

# 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

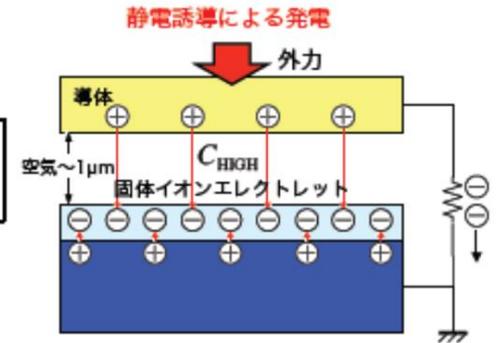
平成28年度  
第1回高効率MEH研究会

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5月12日(木)  
15:00 ~ 17:30

## ❖ イオン液体による発電方法

イオン液体電気二重層のエナジーハーベスタ応用  
(当初目的：エレクトレットに結合する静電容量の拡大)



液状      固形

利用形態

(液状) イオン液体

ゲル状イオン液体

1mW

150 μW

出口1

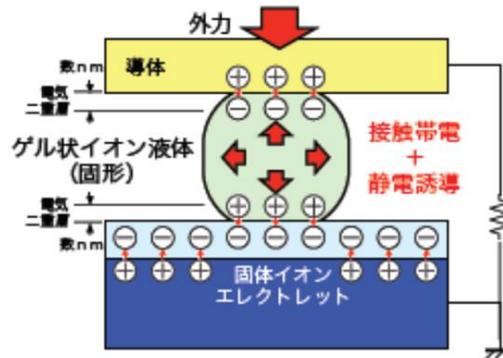
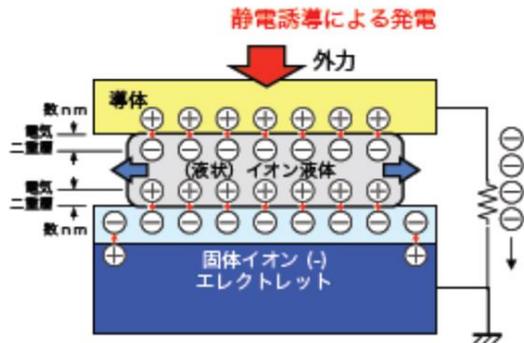
出口2

出口3

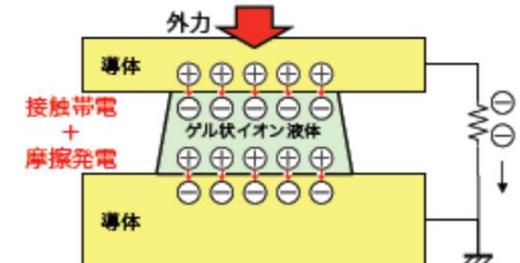
従来の固体イオンエレクトレット振動発電素子の特性改善

固体イオンエレクトレット電極上にゲル状イオン液体を配置した新規振動発電素子

ゲル状イオン液体そのものをエレクトレット化した新規振動発電素子



摩擦エレクトレット発電  
(トライボエレクトレット発電)



➤ センサシンポジウム

➤ PowerMEMS 2015<sup>2</sup>

## ②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

	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
②-(1) イオン液体のエネルギーハーベスタ応用検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>・H27に予定通り設計指針を明らかにした。</li> <li>・今後はALD膜の選定を行い、実験検証を進める。</li> </ul>										
②-(2) イオン液体のゲル化検討											
②-(3) ゲル化イオン液体のイオン固定方法検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>・イオン液体の種類、ポリマーの種類とその配合比の検討</li> <li>・長期高信頼性技術の確立</li> </ul>										

実施状況

当初計画

実施状況

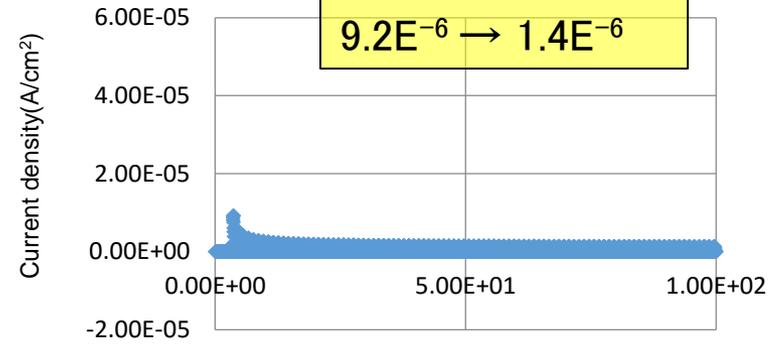
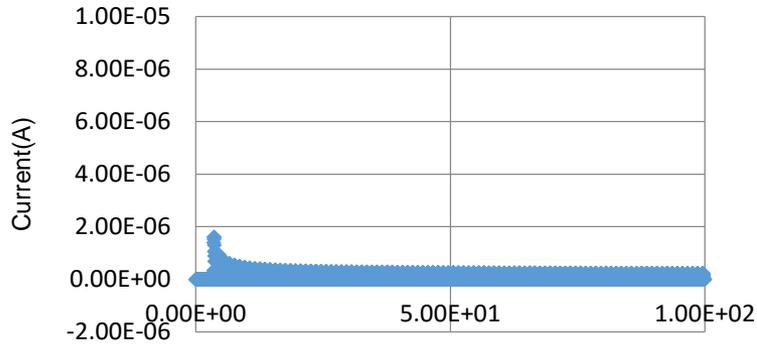
## ①高密度固体イオンエレクトレットのエネルギーハーベスタ応用

### 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

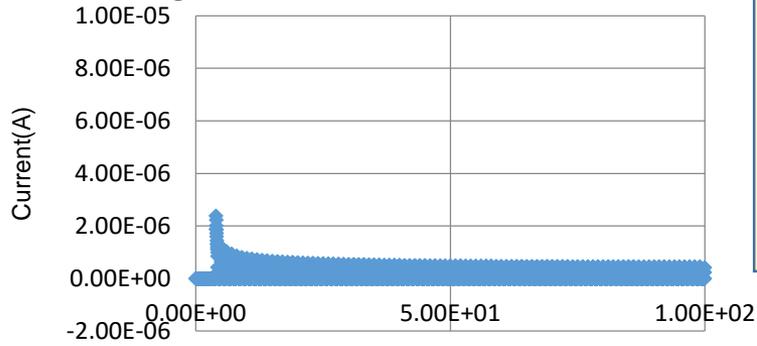
- ゲル状イオン液体エレクトレット
  - ポリマーの種類を変更した実験
  - 電極表面を保護した実験
  
- 真空パッケージ
  - 蛍光表示管の技術を応用したパッケージ

# 前回までのいきさつ

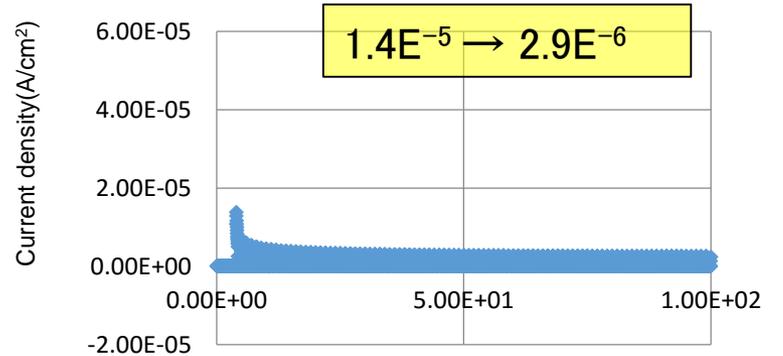
(1) U : Au L : Au  $1.6E^{-6} \rightarrow 2.5E^{-7}$



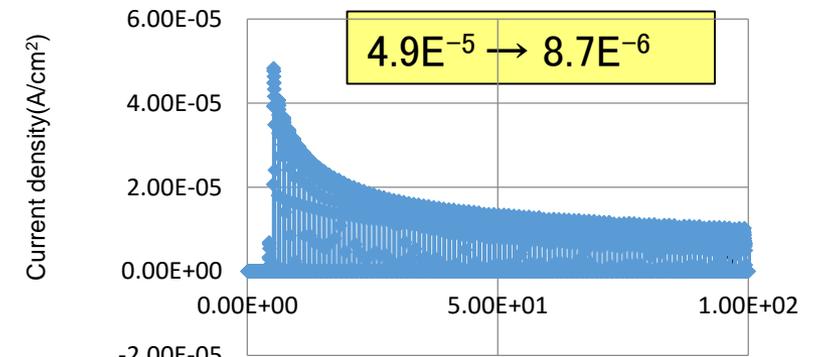
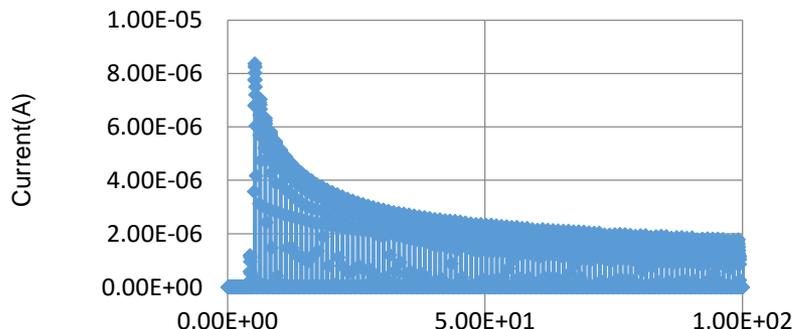
(2) U : Ag L : Au  $2.4E^{-6} \rightarrow 5.0E^{-7}$



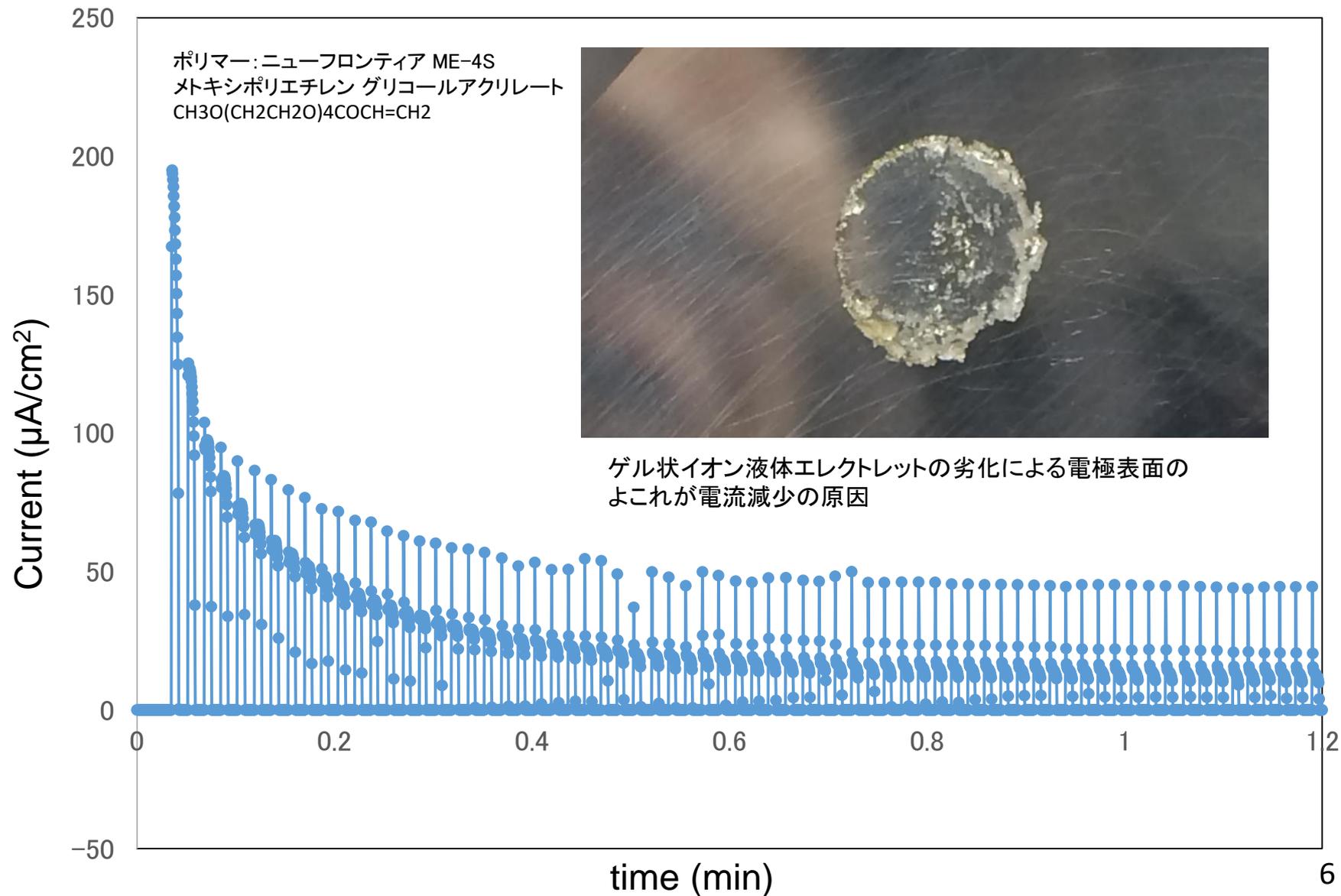
Gel :  
Φ4.77mm  
→  
× 5.77



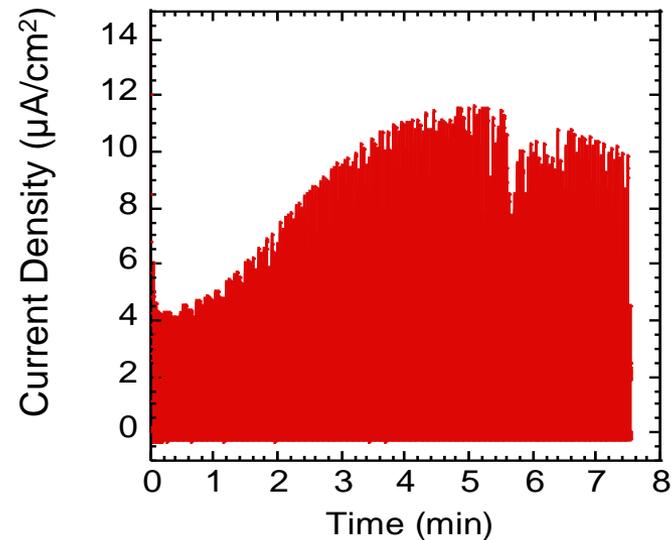
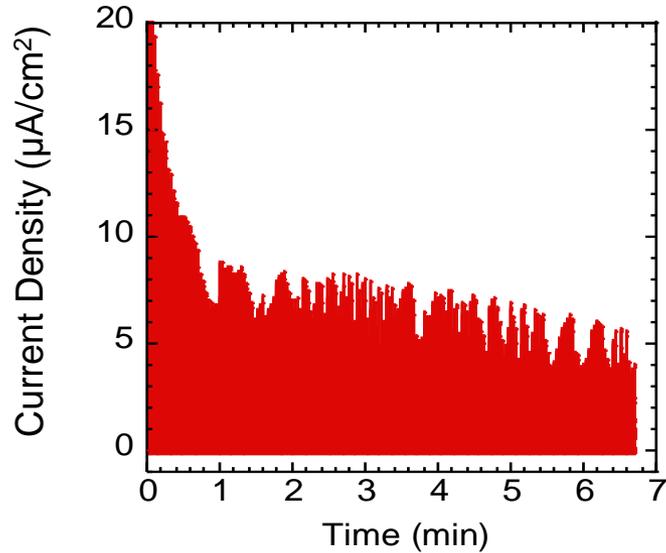
(3) U : Al L : Au  $8.5E^{-6} \rightarrow 1.5E^{-6}$



# ポリマー変更実験結果

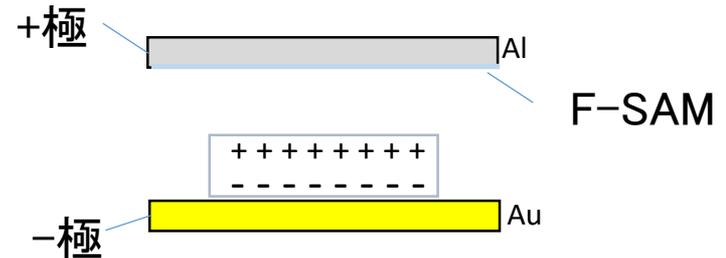
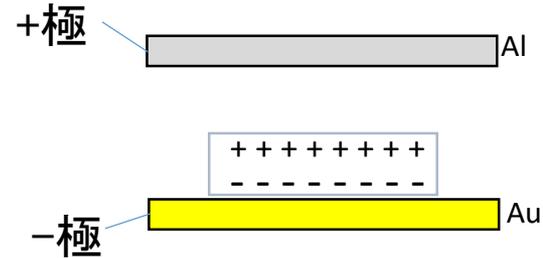


# 電極表面の保護実験



- ・ポリマー: TAポリマー
- ・イオン液体: MA-3
- ・光重合開始剤: ベンゾフェノン

- ・ポリマー:IL:開始剤=100:100:1
- ・<従来UV(露光機)>  
4Vor5V印加開始(UVなし) 5min ⇒ UV照射10min
- ・電極(充電時) +側:ITO -側:Au



- <F-SAM気相>
- ・1H,1H,2H,2H-パーフルオロデシルトリエトキシシラン
  - ・大プラケースに基板を並べ、小瓶にFSAMを入れ密封し7  
120°Cオープンで加熱(~3時間)

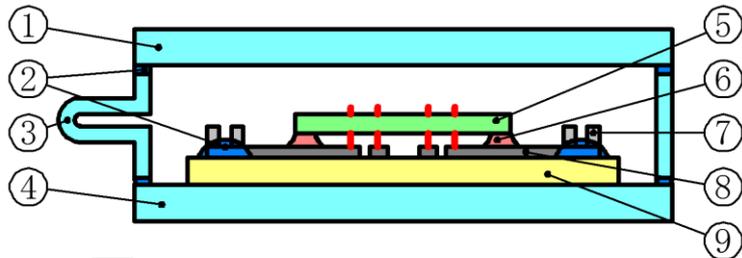
## 蛍光表示管基本情報(車載用VFD100mm×20mm標準品)



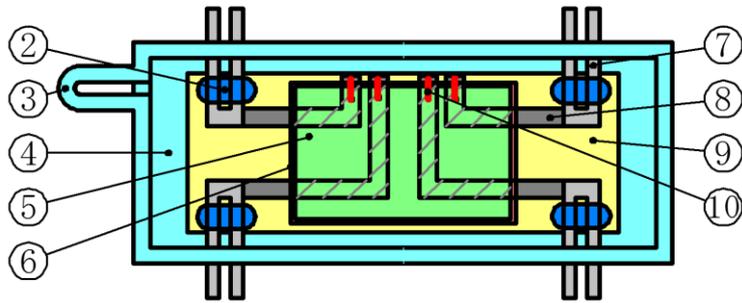
項目	内容	備考
真空度	$10^{-6}$ Torr以下	—
寿命	2万時間(2.3年)	真空の維持は半永久的
仕様温度	-40~80℃	内部モジュールに依る
コスト	¥1,000~2,000/個	基本的に手作業

(7月中~末の納入予定)

断面図



平面図



縦25mm × 横60mm × 高9.2mm

No.	部品名	材質	備考
①	フェース	ソーダ石灰	$9.0 \times 10^{-6}/K$
②	ガラスフリット	Pb含有	—
③	スペーサガラス	ソーダ石灰	ガラス管付
④	ガラス基板	ソーダ石灰	$9.0 \times 10^{-6}/K$
⑤	MEMSデバイス	Si	$2.4 \times 10^{-6}/K$
⑥	接着剤	ポリイミド	—
⑦	リードピン	SUS	②と③で固定
⑧	Al配線*	Al	⑨上に蒸着
⑨	中間ガラス	ホウケイ酸	$3.0 \times 10^{-6}/K$
⑩	ワイヤボンド	Al	超音波溶着

## 【設計思想】

- ・ ④ガラス基板(ソーダ石灰)に⑤MEMS(Si)を接着すると、フリット封着時(~480°C)に熱膨張率差でMEMSが割れる恐れあり。
- ⇒ ⑤MEMSを⑨中間ガラス(ホウケイ酸)に接着することで熱膨張率差を逃がす。
- ⑨中間ガラスと④ガラス基板は⑥接着材で中心部のみ点接着

# パッケージ工程の比較

No.	工程	通常工程(底面蓋式)	MEMSデバイス変更点(ガラス管式)	
クリーム内	1	Al配線蒸着	プレートに蒸着	中間ガラスに蒸着
	2	印刷	絶縁層、蛍光体など印刷	不要
	3	移載	表示用のメッシュを追加	不要
	4	ダイボンド	制御チップをプレートに固定	中間ガラスにMEMSをポリイミド接着(90℃、20min)
	5	ワイヤボンド	制御チップとプレート上の基板を配線	MEMSデバイスとAl配線を繋ぐ
	6	メッシュ焼成	メッシュをフリットガラスで固定	不要
	7	組立て	手作業で部品を組立てる	中間ガラスをガラス基板にポリイミド接着(90℃、20min)
	8	封着(~480℃)	ベルト式連続炉で封着(排気工程とは異なる炉)	バッチ炉で封着+ <b>電圧印加</b>
通常の屋内	9	真空排気 (~400℃)	<div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block; margin-bottom: 10px;">ベルト式連続炉(400℃)中で自動作業</div> <p>連続炉中で加熱しながら底面から排気</p> <p>ガラスフリット+金属蓋を炉中で封着</p>	<p>チャンバー内加熱(350℃) 常温開放</p> <p>電圧印加端子 電源</p> <p>真空状態(10<sup>-6</sup>Torr)</p> <p>バーナー</p> <p>高温チャンバーでガラス管から排気しながら <b>電圧印加</b></p> <p>常温開放してバーナーでの手作業で封止+ <b>電圧印加</b></p>
	10	ピン処理	リードピンの酸化膜を研磨で除去し、予備半田付け	←
	11	エージング	4hエージング。目視による輝度確認でリークを検査。	不要
	12	目視検査	蛍光表示状態および外観の検査	外観検査のみ実施
	13	出荷	梱包作業	← 10



①

工程説明 ノリタケ伊勢電子

プレート

1: 薄膜(大内山)

2: 印刷

- 絶縁層印刷
- 焼成
- カーボン層印刷
- 蛍光体層印刷

3: メッシュ移載

4: BD

5: 焼成



自動印刷機

③

工程説明 ノリタケ伊勢電子

プレート

1: 薄膜(大内山)

2: 印刷

3: メッシュ移載

4: BD

- ダイボンディング
- ワイヤーボンディング
- チップコート

5: 焼成



ワイヤーボンダー

②

工程説明 ノリタケ伊勢電子

プレート

1: 薄膜(大内山)

2: 印刷

3: メッシュ移載

- 導電ペースト印刷
- メッシュ移載
- フリット塗布

4: BD

5: 焼成



メッシュ移載機

④

工程説明 ノリタケ伊勢電子

封止

フレーム プレート フェース

11: 封止

- 組み合わせ
- 封着(封止炉)
- 取り出し

12: 排気

12: ピン処理

13: エージング

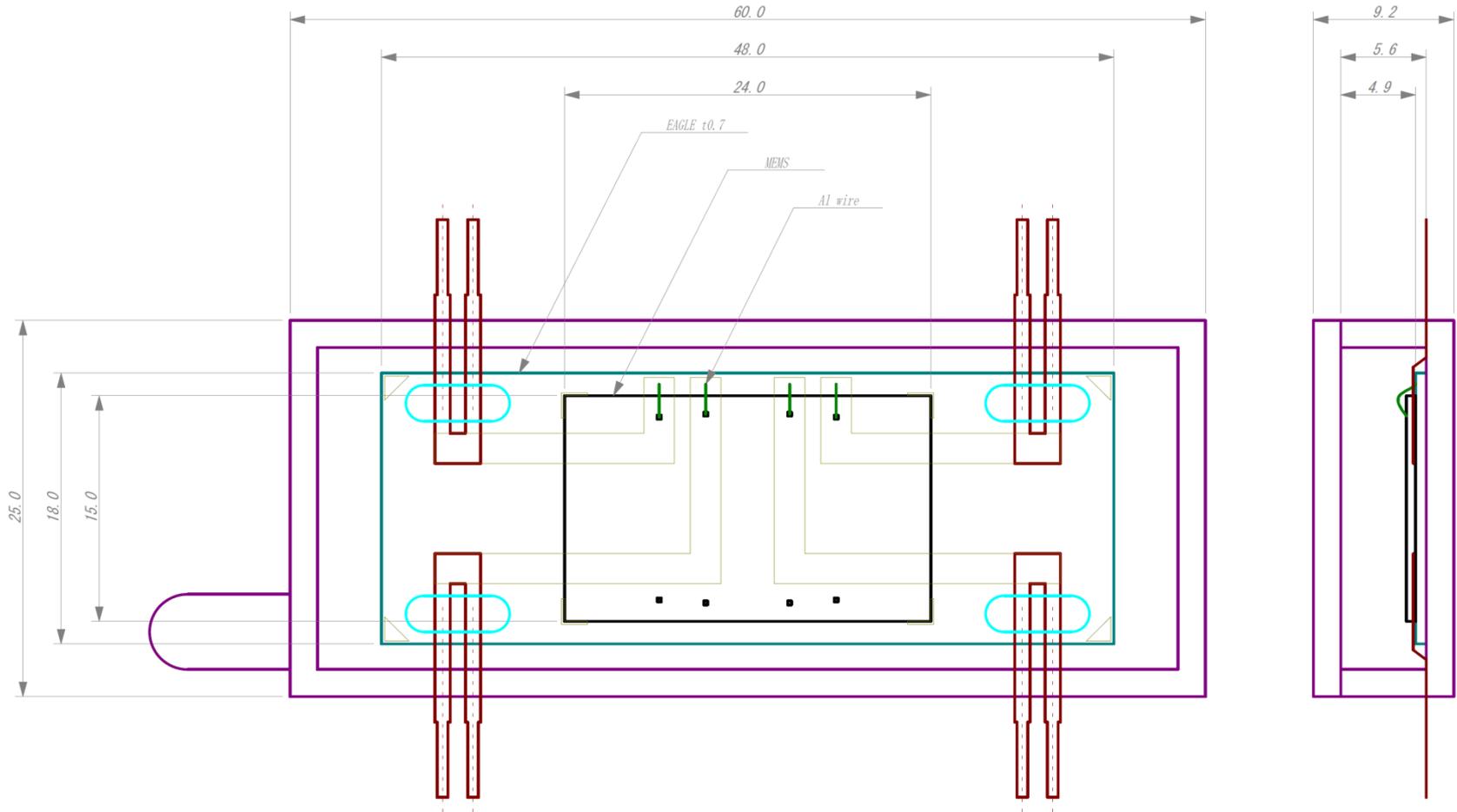
14: 検査

組み合わせ作業



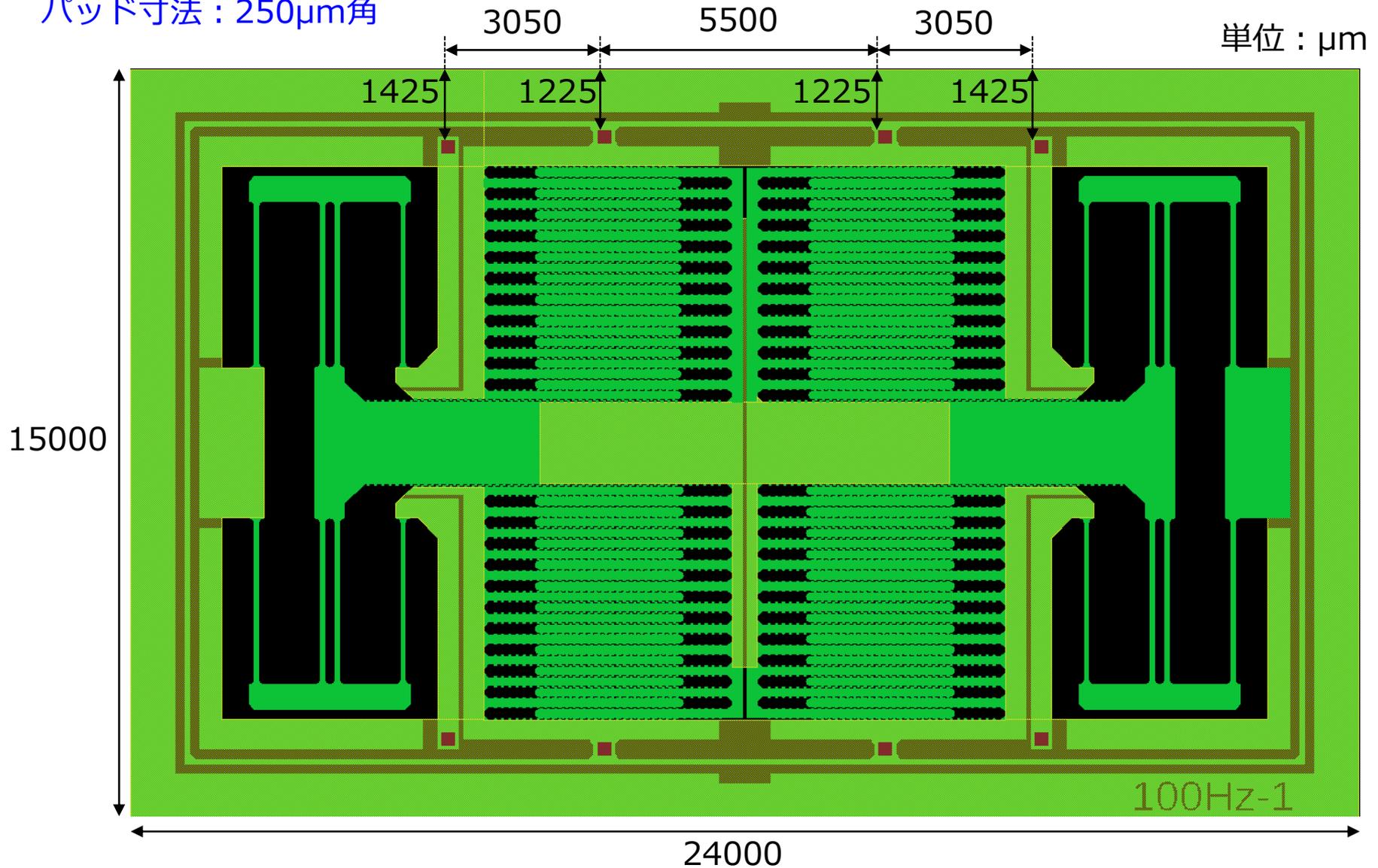
位置決め治具

# 試作図面



## 実装MEMS

パッド寸法 : 250 $\mu$ m角



- イオン液体＋固体イオンエレクトレット
  - 固体イオン保護膜(ALD膜)による帯電劣化防止技術を確立する.
  - 統合して1mW級のエネルギーハーベスタをめざす.
- ゲル状イオン液体エレクトレット
  - ポリマーの種類を変更し, 改善する.
  - アニオンの固定(要NDA)の実験を行う.
  - カチオン, アニオンの固定技術を確立し10Hz以下で500 $\mu$ W級のエネルギーハーベスタをめざす.