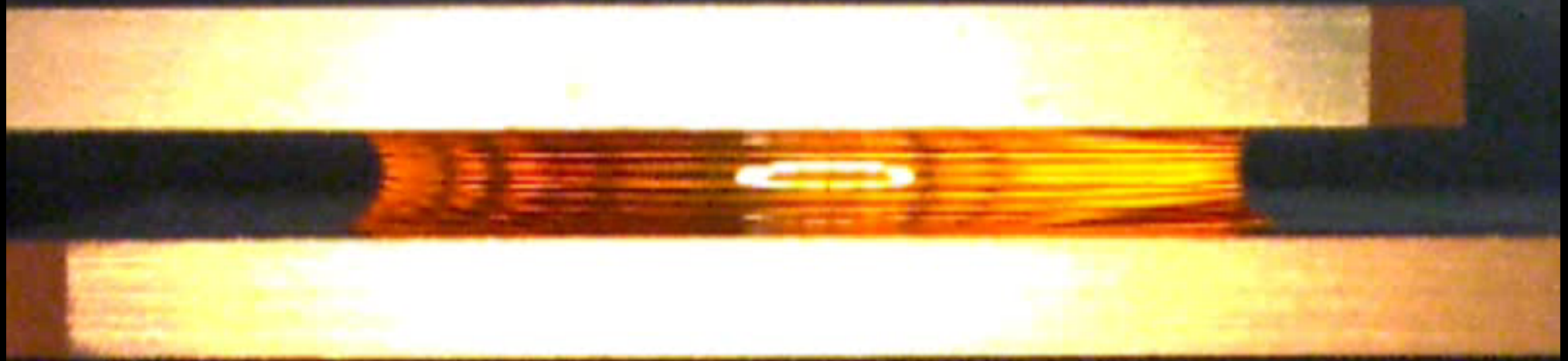


～ コインサイズで10mW級の環境発電素子(Micro Energy Harvester)の先導研究 ～

- ② 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
- ③ 高効率エナジーハーベスタの開発



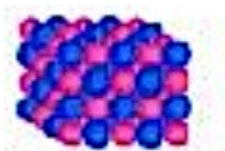
2015年4月3日 キックオフ会議
株式会社鷺宮製作所 R&Dセンター 三屋裕幸

イオン液体とは？

無機塩 (NaClなど)



強いイオン相互作用



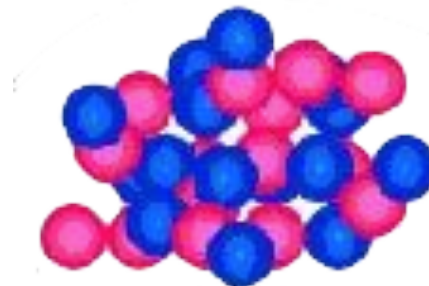
→室温では固体.
液体にするためには,
800°C以上の加熱が必要.

- ・ 無機⇒有機
 - ・ イオンサイズ
小⇒大
- >>イオン同士の
相互作用が弱
くなる

イオン液体



弱いイオン相互作用



→室温で液体の塩

イオン液体の特性

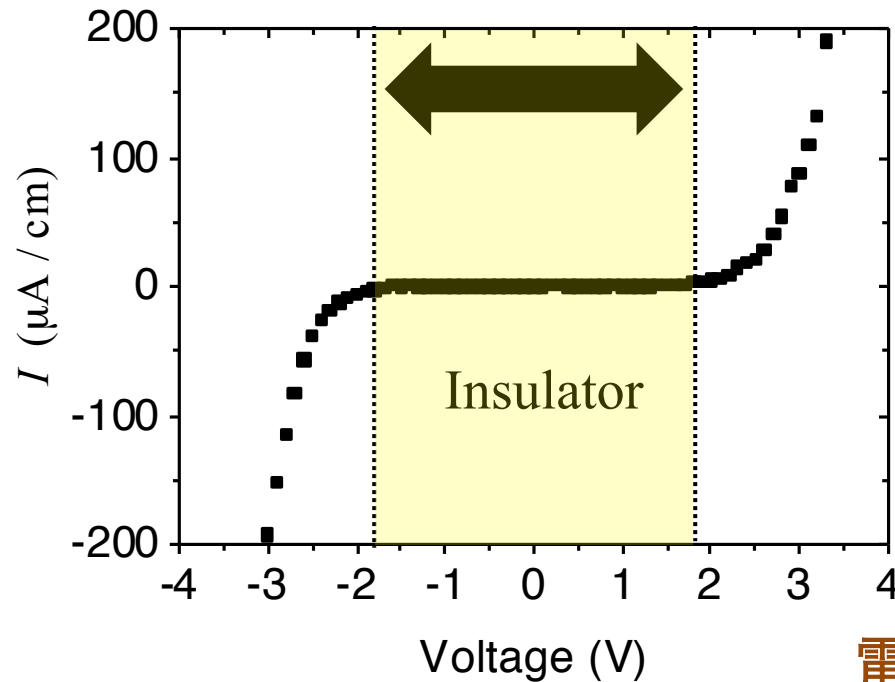
〈イオン液体を構成する代表的なイオン種〉

Cation	イミタソリウム	ピリジニウム	ピロリジニウム	アンモニウム	ホスホニウム	スルホニウム
Anion	硝酸	テトラフル オロホウ酸	ヘキサフル オロリン酸	カルボン酸		
	NO_3^-	BF_4^-	PF_6^-	R-COO^-		
	アミノ酸	リン酸	スルホン酸			
	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}(\text{R})-\text{COO}^-$	R_2-PO_4^-	R-SO_3^-			

- ・ほとんど蒸発しない
- ・高い熱安定性（不燃性）
- ・電気をよく通す → 但し，ある範囲では通さない（絶縁）

イオン液体の電気二重層キャパシタ

電位窓 (Potential Window)

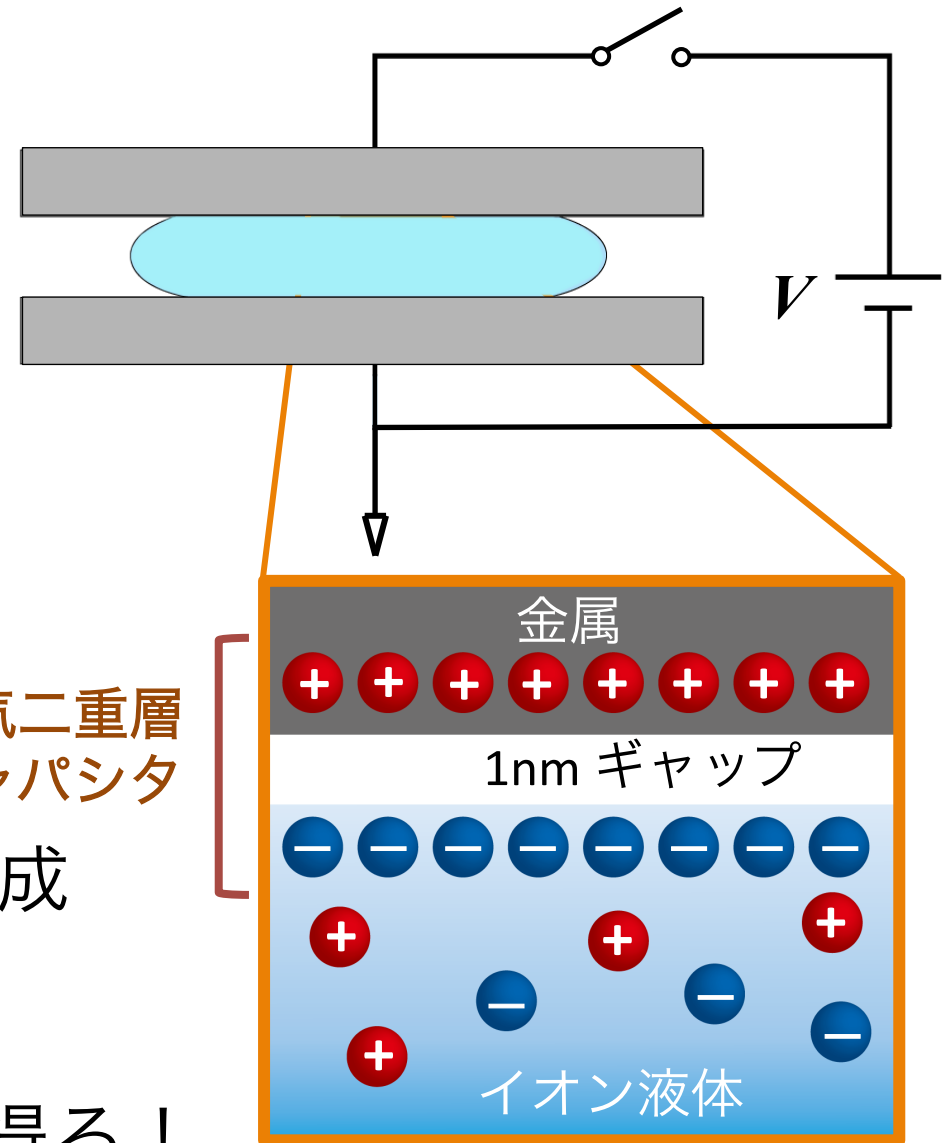


電気二重層
キャパシタ

- ・ 自然に1nmのギャップを形成
- ・ 非常に高いキャパシタンス

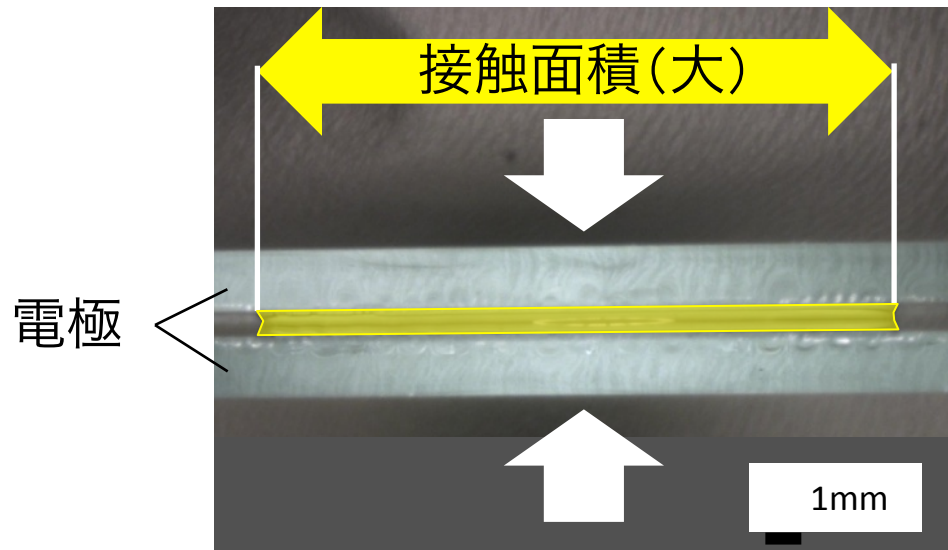


革新的な発電デバイスになり得る！

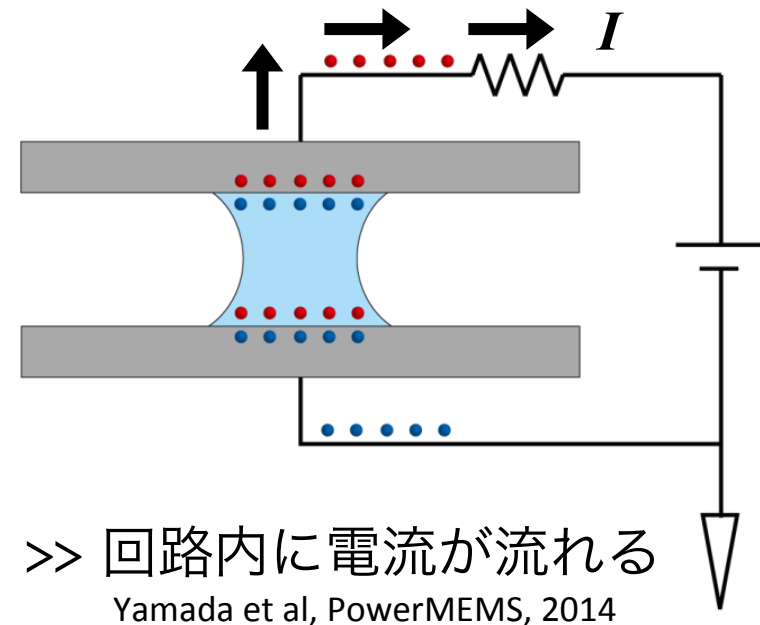
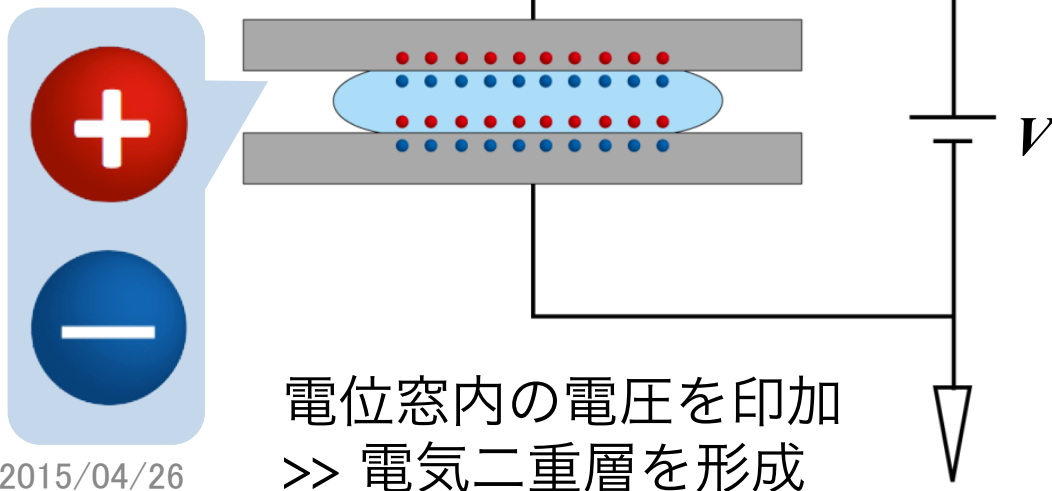
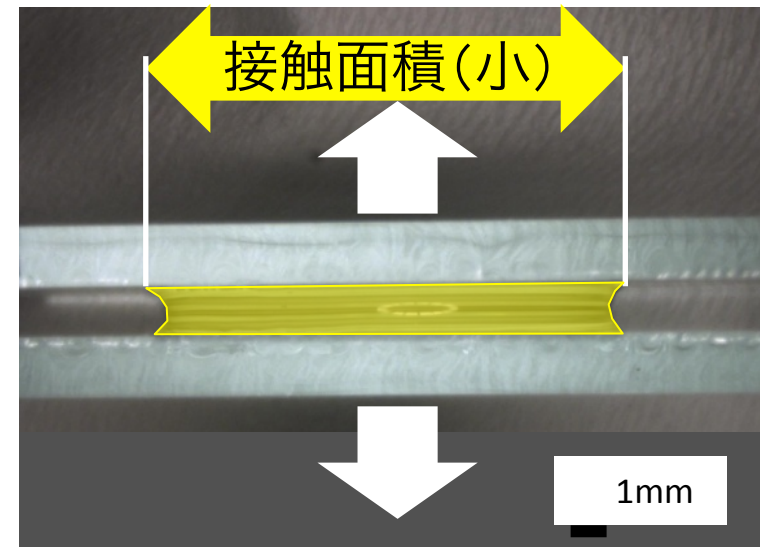


発電原理

〈潰した状態：側面〉



〈引き離した状態：側面〉

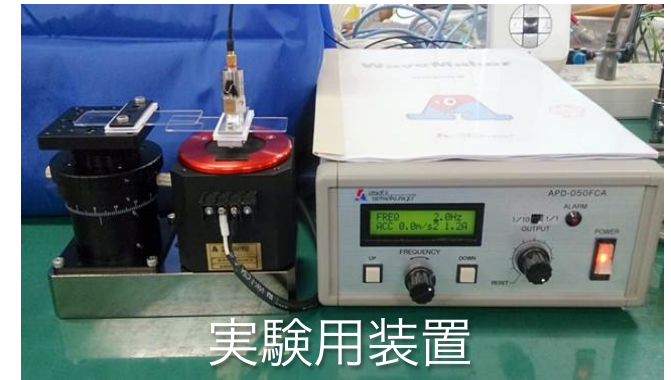
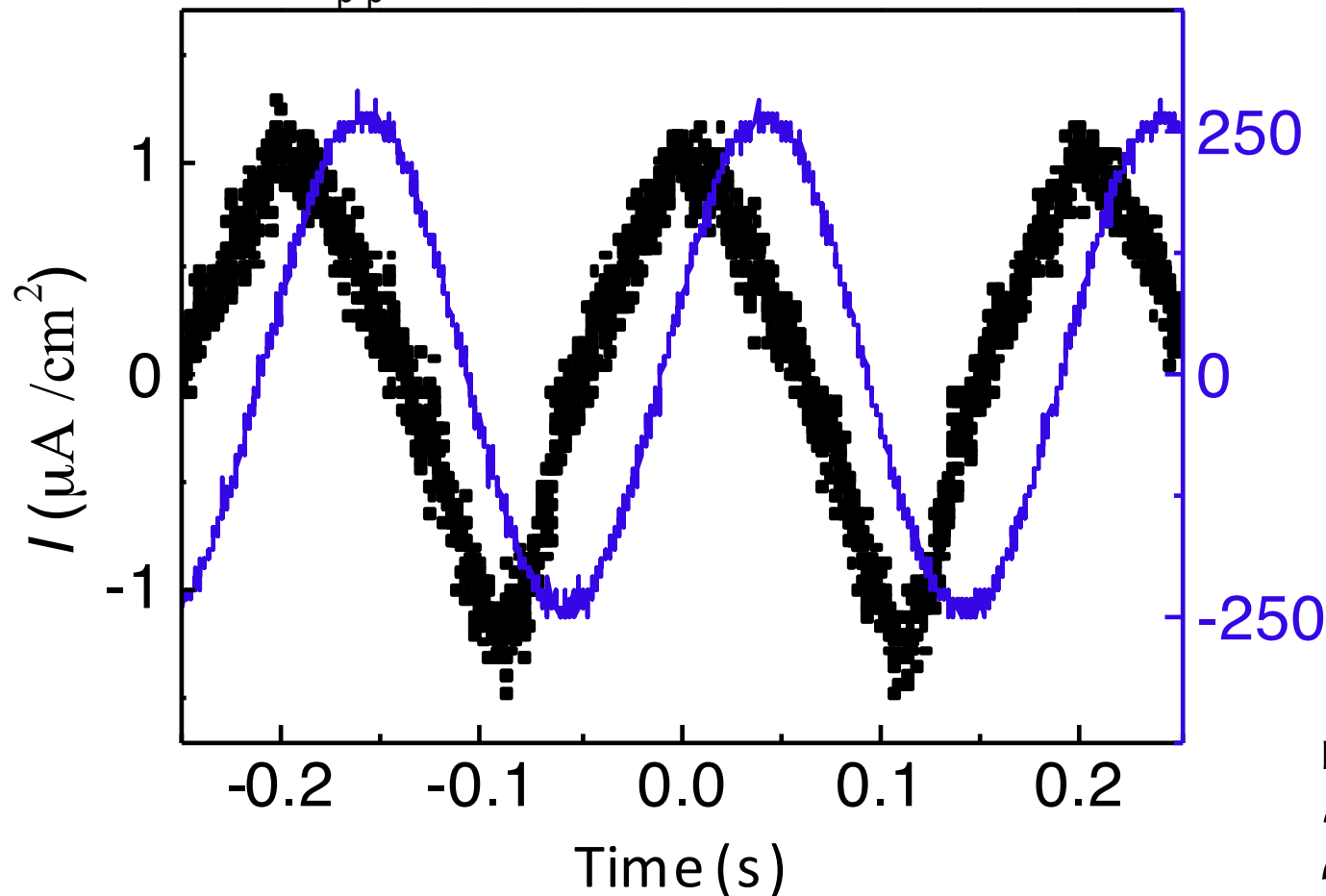


原理検証結果

$a = 0.025 \text{ G}$

$V_{\text{bias}} = 1.5 \text{ V}, R = 1 \text{ k}\Omega, f = 5 \text{ Hz}$

$2.3 \mu\text{A}_{\text{p-p}}$ (raw data)

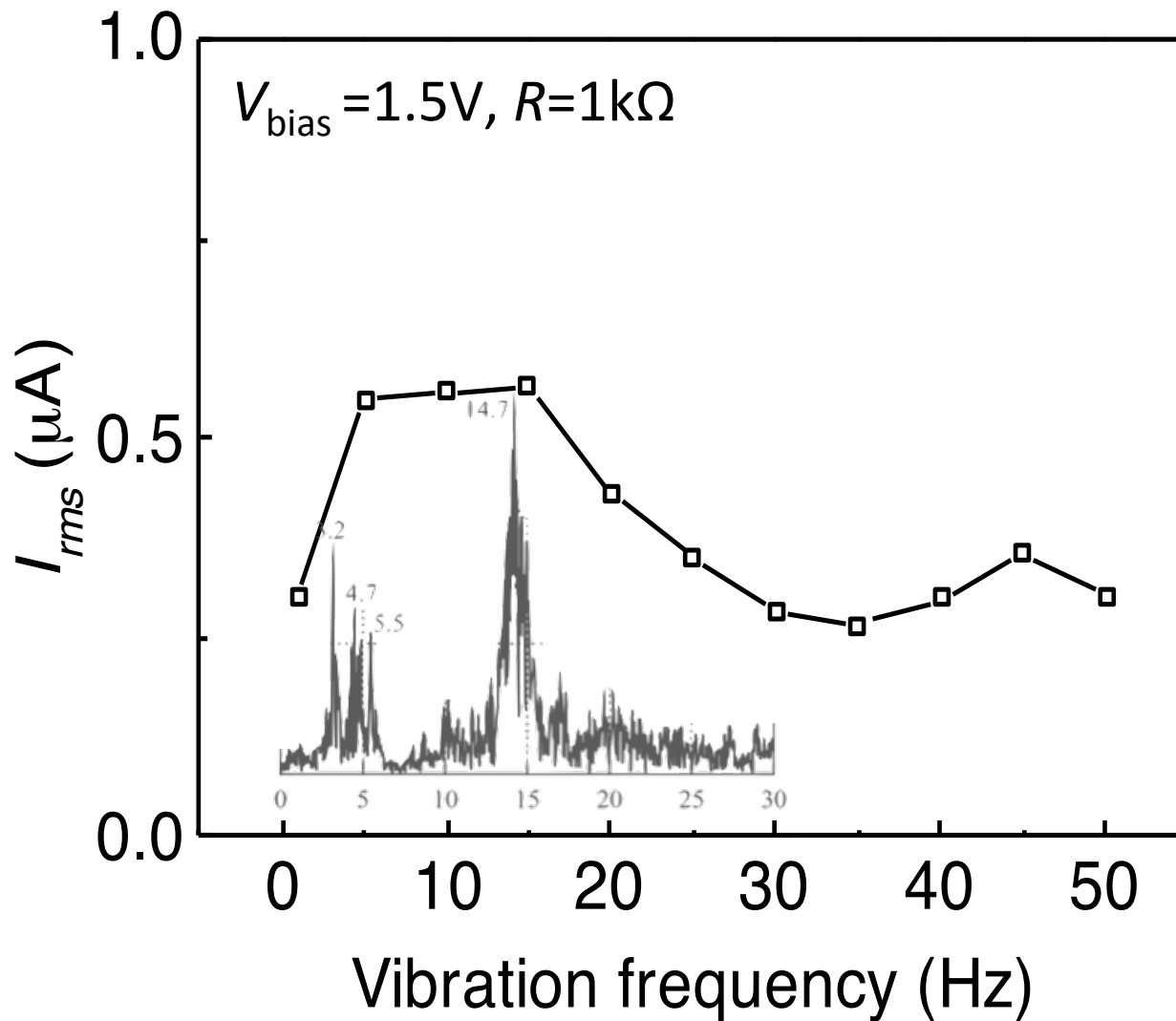


※振動試験器で強制的に面積変化をさせた。



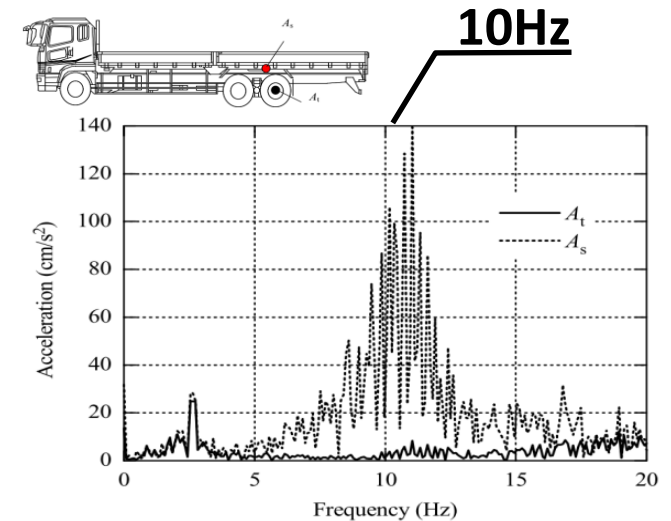
$2.3 \mu\text{A}_{\text{p-p}} \text{cm}^{-2}$

発電の周波数特性

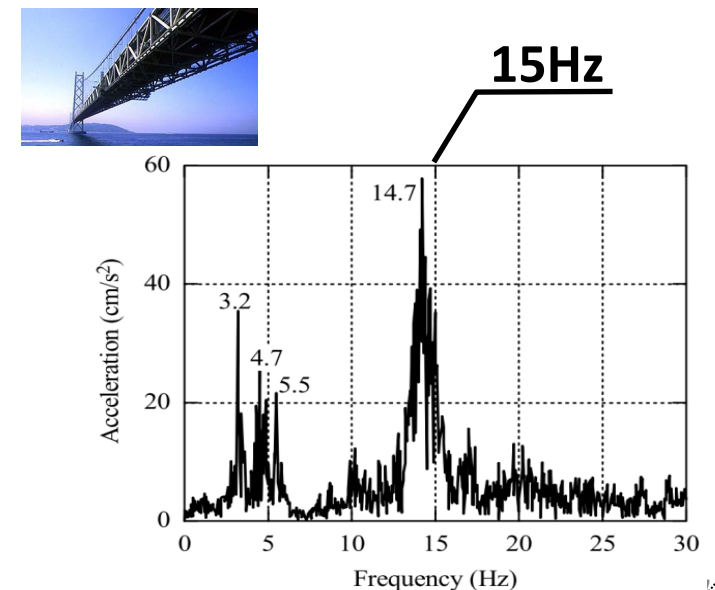


>> 環境振動周波数に非常にマッチしている

〈トラックの周波数特性〉



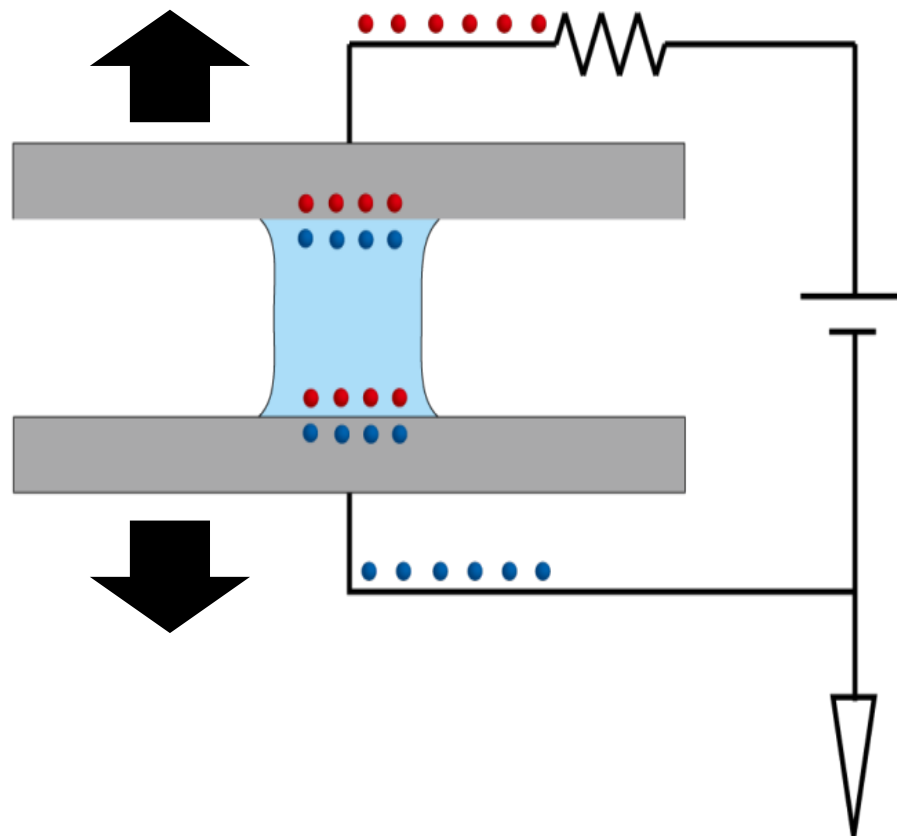
〈橋の周波数特性〉



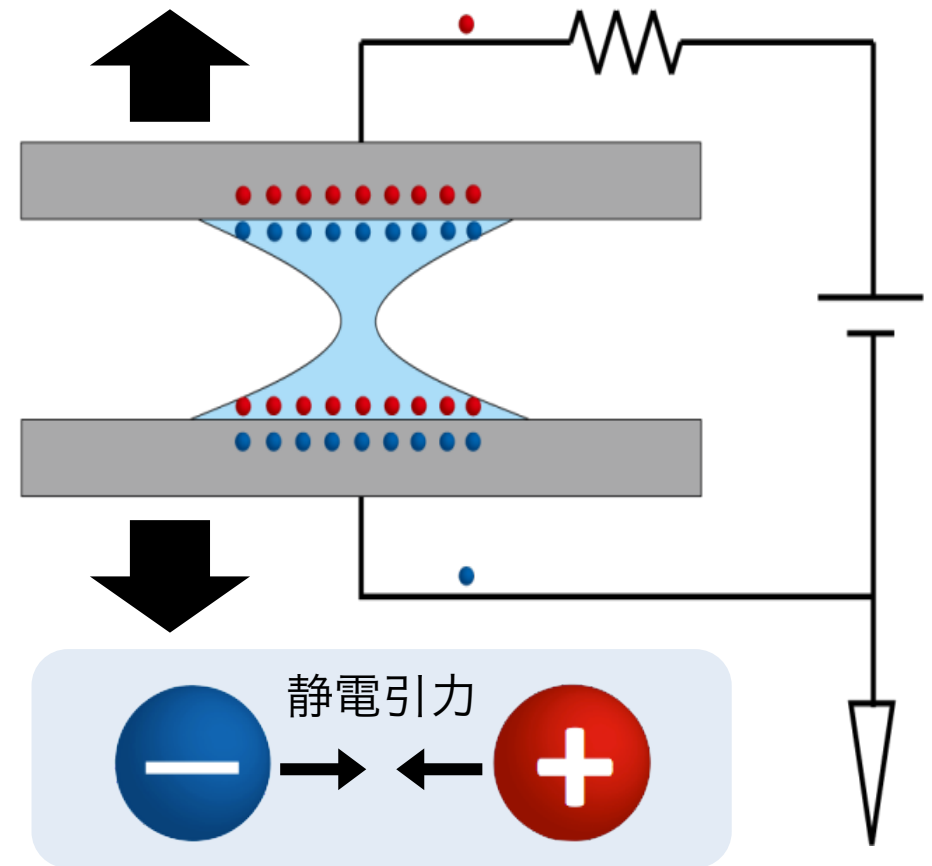
改善点

引き上げたときに、イオン液体を引き上げきれない。

〈理想〉



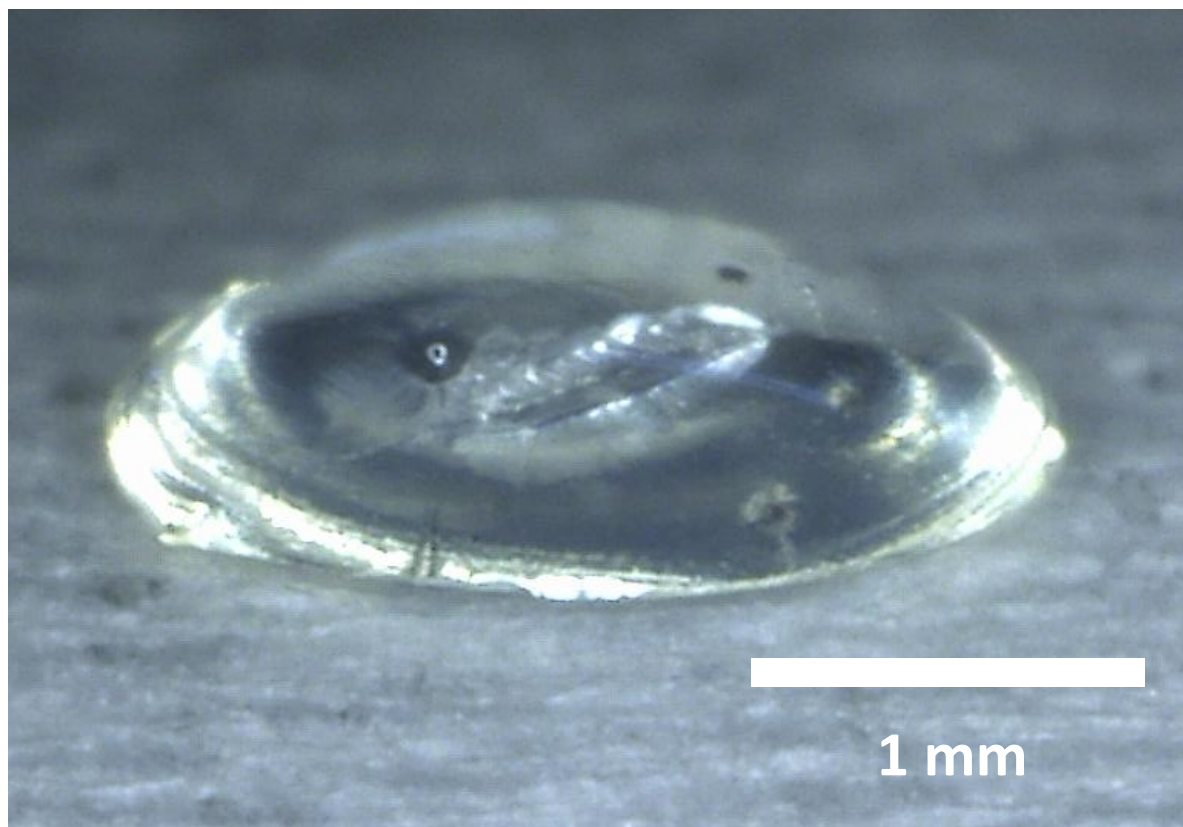
〈実際〉



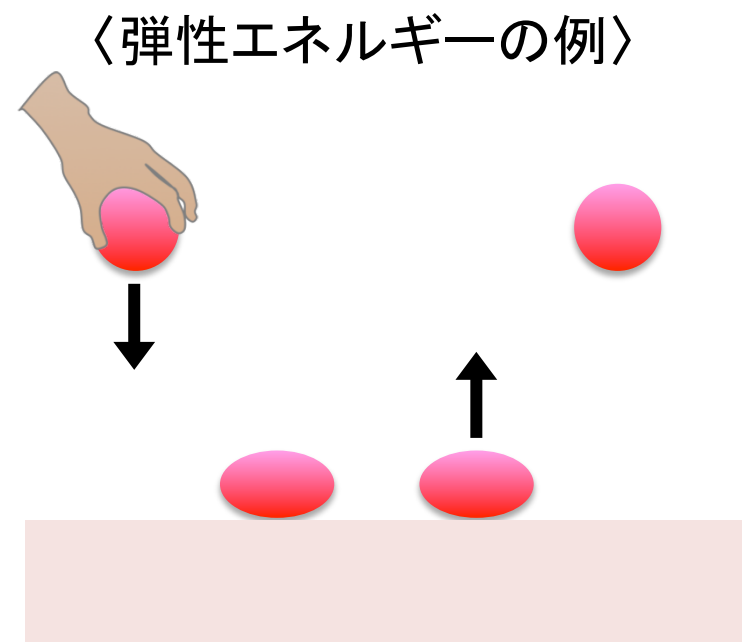
>> 静電引力が原因，面積変化が少なかった。

解決案

イオン液体をゲル化する $\Rightarrow$ 弾性エネルギーを利用



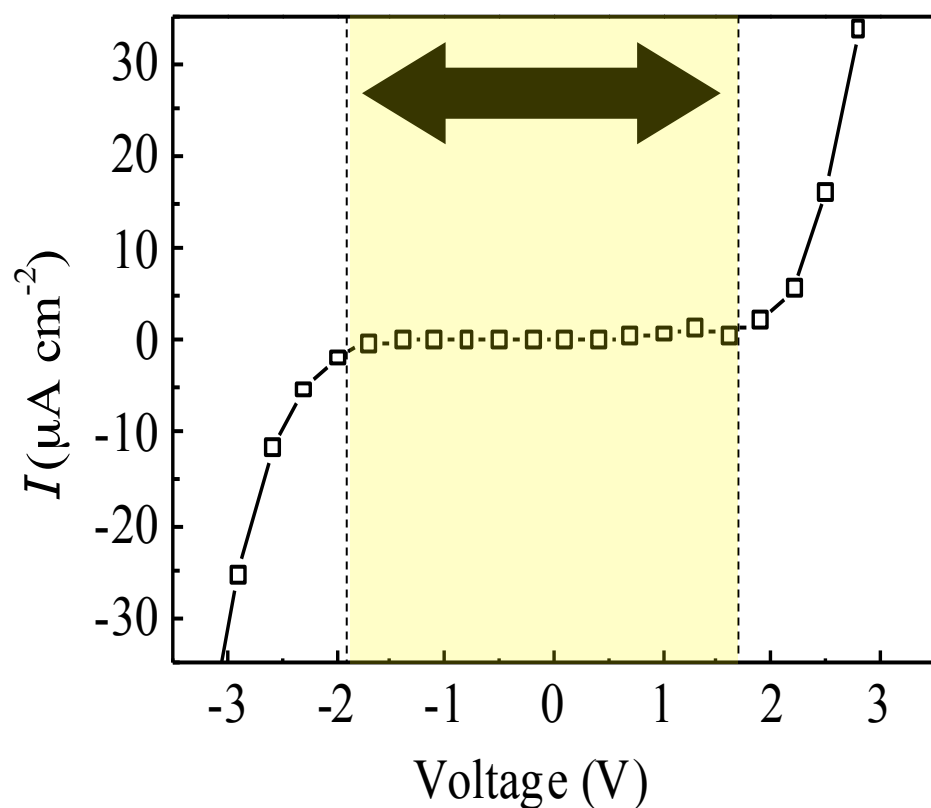
Yamada et al, IEEE MEMS2015



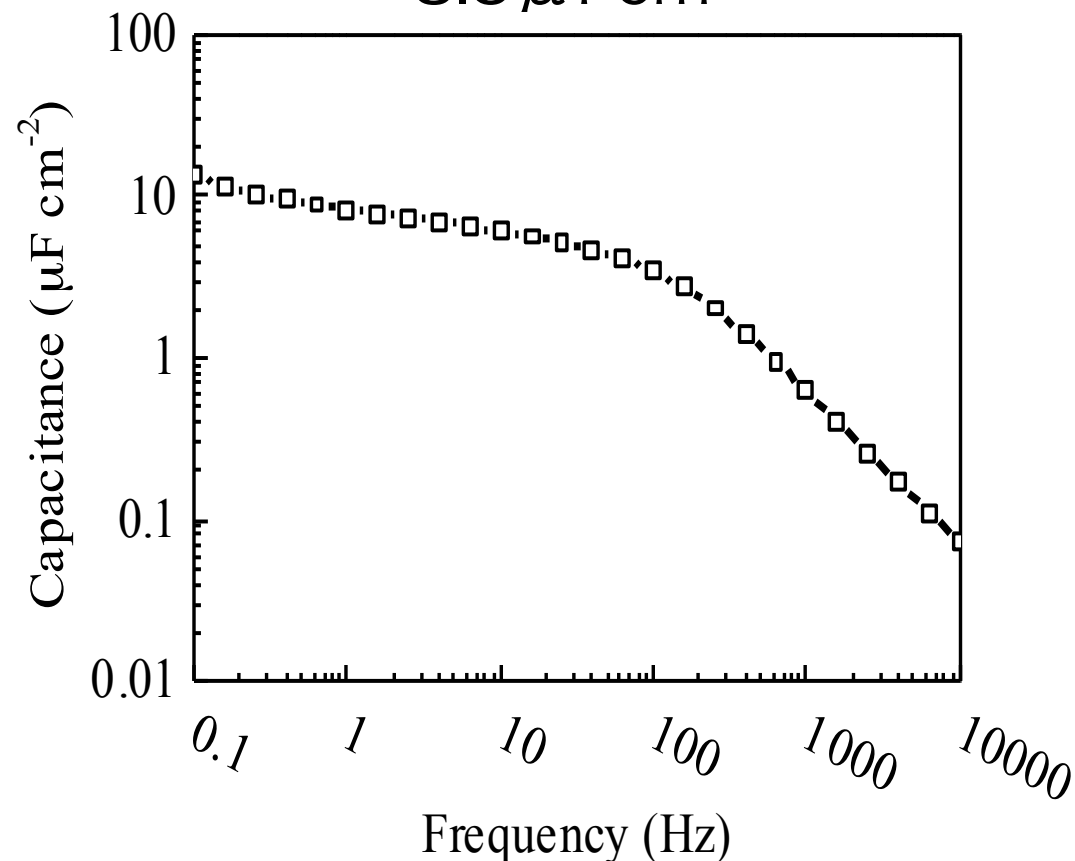
>> 潰したときに、弾性エネルギーが蓄えられる。
静電引力に打ち勝つ(面積を小にする)ための助けになる。

イオン液体ゲルの諸特性

電位窓
-1.9V ~ 1.9V

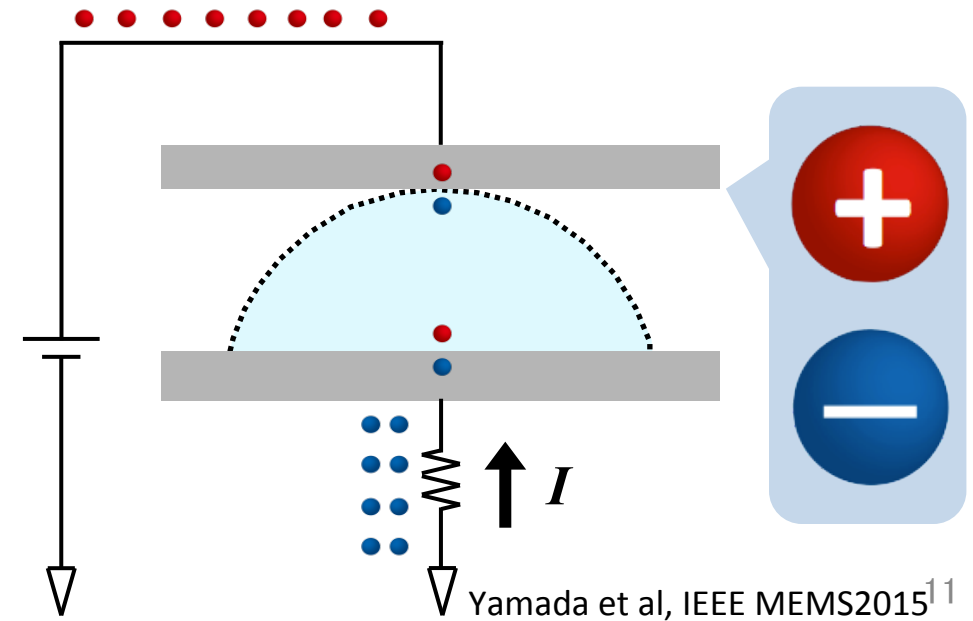
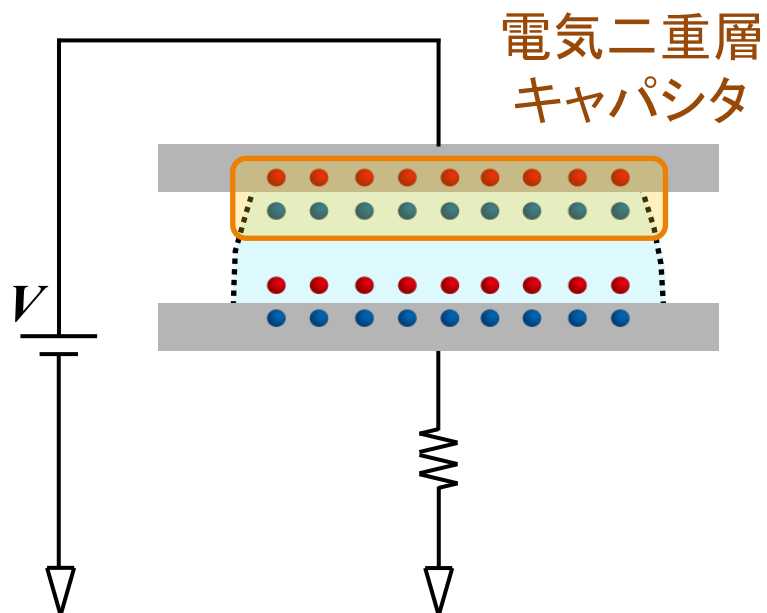
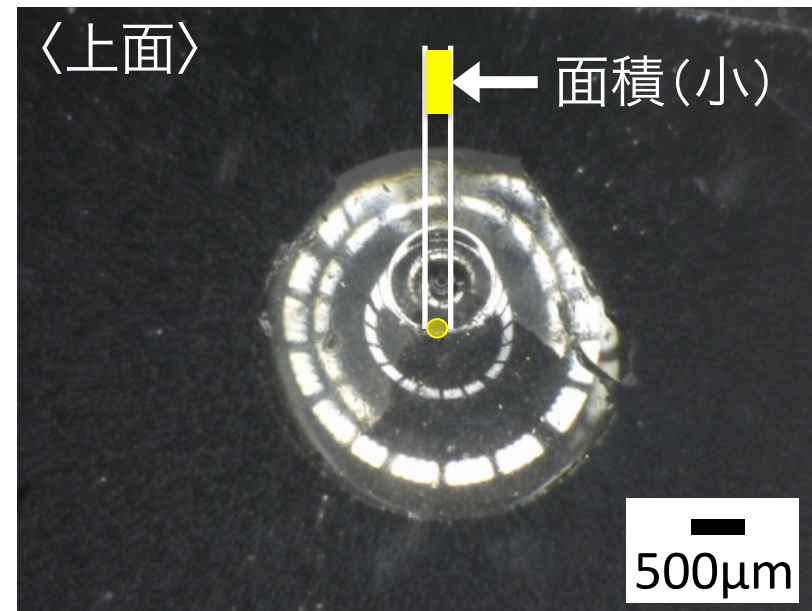
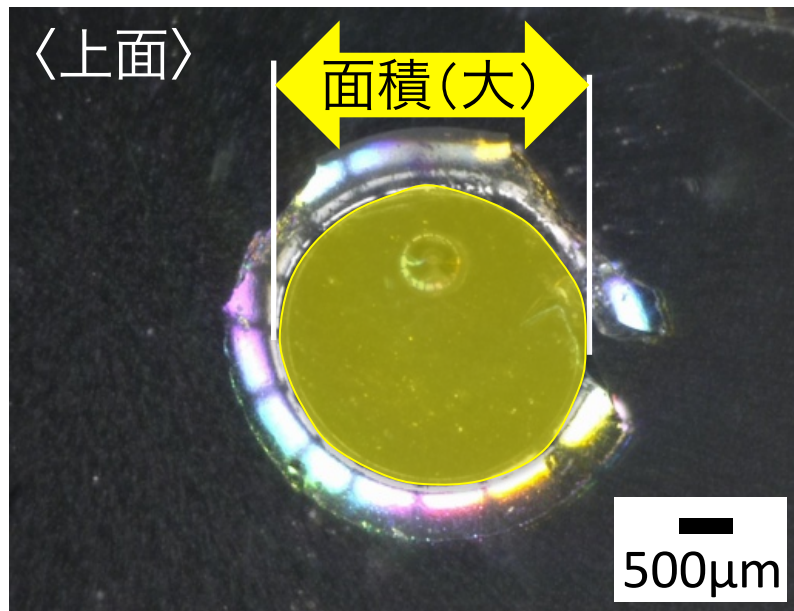


電気二重層キャパシタンス：
 $8.3 \mu\text{F cm}^{-2}$



>> ゲル化してもイオン液体としての特性は有したまま.

イオン液体ゲルの発電

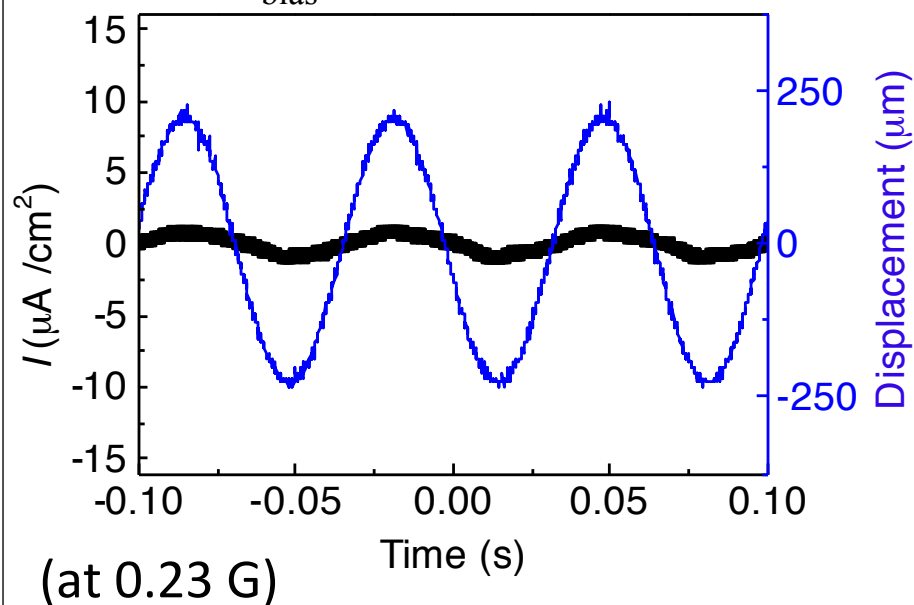


イオン液体ゲルの発電結果と比較

〈イオン液体〉



$V_{\text{bias}} = 1.5\text{V}$, $R = 1\text{k}\Omega$

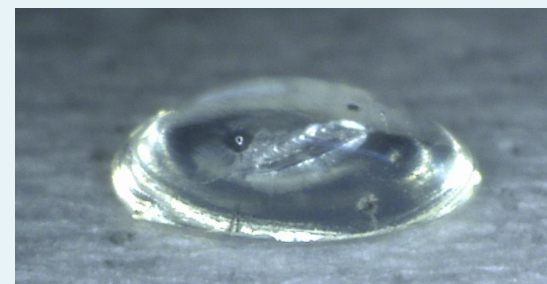


$1.9 \mu\text{A}_{\text{p-p}} \text{ cm}^{-2}$

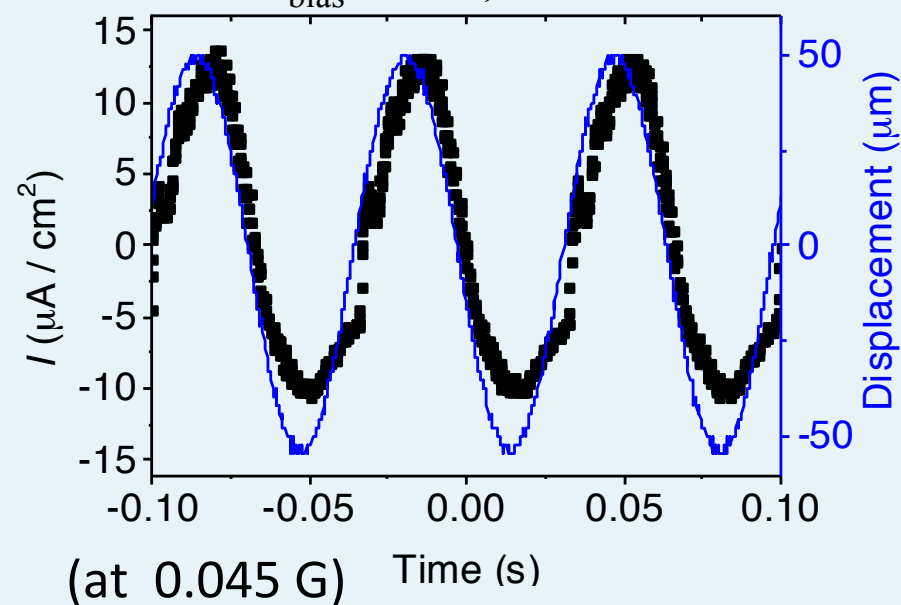
$1.9 \mu\text{A}_{\text{p-p}}$ (raw data)

11倍

〈イオン液体ゲル〉



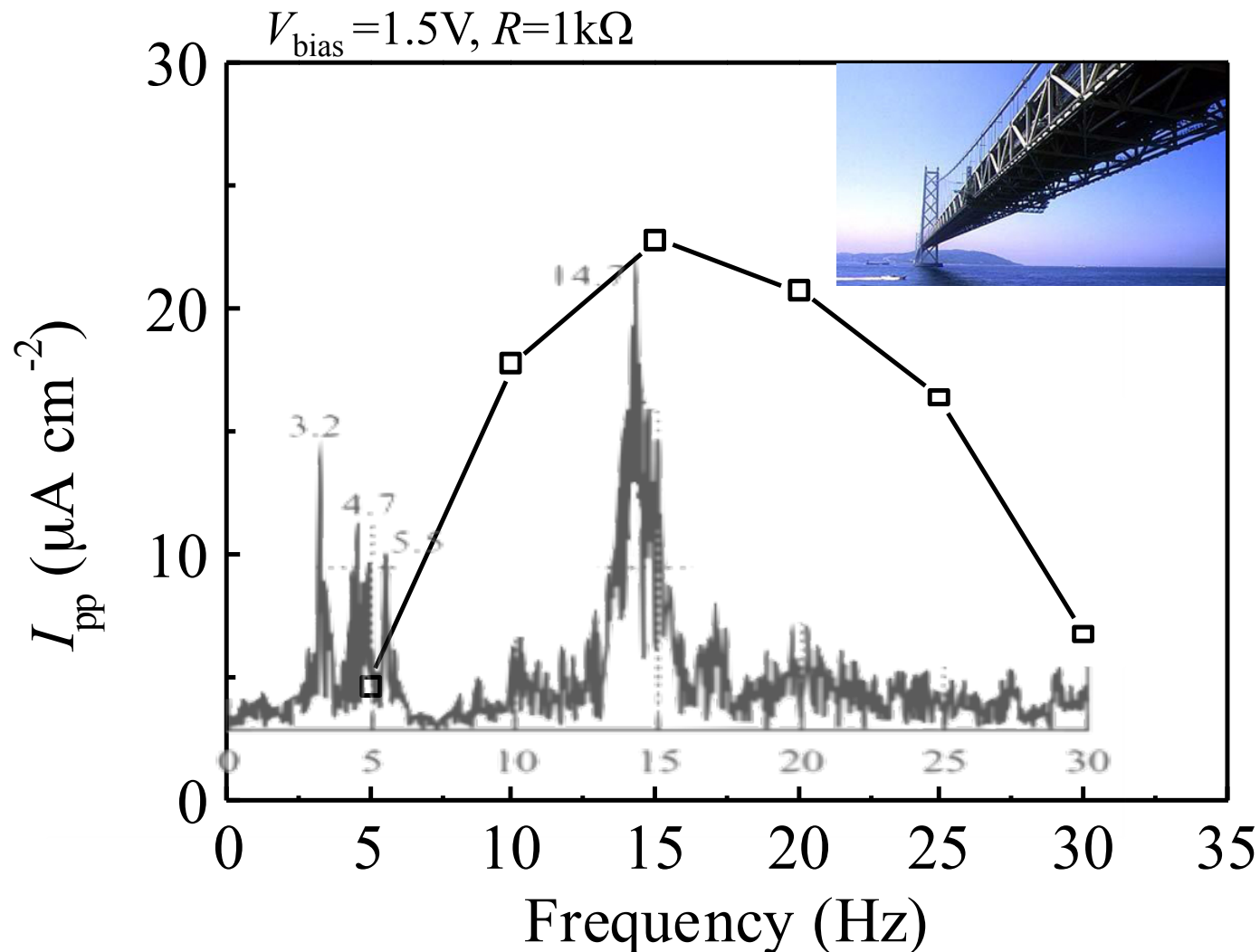
$V_{\text{bias}} = 1.5\text{V}$, $R = 1\text{k}\Omega$



$22 \mu\text{A}_{\text{p-p}} \text{ cm}^{-2}$

$708 \text{ nA}_{\text{p-p}}$ (raw data)

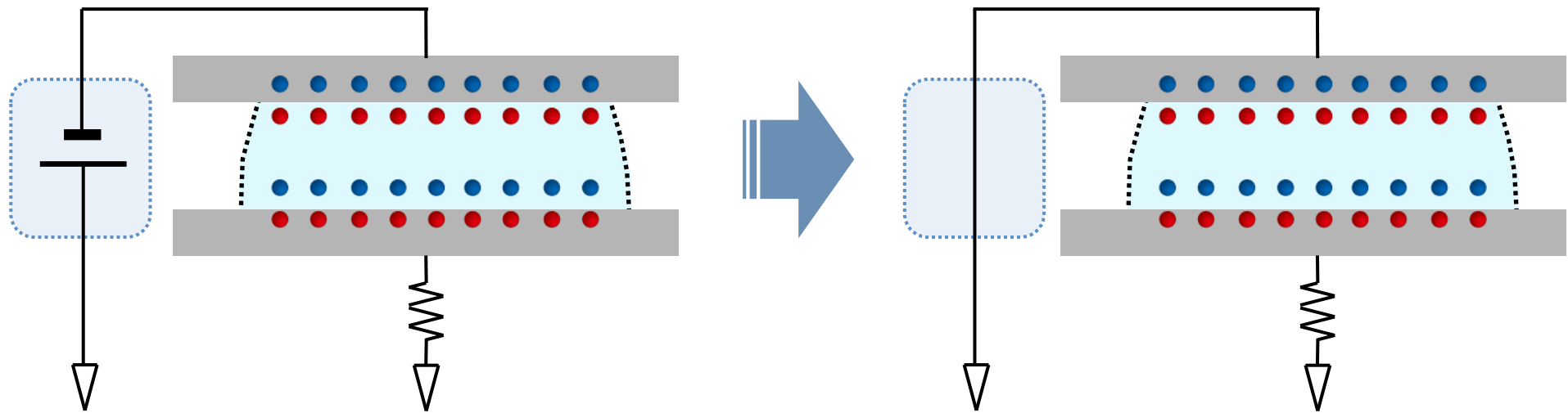
イオン液体ゲル発電の周波数特性



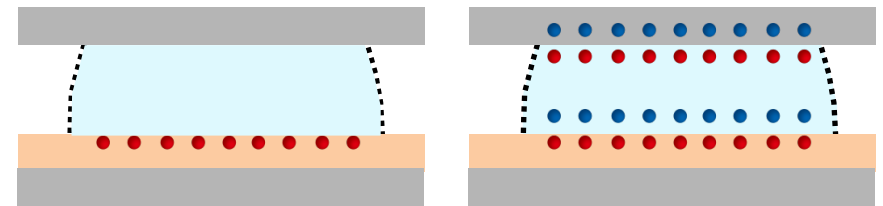
>> イオン液体ゲルでも15Hz付近にピークがある。
これも、環境振動周波数に非常にマッチしている。

エナジーハーベスタ応用

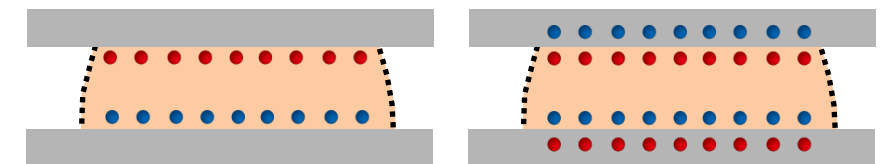
外部電源を用いることなく，電気二重層を形成する必要がある



- ① 金属電極 ⇒ 固体イオンエレクトレット電極
>> 電極によるイオン固定方法



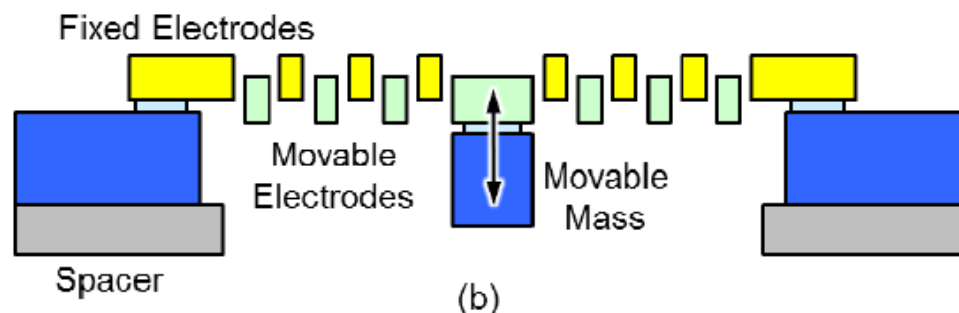
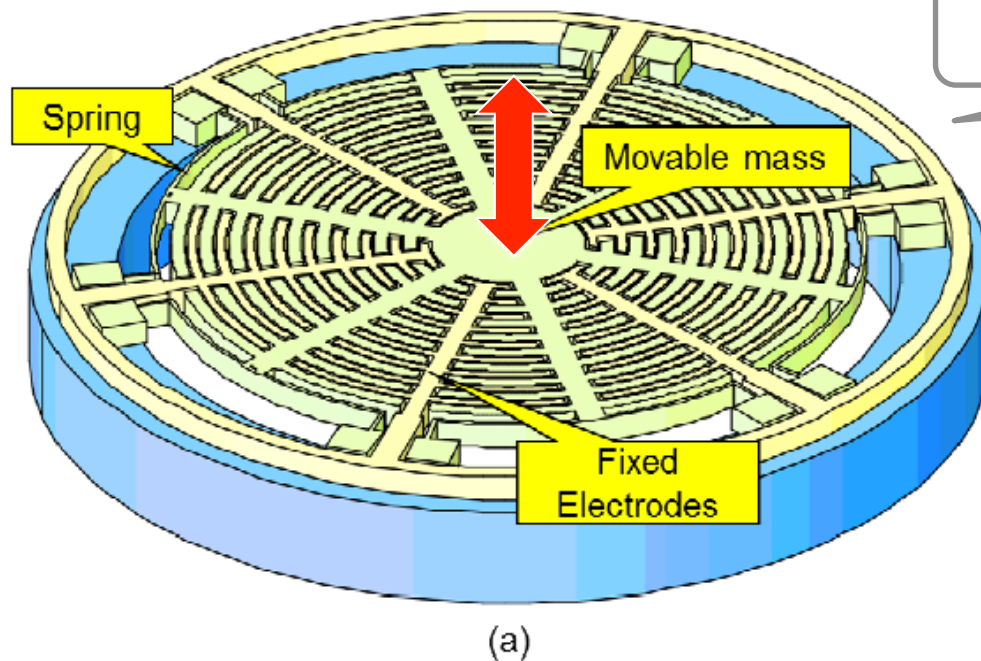
- ② イオン液体ゲル内でイオンを固定化
>> ゲル自体によるイオン固定方法



③ 高効率エネルギーハーベスタの開発

環境振動(10-40Hz)に適したバネ-マス系の設計

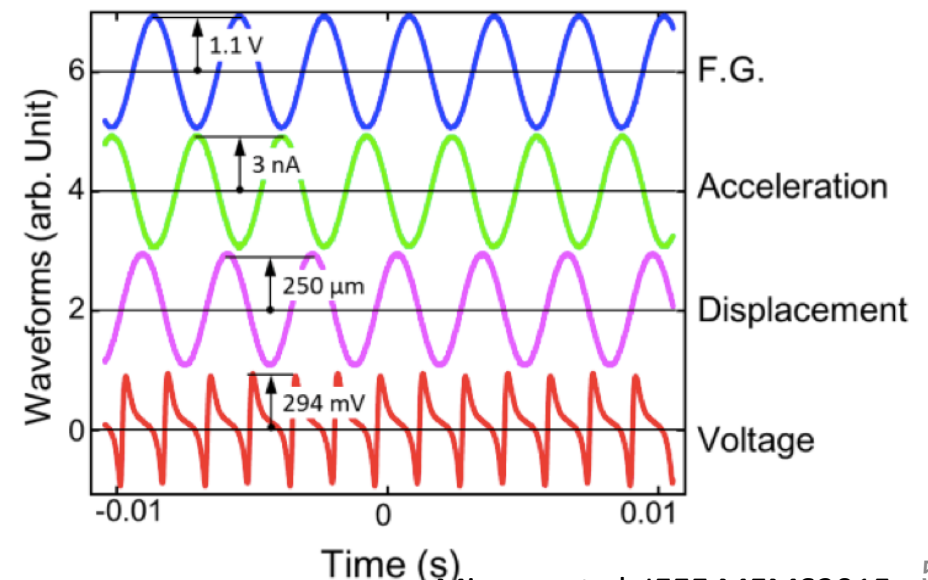
例. 上下方向の動きによって発電



〈設計コンセプト〉

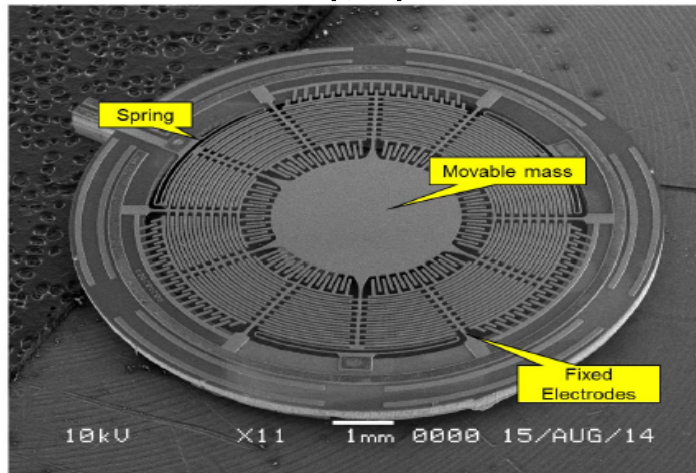
- >> DRIEによるサブミクン・ギャップ
- >> チップあたり電極数の増大

等価回路モデルで検証し設計する.



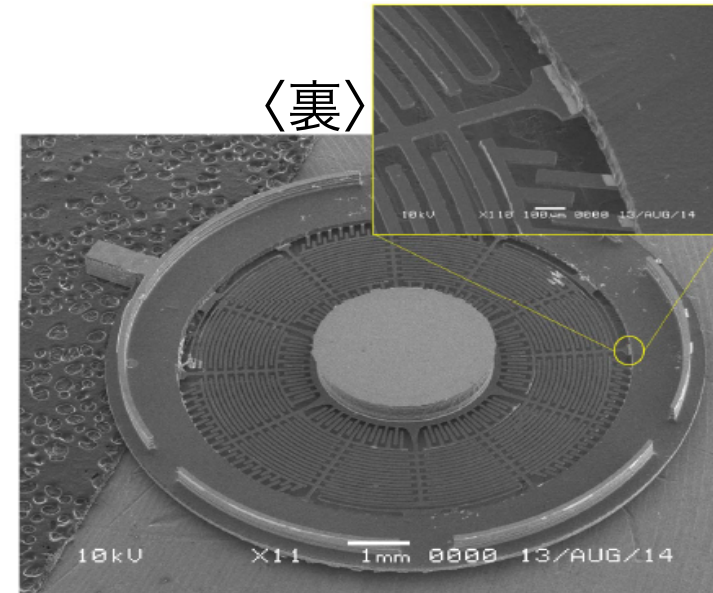
エナジーハーベスタ製作

〈表〉

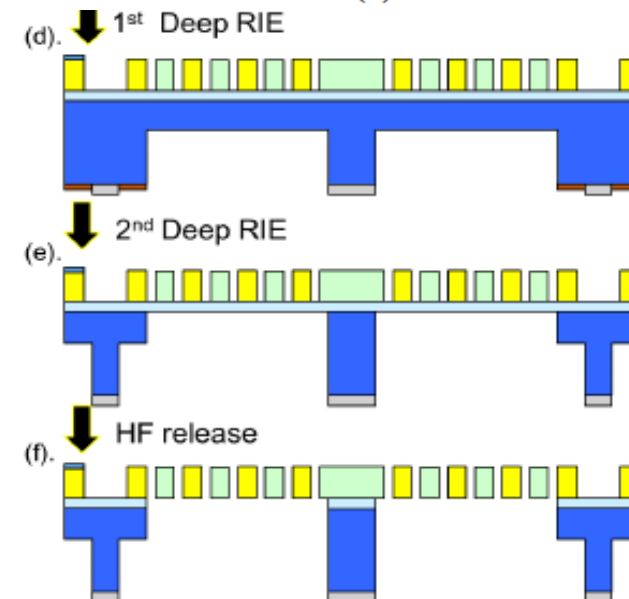
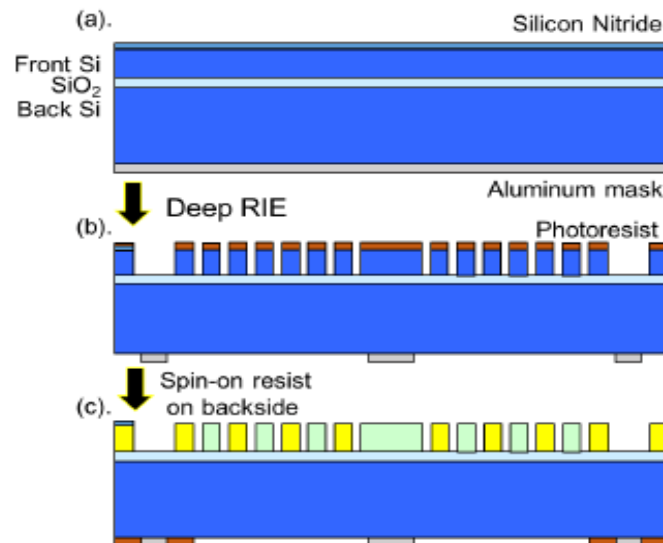


(a)

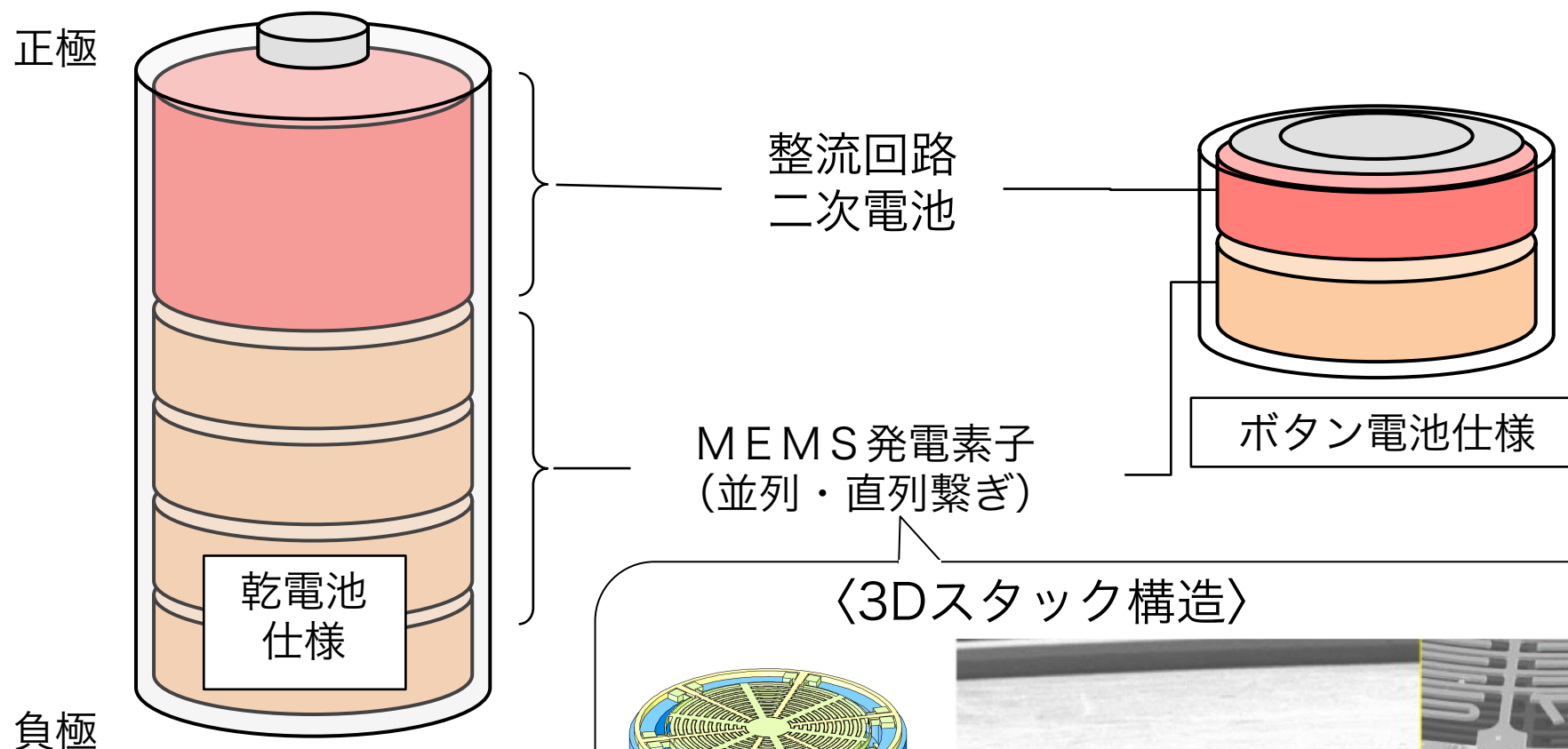
〈裏〉



(b)

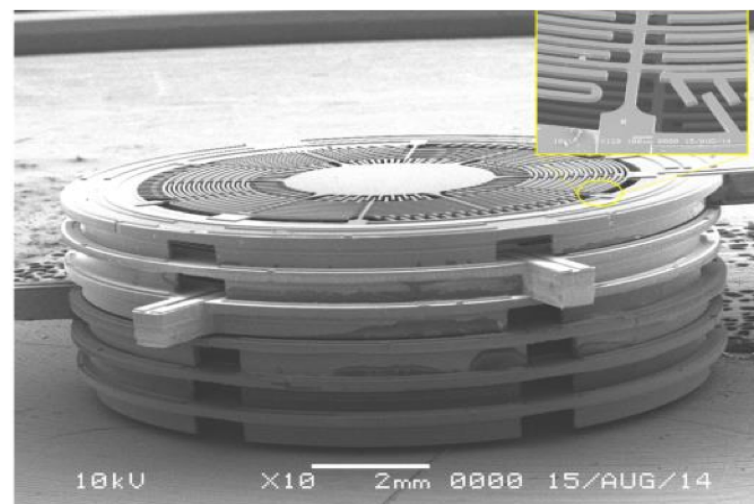
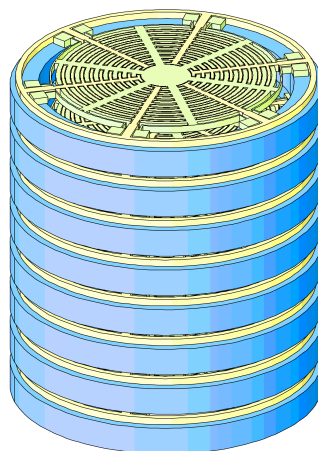


積層化による出力増大



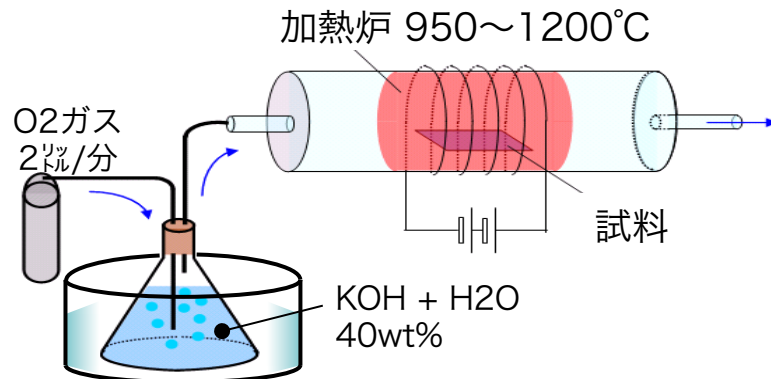
>> MEMS型振動発電素子
(10mW~100mW)で、
従来の乾電池を置き換える。

〈3Dスタック構造〉

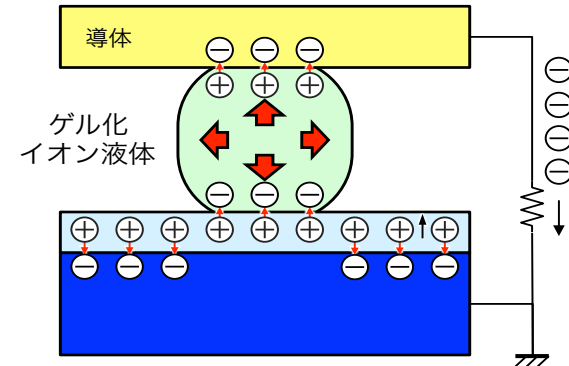


Misawa et al, IEEE MEMS2015

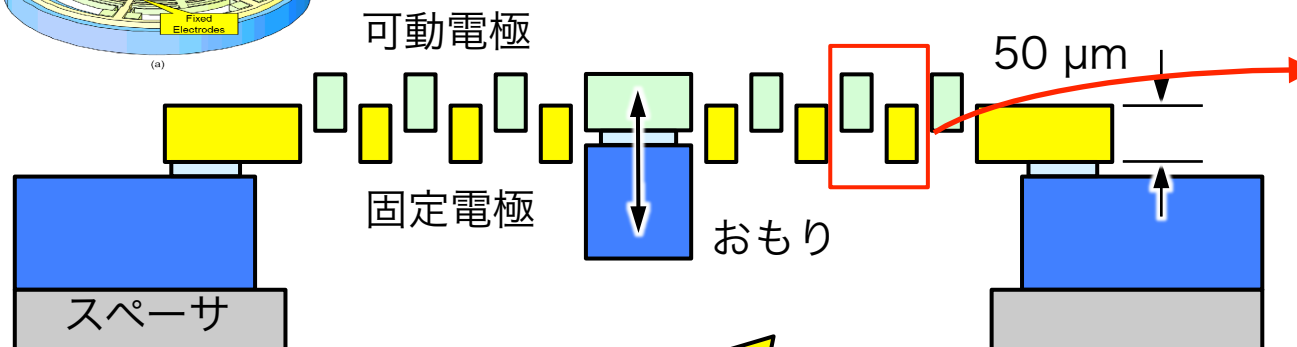
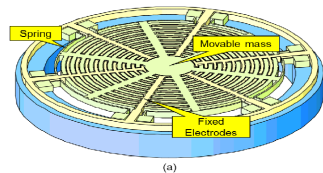
高効率エネルギーハーベスタ



①高密度固体イオン
エレクトレット



②イオン液体による
大容量キャパシタ



③環境振動に適したMEMS設計

実施計画の概要

研究開発項目	1 年目	2 年目
静岡大学 A. 高電荷密度シリコンエレクトレットの形成方の開発	A-1. エレクトレット形成法 A-2. パッケージ技術	△設計指針抽出 △パッケージング指針 ▲電荷密度 $5 \times 10^{-4} \text{ C/m}^2$ ▲寿命予測
鷺宮製作所 B. 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	B-1. EH応用検討 B-2. ゲル化検討 B-3. ゲル化イオンエレクトレット	△デバイス設計指針 △ゲル化最適化検討 ▲イオン固定方法確立
鷺宮製作所(再委託→東大) C. 高効率エネルギーハーベスタの開発	C-1. EHの設計 C-2. EHの製作	△最適デバイス設計 C-3. EHの評価 ▲高効率EHデモ
オムロン D. 交通インフラでの振動発電デバイスの導入開発	D-1. 振動の調査、応用仮説	△調査結果 ▲調査完了 ▲仮説完了 D-2. 屋外長期動作へのEH活用 ▲端末仕様、ビジネスモデル
ダイキン工業 E. オフィス・工場等での環境発電デバイスの導入開発	E-1. センサネット仕様抽出、応用開発	△振動環境評価 E-2. 待機電力削減、EH活用例提言 ▲ビジネスモデル
マイクロマシンセンター F. 標準化の戦略立案	F-1. 国際標準開発	△標準化項目の抽出 ▲戦略策定