

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4回高効率MEH推進委員会・ 第4回高効率MEH知的財産権分科会

研究項目：『A』

平成27年12月25日(金)
14:00 ～ 18:30

技術研究組合NMEMS技術研究機構(MEH)

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。

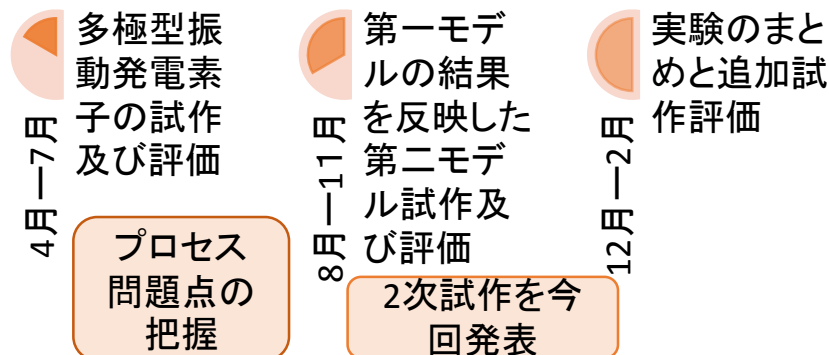
発生電流=力係数×振動速度

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

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

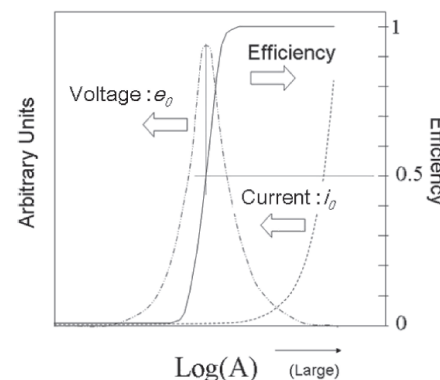
A-2: 小さな力でも振動速度を大きくするためにダンピング抵抗を小さく。

A-1. 高電荷密度シリコンエレクトレットの形成法の開発



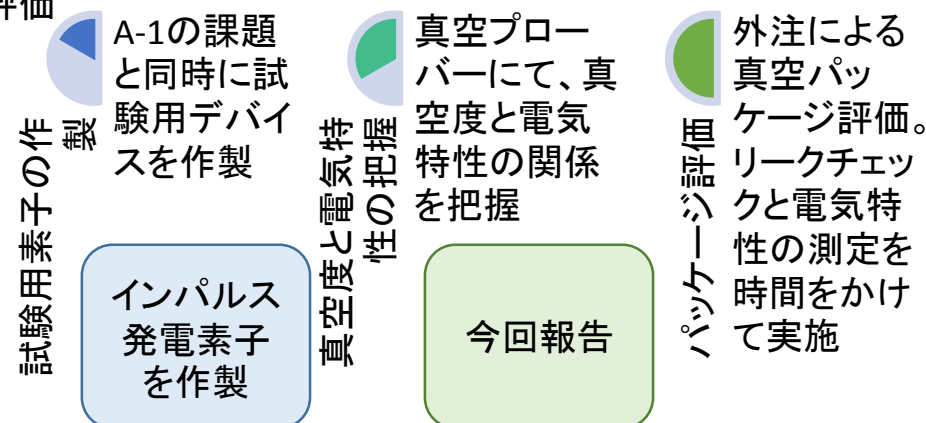
年度末目標

大きな変位が可能で(電極間ギャップが支配)、かつ効率を100%にするために十分な大きさの力係数(帯電電圧が支配)を得ることのできる最適な構造を見出す。

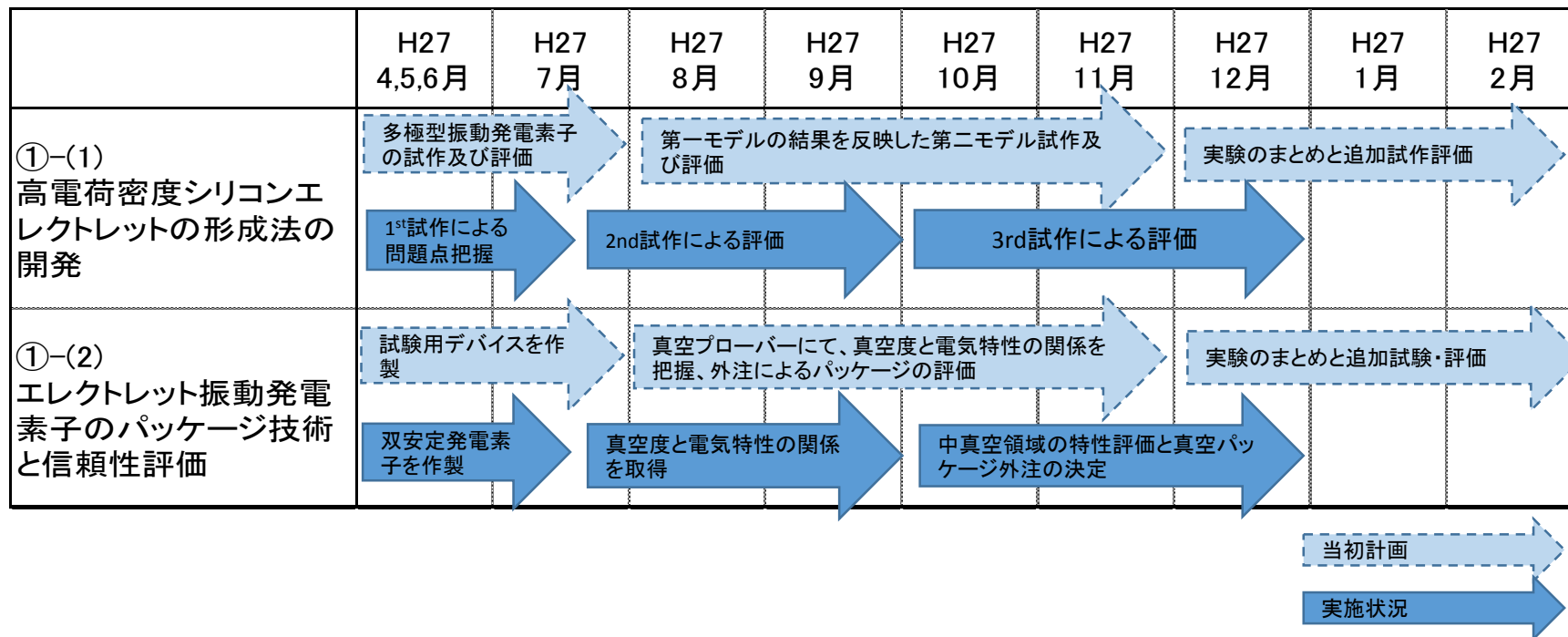


真空度と電気特性の関係=ダンピングパラメータを実験的に求め、パッケージの真空度と電気特性の関係を理論、実験の両面で把握する。

A-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



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



実験のまとめと考察

NMEMS Confidential

$$\frac{1}{Q_T} = \frac{r_f + RA^2}{\omega_0 m} = \frac{r_f}{\omega_0 m} + \frac{RA^2}{\omega_0 m} = \frac{1}{Q_i} + \frac{1}{Q_L}$$

Q_i : ダンピング抵抗によるQ

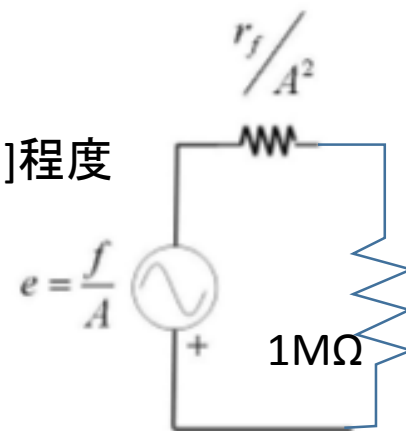
Q_L : 負荷抵抗によるQ

Q値まとめ	無負荷 Q_i	1M Ω 負荷 Q_T (実測)	Q_i と Q_L による Q_T (計算)
大気	158	45	45.5
ロータリー	296	55	52.5
ターボ	3190	64 $\doteq$ Q_L	

ほぼ一致

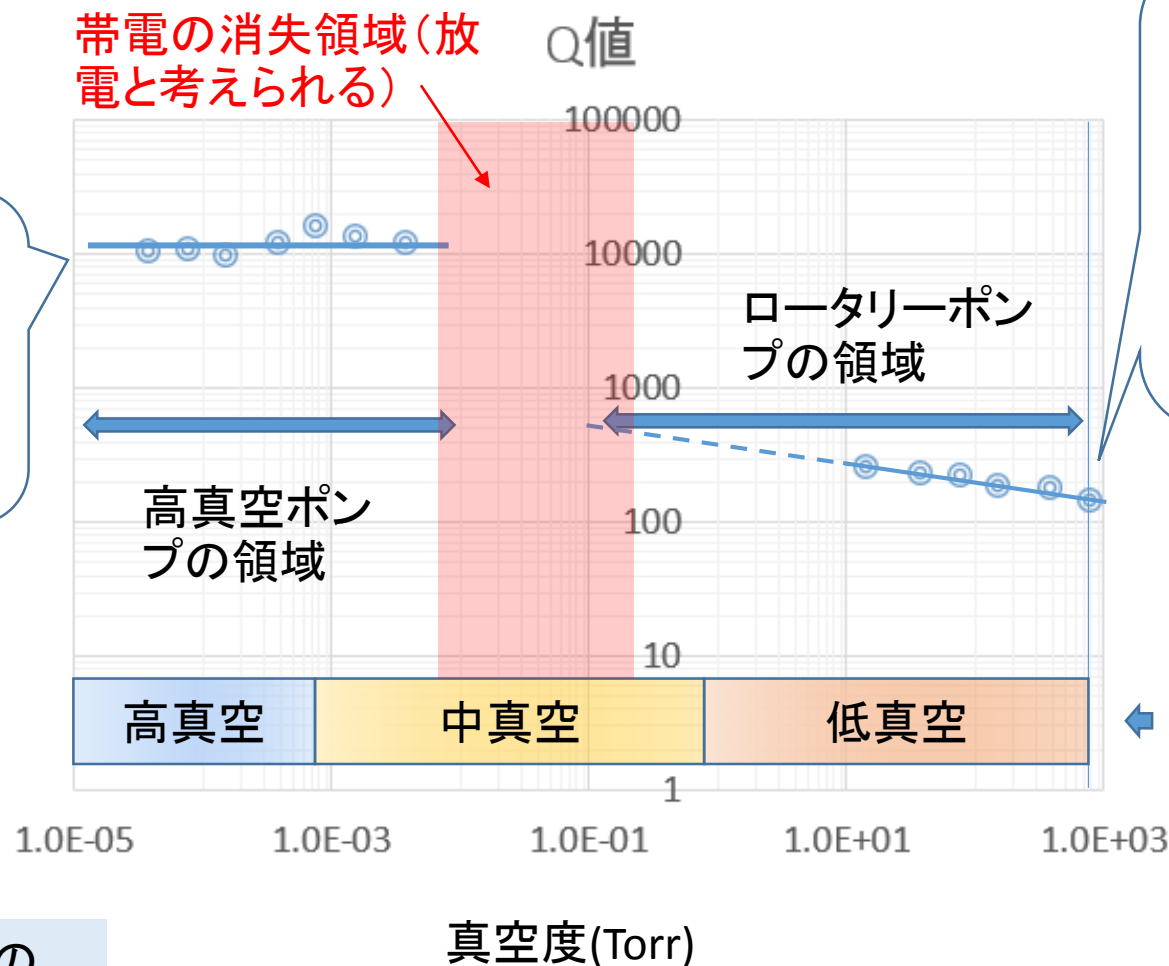
バネの初期変位とバネ定数から、バネの有するエネルギーは、5.67[nJ]程度

	Q_T	発生エネルギー(nJ)	Qによる 最適負荷	効率(バネ のエネルギー に対する)
大気	45(0.70)	4.03	404k Ω	71%
ロータリー	55(0.86)	4.91	216k Ω	87%
ターボ	64(1)	5.66	20k Ω	$\doteq$ 100%



容量によるインピーダンスは50M Ω 程度なので、ほぼ順抵抗と近似できる。

インパルスによる発電では、最適負荷という指標ではなく、内部抵抗が小さいことが重要？



広い範囲でQ値はほぼ一定。等価回路から、出カインピーダンスが小さくなる効果は大きいと考えられる。

低真空の領域では、わずかにQ値が増加する。しかし真空度が2桁よくなっても、Q値の変化は小さい。パッケージのコストと性能向上の関係からこの領域でのパッケージは効果が十分あるとは言いがたい。

この領域でのパッケージを今後実施する。

JIS Z 8126による真空区分

真空パッケージの検討

高真空領域に振動発電素子をパッケージする効果:

- ✓ ダンピング抵抗が減少し、小さな外力でも振動しやすくなる。
- ✓ 発電機としての内部抵抗が小さくなり、出力電流が大きくなる。
- ✓ 高真空では、固体イオンエレクトレットの長期信頼性が加速試験で実証されている。

固体イオンエレクトレット振動発電デバイスを真空パッケージする際の問題点:

- ✓ 高真空を長期にわたり保持できるかどうか。
- ✓ デバイスの形状が比較的大きくなるため、大気圧に耐え得る頑丈な構造が必要。



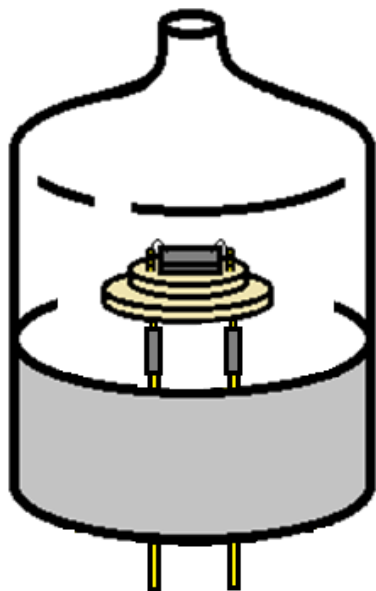
これらに対応するMEMS用パッケージは現状未開発



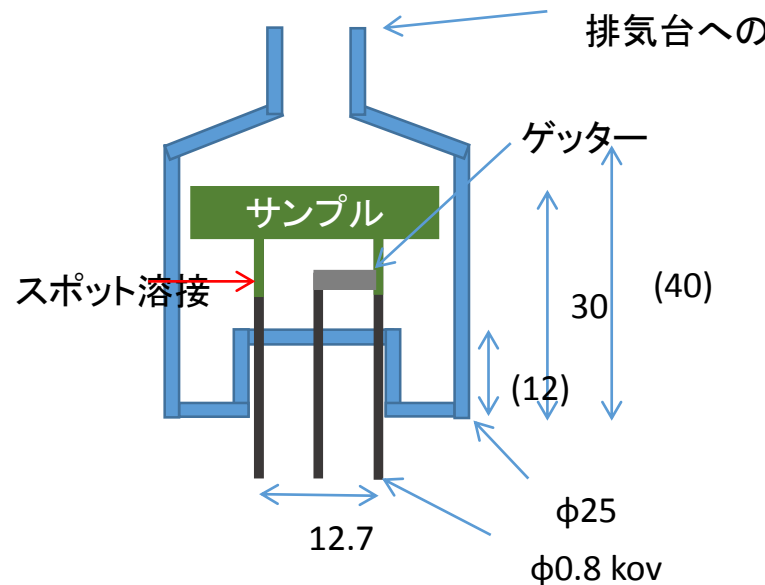
- ✓ 若干大型の真空パッケージになることを想定して、実績のある蛍光表示管(あるいは真空管)のパッケージ技術を検討。ガラス加工業者に試作を依頼中。

今年度の外注パッケージイメージ

MEMS Confidential



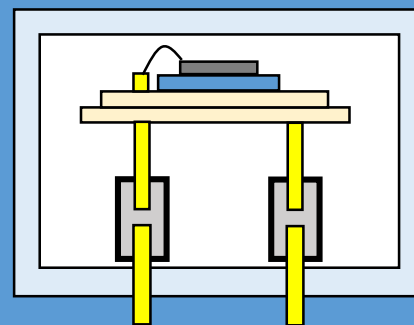
今回は業者の
実績のある形
状として、真空
管タイプを採用



今回の試作においてガラスパッケージの可能性について特に次の点を確認する:

- ✓ パッケージ温度の温度履歴に対して、エレクトレット電圧の低下、素子の特性劣化がないどうか。
- ✓ 場合によってはガラスパッケージ時にエレクトレットの電位低下を防ぐための電位を印加する必要があるかどうか。

来年度は平板タイプ
を実施する予定。



今後の予定

A-1. 高電荷密度シリコンエレクトレットの形成法の開発

- ✓ 静電力による可動部の吸引固定を相殺するような電極配置の検討及び設計
- ✓ 1mW級の振動発電素子実現に向けた設計

A-2. 真空パッケージの実施と特性評価

- ✓ 外注による真空パッケージ発電機の電氣的評価と高温加速試験の実施