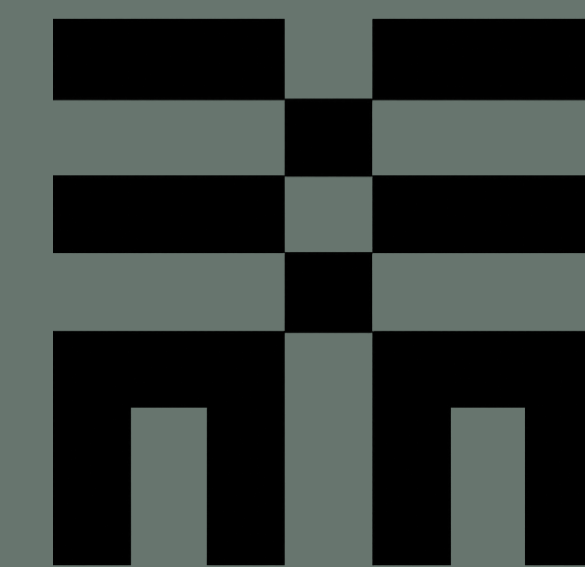


金・パラジウム混合電極の 高温環境下における熱安定性評価

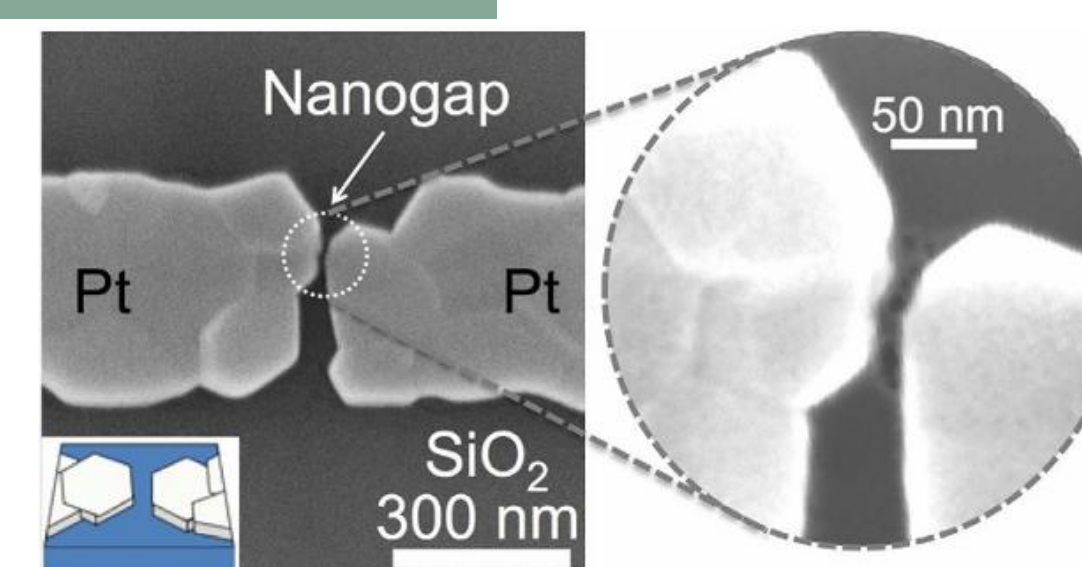
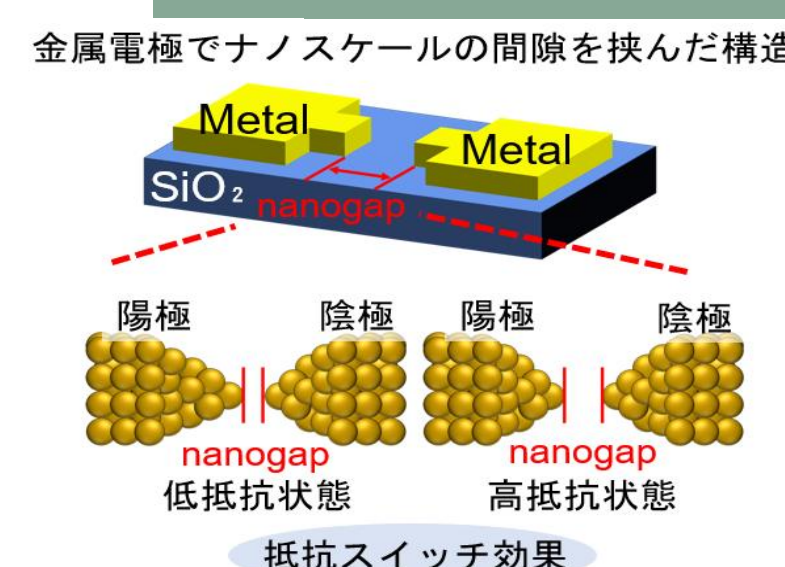
千葉工大¹ 産総研² ○杉本 紘基^{1,2}, 菅 洋志¹, 内藤 泰久²Chiba Tech¹, AIST² ○Koki Sugimoto^{1,2}, Hiroshi Suga¹, Yasuhisa Naitoh²

背景・目的

ナノギャップメモリは、ナノスケールの隙間を有する対向金属電極構造を用いた不揮発性メモリであり、電圧印加による微小な原子移動によって高いON/OFF比を示す。また、金属原子の移動に基づくため半導体特性に依存しないことや、トンネル伝導機構を利用し計算式に温度項を含まないことから高温動作メモリに有利である。白金(Pt)電極では、600℃の高温環境下においても不揮発性メモリ動作が報告されている。¹⁾一方で、Pt以外の電極材料を用いたナノギャップメモリの高温動作に関する検証は行われていない。そこで、金(Au)にパラジウム(Pd)を混合することで融点が上昇する点に着目し、²⁾高温環境下でも安定な動作が期待できる混合電極を対象とした。

本研究では、Au-Pd混合電極を用い、高温環境下におけるナノギャップメモリの電気特性を評価する。

ナノギャップ電極

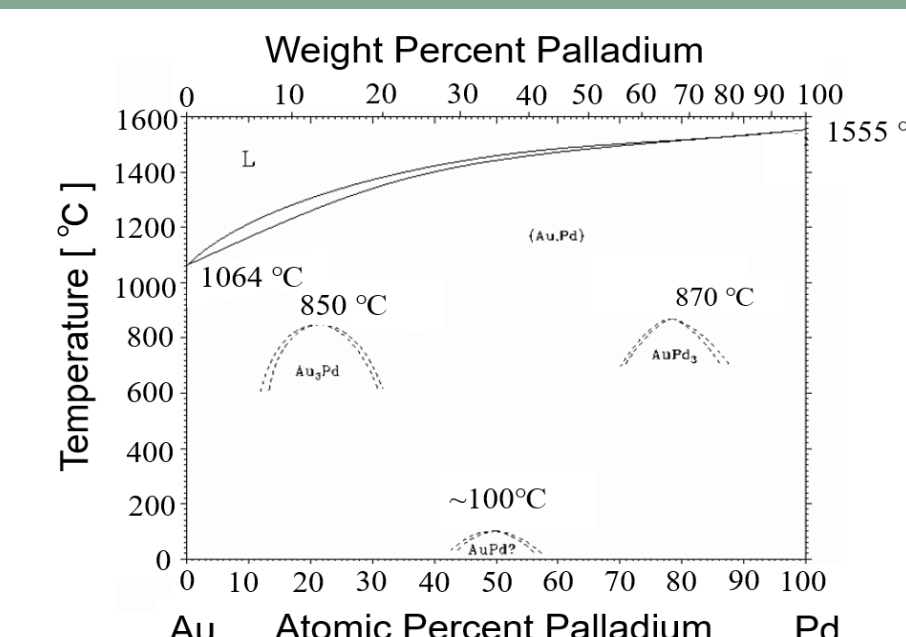


トンネル電流の方程式

$$I = A \frac{e}{2\pi h d^2} \left\{ \left(\phi - \frac{eV}{2} \right) \exp \left[-\frac{4\pi d}{h} (2m)^{1/2} \left(\phi - \frac{eV}{2} \right)^{1/2} \right] - \left(\phi + \frac{eV}{2} \right) \exp \left[-\frac{4\pi d}{h} (2m)^{1/2} \left(\phi + \frac{eV}{2} \right)^{1/2} \right] \right\}$$

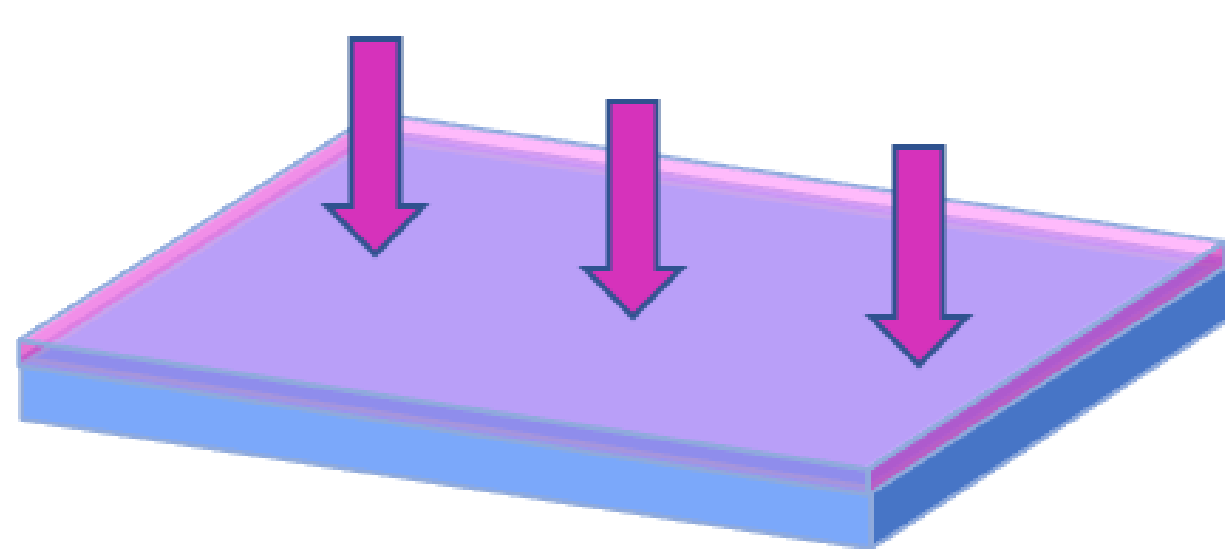
$e = 1.60 \times 10^{-19}$ V: 印可電圧
 $h = 6.62 \times 10^{-31}$ d: ギャップ幅
 $m = 9.11 \times 10^{-31}$ A: トンネル放射面積
 ϕ : 障壁高さ

Au-Pd二元状態図

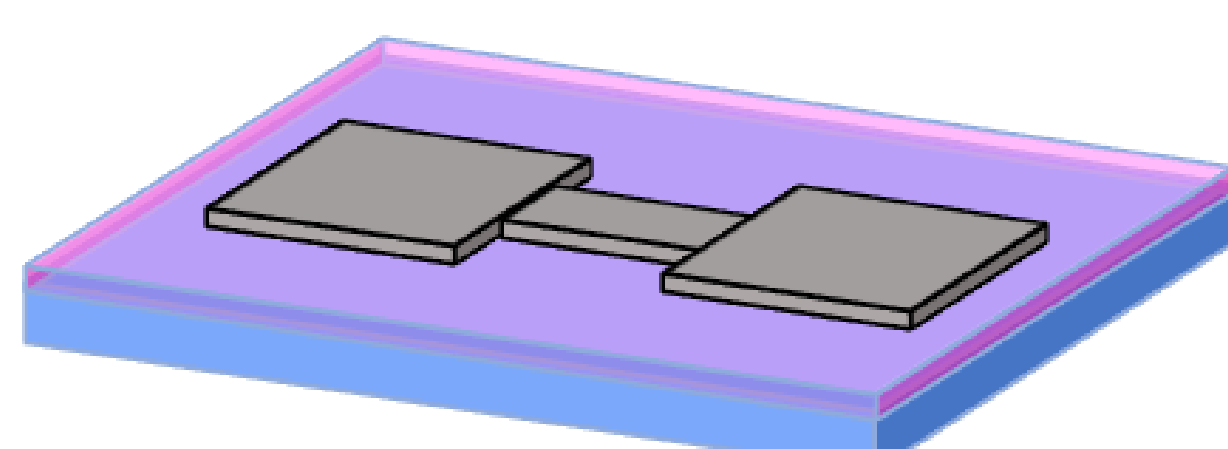


ナノギャップ電極の作製

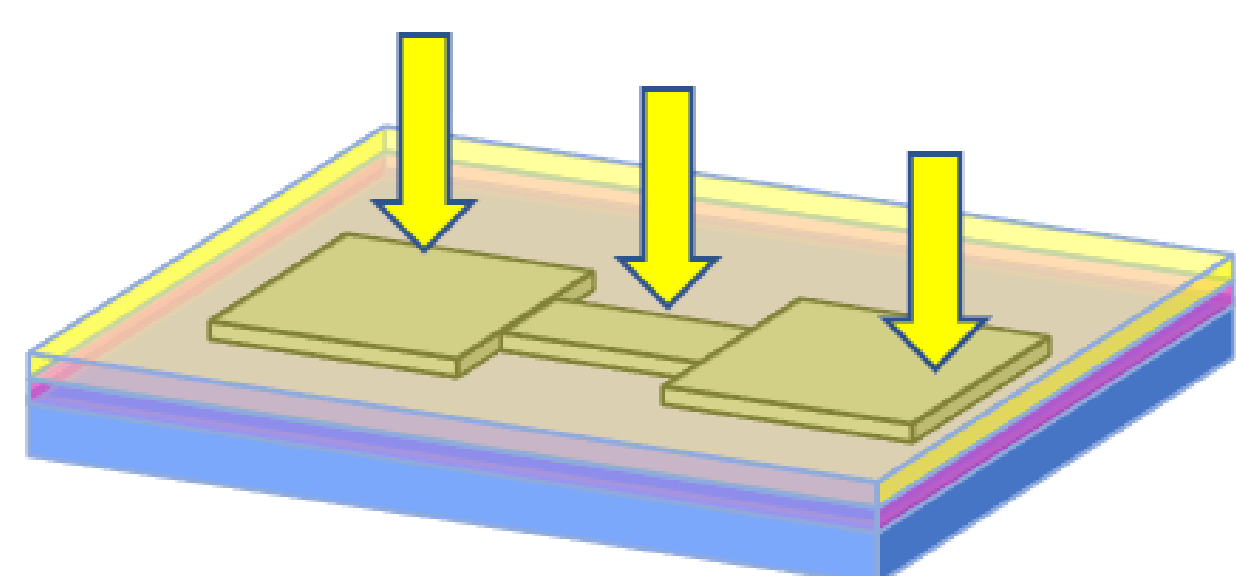
①レジスト塗布



②電子線リソグラフィーでナノワイヤーを描画



③金属を10 nm蒸着



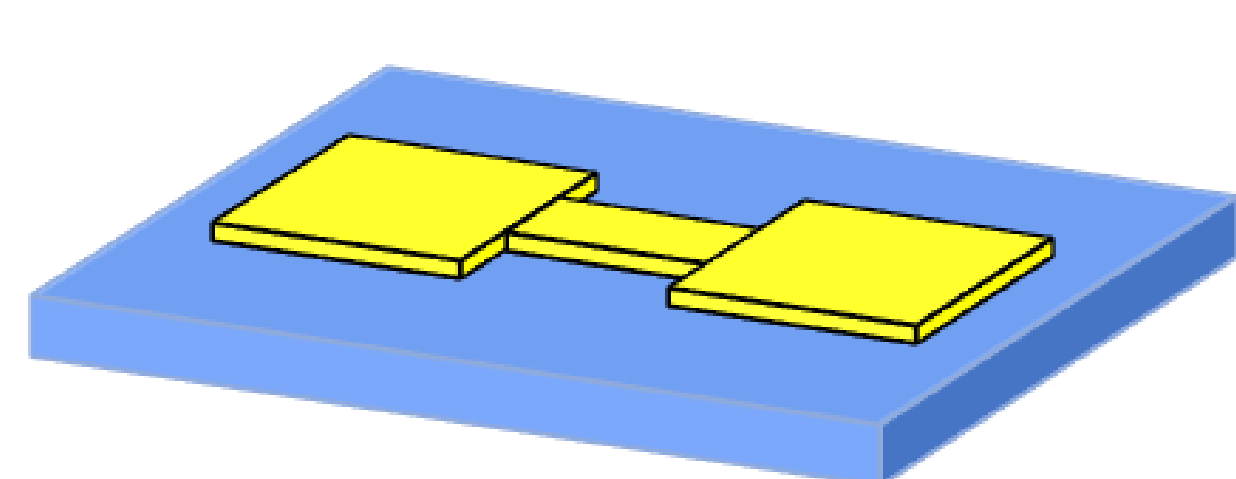
電極材料

■Au: Pd=6:4

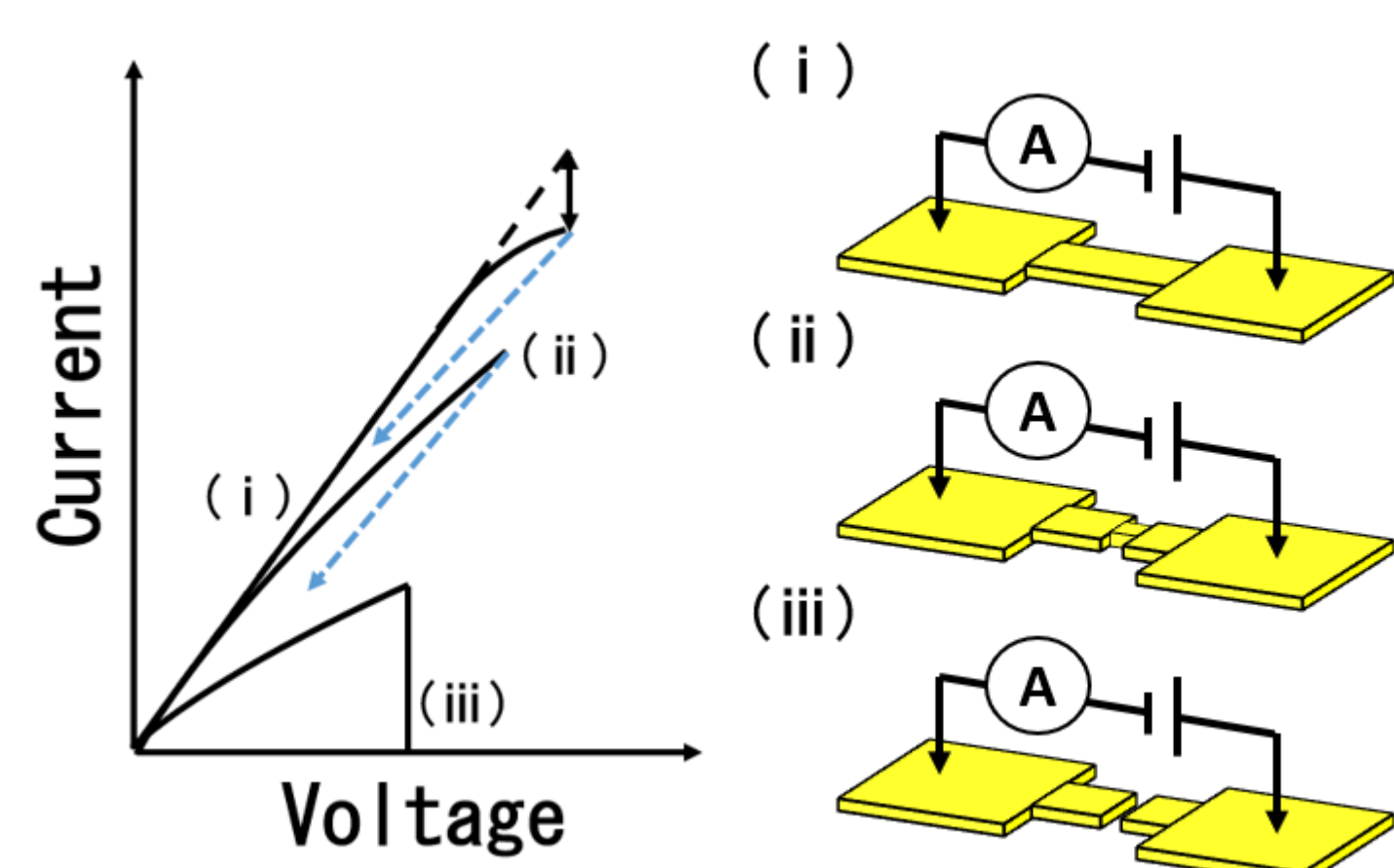
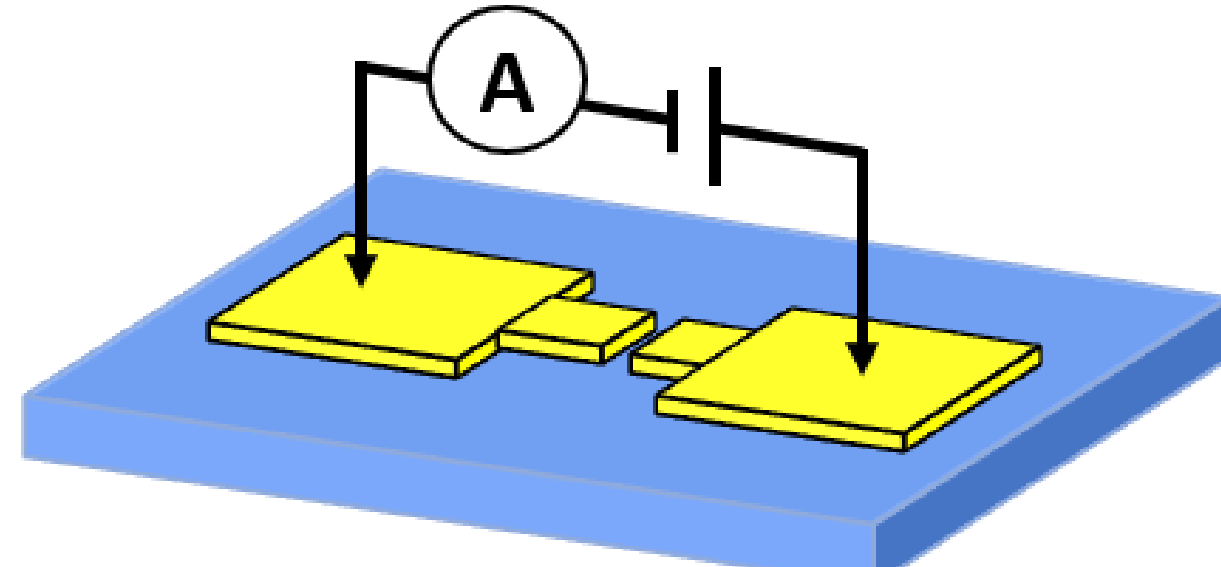
■Au: Pd=3:7

■Pd only

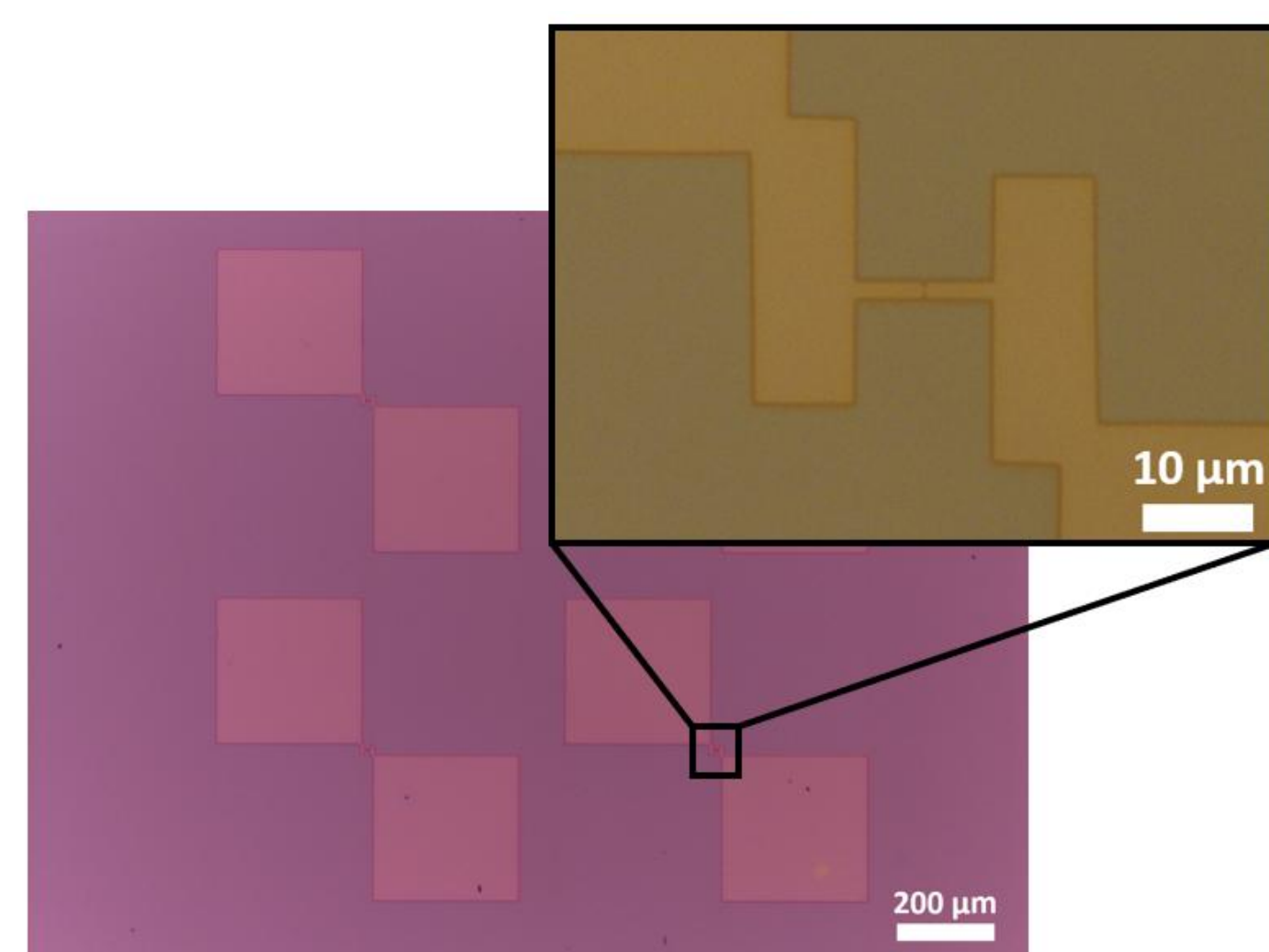
④レジスト除去



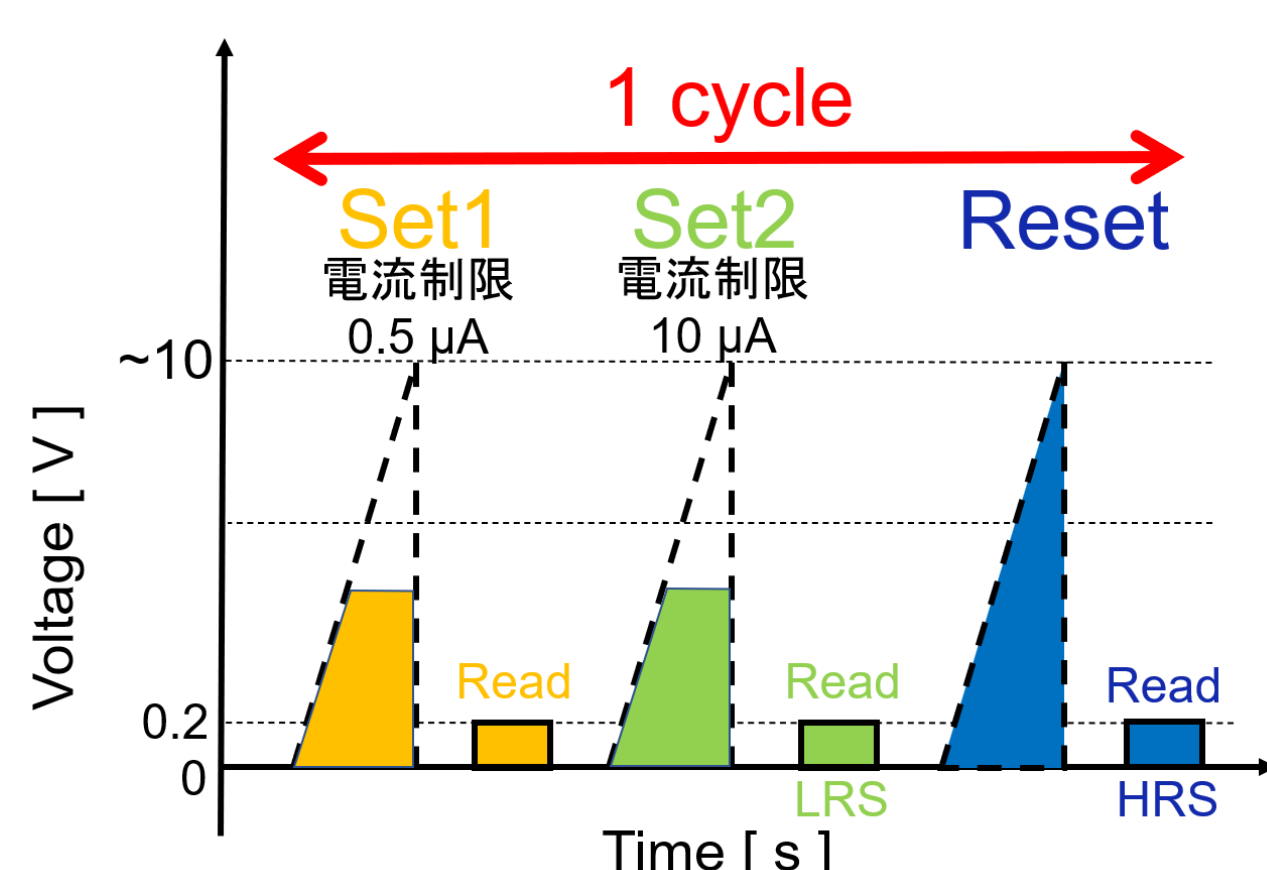
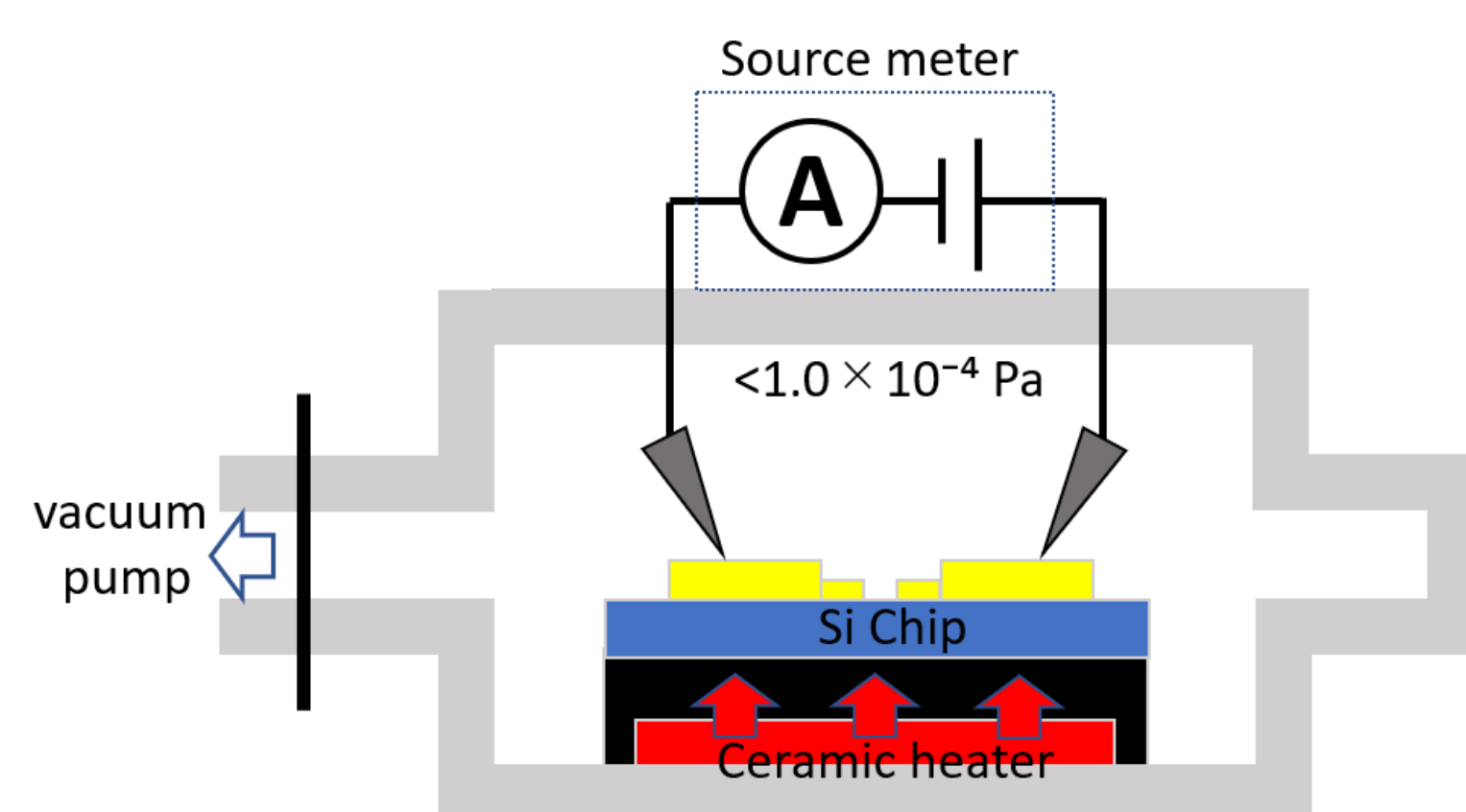
⑤ワイヤーを通电破断



電流で破断することで、ナノギャップを形成

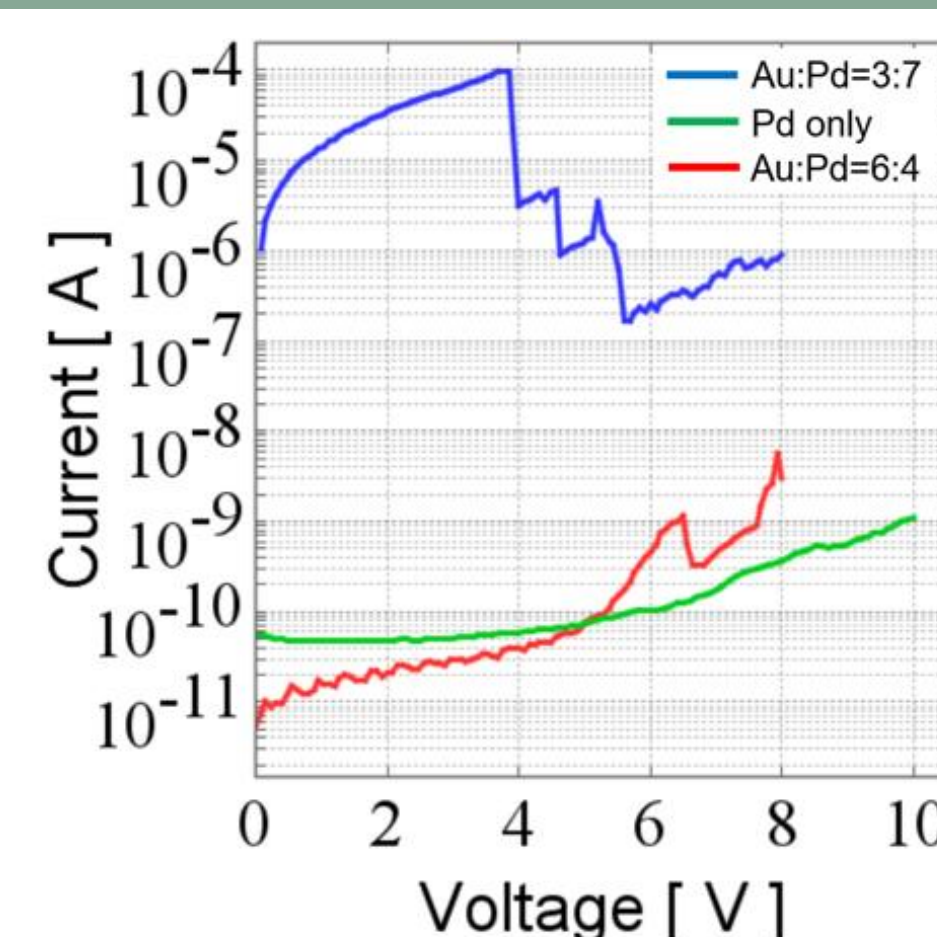


高温環境下での電気特性評価

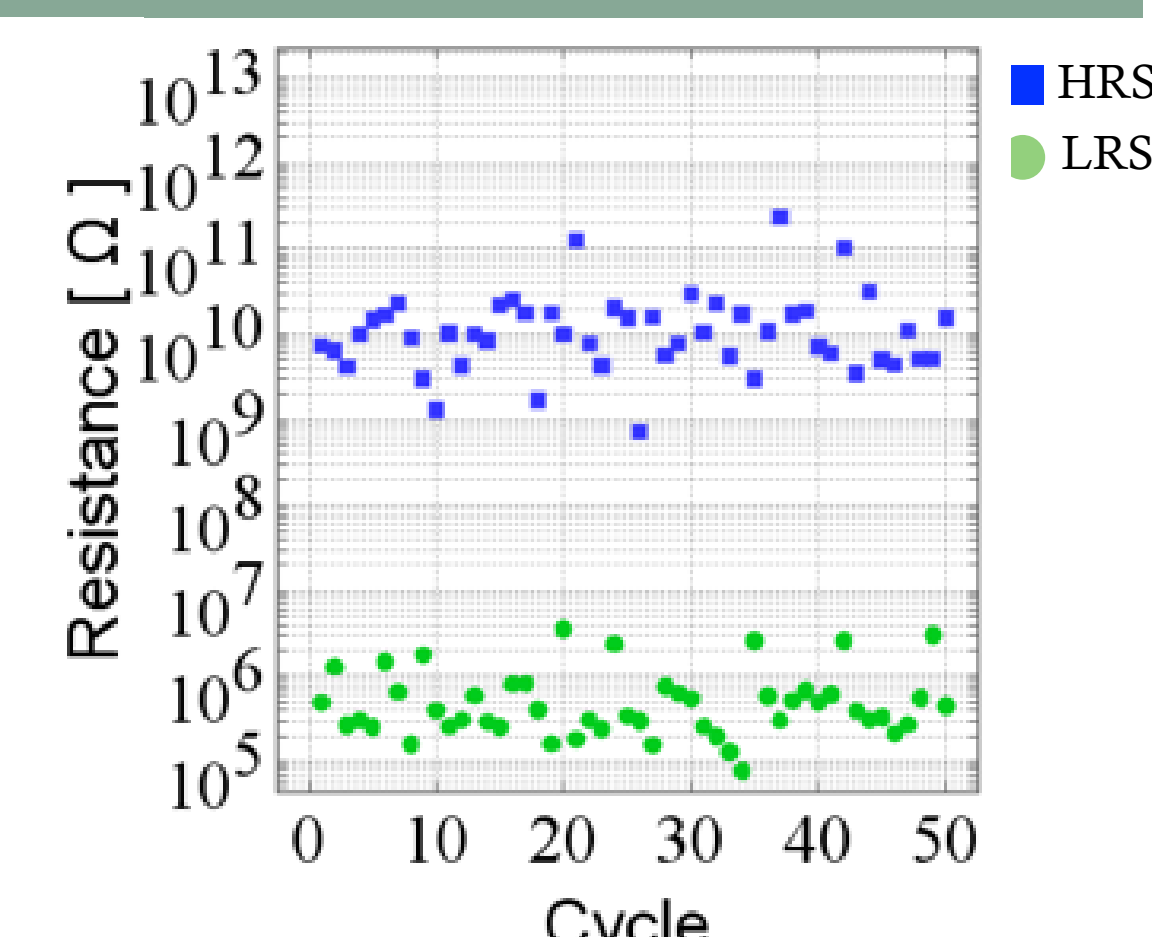


600℃環境下での特性評価

Reset時I-V特性の比較

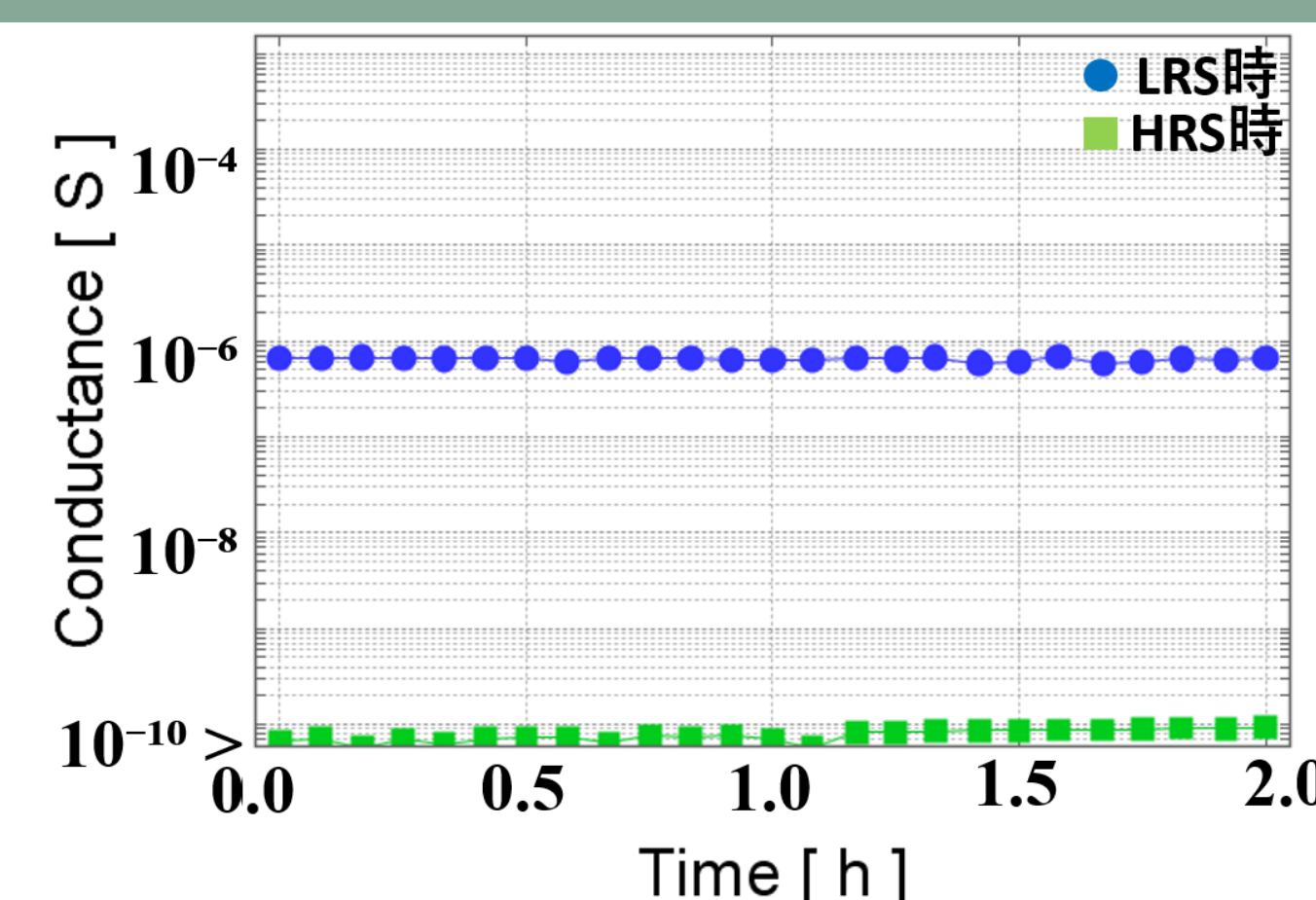


Au: Pd=3:7電極



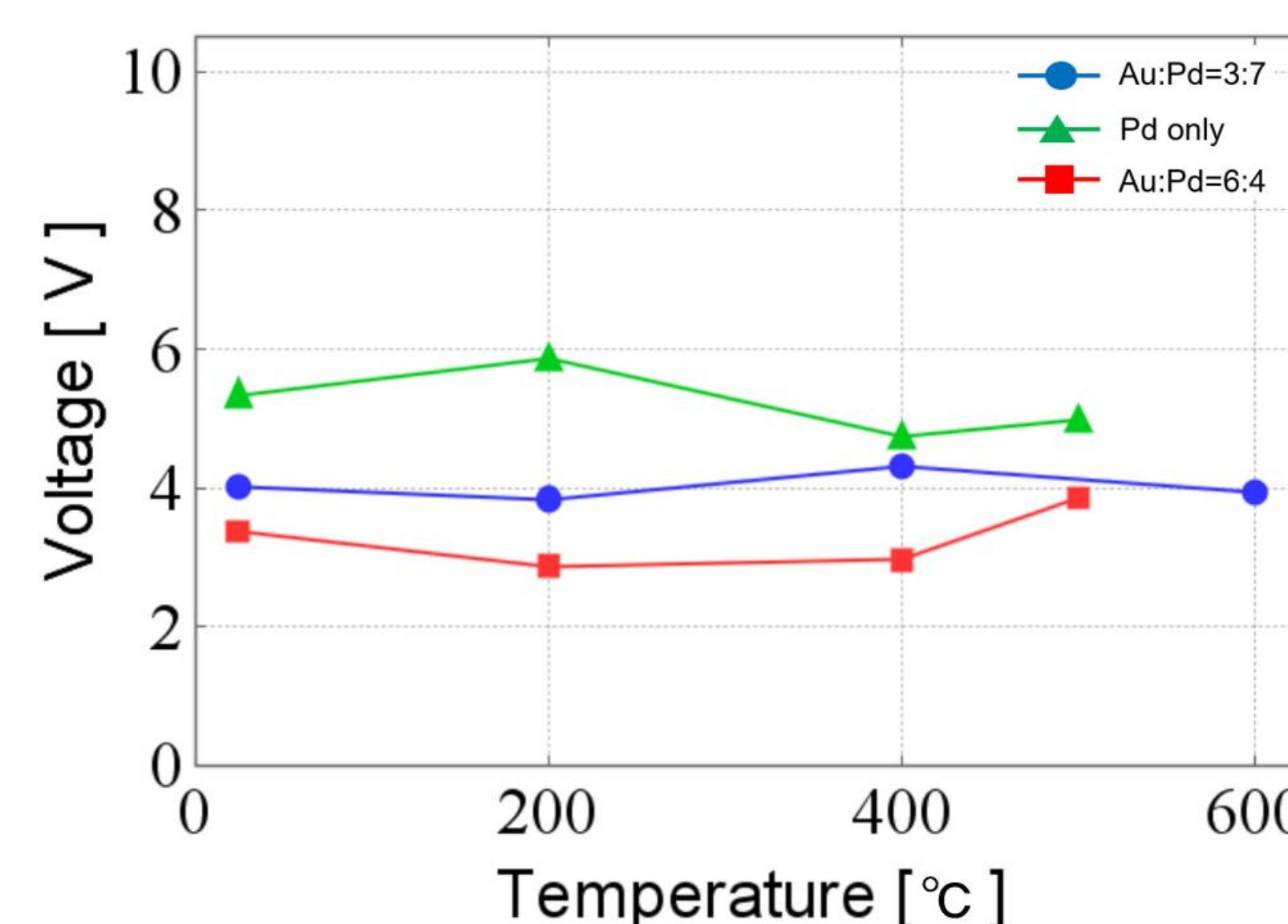
Au: Pd=3:7電極でのみ600℃環境下で動作した。

Au: Pd=3:7電極での抵抗保持特性



600℃での抵抗値保持を確認した。

温度変化における混合比別での動作電圧

Auの含有量の多い電極ほど、
温度変化に対しても低い動作電圧となった。

	Au	Au: Pd=6:4	Au: Pd=3:7	Pd	Pt
融点 [°C]	1064	1450前後	1500前後	1555	1772
動作温度	300*	500	600	500	600*
動作電圧 (室温)	2.58*	3.37	3.94	5.34 (2.83*)	4.06*

*は文献値を示す¹⁾³⁾。

結論

・Au: Pd=6:4, Au: Pd=3:7, Pd onlyでのナノギャップ電極を作製し、高温環境下での電気特性の評価を行った。

➢Au: Pd=3:7の電極において600℃環境下での動作及び抵抗保持が確認された。

➢Auの含有量の多い電極ほど温度変化に対しても低い動作電圧となった。

1) H.Suga et al., Scientific Reports 6, 34961 (2016)

2) C.Creemer et al., Applied Computational Materials Modeling, 6, 109 (2007)

3) S.Furuta et al., Applied Physics, 47, 3 (2008)