

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

平成28年度
第6回高効率MEH研究会

研究項目：①高密度固体イオンエレクトレットの
エネルギーハーベスタ応用

平成28年11月14日(月)
14:00 ~ 19:00

静大テーマ設定の意義

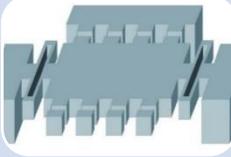
振動発電素子は充電という容量性負荷の駆動のため、発電電力だけでなく、発生電流が重要な指針である。小さな力でも大きな電流を発生する構造が不可欠。

発生電流 = 力係数 × 振動速度

$$i = Av, v = f/r$$

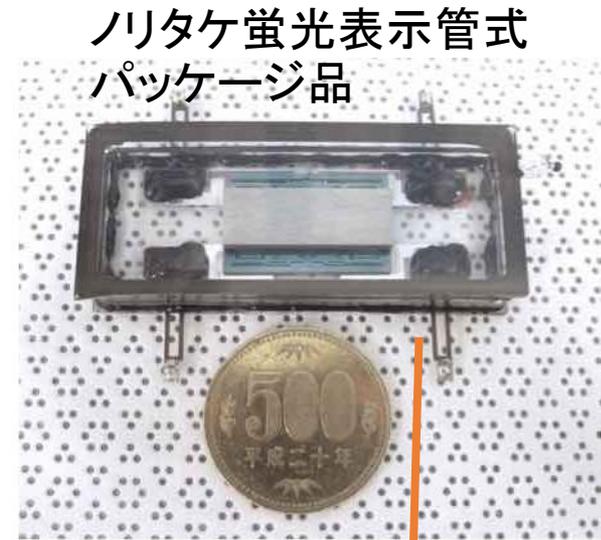
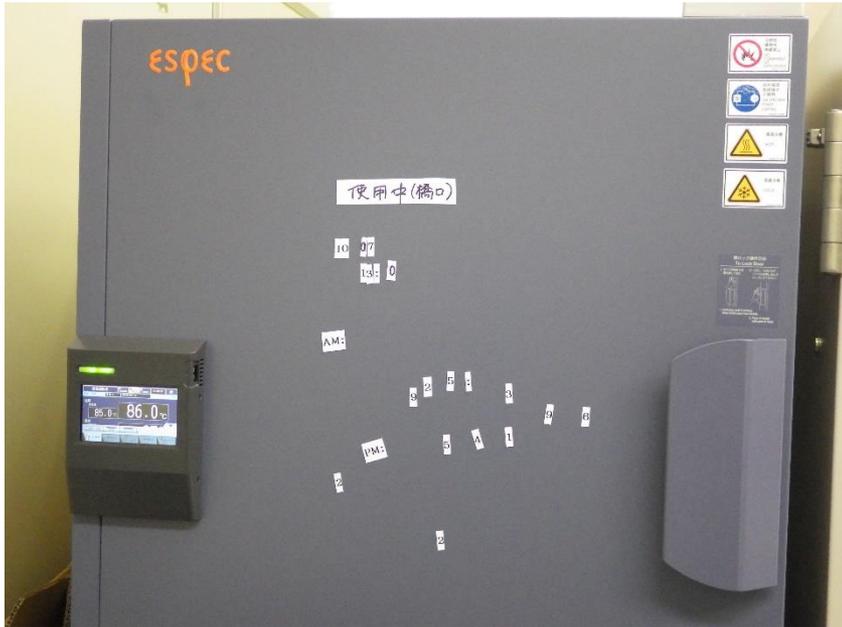
①-(1): MEMSの振動速度はたかだか1m/sなので、力係数を大きくすることが必須。

①-(2): 小さな力でも振動速度を大きくするためにダンピング抵抗を小さく。

研究項目	研究概要	素子タイプ	先導研究終了時目標	研究のポイント
①-(1). 高電荷密度シリコンエレクトレットの形成法の開発	5 × 10 ⁻⁴ 以上の力係数を持たせるための構造を設計・試作する。MEMS構造は、平成27年度に指針を得た水平振動型の多極構造型と、縦振動型のカンチレバー構造を採用し、それら2種類の開発を同時に進める。帯電電圧の向上は、酸化膜の膜厚を大きくすることでカリウムの含有量を増加させるとともに、帯電時のヒーター温度を高くするなどして大きな帯電電圧を確保する。	A: 多極型 	<ul style="list-style-type: none"> 最大出力: 1mW 力係数: 5 × 10⁻⁴以上 	<ul style="list-style-type: none"> 電極間ギャップの縮小化 構造のアスペクト比の向上 構造に対する電気機械エネルギー変換部の密度向上
		B: カンチレバー型 		
①-(2). エレクトレット振動発電素子のパッケージ技術と信頼性評価	テーマ①-(1)で試作した実際の振動発電素子をパッケージし、寿命試験に利用する(パッケージは外注とする。)。試験デバイスは一定の加速試験毎に、その帯電電圧と発電電力を測定する。少なくとも85℃までの試験を複数の素子について測定し、一定の劣化状態(例えば-1dB低下)までの速度を求める。	多極型の真空パッケージ 	10年以上の信頼性確保(帯電電圧、真空度)	既存真空パッケージのMEMSへの転用可能性

①高密度固体イオンエレクトレットのエネルギーハーベスタ応用

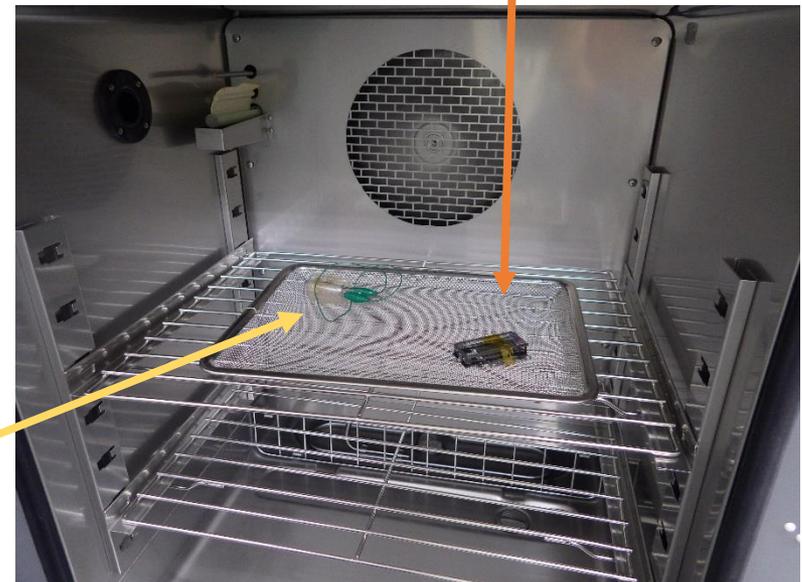
	H28 4月	H28 5月	H28 6月	H28 7月	H28 8月	H28 9月	H28 10月	H28 11月	H28 12月	H29 1月	H29 2月
①-(1) 高電荷密度シリコンエレクトレットの形成法の開発	1mW級振動発電素子の試作及び評価			前モデルの結果を反映した振動発電素子の試作及び評価			実験のまとめと追加試作評価				
	素子試作・評価			素子試作・評価			当初計画				
①-(2) エレクトレット振動発電素子のパッケージ技術と信頼性評価	真空パッケージ振動発電素子の作製			真空パッケージ振動発電素子の作製			真空パッケージ振動発電素子の信頼性評価				
	パッケージ仕様決定			真空パッケージ素子の作製			高温試験				



エスペック社の試験装置で
85°C高温雰囲気放置。
(現在は湿度コントロールなし)

Q値と発生電圧を調査。

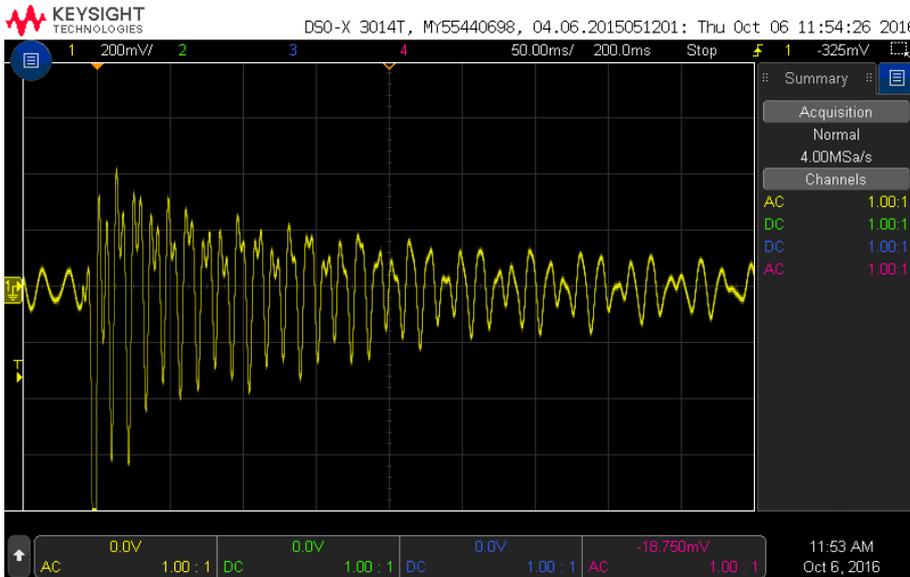
鬼塚ガラス真空管式
パッケージ



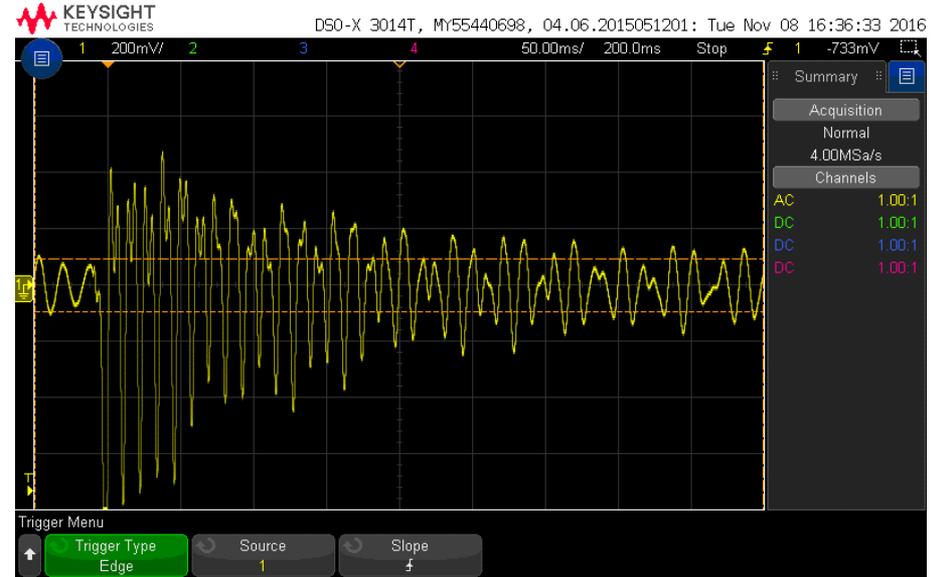
解放電圧のインパルス応答

10月6日

11月8日



$Q \doteq 37 \sim 41$



$Q \doteq 37 \sim 41$

Q値の変化、発生電圧ともほとんど変化なし。

$$Q = \frac{\omega_0 n T}{2 \log(a_{i+n}/a_i)}$$

真空度の劣化、帯電電圧の低下はとりあえず観測されていない。

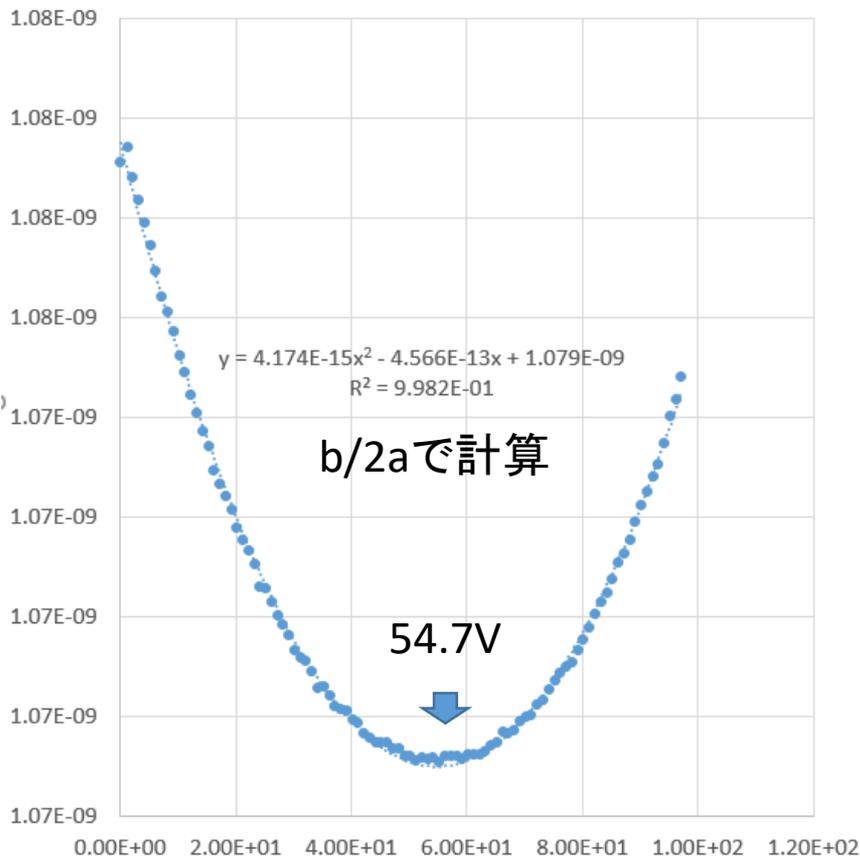


試験を継続中

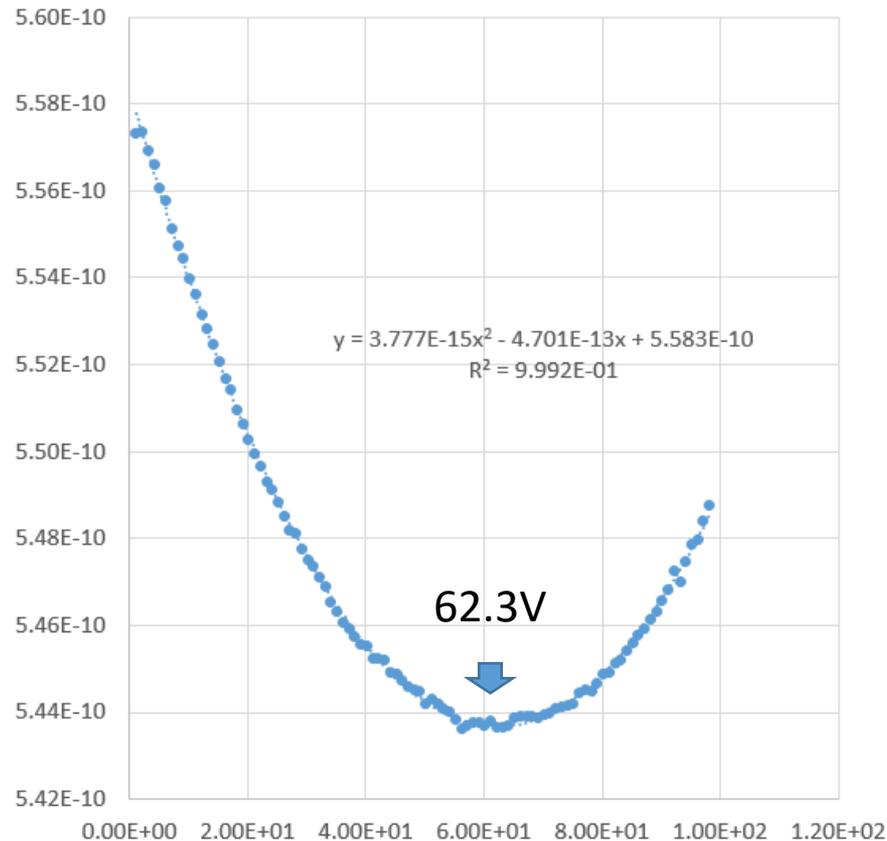
鬼塚ガラスパッケージ試作品

バーナー加工の高温が原因と思われる帯電抜けがあったため、ランプ加熱により真空パッケージのガラスを通して再帯電を実施(10月5日)

10月7日



11月9日



高温試験によって帯電電位が上昇している。

本エレクトレット法では、帯電後のアニールにより帯電電圧が高くなることもある。



Q値の測定

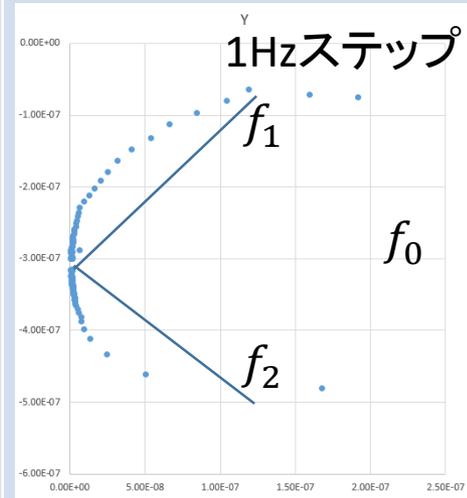
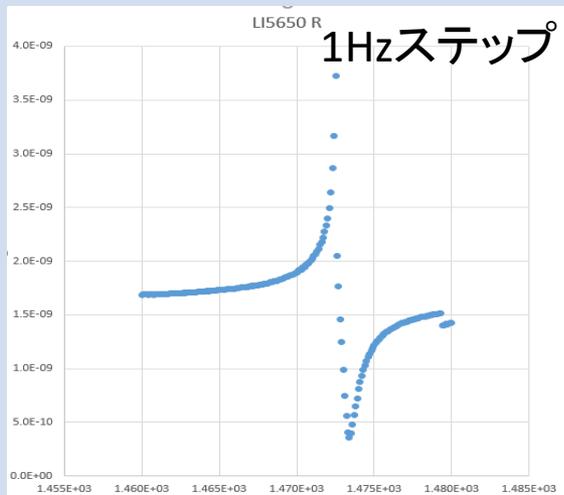
NMEMS Confidential

アドミタンスカーブ

アドミタンス円

$$Q = \frac{f_0}{f_2 - f_1}$$

10月
7日

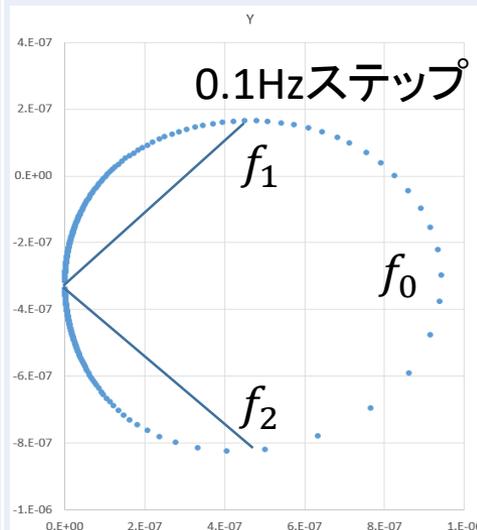
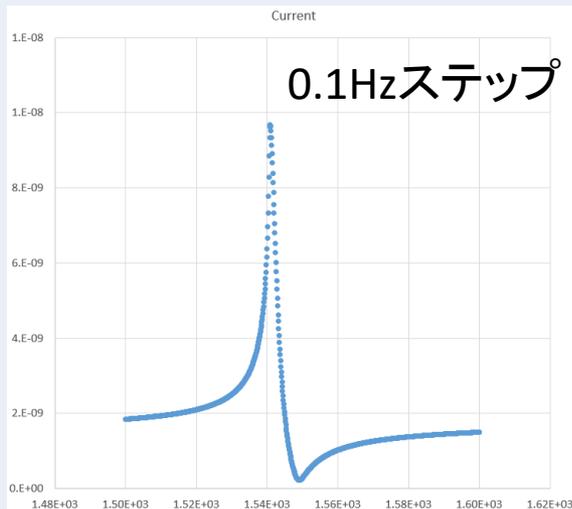


$f_0 \sim 1.4726\text{kHz}$
 $f_2 - f_1 \sim 2.5\text{Hz}$

$Q \sim 590$

(測定点が荒いた
め正確な値ではな
い)

11月
9日



$f_0 \sim 1.5411\text{kHz}$
 $f_2 - f_1 \sim 2.1\text{Hz}$

$Q \sim 734$

(測定点が荒いた
め正確な値ではな
い)

湿度コントロールなしの高温試験(85°C)1か月では、帯電電圧、真空度とも劣化は観測されない。

今後の予定:

あと1か月程度このまま85°C高温試験を実施。
残り期間で、高温高湿試験を実施する。

最終報告に関して:

帯電電圧に関しては、真空チャンバ内試験結果のアレニウスプロットをもって信頼性評価としたい。

真空度に関しては85°Cでの劣化が観測できずアレニウス試験ができないので、このまま継続して測定を行い、劣化がないことを確認して信頼性評価としたい。(エスペック社の試験機の最高温度が90°Cであるため)