

エネルギー・環境新技術先導プログラム／ トリリオンセンサ社会を支える高効率MEMS振動発電 デバイスの研究

第8回高効率MEH研究会

研究項目：『大容量イオン液体可変キャパシタ
技術のエナジーハーベスタ応用』

平成28年2月24日(水)
15:00 ～ 17:30

SAGHO MIYA

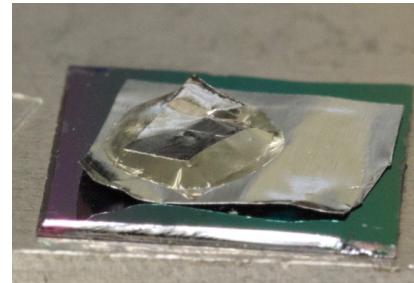
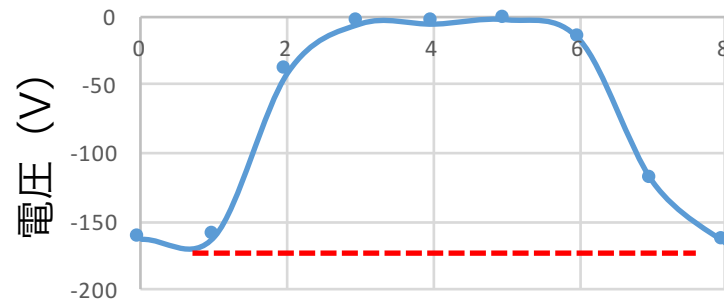


❖ 大容量イオン液体可変キャパシタ技術のエネルギーハーベスタ応用

	H27 4,5,6月	H27 7月	H27 8月	H27 9月	H27 10月	H27 11月	H27 12月	H28 1月	H28 2月
②-(1) イオン液体のエネルギーハーベスタ応用検討	イオン液体の機械、電気特性評価 濡れ性と電気二重層形成状態の評価 当初計画 → 実施状況 → 完了→ 今後も検証を進めて行く。 H28へ継続								
②-(2) イオン液体のゲル化検討	ゲル化したイオン液体の機械、電気特性評価 当初計画 → 実施状況 → ゲル化イオン液体の重要なパラメータを把握 当初計画 → 実施状況 →								
②-(3) ゲル化イオン液体のイオン固定方法検討	イオン液体のイオン固定検討 実施状況 → 当初計画 → H28へ継続								

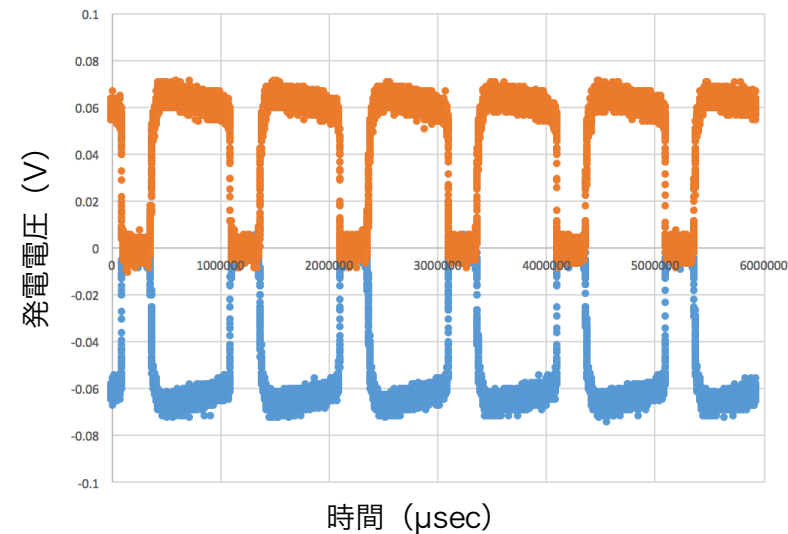
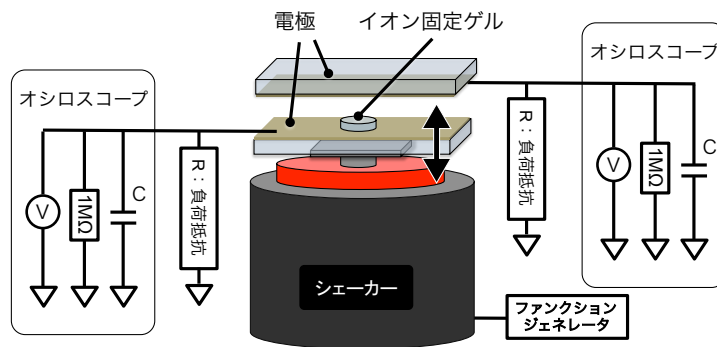
- イオン液体＋固体イオンエレクトロット
 - 表面制御とParyleneによる帯電劣化保護
- 電極材質と発電電流（電荷注入説）
 - Au, Ag, Alによる発電実験
- 未接地による発電実験
 - インストルメンテーションアンプを用いた発電実験

- イオン液体＋固体イオンエレクトレット
 - イオン液体によりエレクトレット帯電低下



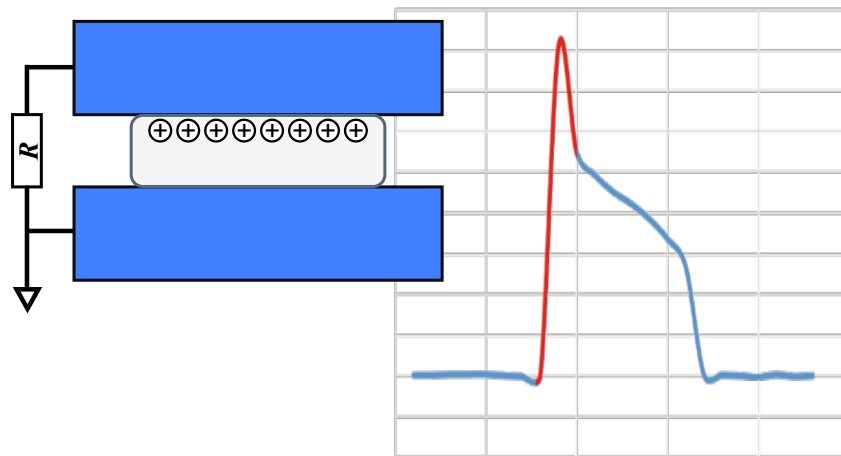
- 接地での発電実験

- 上下電極で符号が反対の電流を計測→GNDから吸上げている？

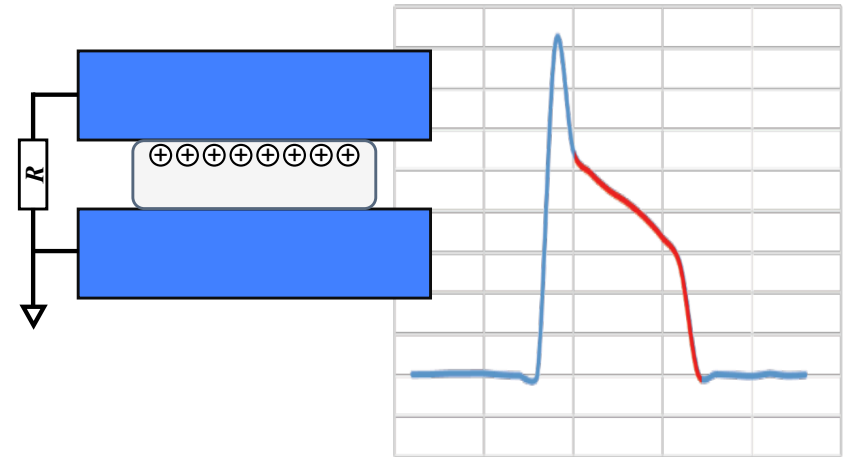


● 発電原理→電極から電荷が注入されている？

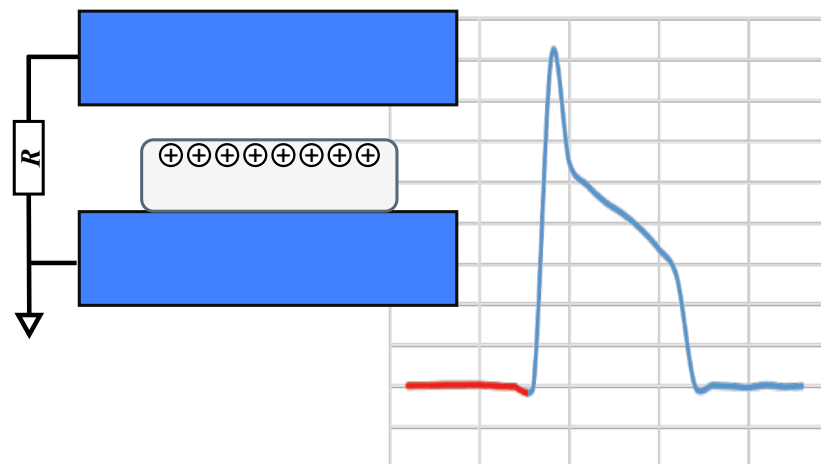
① 電極とカチオン固定面が接触する

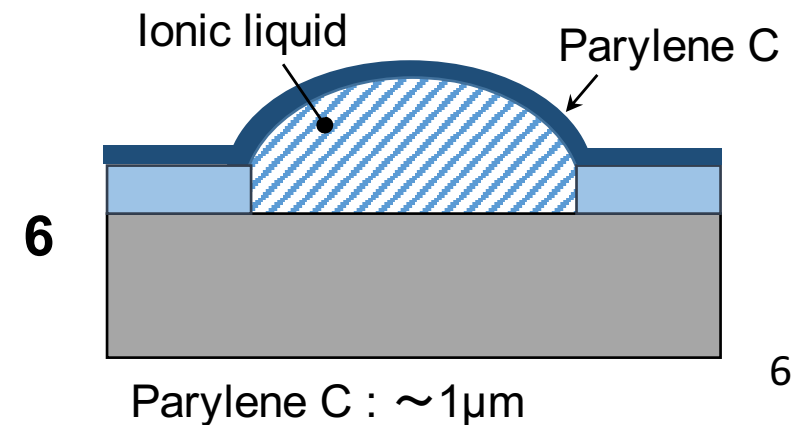
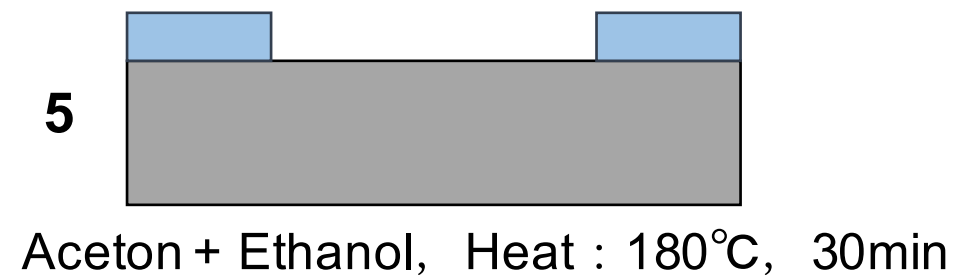
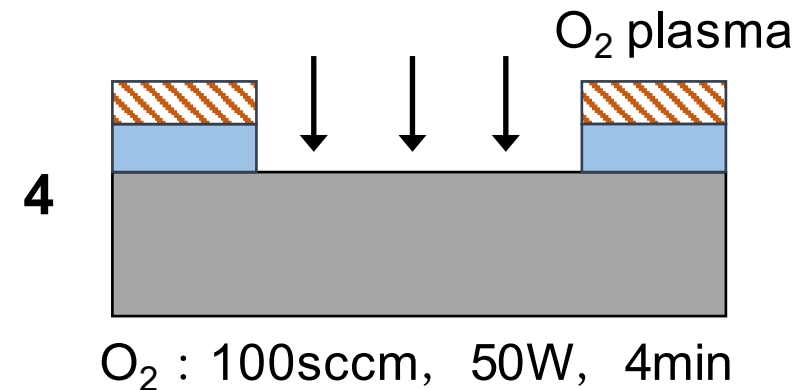
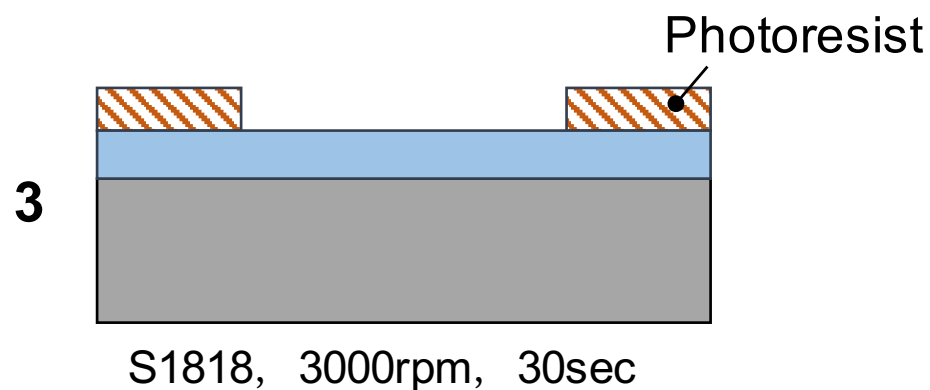
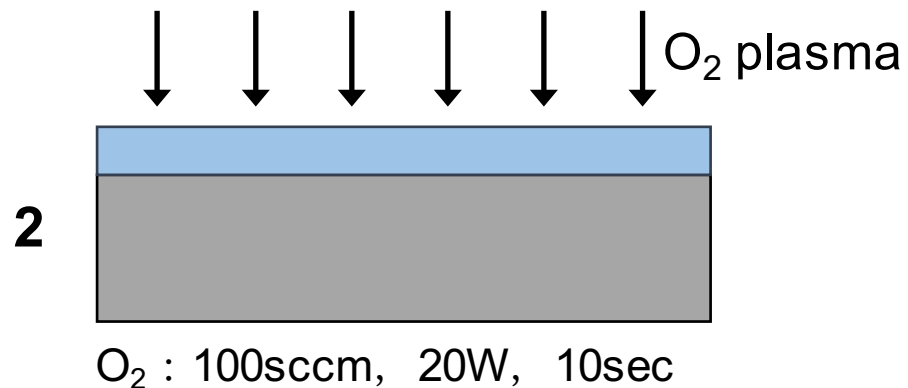
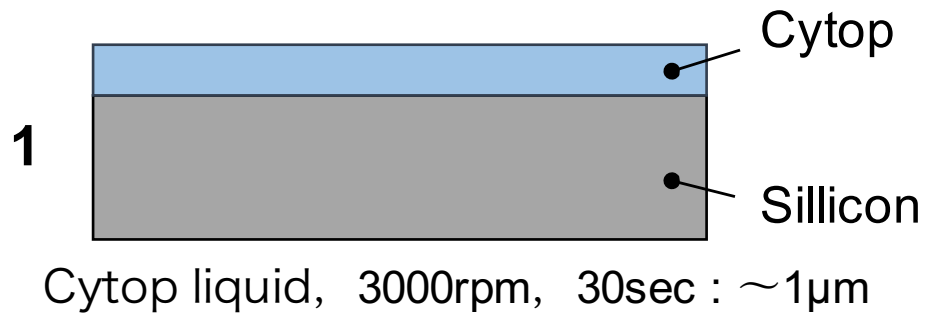


② 接触したまま押し込まれる



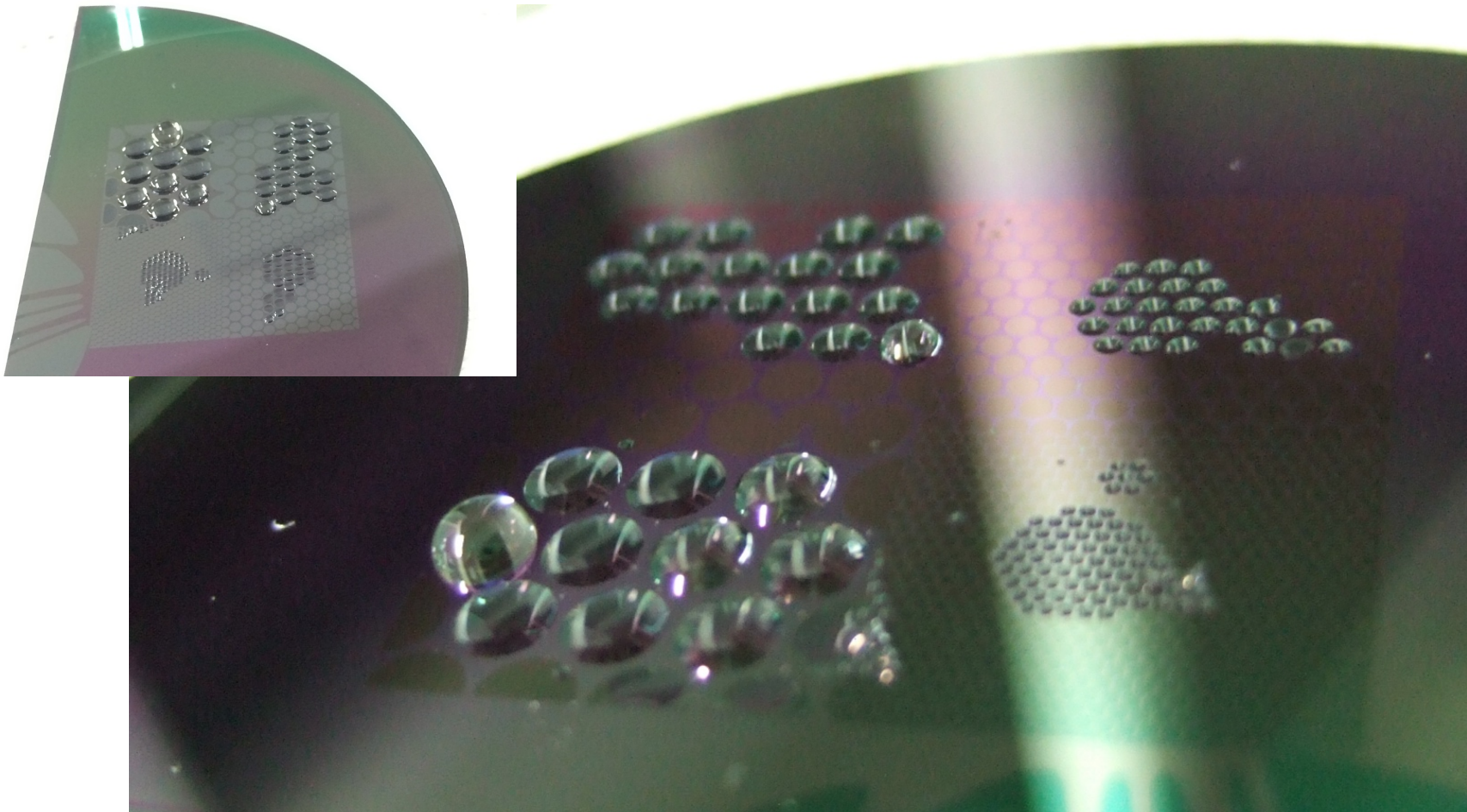
③ 電極とカチオン固定面が離れる



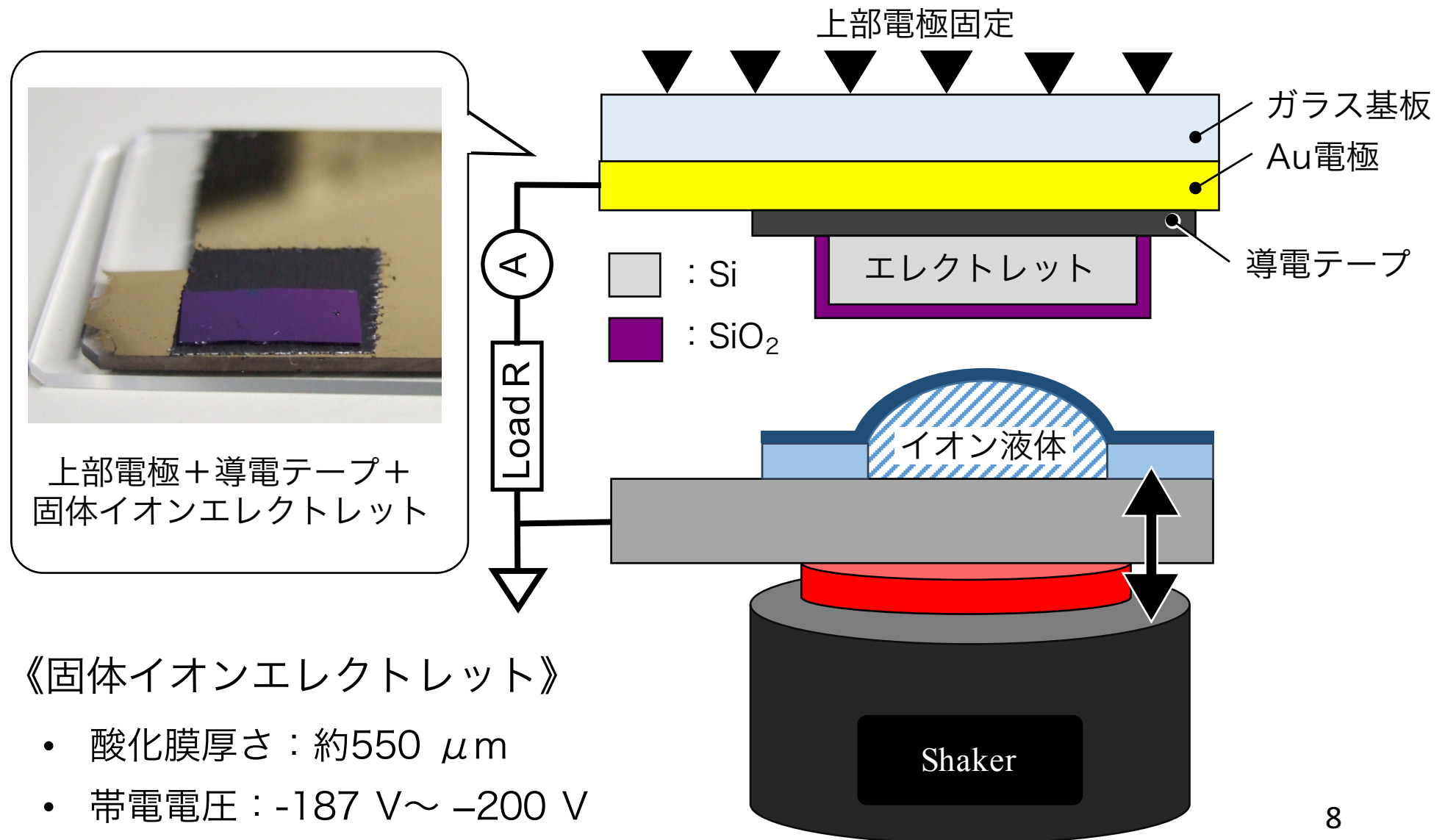


イオン液体 + Cytop + Parylene

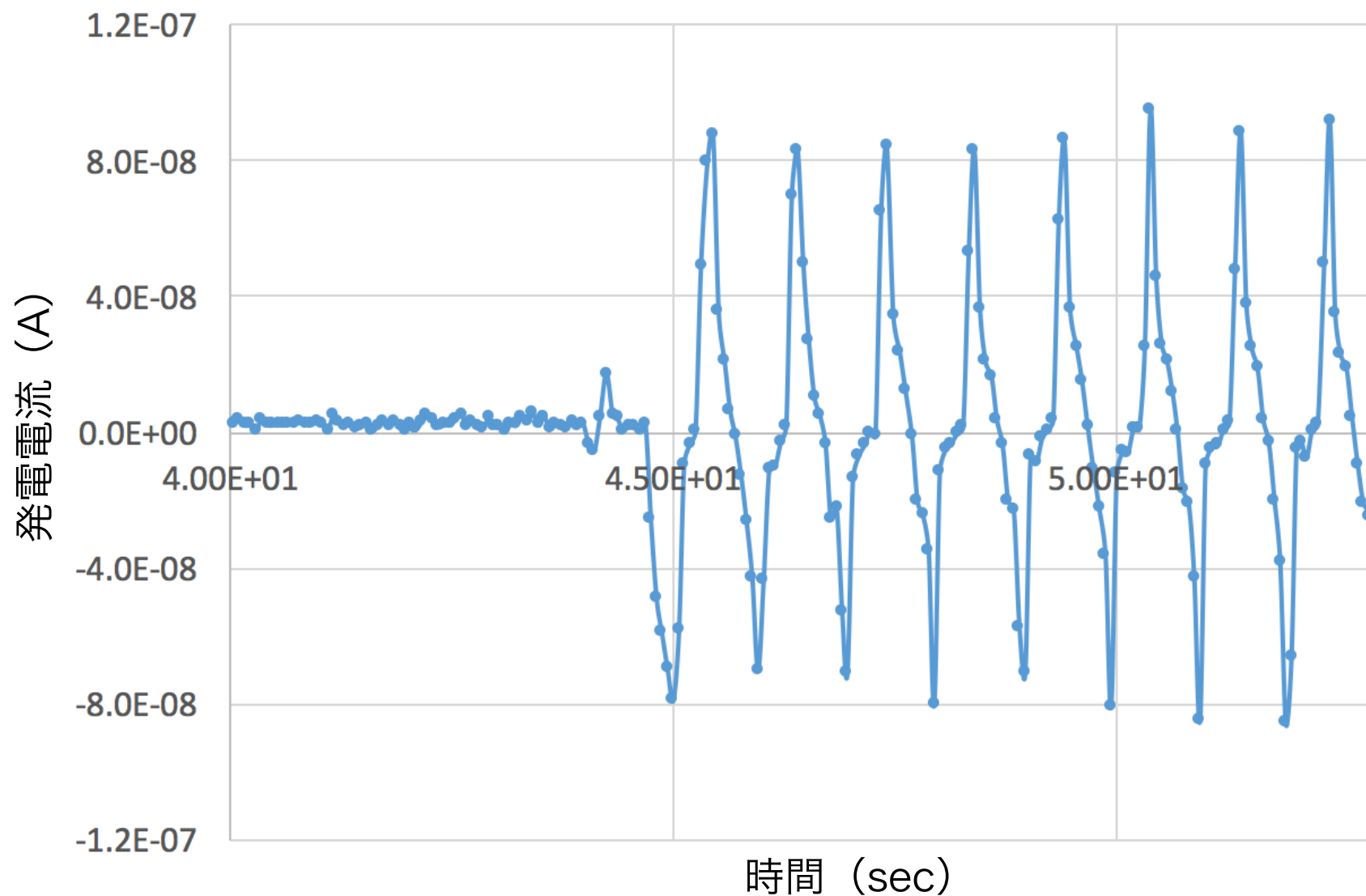
- Cytopにより，イオン液体の親水・疎水制御が可能
- イオン液体(液体状)の上にParyleneコーティング可能



- 原理検証(POC)であり，接触面積などの詳細な評価は別途.

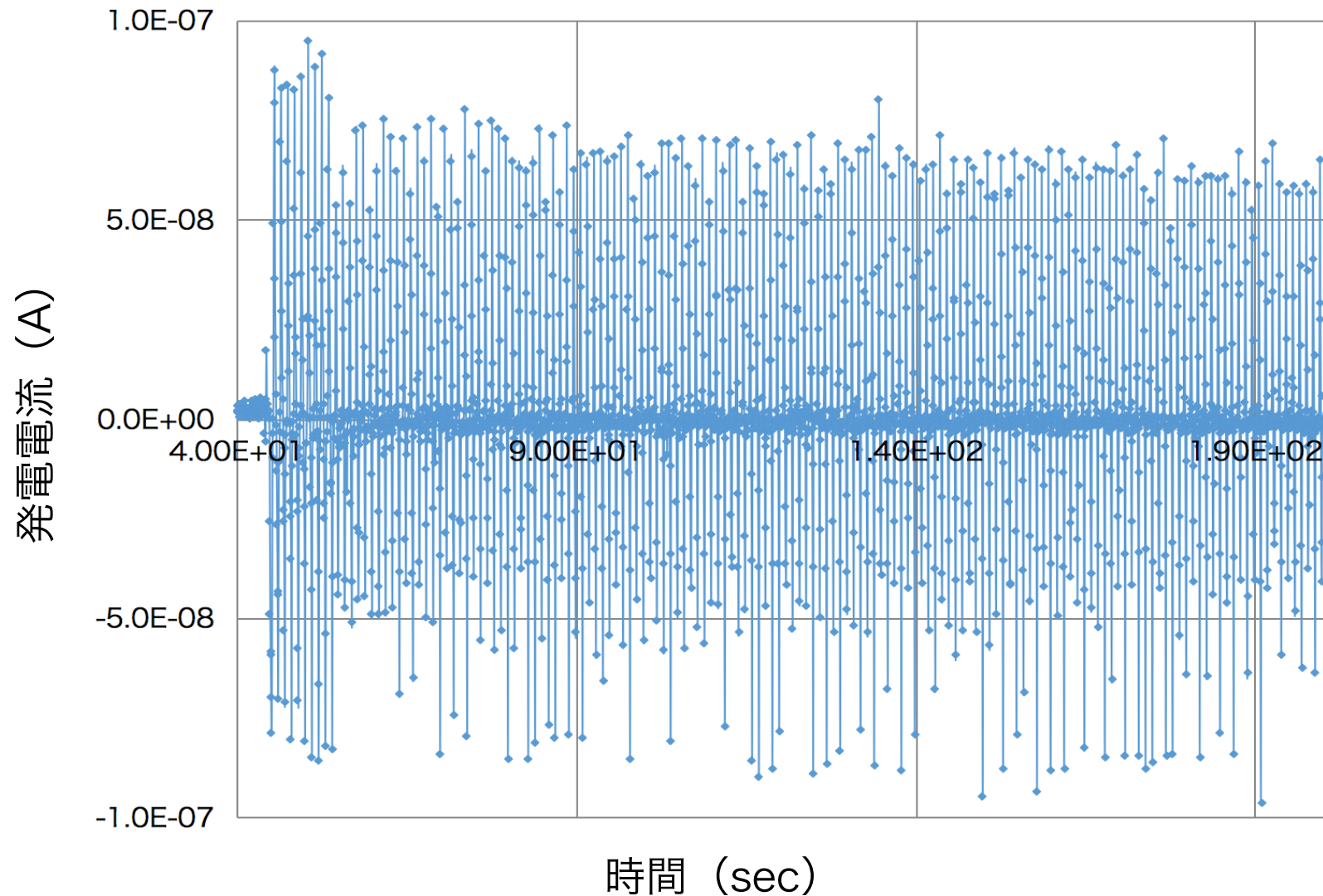


- 発電電流は $\pm 1 \mu\text{A}$ 程度得られた。

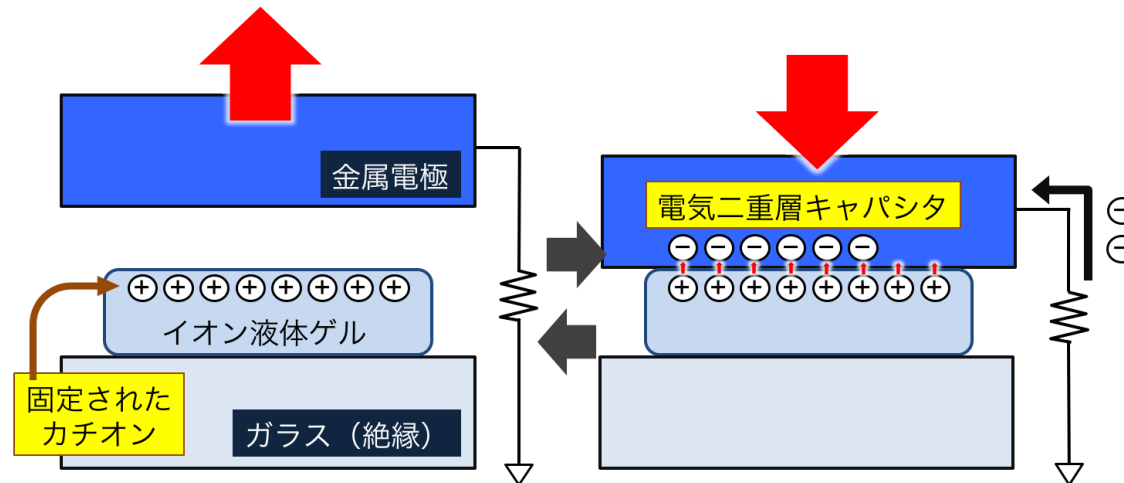


固体イオンエレクトレット+
イオン液体発電 考察・まとめ

- 面積変化が小さいため、発電電流が少ない。
- 2回目以降もほぼ同じ電流を得られ、帯電劣化はない。

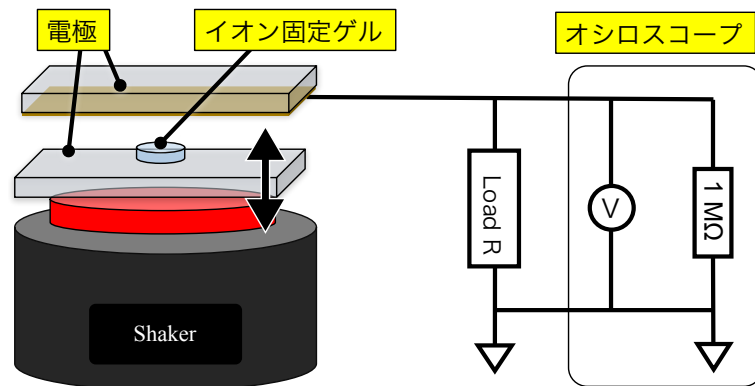


- 予備実験として，下部電極を絶縁してみると・・・

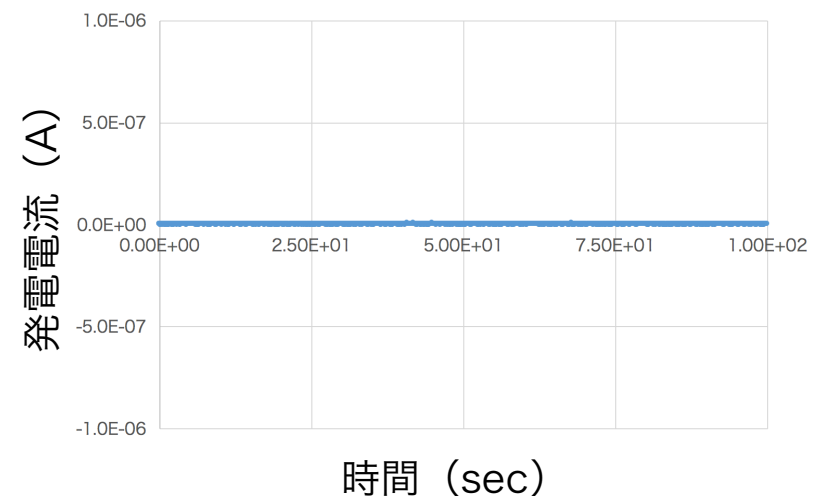


- 上部電極につないだ負荷では電流が計測できるはずであるが・・・

《予備実験セットアップ》



《実験結果》



- 想定している発電原理ではないのか？

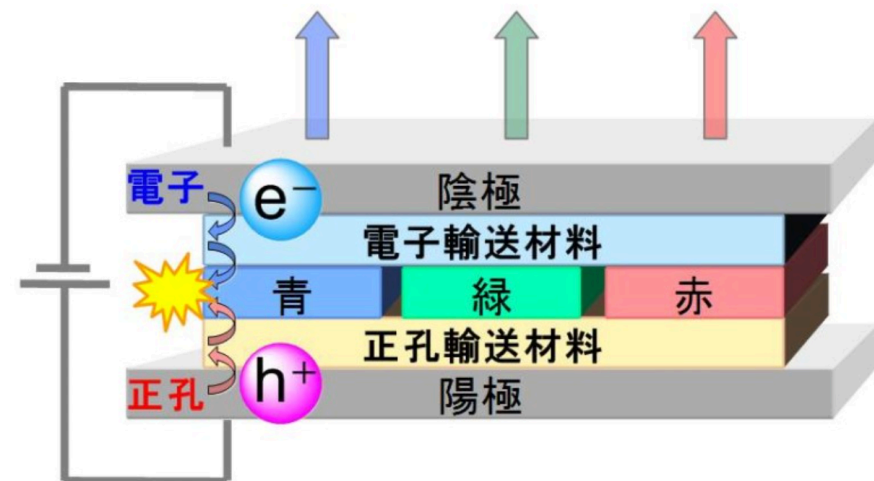
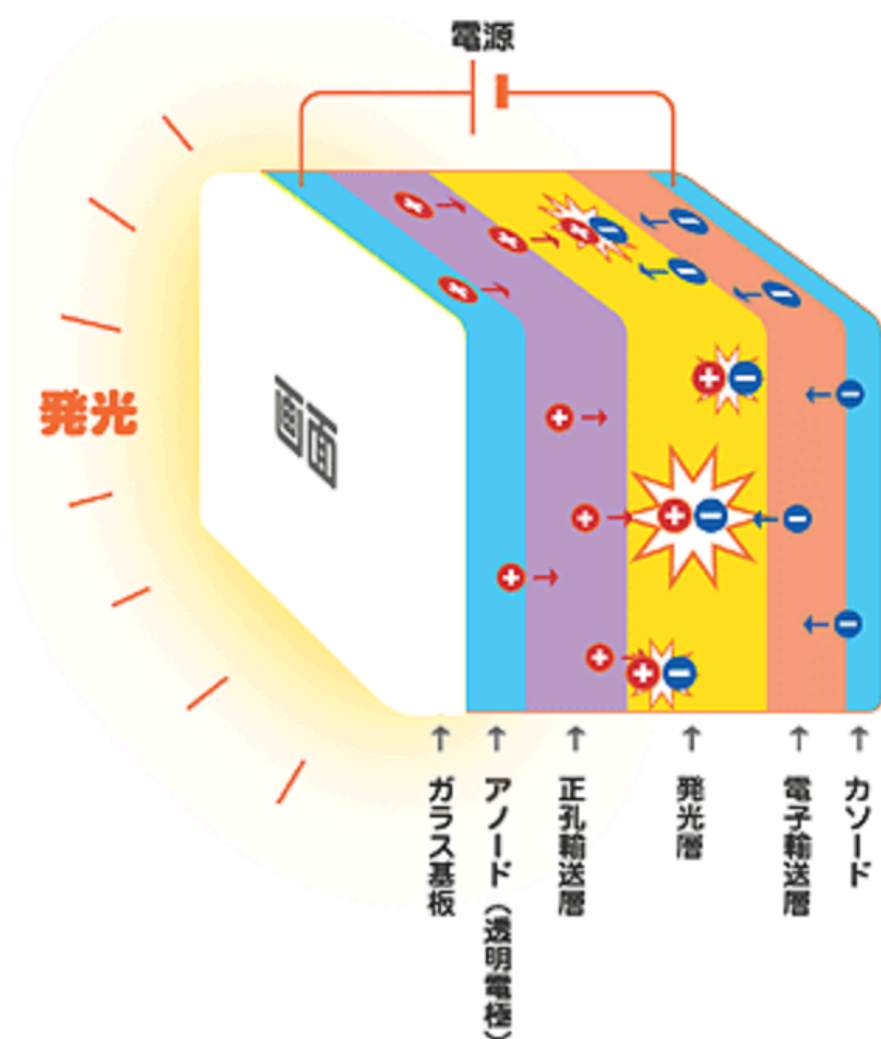


図1 有機EL素子の断面図

http://koueki.jiii.or.jp/hyosho/chihatsu/H26/jusho_kinki/detail/jiii1.html

<http://www.shinkin-sis.co.jp/topics/08/index.html>

➤ 金属材料毎の仕事関数表

仕事関数：物質表面において、表面から1個の電子を無限遠まで取り出すのに必要な最小エネルギーのこと

Element	Plane	Φ /eV	Method	Element	Plane	Φ /eV	Method	Element	Plane	Φ /eV	Method
Ag	100	4.64	PE		210	5.00	PE	Ru	polycr	4.71	PE
	110	4.52	PE	K	polycr	2.29	PE	Sb	amorp	4.55	
	111	4.74	PE	La	polycr	3.5	PE		100	4.7	
Al	100	4.20	PE	Li	polycr	2.93	FE	Sc	polycr	3.5	PE
	110	4.06	PE	Lu	polycr	(3.3)	CPD	Se	polycr	5.9	PE
	111	4.26	PE	Mg	polycr	3.66	PE	Si	n	4.85	CPD
As	polycr	(3.75)	PE	Mn	polycr	4.1	PE		p 100	(4.91)	CPD
Au	100	5.47	PE	Mo	100	4.53	PE		p 111	4.60	PE
	110	5.37	PE		110	4.95	PE	Sm	polycr	2.7	PE
	111	5.31	PE		111	4.55	PE	Sn	polycr	4.42	CPD
B	polycr	(4.45)	TH		112	4.36	PE	Sr	polycr	(2.59)	TH
Ba	polycr	2.52	TH		114	4.50	PE	Ta	polycr	4.25	TH
Be	polycr	4.98	PE		332	4.55	PE		100	4.15	TH
Bi	polycr	4.34	PE	Na	polycr	2.36	PE		110	4.80	TH
C	polycr	(5.0)	CPD	Nb	001	4.02	TH		111	4.00	TH
Ca	polycr	2.87	PE		110	4.87	TH	Tb	polycr	3.0	PE
Cd	polycr	4.08	CPD		111	4.36	TH	Te	polycr	4.95	PE
Ce	polycr	2.9	PE		112	4.63	TH	Th	polycr	3.4	TH
Co	polycr	5.0	PE		113	4.29	TH	Ti	polycr	4.33	PE
Cr	polycr	4.5	PE		116	3.95	TH	Tl	polycr	(3.84)	CPD
Cs	polycr	1.95	PE		310	4.18	TH	U	polycr	3.63	PE
Cu	100	5.10	FE	Nd	polycr	3.2	PE		100	3.73	PE
	110	4.48	PE	Ni	100	5.22	PE		110	3.90	PE
	111	4.94	PE		110	5.04	PE		113	3.67	PE
	112	4.53	PE		111	5.35	PE	V	polycr	4.3	PE
Eu	polycr	2.5	PE	Os	polycr	5.93	PE	W	polycr	4.55	CPD
Fe	100	4.67	PE	Pb	polycr	4.25	PE		100	4.63	FE
	111	4.81	PE	Pd	polycr	5.22	PE		110	5.22	FE
Ga	polycr	4.32	PE		111	5.6	PE		111	4.45	FE
Gd	polycr	2.90	CPD	Pt	polycr	5.64	PE		113	4.46	FE
Ge	polycr	5.0	CPD		110	5.84	FE		116	4.32	TH
Hf	polycr	3.9	PE		111	5.93	FE	Y	polycr	3.1	PE
Hg	liquid	4.475	PE		320	5.22	FE	Zn	polycr	3.63	PE
In	polycr	4.09	PE		331	5.12	FE		polycr	(4.9)	CPD
Ir	100	5.67	PE	Rb	polycr	2.261	PE	Zr	polycr	4.05	PE
	110	5.42	PE	Re	polycr	4.72	TE				
	111	5.76	PE	Rh	polycr	4.98	PE				

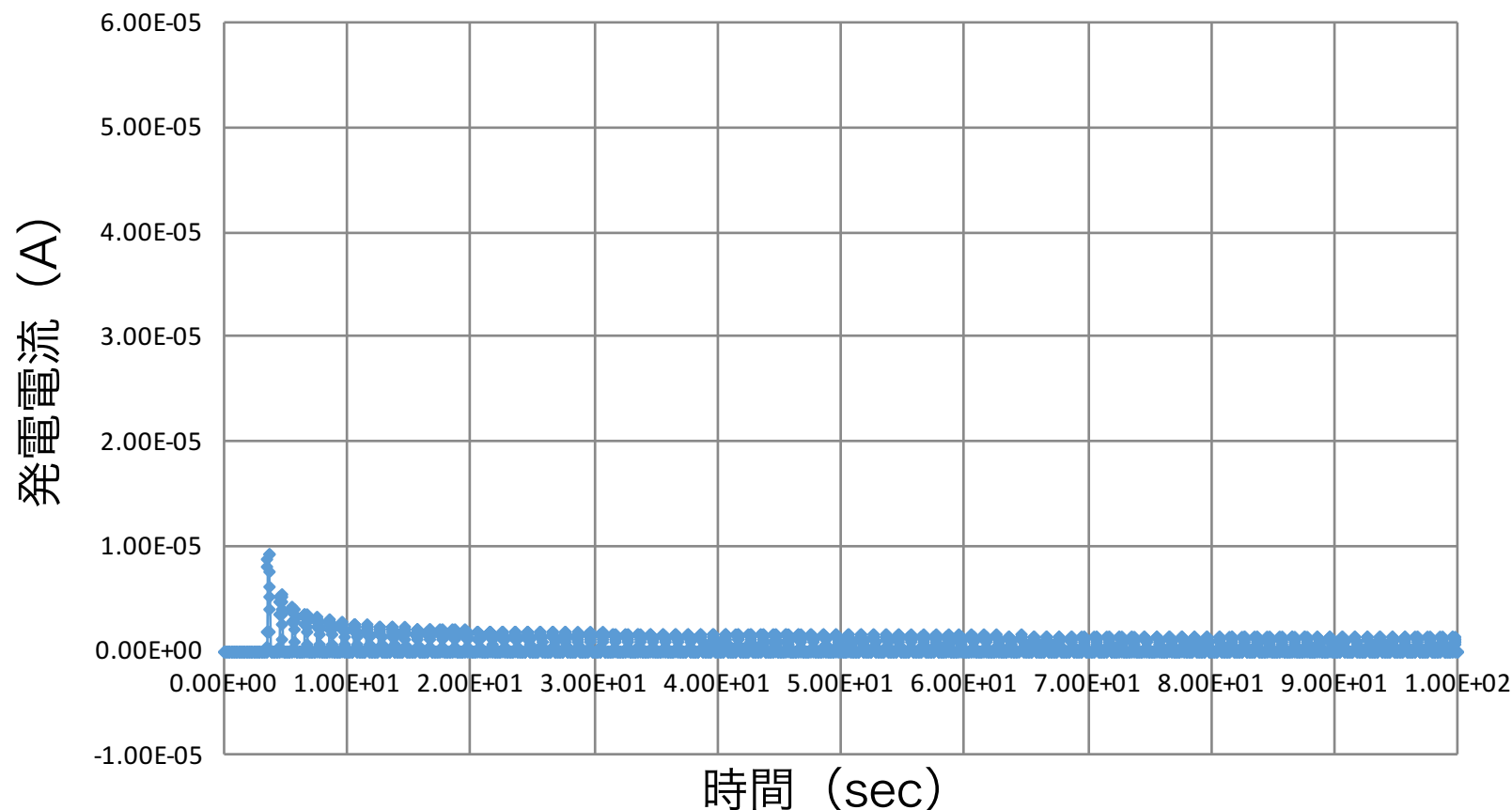
- 電極を仕事関数の小さなAl, Agに変えたらより電流が得られる？

Element	Plane	Φ /eV	Method
Ag	100	4.64	PE
	110	4.52	PE
	111	4.74	PE
Al	100	4.20	PE
	110	4.06	PE
	111	4.26	PE
As	polycr	(3.75)	PE
Au	100	5.47	PE
	110	5.37	PE
	111	5.31	PE

- 実験はグローブボックス内で行う必要があるため、下記条件.
 - ・ イオン固定ゲルは電力中央研究所設備で製作
 - ・ 電極蒸着後、約10秒は大気
 - ・ 電流計測にはソースメジャーユニットを使用

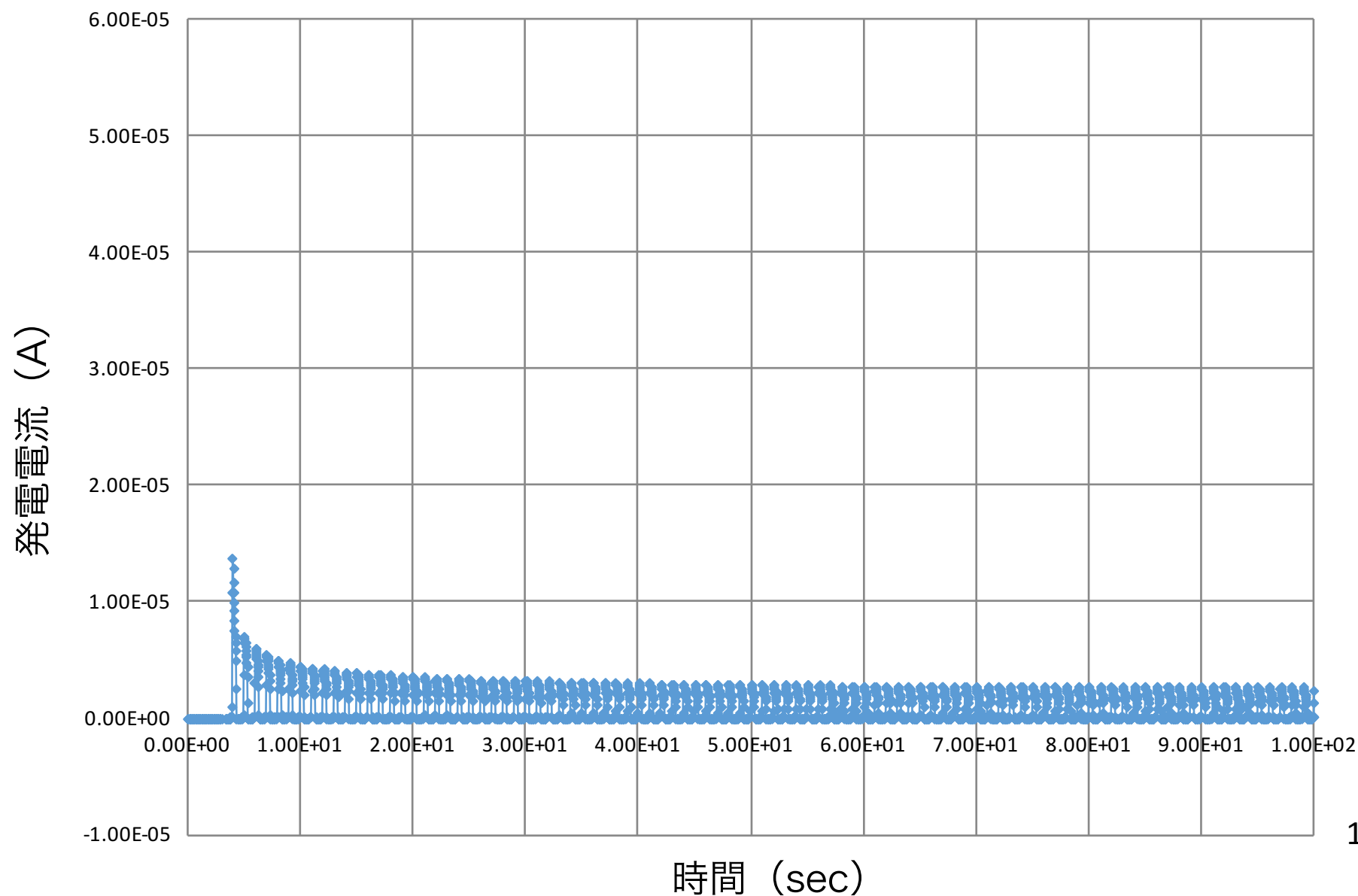
(1) 上部電極: Au 下部電極: Au

発電電流 (A) : $1.6\text{E-}6 \rightarrow 2.5\text{E-}7$



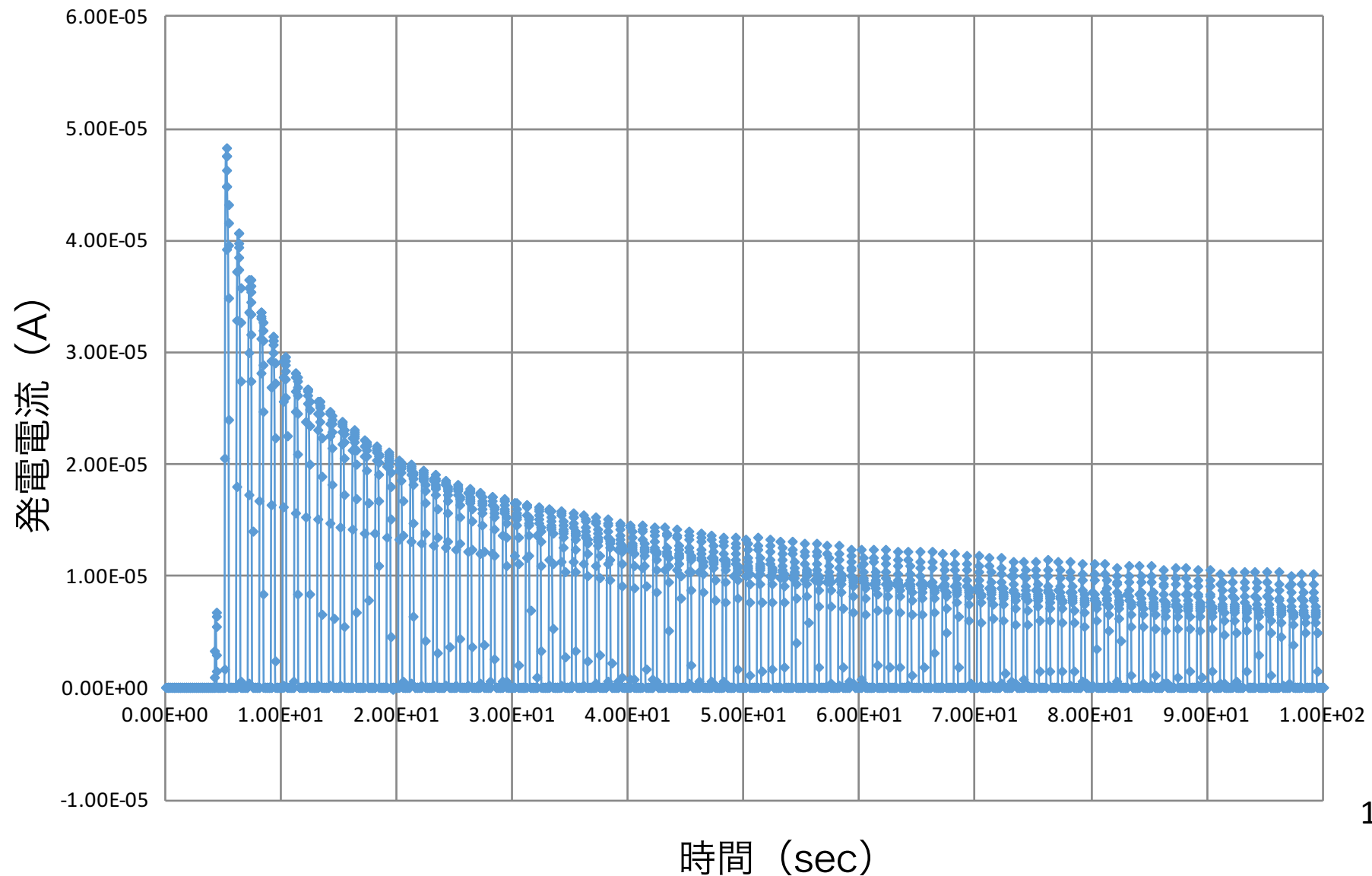
(2) 上部電極: Ag 下部電極: Au

発電電流 (A) : $2.4\text{E-}6 \rightarrow 5.0\text{E-}7$

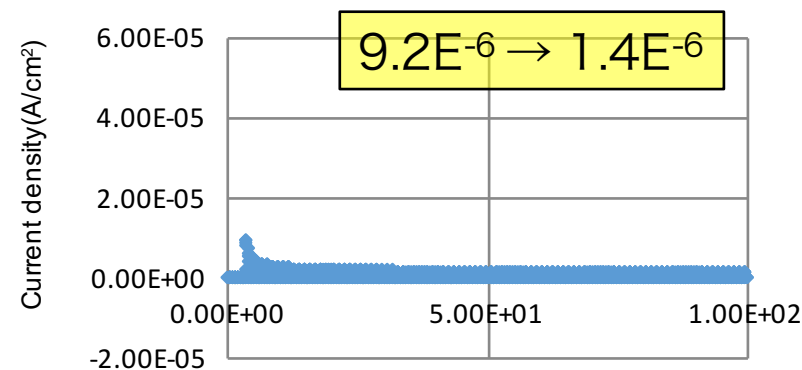
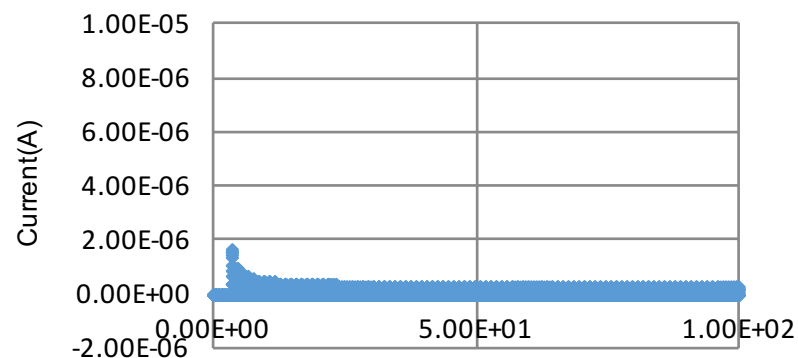


(3) 上部電極: Al 下部電極: Au

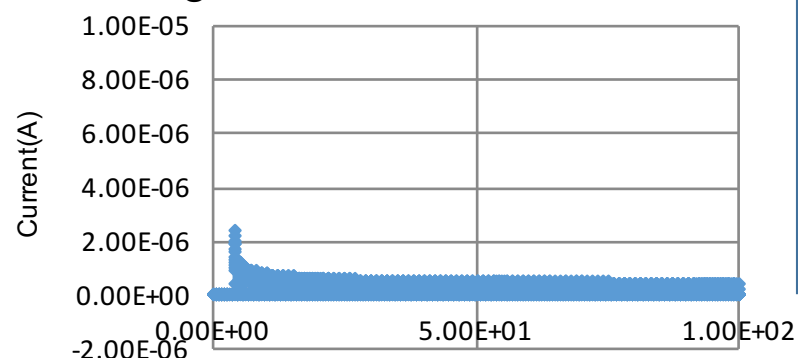
発電電流 (A) : $8.5 \times 10^{-6} \rightarrow 1.5 \times 10^{-6}$



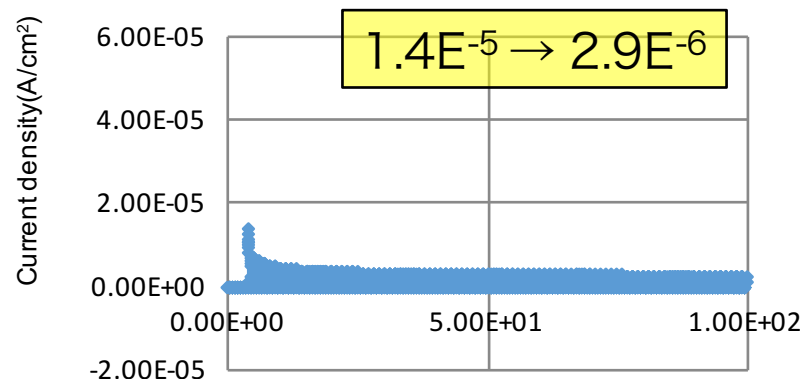
(1) U : Au L : Au $1.6E-6 \rightarrow 2.5E-7$



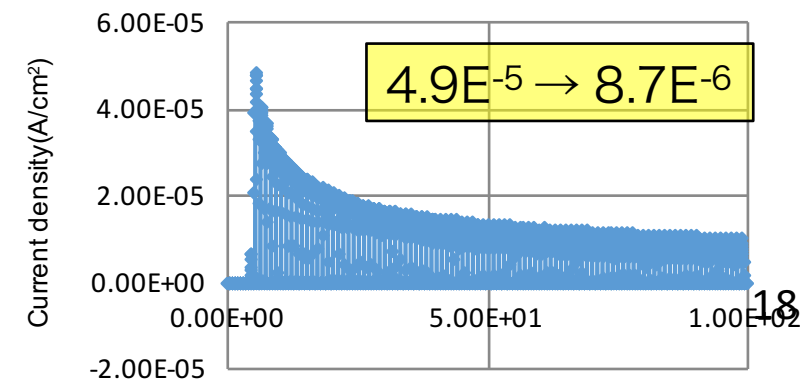
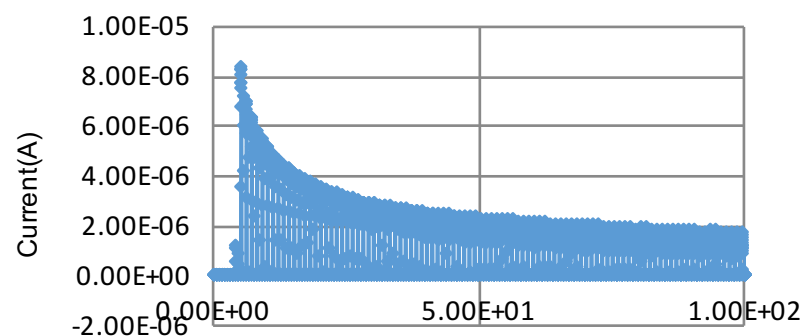
(2) U : Ag L : Au $2.4E-6 \rightarrow 5.0E-7$



Gel :
Φ4.77mm
→
× 5.77



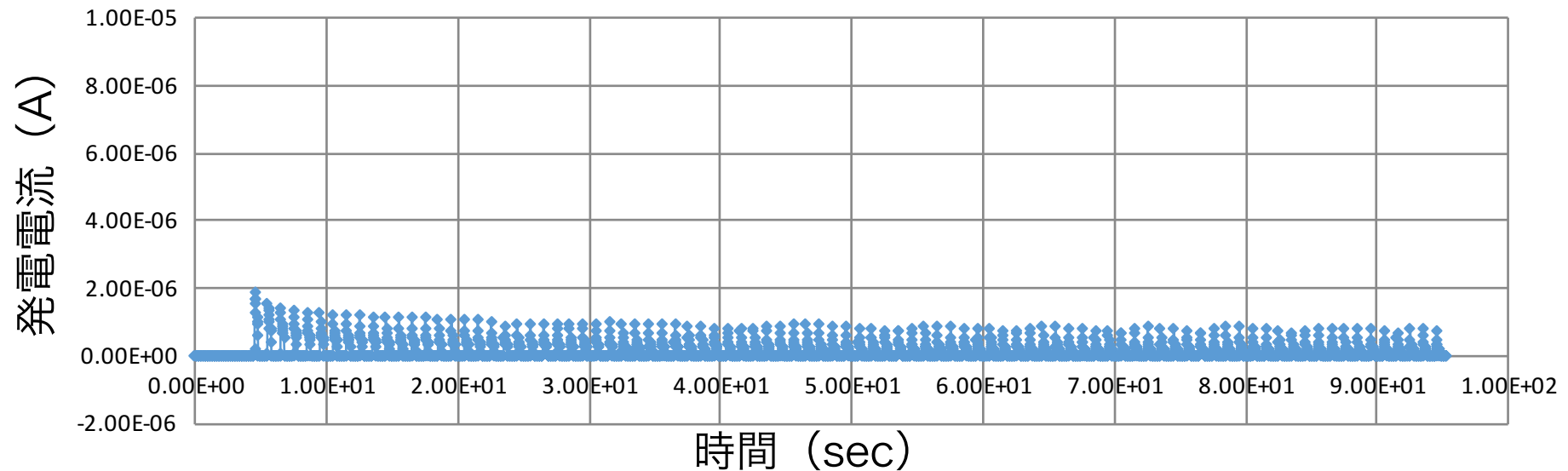
(3) U : Al L : Au $8.5E-6 \rightarrow 1.5E-6$



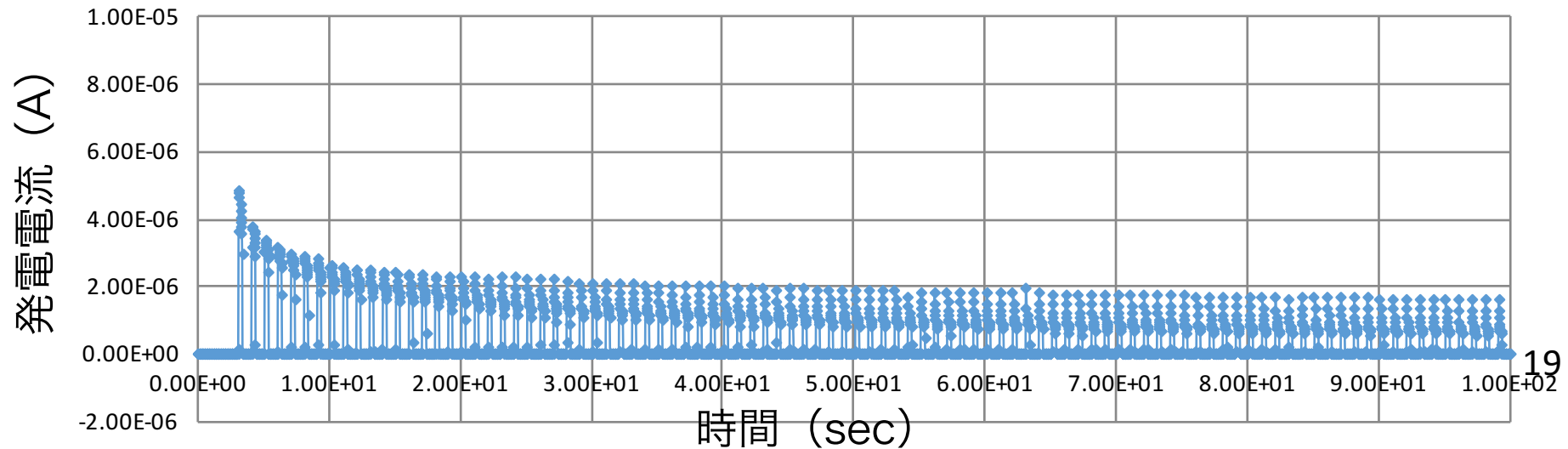
実験結果④（生データ）

➤ 下部電極も材質の影響を受けるのか？

(1) 上部電極: Al 下部電極: Al



(2) 上部電極: Al 下部電極: Au



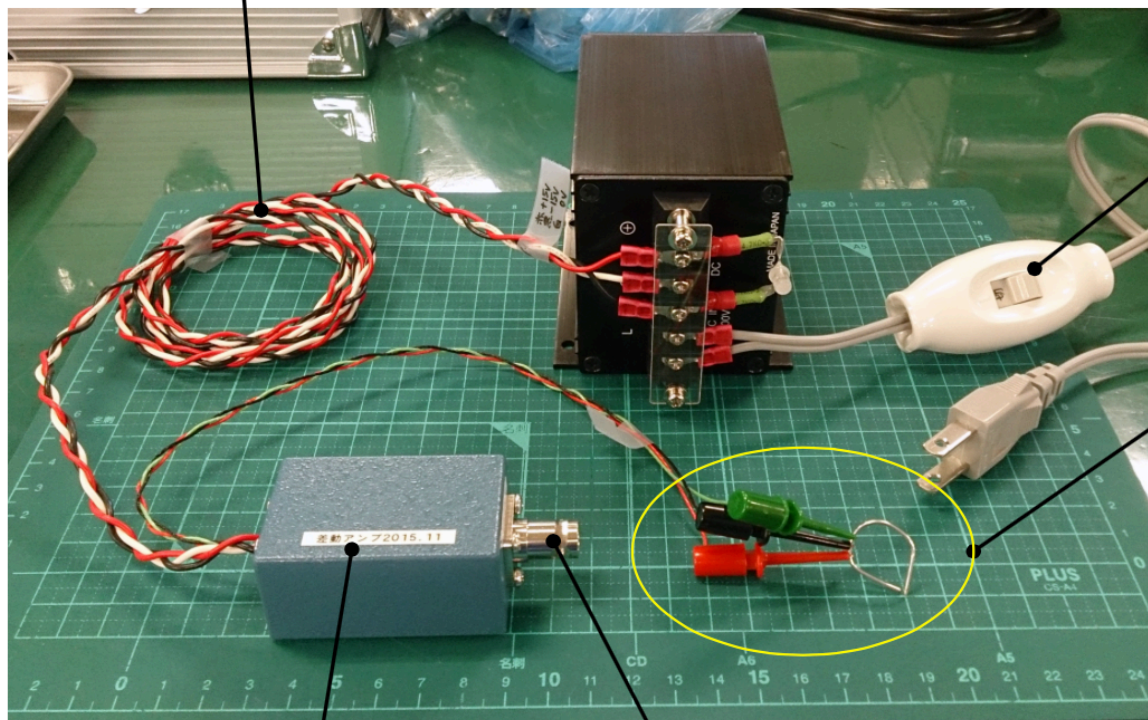
$$\text{抵抗値}[\Omega] = \text{体積抵抗率}[\mu\Omega\text{cm}] \times \frac{\text{長さ}[\text{m}]}{\text{断面積}[\text{mm}^2]} \times 0.01$$

金属	体積抵抗率[μΩcm]						
	-195℃	0℃	100℃	300℃	700℃	1200℃	その他 (℃)
亜鉛	1.1	5.5	7.8	13.0			37 (500)
アルミニウム	0.21	2.50	3.55	5.9	24.7	32.1	
アルメル		28.1	34.8	43.8	53.2	65.1	
アンチモン	8	39	59		114		123.5 (1000)
イリジウム	0.9	4.7	6.8	10.8	22	33.5	
インバール		75					
オスミウム		8.1	11.4	17.8	30.4	46	
カドミウム	1.6	6.8	9.8				36.3 (600)
カリウム	1.38	6.1	17.5	28.2	66.4	160	
カルシウム	0.7	3.2	4.75	7.8	20		
金	0.5	2.05	2.88	4.63	8.6		31 (1063)
銀	0.3	1.47	2.08	3.34	6.1	19.4	
クロム	0.5	12.7	16.1	25.2	47.2	80	
クロメルP		70.0	72.8	79.3	89.3	100.1	
コバルト	0.9	5.6	9.5	19.7	48	88.5	
コンスタンタン		49					
ジルコニウム	7.3	40	58	88	125		110 (1000)
黄銅		6.3					

➤ インストルメンテーションアンプ

{電源線白, ICクリップ緑, 出力BNCのGND, ケースのボディ} は導通

電源線. 赤=+15V, 黒=-15V, 白=0V



電源スイッチ

差動入力. 赤+, 黒-.
・入力インピーダンスは
30GΩ//8pF
・不用意に開放しない
こと.
・入力電圧範囲は±10V.

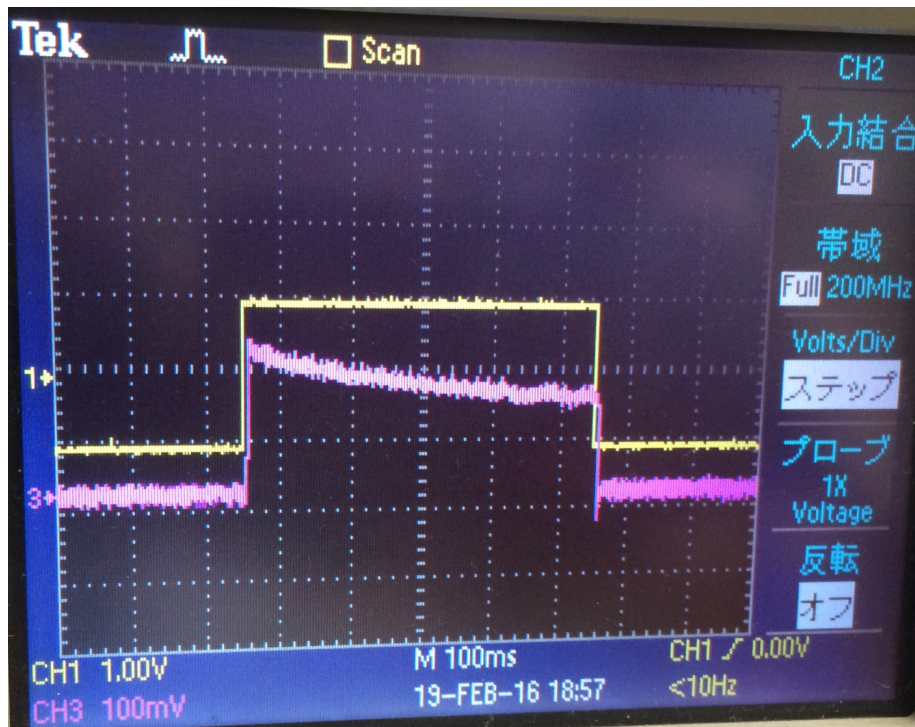
出力 (BNC) : 出力範囲 : ±10V, つないで
よい負荷抵抗は2kΩ以上.

内部に nf回路ブロック社 CA-406L2
ゲインは1に設定. 蓋を開ければ1~100の範囲で設定変更可能.

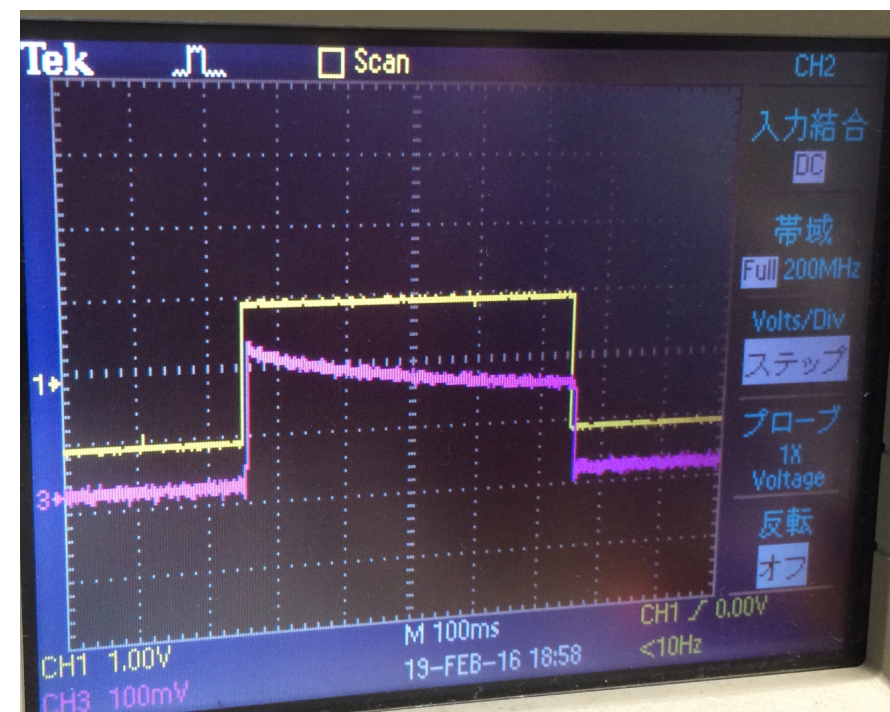
未接地による発電実験結果

● 1Hz, 矩形波による発電電流比較 (オシロスコープ)

➤ 電極接地



➤ インストルメンテーションアンプ



- 差が出ないため, 電極面積を小さくし再実験.
- その他, 入力と出力の関係を調査する.

- 固体イオンエレクトレットとの組み合わせ実験
- イオン液体＋固体イオンエレクトレットの発電理論の検証実験
- イオン固定ゲル：発電の入力・出力評価
- イオン固定ゲル発電の理論を明確化，デバイス設計指針を具体化