

MEH研究会 4月

静岡大学



# 静岡大学 メンバー

## ●研究統括・理論

橋口 原 教授

[hasiguci@rie.shizuoka.ac.jp](mailto:hasiguci@rie.shizuoka.ac.jp)

## ●設計・試作・評価

杉山 達彦

[t.sugiyama@rie.shizuoka.ac.jp](mailto:t.sugiyama@rie.shizuoka.ac.jp)

## ●分析

青山 満

[m-aoyama@rie.shizuoka.ac.jp](mailto:m-aoyama@rie.shizuoka.ac.jp)

# 150 $\mu\text{W}$ 級振動発電素子の設計

## 発電理論式

$$P_{max} = \frac{mx^2\omega_0^3 Q_m}{4}$$

質量  $m$  : 2 g

共振周波数  $f_0$  : 150 Hz

Q値 : 942 ( $=\omega_0$ )

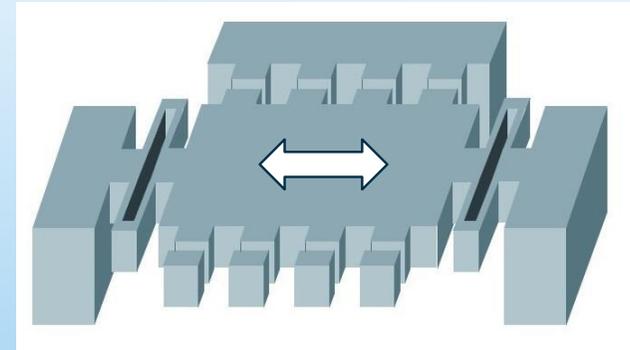
最大変位  $x$  : 411  $\mu\text{m}$

加速度 : 0.056 G

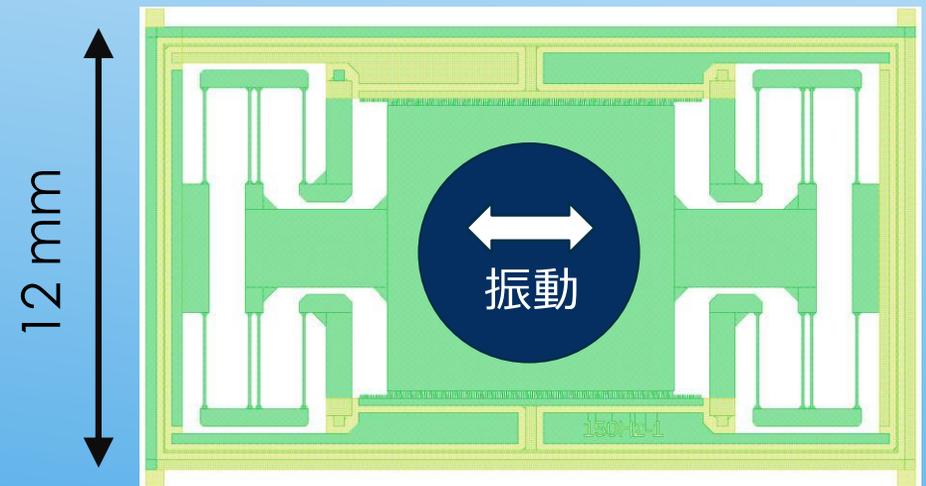


バネ定数 : 1849 N/m

多極型



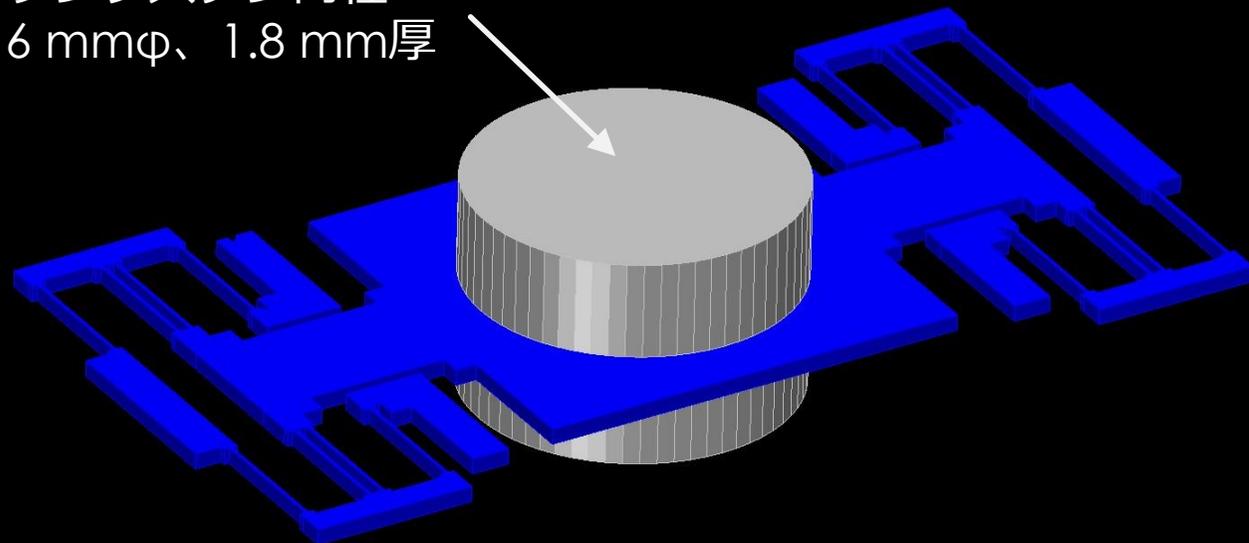
21.5 mm



12 mm

# 構造シミュレーション

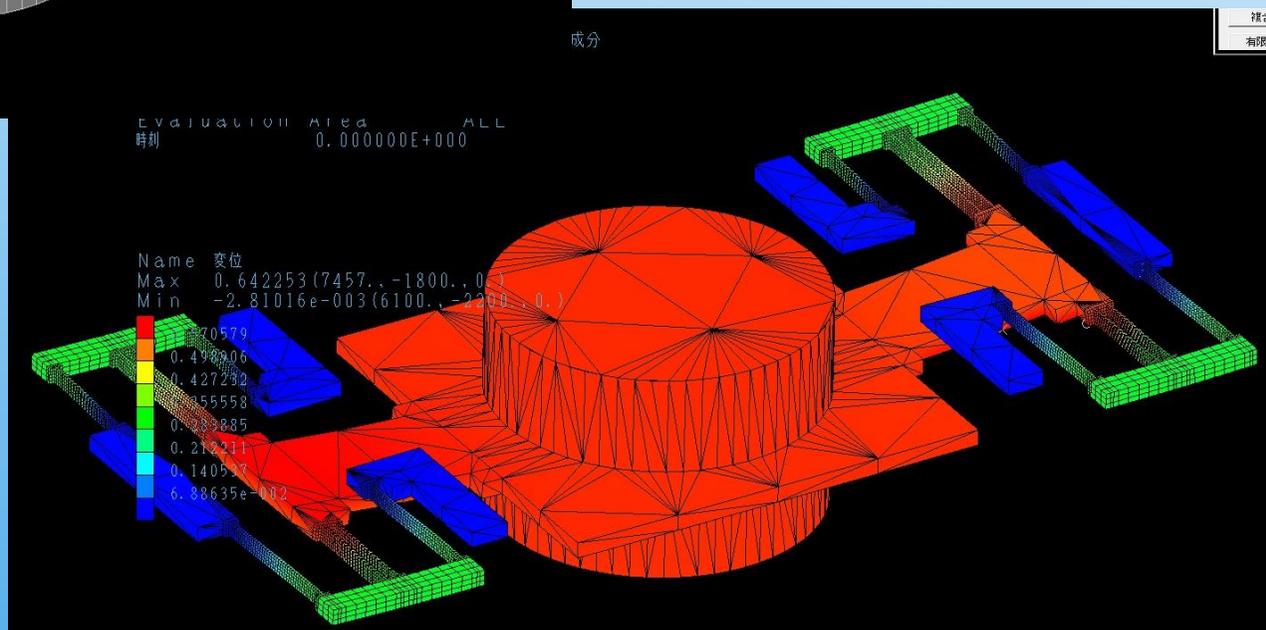
タングステン円柱  
6 mmφ、1.8 mm厚



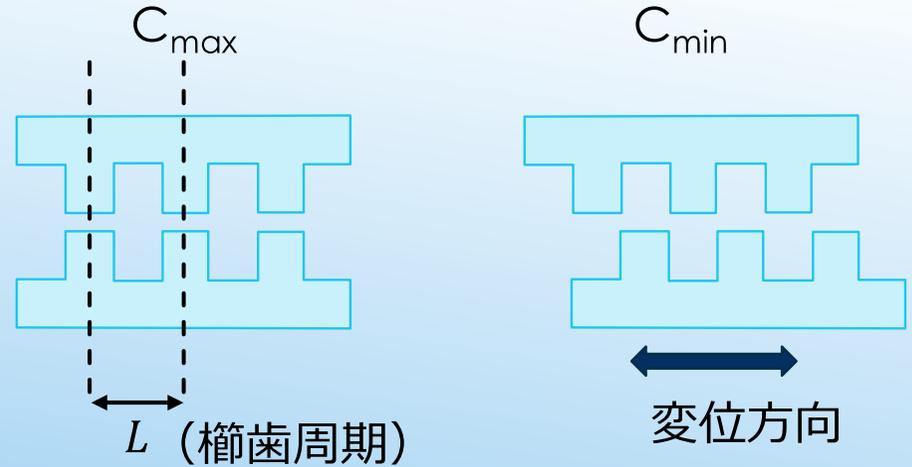
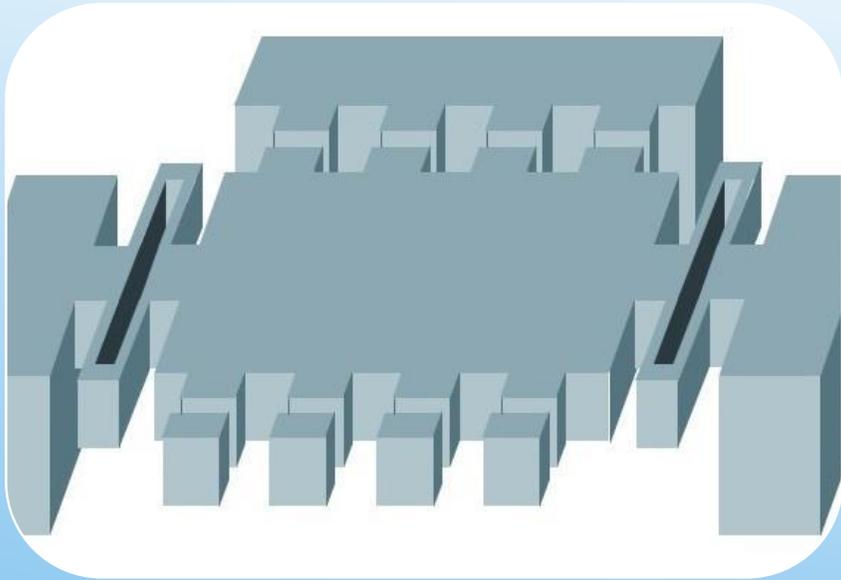
デバイス層 300 μmのSOI使用

1GによるZ方向変位：約1μm

想定加速度によるX方向変位  
とY方向安定性を確認



# 多極型振動発電素子のモデリング



容量変化を三角関数で近似

$$C(x) = \frac{C_{max} - C_{min}}{2} \sin\left(\frac{2\pi}{L}x\right) + \frac{C_{max} + C_{min}}{2}$$

ラグランジュの運動方程式

$$\begin{cases} -\frac{e}{R} = \left\{ \frac{C_{max} - C_{min}}{2} \sin\left(\frac{2\pi}{L}x\right) + \frac{C_{max} + C_{min}}{2} \right\} \frac{de}{dt} + A \cos\left(\frac{2\pi}{L}x\right) \frac{dx}{dt} \\ ma = m \frac{d^2x}{dt^2} + kx + r \frac{dx}{dt} - A \cos\left(\frac{2\pi}{L}x\right) e \end{cases}$$

( $e$ :発生電圧、 $R$ :負荷抵抗、 $a$ :加速度、 $m, k, r$ :機械パラメータ)

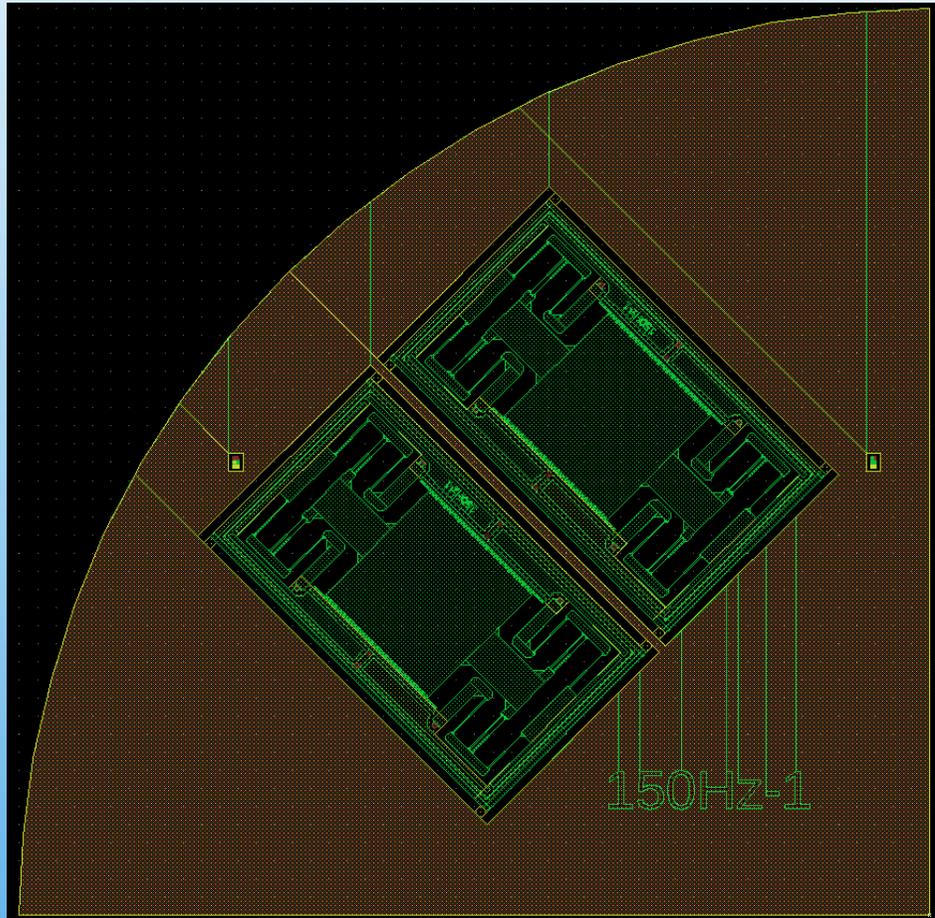
力係数

$$A = \frac{2\pi}{L} \frac{C_{max} - C_{min}}{2} E$$

帯電  
電圧



# Crマスクデータ作成



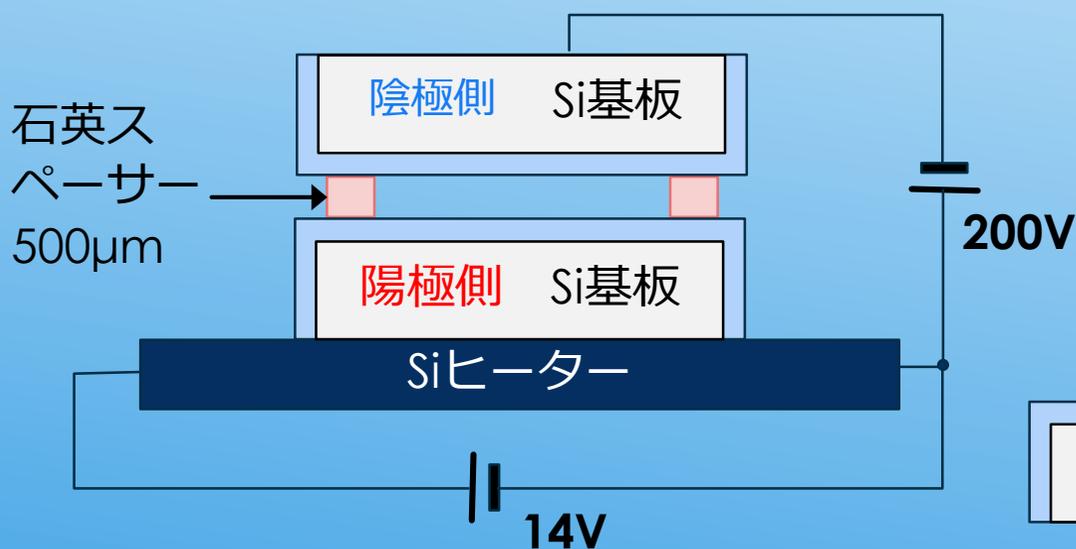
周波数：150Hz、300Hz

電極間隔：1:1、1:2

マスク発注済み

# 帯電機構に関する知見

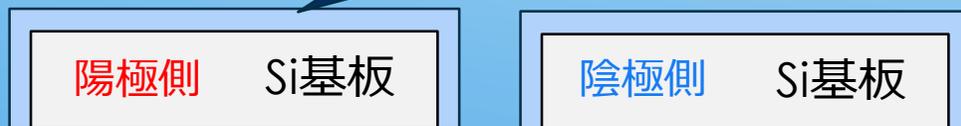
シリコン基板を用いた帯電実験を実施



帯電しているのは陽極側で負電位を有することが判明

表面電位  
 $-171\text{V}$

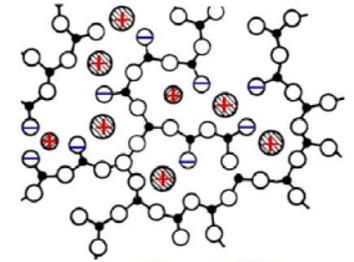
イオン液体発電の実験に (低い電圧も可能なはず)



# 帯電原理

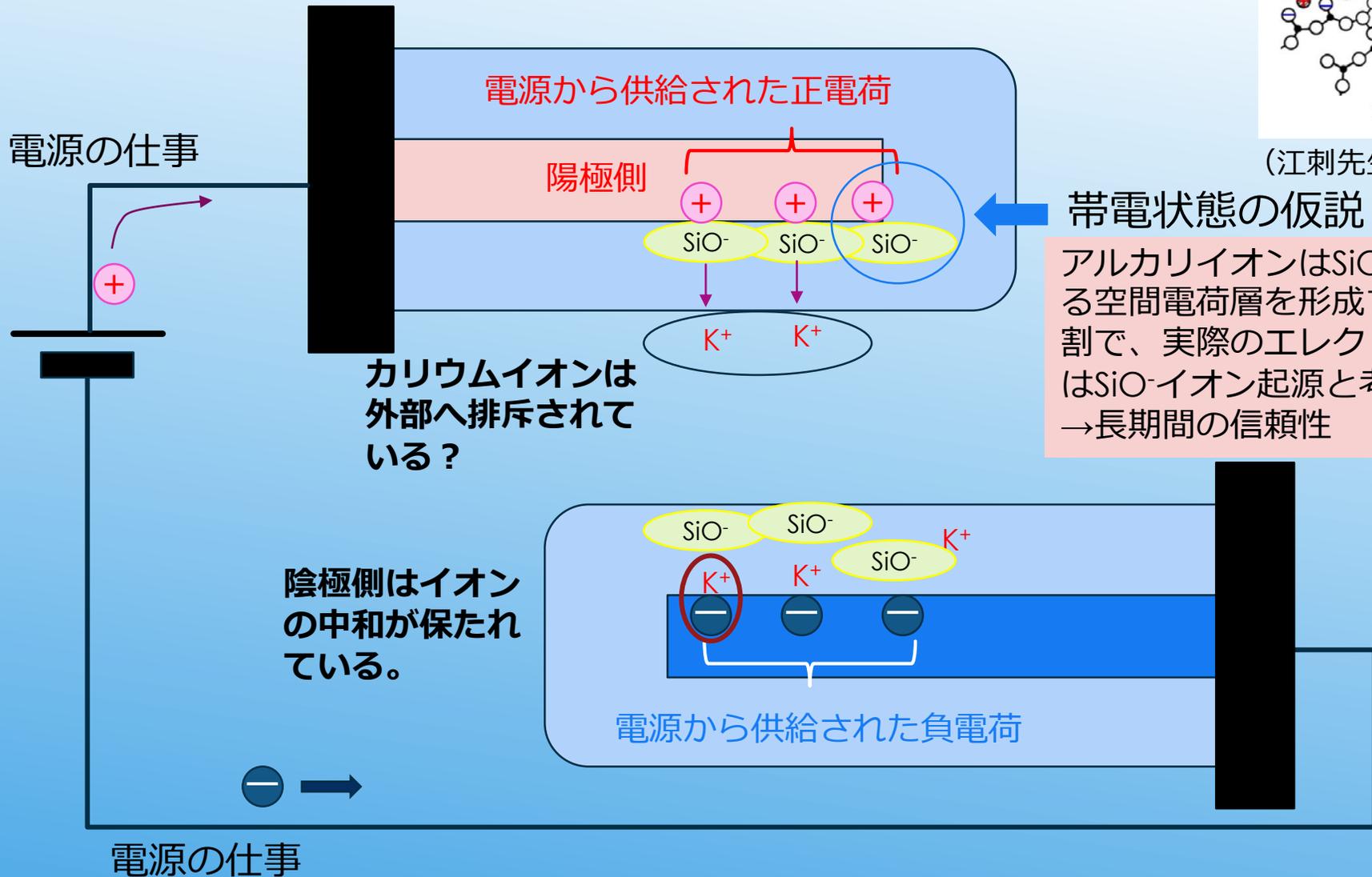
陽イオンが移動すると、固定されたSiO<sup>-</sup>イオンが残る。

- シリコン(Si)
- 酸素
- ⊕ 修飾陽イオン



ガラスの構造

(江刺先生の資料より)



# デモンストレーション

## 5月静大でのデモ

- おそらく第一次試作が終了しているので、ボイスコイルで励振してどのくらい発電できているかを現場にて実測するデモ。

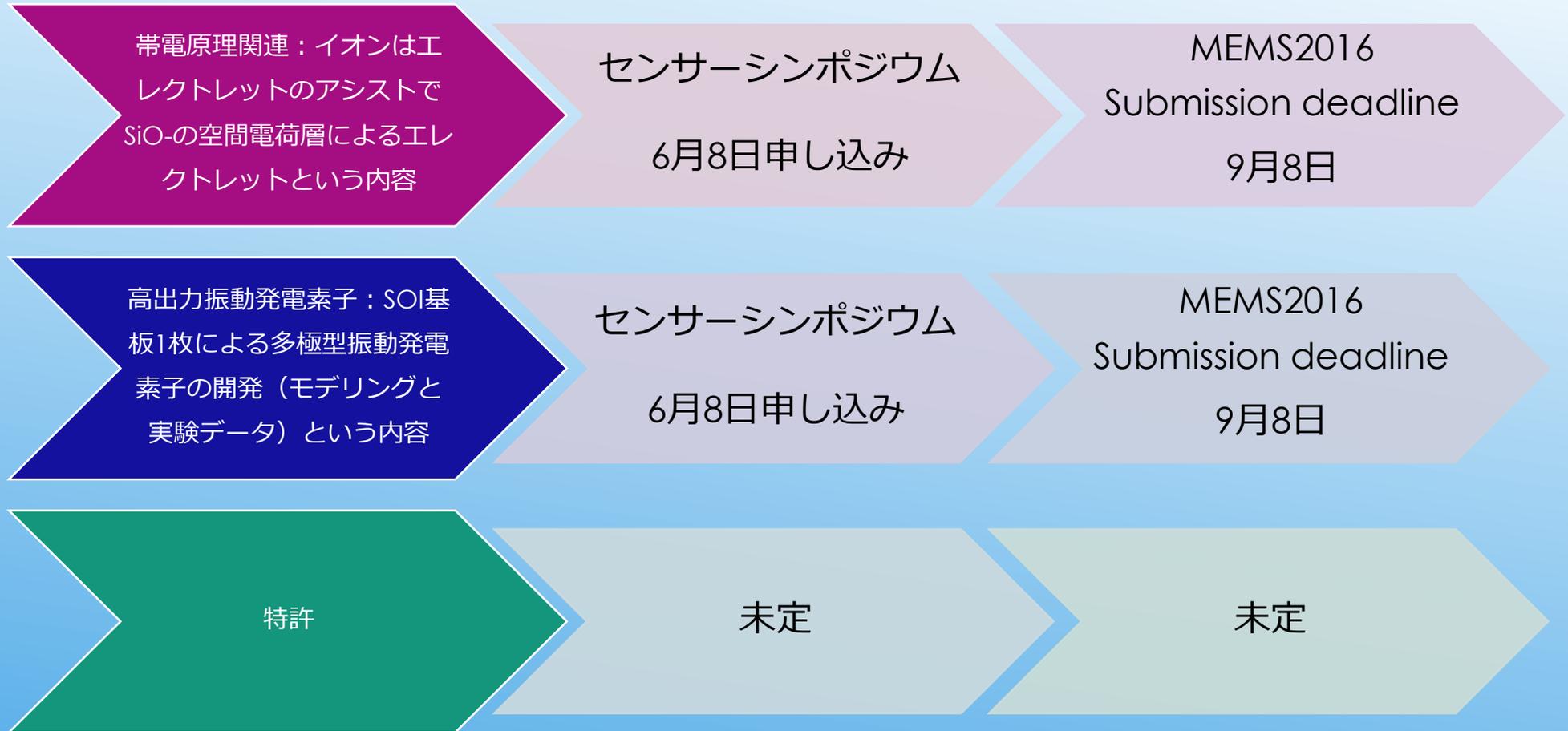
## 8月のデモ

- 真空パッケージした発電素子とLED点灯回路による、LED点灯デモ。

具体的な取り組み事項：  
フォトマスク到着後にひたすらデバイスファブリケーションを実施する。

具体的な取り組み事項：  
真空パッケージの外注仕様をメーカーと打ち合わせする。LED点灯回路の試作を実施する。

# 特許出願・学会発表



# 予算の執行状況

## 消耗品類

フォトマスクを発注。

次にSOI基板の購入を急ぐ。

次にプロセスに必要な消耗品の購入を順次行っていく。

## 設備

4インチ酸化炉、加振評価装置の発注を急ぐ。

加振評価装置は入札になる見込み。  
(300万程度)

酸化炉は、100万程度の標準型3ゾーン炉を購入する。

## 外注費、保守費など

数理システムに帯電機構に関する解析を外注する予定。(100万程度)

真空パッケージも7月くらいに外注する予定。

保守費としてICP-RIEの除害器を購入予定。