

氏 名	しば やま ひて お 柴 山 秀 雄
授 与 学 位	工 学 博 士
学位授与年月日	昭和 60 年 5 月 8 日
学位授与の根拠法規	学位規則第 5 条第 2 項
最 終 学 歴	昭和 44 年 3 月 芝浦工業大学大学院電気工学専攻 修士課程修了
学 位 論 文 題 目	測定用パルス放電音源とその応用に関する研究
論 文 審 査 委 員	東北大学教授 城戸 健一 東北大学教授 清水 洋 東北大学教授 高木 相 東北大学教授 曾根 敏夫

論 文 内 容 要 旨

デジタル信号処理技術を用いて音響計測を行なうことを前提にするならば、雑音のある部屋の中でも、精度良い測定が行なえるが、駆動音波としては、連続波よりパルス波を用いたほうが、時間窓に伴う誤差が小さくでき、測定精度を高くすることが可能であり、また入射波と反射波が分離可能である等、有利な点が多い。しかし、それには雑音を低減する方策が必要になる。特に、線形の音響計測をパルス音波を用いて精度良く行うためには、次に示す様な特性が駆動音源に備わっていることが望ましい。

- 1) 再現性のある安定な線形領域を越えない音圧波形が発生できる。
- 2) 電気駆動信号によって音波発生時刻を十分な精度で制御できる。
- 3) 広帯域にスペクトルをもち、測定周波数帯域内に零点がない。
- 4) 無指向性である。

必ずしも測定用とは限らないが、場合によっては

- 5) 周期の短いパルス列駆動信号に対しても、時間的に分離されたパルス音波列が発生できる。
- という条件も重要である。

1)~3) 項の条件は同期加算法やクロススペクトル法によって雑音の影響を除くために必要であり、4) 項はモデル実験等の高い周波数領域の実験を行なうときに、特に必要であり、5) 項は測定時間の短縮やパルス音波による信号の伝送のために必要である。以上の理由により、安定で、かつ音波

発生時刻の制御性にすぐれたパルス音源があれば、それは音響測定に有用である。

本論文は音響測定に用いるパルス駆動音波発生器として放電を用いたパルス音源を提案し、その応用に関する研究成果をまとめたものであり、以下に示すように7章から構成されている。

第1章は序論であり、本研究の目的と背景及び論文の構成を述べた。背景として、放電を利用した音源を取り上げ、その歴史と現状を述べた。

第2章では、連続音波が再生できるコロナ放電形音源と高周波火花放電形音源の電気特性と音響特性の関係を論じ、その測定結果から、両音源は測定用パルス音源として不適当であることを述べた。

第3章では、デジタル信号処理技術を用いて、外部雑音が存在する中で、測定精度を高く、しかも測定時間を短縮するためには、音響計測に用いる駆動音源として1)～5)項を満たすことが重要であることを説き、従来から測定に使用しているいくつかの音源について、上記5項目を検討した後、すべての条件を満足できる音源として十分なものがないことを述べた。

本論文で提案しているパルス音源はスパーク放電を利用したものである。良く知られたパルス放電音源として、コンデンサに蓄えた静電エネルギーを用いた火花放電音源がある。音源の構造は非常に簡単であり、静電エネルギーを変化させることにより、音波の振幅を制御でき、2乗余弦波状の音圧波形を発生することが出来る無指向性音源であり、2)～4)項を満足するが、音波の再現性は良いとはいえない。また、高速に音波を放射するには不向きである。

この要求に対し、火花放電音源の発生機構に改良を加えることで対処できることを見出した。本論文で述べた新しい形式のパルス放電音源では電磁エネルギーを用いている。そのため充電コンデンサは不要になり、回路の時定数は小さくなり、その結果、高速パルス列音波の発生が可能になった。提案したパルス放電音源の構成を詳述し、電気特性と音響特性の関係について実験的検討を加えた。本章では、1)、2)、3)および5)項の条件について検討し、満足していることを示した。

第4章では、4)項の指向性に関する検討を加えている。パルス放電音源におけるパルス音波の角度依存性を説明するために線音源音響モデルを提案し、モデルの正当性を実験で検証した。また、指向性パターンもそのモデルから計算でき、実験値と良く一致することを示し、高い周波数領域まで、無指向性を実現可能であることを述べた。

第5章では、1)項と2)項について、さらに詳しく調べ満足していることを明らかにした。音波の継続時間が短いので、時間分解能が良いという利点がある。この特徴を活かすことにより、不必要な反射成分を時間窓を用いて取り除くことも可能であり、反射のある部屋を無響室の代わりに使うことができる。

その1つの実験として、遮音や吸音などの設備が施されていない部屋で測定した音波から入射波

を切り出し、そのパワースペクトルを求め、無響室で測定した結果と比較したところ 1 dB 以内の範囲で一致した。この実験より、無響室以外でも音響伝達特性を計測することは可能であり、本章でその基礎資料を与えた。

第 6 章では、パルス放電音源の持つ、制御性と安定性を利用した音響計測の例を示す。即ち、剛球体によって形成される回折音場の音響伝達特性を計測し、測定した 0.3 kHz～22.5 kHz の範囲内では、理論値との最大誤差は 2 dB 程度であり、精度良く推定できることを示した。理論解析不可能な音響伝送路の伝達特性も同様な計測を行なうことにより、求めることができることを明らかにした。また、J. H. Foxwell が提案したように、測定対象になる物体に穴をあけたり、駆動音源を内部に埋めこんだりする細工なしに、計測できるので、測定は非常に簡単に実行できる。

第 7 章は本論文の結論である。提案したパルス放電音源は、1) 項～5) 項を満足しており、音響測定用駆動音源として有用であることを実験で示した。

なお、提案したパルス放電音源は、静電エネルギーを利用した火花放電音源が持っている次の利点

- a) 振動板に対応した機械的可動部分がない。
- b) 機械、音響系に共振回路要素がない。
- c) 指向性は高い周波数領域に於ても複雑でない。
- d) 音源形状が小さい。
- e) 超音波音源として適している。

は失っていない。

審査結果の要旨

音響測定においては、寸法が小さく、全測定周波数範囲にわたって無指向性で、周波数特性がほぼ平坦な音源が要求されることが多いが、従来から使われてきた機械振動により定常音波を放射するスピーカでは、その要求を満足することは困難である。著者は、これを解決するために、パルス放電音源を研究し、広い周波数帯域にわたって無指向性で、希望する時点で、常に同じ波形の音波を放射できる音響測定用音源を開発した。また、測定結果の処理にデジタル信号処理技術を適用することにより、定常音波を用いなくても高精度の測定が可能となることを明らかにした。本論文はその成果をまとめたもので、7章よりなる。

第1章は序論である。

第2章では、連続音波を放射することができるコロナ放電形音源と高周波火花放電音源について詳細に検討し、その性質を明らかにすると共に測定用音源としての問題点を示している。この検討は、次章以降でパルス放電音源をとりあげる根拠となるものである。

第3章では、前章の検討にもとづき、インダクタンスに蓄えられた電磁エネルギーを利用するパルス放電音源をとりあげ、電気回路と電極構造が出力音波に与える影響を調べて、測定用音源として用い得る条件を明らかにしている。

第4章では、放電による熱が媒質を急激に膨張させて音波を発生するというパルス放電音源のモデルを仮定し、指向性に関する理論的考察と詳細な実験的検討により、その仮定が正しいことを示している。

第5章では、音響測定用音源として重要な安定性について検討し、音圧波形、パワースペクトルおよび音波発生時刻が再現性をもって安定に制御できることを示し、その性質を利用する同期加算法による雑音低減が可能なことを実験的に確かめている。

第6章では、前章までに検討したパルス放電音源を音響測定に応用し、デジタル信号処理技術を適用したデータ処理により、本研究による音源が高精度の音響実験に有用なことを示している。

第7章は結論である。

以上要するに本論文は、音響測定用の広帯域無指向性音源としてパルス放電音源をとりあげ、制御性のよい音源の構成を提案し、それにデジタル信号処理技術を適用することにより高精度の音響測定が可能になることを示したもので、音響工学並びに通信工学の発展に寄与するところが少ない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。