

第39回NHラボセミナーレビュー

令和3年5月19日
NHラボ(株) セミナー事務局
高田

セミナータイトル 「イオンマイクロホン」

講師 秋野裕氏 (株)オーディオテクニカ)

日時 2012年5月13日(金) 13:00~14:30 ZOOM meeting 利用

セミナー概要

研究の目的：

振動板を持たないマイクロホンの開発。

方式として

- ① 熱線型マイクロホン：電流を流して発熱した細線に音波が加わると抵抗値が変化することを検出する。
- ② レーザーマイクロホン：音波による空気の密度変化を検出する。
- ③ イオンマイクロホン：大気圧放電で発生させたプラズマを質量の極めて小さい振動板として動作させることによって、音波を直接電気信号に変換する。

の3方式が考えられるが、本研究は③を採用した。この方式は收音部に質量をほとんど持たないため、制御方式に関わる收音帯域の限界と振動板の機械的性質による音質劣化の無いマイクロホンの実現を想定した。

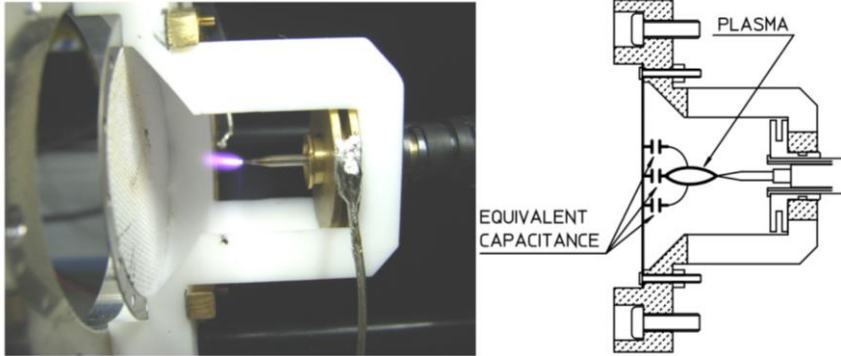
具体的には

1. 低温プラズマ(コロナ放電)を用いたマイクロホン
2. 高温プラズマを用いたマイクロホン

に関する基本研究を行い、従来のマイクロホンとの比較も含めてマイクロホンとしての特性を評価した。

放電の状況, 高温プラズマと平板電極の間の静電容量

Appearance of HF Discharge. Plasma and Equivalent Capacitance.



セミナー資料より抜粋

(途中は省略します。参考文献を参照してください。)

最終的に

1. 直流コロナ放電を用いる方法ではイオンマイクロホンを実現することはできない。
(従来方式のひとつリボンマイクロホンに比べて感度は 40dB 低く、SN は 60Hz で 20dB 弱)
2. 高周波放電による高温プラズマは平板電極との間に静電容量を形成する。音波によって静電容量が変化し、発振周波数偏移を FM 検波し音声信号を得られる。(電極材質・形状・表面処理、変調周波数の調整、外付けホーン付加など SN 向上の検討を行い、200 Hz で 78 dB、1 kHz で 70 dB の S/N が得られた。)
3. 高温プラズマ全体が音波に応答し、リボンマイクロホンに比べ、高い周波数まで音波の粒子速度に応答する。
4. 電極構造と材料、および不活性ガスを適切に設計することによって電極の損耗と雑音の発生を防止できる。
5. イオンマイクロホンの音圧に対する応答は $1/f$ の直線に近似し、音波の粒子変位の振幅に比例する。
6. イオンマイクロホンは 1 kHz の音波の 0.12 nm を超える粒子変位の振幅を検出できる。

などの結論が得られた。

<参考文献>

日本音響学会誌 68 巻 5 号 (2012)、pp.224-231 「大気圧プラズマを用いたイオンマイクロホンの基礎研究」 秋野裕、下川博文

***秋野氏 ご講演への Q&A ***

Q:THD の成分は？

A:分析していない。THD(Total Harmonic Distortion)で把握した。

スピーカから出ている音の歪は少ないと考え、それを基本波として使った。一般にコンデンサマイクの歪は少なく、電気回路の歪を計測している。(評価値としている)

Q (コメント) :イオンマイクの開発はノイズとの戦いとなり、普通はすぐに諦めてしまうが、秋野氏はよくここまでたどり着いたと敬服する。あきらめずに後世につなげてほしい。

Q:イオンマイクはどんな音がするのか？

A:すぐに吹かれ、バフバフした音になる。ウインドスクリーンが必要。音は人の声とわかる程度。結果として机一つ位の大きさになり実用性は低い。最近は高温でなくてもプラズマが作れるので、もっと違う方法で開発できないかと考えている。

Q:電極の酸化やガスの量は感度にどう影響するのか？

A:電極はタングステンほかいろいろ検討したが、アルミにアルマイト処理をしたものが長持ちした。ガスの量も圧搾空気を使って適量を送るようにした。

Q:イオンマイクの收音原理は？ FM 検波の発信周波数は？ 容量変化を利用していると考え、容量値の設定は？

A:研究当初はろうそくの炎がプラズマであることを考え、炎の中に針金を入れ、炎に音を加えて針金に電流が流れるかの(原理)確認をした。

放電関連の教科書を参考に発振周波数を 20~30MHz に選んだ。普通(直流的)放電は電荷が一度に電極間を移動する。印加電圧の周波数が高くなると、発生したイオンが電極に到達しないで空中にとどまりトラップされる。プラズマはある種の導体で、金属のようで金属でないような空気の固まりが、コンデンサマイクの振動板と固定極のような関係になる。発振周波数は真空管 1 本では 27MHz。高周波出力を増強するために 4 本用いた方式で 26MHz と周波数が下がる。

プラズマと電極の距離が変化すると、静電容量が変化し発信周波数が偏移する。(変調される) AM 検波でも音は聞こえるが SN が極めて悪いので FM 検波方式に切り替えた。

Q:コンデンサ型の(レコード)ピックアップ(カートリッジ)に似ている。コイルは昇圧用か？

A:そのとおり。

Q:プラズマ炎の変位自体を検出しているのか？ 速度か？

A:音圧(変位)と速度の両方で感度を得ている(検出している)。

Q:壁面近傍では(プラズマの)変位が無くなる。壁を抜く(穴を開ける)と速度で動いているような感じに

なるのか？

A: (測定すると) 速度ではなく変位した量で (出力) レベルが出ている。

Q: 炎の動きが壁に平行なのでは？電極を分割して (変位、速度を制御し) 指向性を付けられないか？

A: かなり難しいと思う。

Q: ノイズは放電のセルフノイズか？

A: ノイズ対策として、電源ノイズを減らす、ガスを流すなど行った。放電が起こると大きなノイズが出る。

Q: 炎は揺れるのか？

A: 常時動いている。人が近くで体を動かしただけでプラズマ (炎) は動く。音でなく、超低周波の空気の流れても検出する。

Q: 共振は？

A: 研究では共振を見つけることはできなかった。マイクの (機械的) 構造物としての共振はあると思う。

Q: 高域で感度が落ちるのは？

A: (原理的に) 一定の音圧を加えても、(空気、あるいは振動板の) 変位は周波数の上昇とともに (-6dB/oct で) 減少する。

Q: リボンマイクとイオンマイクの特性の違いの理由は？

A: リボンマイクの振動板の面積は受音面が大きく、振動板の動きが粒子の変位に比例する成分だけではない。一方イオンマイクは (受音部が非常に小さい粒子のため) 高周波数まで変位に応答している。

Q: 結論の「イオンマイクロホンは 1kHz の音波の 0.12 nm を超える粒子変位の振幅を検出できる」の理由は？

A: 実験から 1 kHz の感度を 0 dB とすると、その時の雑音レベルは -70 dB。この音圧を発生させる空気の変位は 0.12 nm。それ以上の変位であればノイズから分離できる。つまり変位を検出できる。

Q: コロナ放電を発生させる印加電圧の正負で特性が異なる (特に 1kHz 以上) 理由は？

A: 負コロナは正コロナに比べシャーという音が大きい。負コロナの方が放電が数多く発生する。交流放電でも正負で放電電流波形が大きく違う。エレクトレットの電荷チャージは負コロナ放電で行う。正コロナは電荷が安定しない。

以上

***** 良い音チャットでの話題*****

T氏: イオン発生器を試聴室内に置くと音がよくなる、という方もいる。(「オーディオルームとマイナスイオン」でWEB検索すると多数ヒットします。高田記) また、イオン消臭器や滅菌装置の様にイオンを活用する機械もある。LPレコードの帯電をなくすために、レコード盤に正負の電気 (電界) で交互に印加する方法もある。

M氏：試聴室の環境をマイナスイオン化することで、心地よく聞こえる場合があった。但し経時変化があり、はっきりしたことは言えない。自分で経験しないと分からない。

T氏：オゾンは屋外のおいと似ているところがある。閉じた試聴室にいても、屋外の解放されたような感覚が生まれ、良い音の感覚に結び付くのだろうか？

K氏：イオン風を用いた[除菌消臭器](#)が売れている。注意点はオゾン濃度が一定を増すと気管支に良くない。薄いオゾンならウイルス対策に効果が出ている。

F氏：イオンマイク実用化？ 先は長い？

秋野氏：普通のマイクになるには時間がかかる。机1つの大きさ。

KI氏：[バイノーラル](#)信号をZOOMで送ることを検討中。

RI氏：京都でマイクの[レンタル](#)を行っている。3Dio社のバイノーラルマイクやゼンハイザのアンビソニックマイクを始め各種マイクロホンを取り扱っている。

FO氏：ZOOMのセミナーでバイノーラルを使うことは良いアイデアと思う。リアルの会場でヘッドホンを交互に試聴する実験より、ZOOMの方が効率的に同時にバイノーラルのデモができるのではないだろうか？

KO氏：エレクトレットは具体的にどのようにしてつくるのか？

秋野氏：FEPフィルムを使い、フィルムに負イオンを埋め込むと丈夫（安定）な帯電が可能。実際には、振動板ではなく、固定極側にFEPフィルムを貼り付け、それを負の放電器でイオン化する。イオン化にはFAXやコピー機などに使われているスコトロン（制御電極がついた負コロナ放電器）が量産には使われる。実験的には、正に帯電しやすい物質（木綿布、ガーゼなど）でFEPをこすることで負に帯電させると、耐久性は低いが十分使える。

FO氏：コロナ放電を使うと表面電圧は750V程度になるのか？

秋野氏：上限は空気の絶縁破壊電圧で支配される。（フィルム～電極間の距離、電極形状などで大きく変化する）
（参考 [大気の絶縁破壊](#) ）

KO氏：エレクトレットフィルムは市販されているのか？

秋野氏：[FEP](#)のようなものでないと長持ちするエレクトレットを作るのは難しい。「静電ハタキ」という商品にはポリプロピレン（PP）が使われていた。PPであれば少し長持ちするエレクトレットが作れる。それを正に帯電する布などでこすってPPに負のエレクトレットを作れば、正のエレクトレットの10倍長持ちする。（接触剥離帯電） 正のエレクトレットはあつという間になくなってしまう。

以上