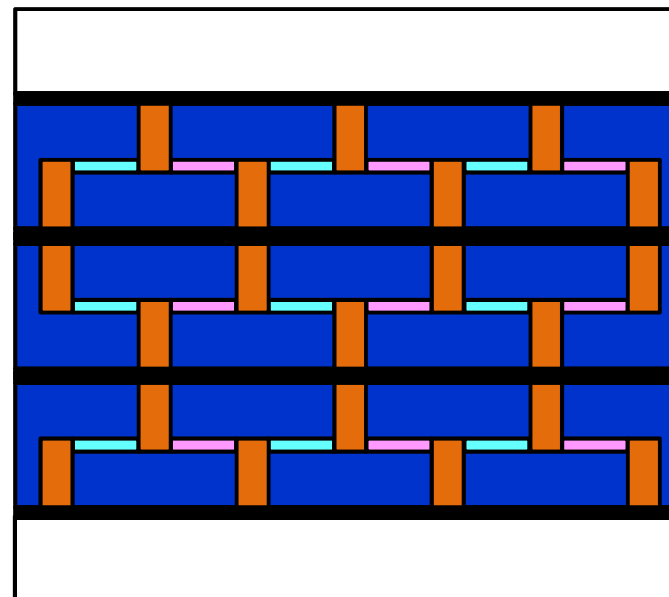
- 型(左図)
 - MDPの導入は困難
 - 薄膜利用の場合, 高熱抵抗化は困難, 低内部抵抗化は容易
- インプレーン型(右図)
 - MDPの導入は容易
 - 薄膜利用の場合, 高熱抵抗化は容易, 低内部抵抗化は困難

→ 新構造モジュールが必要

デバイス構造と特徴



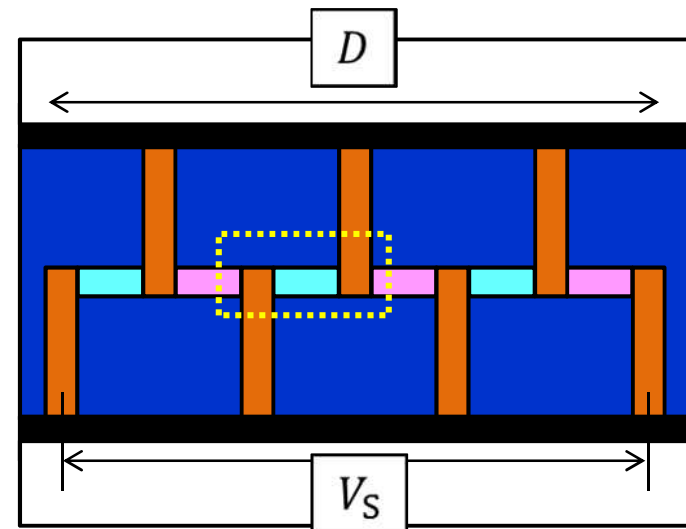
- MDPの導入は容易
- 薄膜を利用して、
高熱抵抗化と
低内部抵抗化の両立設計可能
- 積層構造も容易に実現可能



設計指針

- 所望の起電力を得る接合数
 - 十分な温度差を得るための熱抵抗
 - 十分な出力電力を得るための電気抵抗
- 熱抵抗は高く、電気抵抗は低く設計

トレードオフ



提案する設計方法(提案構造)

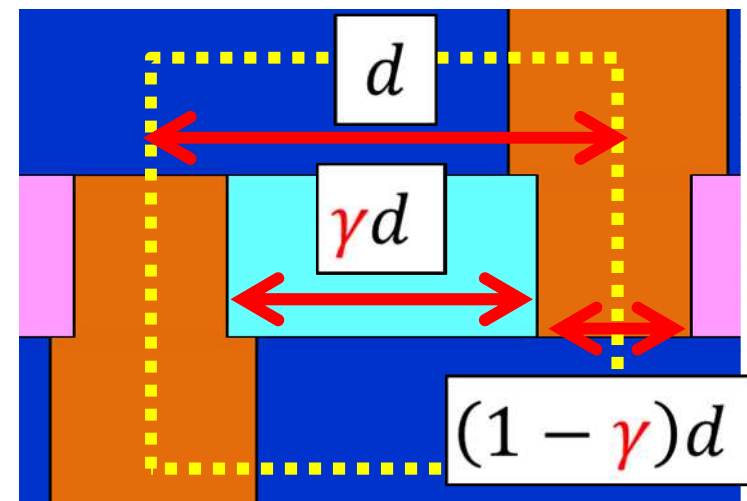
γ : トレードオフパラメータ

熱/電気抵抗 小

熱/電気抵抗 大

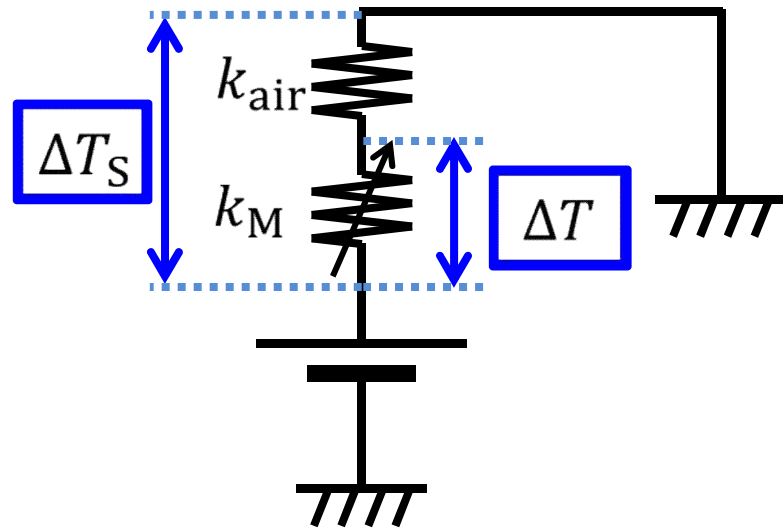


横幅比 (γ) を用いて最適化



ウェアラブルデバイス応用の設計例

定電圧源モデル



ΔT : モジュールの温度差
 ΔT_S : 皮膚と外気温との差
 Q : 皮膚からの投入パワー
 k_M : モジュールの熱抵抗
 k_{air} : 大気中への熱抵抗

皮膚表面温度一定 (恒温動物モデル)

設計パラメータ

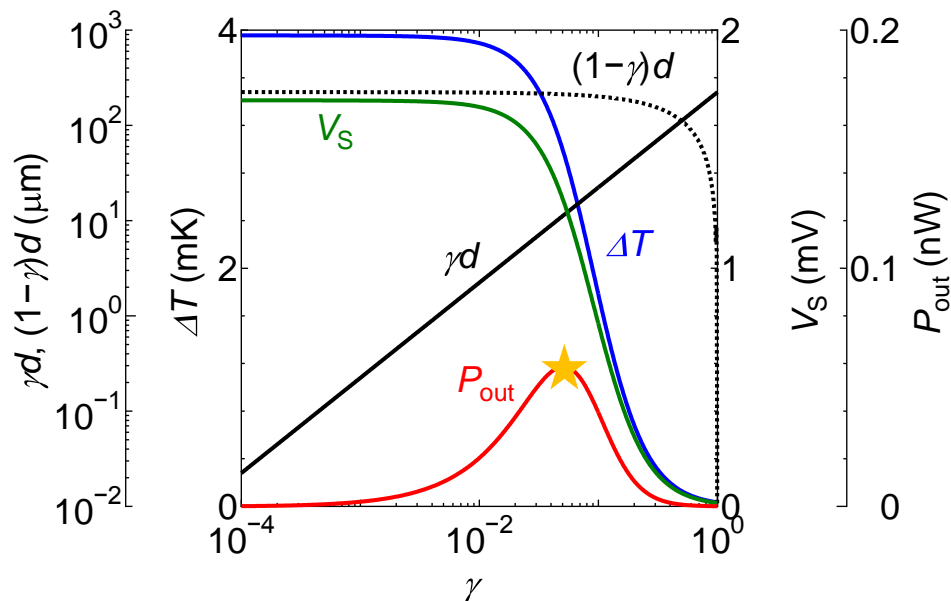
モジュール面積: 1cm²

熱電材料: BiTe系, 100nm

Π型の結果

π型モジュール

● γ 依存性 ($m_0 = 10^3$ pair)

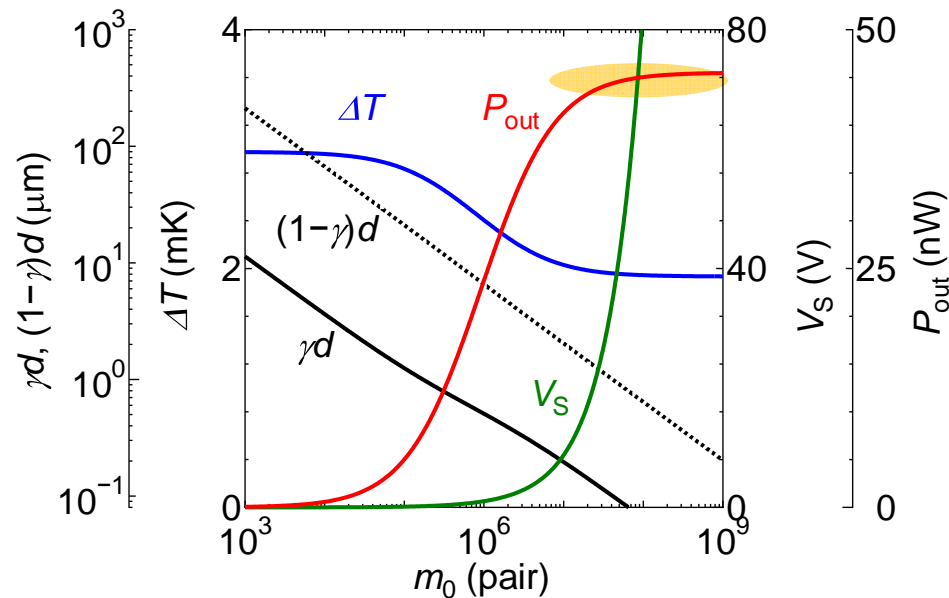


→ k_M は m_0 に無関係の関数

- 接合数 m_0 を任意に
与えることで、設計可能

→ モジュールに温度差を
つけることが困難

● m_0 依存性



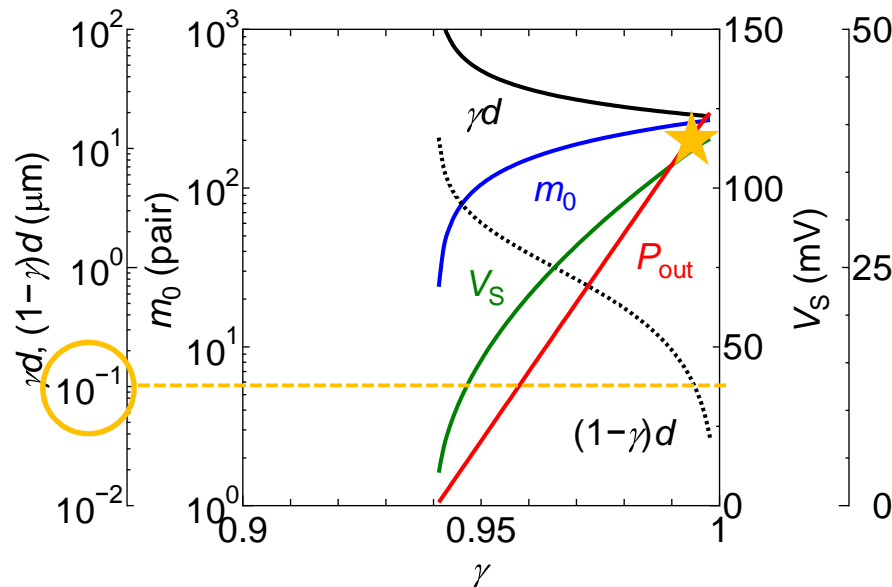
→ P_{out} が制限

薄膜で高出力実現不可

提案薄膜トランスバース構造の結果

提案構造

● γ 依存性 ($\Delta T = 1$ K)



→ k_M は $m_0, \Delta T$ の関数

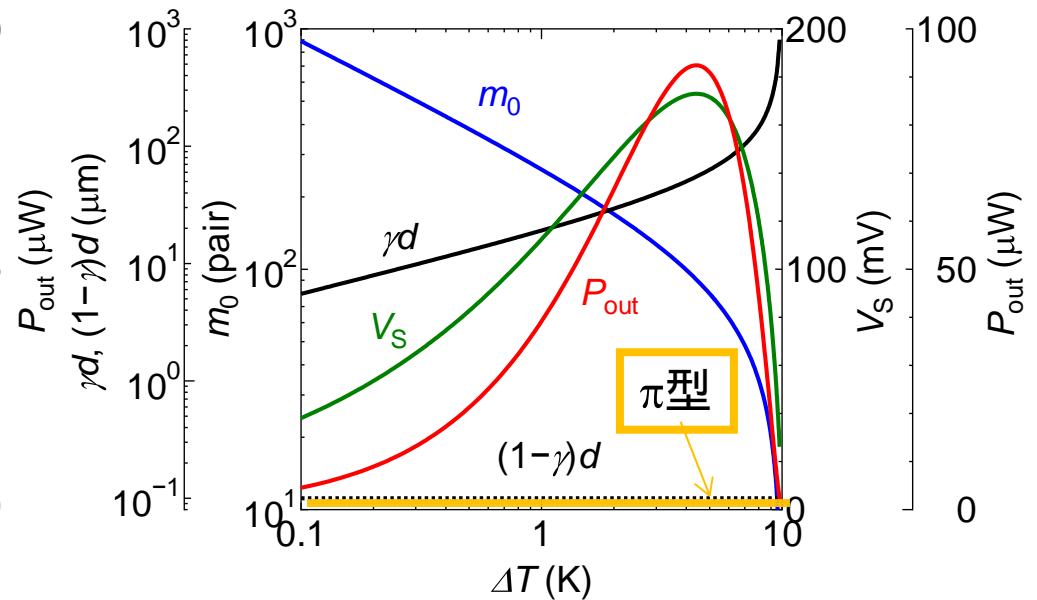
- 接合数 $m_0, \Delta T$ の一方を
存在可能な値で与えることで、設計可能

→ 新型では十分な温度差をつけることが可能

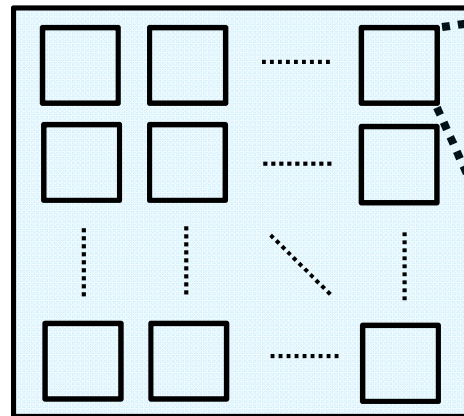
→ P_{out} の最適化可能

→ 高出力実現可能

● ΔT 依存性



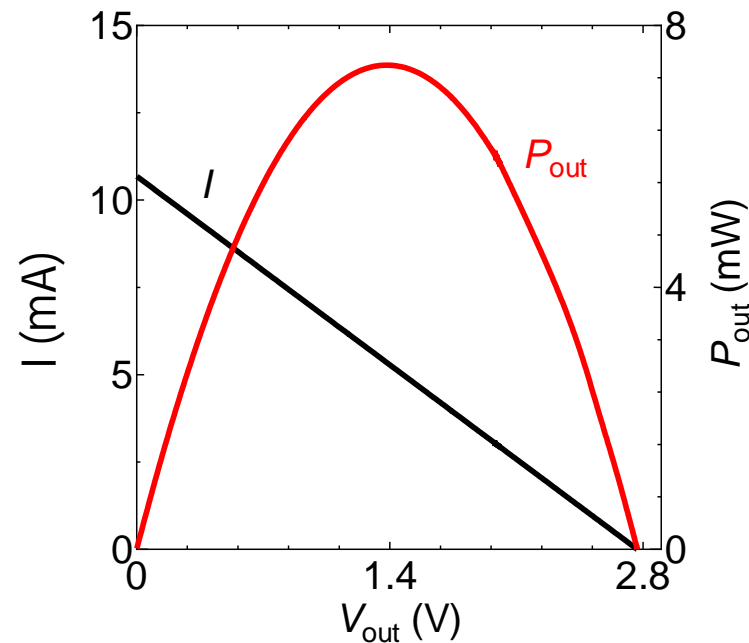
ウェアラブルデバイスのへ応用
リストバンド状に実装: 80 cm^2



1 cm^2
 $V_S = 180 \text{ mV}$
 $P_{\text{out}} = 90 \mu\text{W}$



• ($1 \text{ cm}^2 \times 80$ 個)
→ (直列数16 × 並列数5)
→ $V_{\text{out}} \approx 1.4 \text{ V}$
→ $P_{\text{out}} \approx 7.2 \text{ mW}$



ウェアラブルデバイス
に応用可能

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 熱電変換装置および電子装置
- 出願番号 : 特願2016-168415
- 出願人 : 東京工業大学
- 発明者 : 菅原聡, 近藤剛

お問い合わせ先

東京工業大学

産学連携コーディネータ：松下 近

TEL 03 - 5734 - 7693

FAX 03 - 5734 - 7694

e-mail matsushita@sangaku.titech.ac.jp