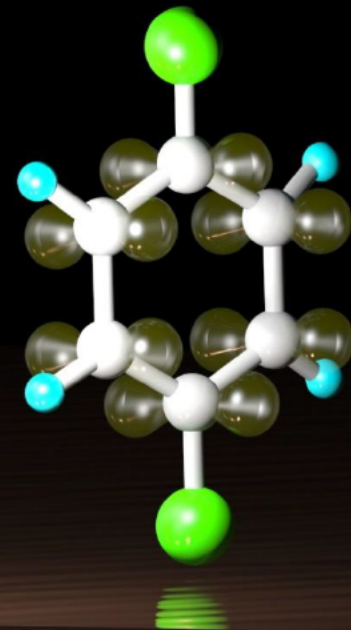




単一分子熱電エネルギー 変換素子の開発

筒井真楠

大阪大学 産業科学研究所

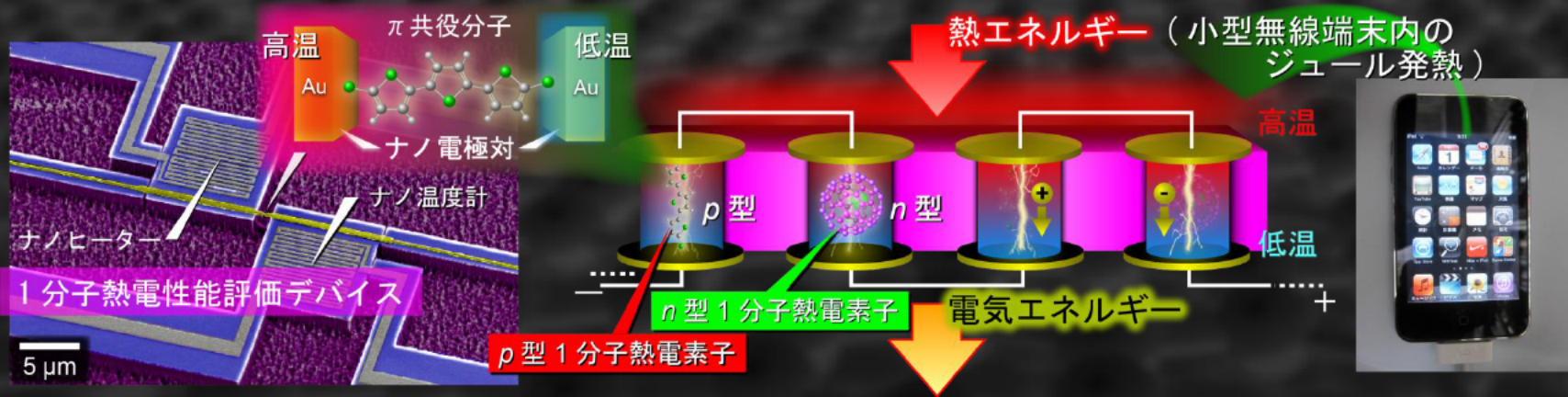


研究目的

1分子熱電性能評価法を確立し、これを用いて単一分子接合による高熱電性能 ($ZT > 3$) を実証すると共に、高 ZT 1分子熱電素子を集積した熱電発電シートモジュールを開発する。

高効率1分子熱電変換素子の創製 ($ZT > 3$)

高 ZT 1分子熱電変換シートモジュールの開発



無線端末の集積回路で生じるジュール熱を利用した熱電発電

期待される研究成果及びその社会的意義

単一分子接合に特有の電子状態を利用した高効率熱電変換シートモジュールを開発し、多機能化・高速化が進む情報通信端末に搭載される集積回路のジュール熱を利用した熱電発電に当該デバイスが利用されることで、ICT そのものの省エネルギー化・低炭素化に貢献できる。

1 分子熱電素子

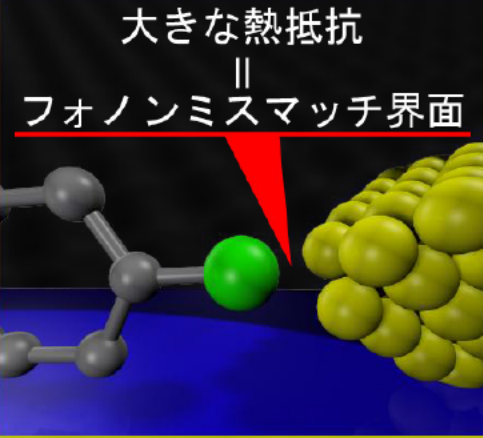
M. Tsutsui et al., Nano Lett. 8, 3293 (2008)

無次元性能指数 $ZT = \frac{S^2 \sigma}{K} T$ 熱 エネルギー \rightarrow 電気 エネルギー

S : ゼーベック係数 $= \frac{V_1 - V_2}{T_1 - T_2}$

σ : 電気伝導率

K : 熱伝導率



電子透過率の立ち上がり

高いゼーベック係数

E_F $S \sim d(\ln T)/dE$

HOMO

E
↑
エネルギー
↓
H

電子透過率 T

T_2
 V_2

低い格子熱伝導率と
高いゼーベック係数



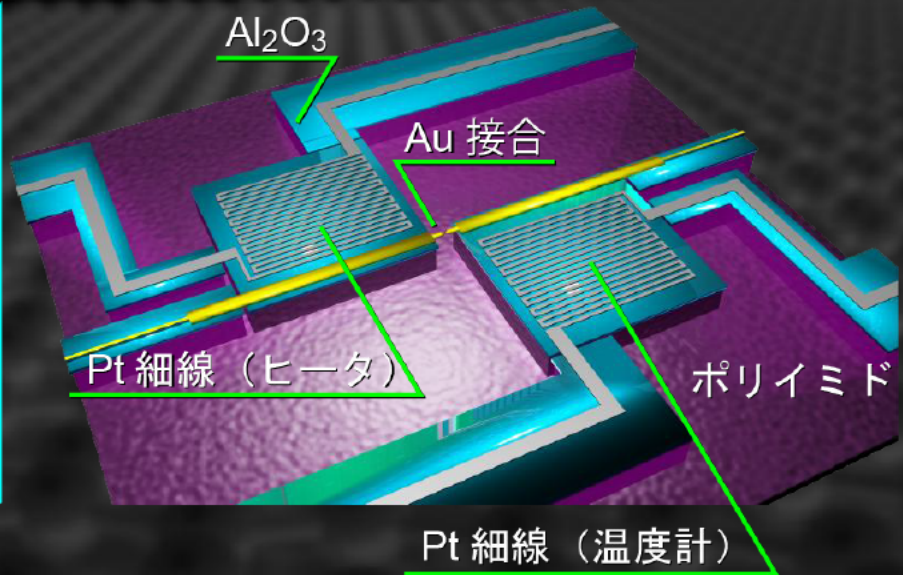
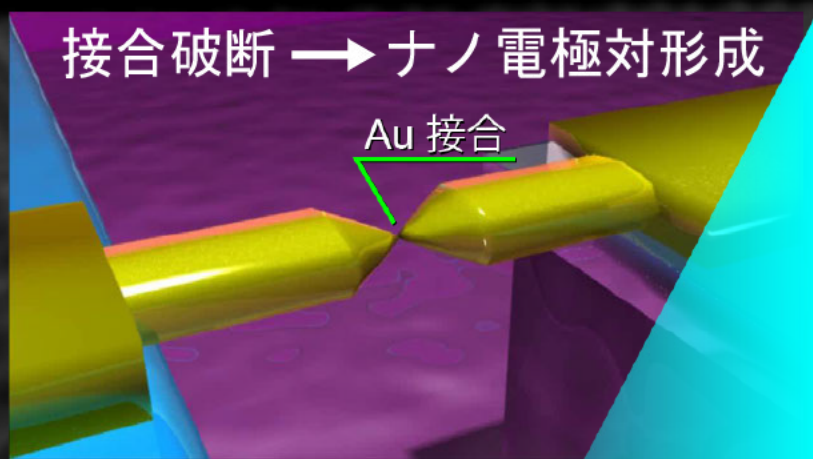
1 分子熱電素子の性能:
 $ZT > 10$ (理論予測値)

C. M. Finch et al.

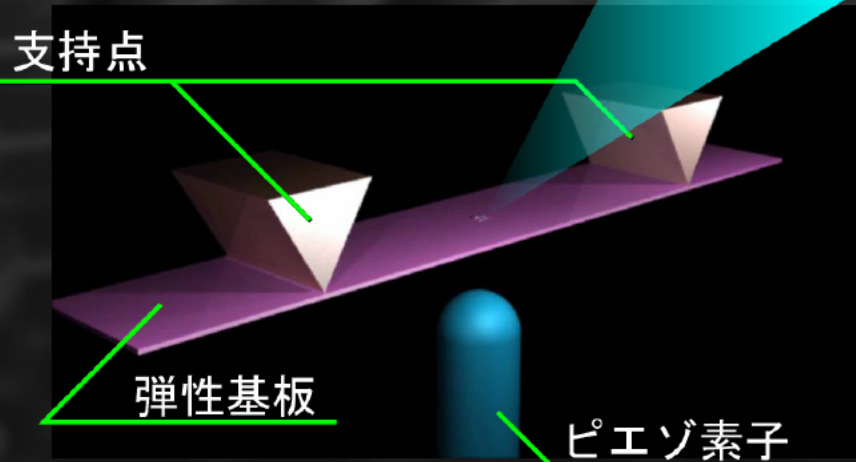
Phys. Rev. B 79, 033405 (2009)

ヒータ / 温度計組込み型 MCBJ 素子

M. Tsutsui et al., Sci. Rep. 2, 217 (2012); Sci. Rep. 3, 3326 (2013); T. Morikawa et al., Nanoscale 6, 8235 (2014)



ヒータ / 温度計組込み型 MCBJ
Mechanically-Controllable
Break Junction



M. Tsutsui et al., Nano Lett. 8, 345 (2008); Nano Lett. 8, 3293 (2008); Nat. Nanotechnol. 2, 268 (2010); Nat. Commun. 1, 138 (2010)

1 分子熱電性能評価

無次元性能指数 $ZT = \frac{S^2 G}{K} T$

S : ゼーベック係数 $= \frac{V_1 - V_2}{T_1 - T_2}$

G : 電気伝導度

K : 熱伝導度

平均的なBDT接合 $ZT = 0.001$

$G = 0.01 G_0 (= 0.8 \mu S)$

$S = 15 \mu V/K$

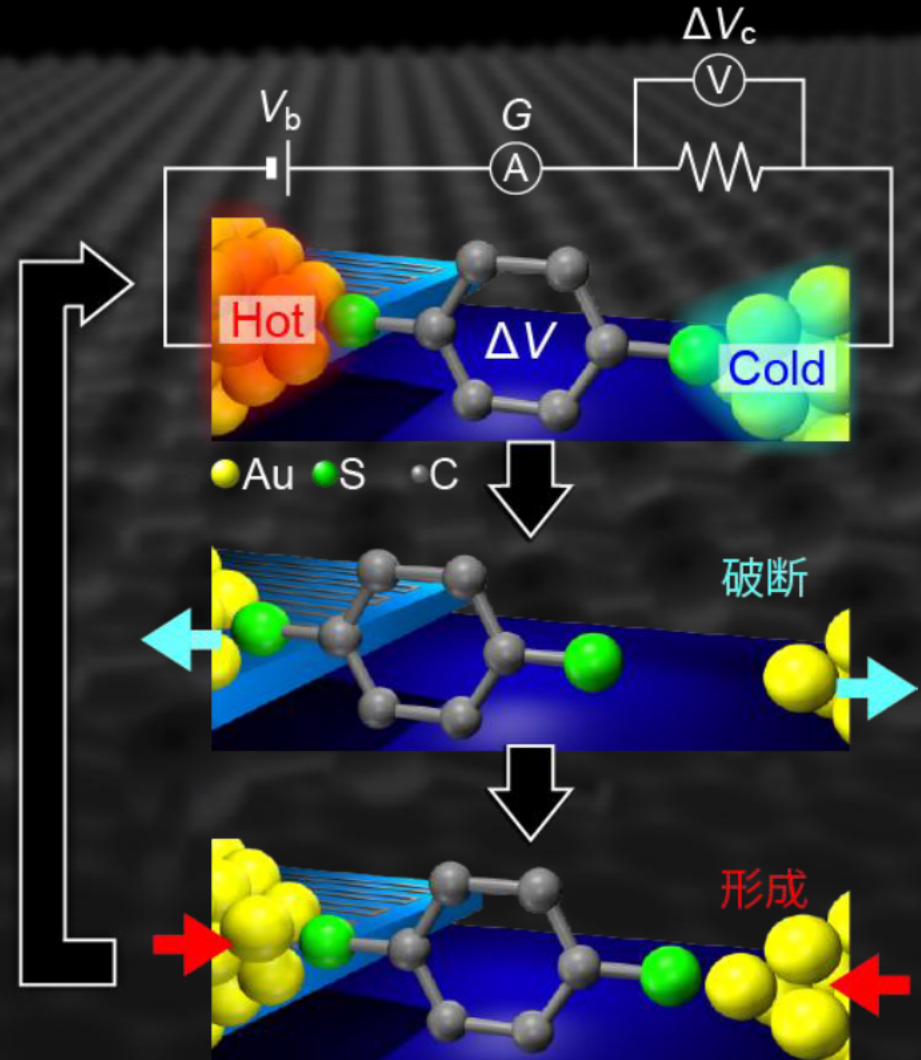
$K = 50 \text{ pW/K}$ (Wang et al., Science 317, 787 (2007))

破断直前のBDT接合 $ZT = 1.4$

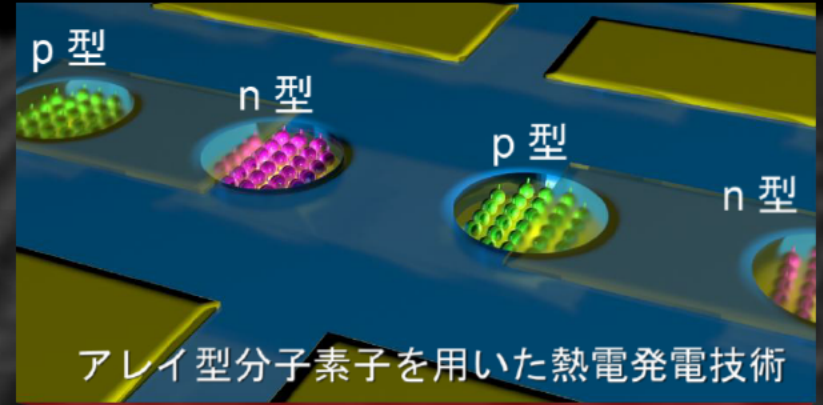
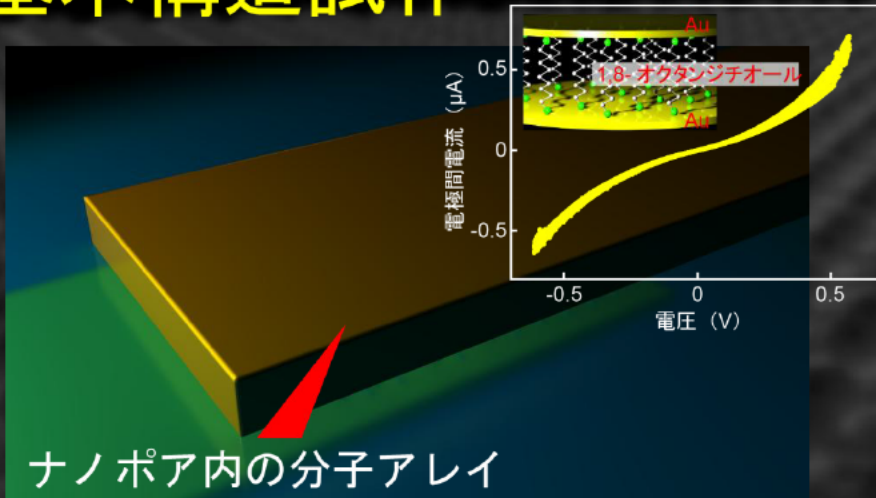
$G = 0.21 G_0 (= 16 \mu S)$

$S = 120 \mu V/K$

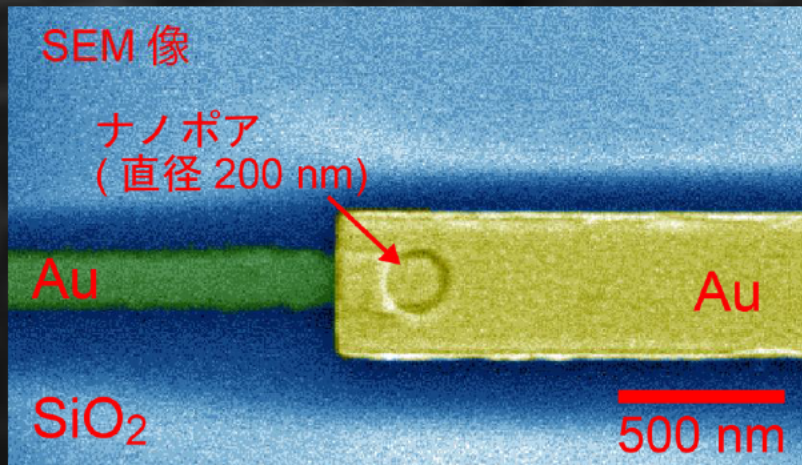
$K = 50 \text{ pW/K}$ (Wang et al., Science 317, 787 (2007))



基本構造試作



ナノセンサ基板裏側に
搭載される分子熱電素子



開発中の プロセス技術

