

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 5 回高効率 MEH 研究会 議事録 (案)

技術研究組合 NMEMS 技術研究機構 (MEH)

1. 日時 : 2015 (H27) 年 10 月 26 日 (月) 15 : 00 ~ 17 : 20
2. 場所 : 技術研究組合 NMEMS 技術研究機構 新テクノサロン A, B  
東京都千代田区神田佐久間河岸 67 MBR99 ビル 7 階
3. 出席者 (敬称略) : 東京大学 (藤田、年吉、安宅)、静岡大学 (橋口、杉山)、京都大学 (麻植)、 鷺宮 (石川、三屋、芦澤、石橋)、ダイキン (橋本、西野)、  
電力中央研究所 (小野)、J R 東日本 (福田)、NHK (後藤)、  
MMC (青柳、長谷川、坂井、三原、小出、水津、逆水、松本 (記))

4. 議 題 :

- (1) 挨拶 (高効率 MEH 研究所 所長 年吉先生) 【15:00-15:05】
- (2) 前回議事録の確認 【15:05-15:10】
- (3) H27 年度 10 月進捗報告
  - 1) 高電荷密度シリコンエレクトレットの形成法の開発 (静大) 【15:10-15:30】
  - 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 (静大) 【15:30-15:50】
  - 3) 大容量イオン液体可変キャパシタ技術のエネジャーハーベスタ応用 (鷺宮) 【15:50-16:10】
  - 4) 高効率エネジャーハーベスタの開発 (鷺宮・東大) 【16:10-16:30】
  - 5) 交通インフラでの振動発電デバイスの導入開発 (MMC・京大) 【16:30-16:45】
  - 6) オフィス・工場等での環境発電デバイスの導入開発 (ダイキン) 【16:45-17:00】
  - 7) 総括 藤田先生、年吉先生
- (4) SSN 研究会 WG2 について (MEH の本格研究に向けた検討) (MMC) 【17:00-17:20】
- (5) その他 (予算執行状況報告他) 【17:20-17:30】

5. 配布資料

- 【別紙】 「議題と連絡事項」、「今後のスケジュール」等
- 【資料-1】 H27 年度第 5 回高効率 MEH 研究会出席者名簿
- 【資料-2】 H27 年度第 4 回高効率 MEH 研究会議事録
- 【資料-3】 H27 年度 10 月進捗報告

6. 質疑応答 :

- (1) 挨拶 (高効率 MEH 研究所 所長 年吉先生) 【15:00-15:05】
- (2) 前回議事録の確認 【15:05-15:10】
  - (1) と (2) に関しては、特に質疑応答は無かった。
- (3) H27 年度 10 月進捗報告

1) 高電荷密度シリコンエレクトレットの形成法の開発 (静大: 杉山先生) 【15:10-15:30】

Q(藤田): 短絡電流と加速度信号の図で、共振周波数はどの位?

A(杉山): 150Hz です。

Q(年吉): エッチング断面の写真は、所々等方性エッチングとなっているのか?

A(杉山): そうです。

Q(藤田):  $20.31\mu\text{m}$ と数字が書かれている所が凹みか?

A(杉山): そうです。

Q(年吉): きちんと作れば、望んだ力係数が出るのか? パワーがでるのか (松本)?

A(杉山): そうです。今回は低温での処理の為、イオンの分布が付けられなかった。

設計通りならば  $150\mu\text{W}$  は得られる。

A(橋口): 今回のデバイスは、BT 処理によるバイアス値は出なかった。ヒーターのパワーが、チップが大きくなった為、足らなかった。昇温不足。

Q(松本): 追加処理は出来るのか?

A(橋口): パッケージングしているので、出来ない。

Q(藤田): 何とかステージゲートまでには、目標の特性が出るデバイスを作る事。

A(杉山): 了解しました。

Q(年吉): 生データは残っているか? 東大では5年間は残すように決められている。

A(杉山): データは残っているので、捨てないでおきます。

Q(西野): 最初のデバイスの共振周波数は?

A(杉山): 錘が  $1\text{g}$  なので 150Hz。上下乗せで  $2\text{g}$  にすれば 100Hz と想定している。

C(藤田): 150Hz を  $\sqrt{2}$  で割れば 100Hz 程度になるので、理論とも合っている。

Q(年吉): 錘は綺麗に載っているが、どうやって載せた? うちには良いがベリタが有る。

A(杉山): 手で、気を付けながら載せている。

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 (静大: 橋口先生) 【15:30-15:50】

Q(藤田): 4 ページの図の右の点は青が見えないが、重なっているのか?

A(橋口): その通りです。

Q(三屋):  $\text{SiO}_2$  層の厚みは?

A(橋口):  $8000\text{\AA}$  程度といつもと同様の値である。杉山先生の素子は温度が足りない。

Q(年吉): 真空パッケージ処理で特性が変化する事は無いか?

A(橋口): 大丈夫です。業者のデータも頂いている。

Q(年吉): 空気の粘性で効いているのは、圧縮、それとも滑り?

A(橋口): 滑りと考えています、今回のデバイスの場合。

Q(松本):  $530^\circ\text{C}$  とは問題が出ないか?

A(橋口): 基本的には BT してから Al を蒸着するつもり。将来的には高融点金属を使いたい。

Q(藤田): ウェハレベルでの BT 処理の場合はどうするのか?

A(橋口): harvester はチップサイズが大きいので、チップ処理になると思われる。

レーザーでスポット的に昇温する手法なども有力と考えている。

Q(年吉): レーザーも、手持ちの装置で味見しておけば?

A(橋口): 了解です。

3) 大容量液体可変キャパシタ技術のエネルギーハーベスタ応用 (鷺宮：三屋様) 【15:50-16:10】

接触状態と電流の関連が分かる実験系を構築中。

Q(年吉)：離れる瞬間は逆の特性が出そうな気がするが、  
出ていないのはダイオード特性のおかげか？

A(三屋)：そういう風にも思えるが、実験的な確認が難しく、圧縮時しか見られていない。

Q(年吉)：グランド側の電流も見られるようにする事。藤田先生も同様の意見。

A(三屋)：了解。

Q(年吉)：AFM で見てみると面白い。近くの部屋の高橋という先生が専門にしている。

A(三屋)：了解しました。力と電流が一気に見られるのは興味深い。

C(小野)：今はイオンが完全に固定できていない可能性がある。固定剤を入手したので、  
追加実験を続ける。また、真空中での評価にも挑戦したい。  
表面で電極に固定できているのかも調べてきたい。

Q(三原)：電気2重層が消失する時の活性化エネルギーを図ると、機構が見えてくる？

A(三屋)：試してみます。

Q(松本)：振幅が3種類変わっているのに、電流が比例しない理由を教えてください。

A(三屋)：理由は分からないので、申し少し細かく調べてみたい。

4) 高効率エネルギーハーベスタの開発 (鷺宮・東大：芦澤様) 【16:10-16:30】

Q(年吉)：40  $\mu\text{m}$  の部分がストッパーになるのか？

A(芦澤)：そうです。

C(年吉)：段差櫛歯はプロセス的に難しいので、粘り強く検討を続けていって下さい。

Q(橋口)：バリ取りプロセスとしては、アッシングを掛けてみるのは見るのは如何？

A(三屋)：安宅さんなどとプロセスを検討しており、HFE という材料なども  
検討しているが、完成にはもう少し時間が掛かる感じ。

C(橋口)：バリをとらないと特性が出にくいので、頑張って除去してください。

5) 交通インフラでの振動発電デバイスの導入開発 (MMC・京大 麻植先生) 【16:30-16:45】

Q(年吉)：振動の波形は生データか？ 計算に使えるそう。

A(麻植)：そうです。

Q(年吉)：PC 箱桁には入れるのか？

A(麻植)：入れるが中は暗い。鍵がかかっている。道路公団などの管理者に借りて入る。

Q(年吉)：車の通る頻度がわかるか？

A(麻植)：波形のピークでわかる。トラックは大きく、軽自動車は小さい。

Q(藤田)：鋼板桁の構造と、車やセンサの位置関係や衝撃の大きさは？

A(麻植)：段差の受け側は、衝撃が10倍程度小さい。

Q(三屋)：固有振動数の所では、いつも揺れているのか？

A(麻植)：そうです。

Q(橋口)：0.1G 位出ているか？ 計算出来そうな感触である。

A(麻植)：そうです。

Q(藤田)：発電器が出来れば、構造物に着けるのは可能か？

A(麻植)：置けます。

Q(年吉)：壊れるとすると、今回のような構造物ではどういう風に壊れるのか？

A(麻植)：コンクリートの劣化が大きな要因と考えられる。鉄筋の腐食も有る。

今回測定した橋などは新しいので、なかなか壊れないと思う。

Acoustic Emissionなどで、壊れる現象を追いかけている所である。

壊れる前に検知できれば、予防保全として大きな改善になる。

Q(藤田)：古い構造物も見られるか？ 計れるか？

A(麻植)：道路公団と相談して、検討していきたい。

Q(三原)：箱型の割合は全国的にどれ位か？

A(麻植)：基本的には、メタルはカーブ部分で良く使われる。

曲げられるので。割合は、調べてみないと分からない。

6) ワイス・工場等での環境発電デバイスの導入開発 (ダイキン：西野様) 【16:45-17:00】

数値計算においても、共振周波数を振動に合わせ事で最適化できる感触。

所望の発電量が得られない場合は、間欠的に動作させるのもアリと考える。

C(橋口)：共振を卓越周波数に合わせれば最適化できるが、振幅に

制限を掛けるストッパー的な計算が必要と思われる。

エネルギーロスはどう取り入れるか？も考えたい。

お渡ししたプログラムが分からなければ、こちらで修正する。

また、カンチレバー型の発電予測についても、プログラムを作ります。

A(西野)：了解です。有難うございます。

Q(西野)：4Hz というようなゆっくりした周期でも、MEMS は動くのか？

A(橋口)：とくにカンチレバータイプだと大丈夫と思います。

C(藤田)：情報量の多い算出方法にして頂けると、今後の改善にも繋がるので宜しく。

イオン液体型についても、今後、計算プログラムを作っていく必要が有る。

役割分担の明確化のためにも大変良い事である。

C(藤田)：人体発電の場合、シーン(状況)も納得のある形で表現出来るように、

年吉先生と検討してください。

A(西野)：分かりました。貧乏ゆすり駆動だと、止まってしまうと信号が出なくなるので、

工夫します。

Q(三原)：50Hz と 100Hz の空調機の振動の場合、150Hz はどういう形で動くのか？

A(橋口)：150Hz の共振周波数で動くと考えている。加振機が来たら、ビジュアルに

測定してみる事を計画している。

7) 総括 藤田先生、安宅先生、オブザーバー各位

藤田先生：ステージゲートが有るので、もうひと頑張り、お願いします。クリスマス

期待しています。計算も精度を上げてきているので、シナリオ作り

の為に検討に活用できるように、検討を進めてください。

進め方そのものについては、心配していない。

安宅先生：エッチングプロセスを改善していきたい。

小野様：基礎的に、ゲルをバックアップしていきたい。

福田様：色々なアプリケーションが有るので、期待しております。

藤田先生：アプリケーションを考える会を開いてほしい。12/25にその結果を持ち寄る。

松本：未だ開いてないので検討します。

(その後の懇親会の席で、静岡大学で行ったWGの打ち合わせが

その趣旨で有ったと三原より言われ、藤田先生には了解して頂いた。)

後藤様：昔エレクトレットを行っていた。難しい内容であるが健闘しているのが良くわかる。今後とも宜しくお願いします。

(4) 第1回 SSN/WG2 “MEH” (MMC：長谷川)

【17:00-17:20】

資料を配布して説明。

- Q(年吉)： 1番目の疑問は、DSPCに加わずにどういう解が有るのか？という事。  
まだ見えてないですね。また申請書を書くのか？という煩雑性も有り得るが、  
NMEMSの出方も含めて、良く状況・動向がわからない。  
2番目は、DRIEの扱い方も、すっきりとしなくなる事が有る。この場では、  
答えは出ないだろうが。  
3番目は研究員の金銭的な確保。確保出来なければ、開発速度も低下する。
- A(青柳)： 年末に予算が確定するが、その前に色々な動きが出てくる。それらを睨みながら、  
最善のコースをたどっていきたいが、藤田先生や年吉先生など、  
キーパーソンには適宜相談させてください。
- C(藤田)： 全部オープンに出来ないかも知れないが、きちんと研究が続けられる様に  
道を付けていって貰えば宜しいです。
- A(長谷川)： 11/27にはまた纏めて報告します。それまでに相談する事も  
有ろうかと考えております。今回は、これまでという事で。

(5) その他 (予算執行状況報告他)

【17:20-17:30】

水津：計画通りと判断しているが、全体調整を進めたいので、  
次回には纏めて報告いたします。

以上