

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 萩原 啓

環境発電とは、生活環境に存在するエネルギー源を利用して発電する技術であり、発電量は小さいものの、電池レスで低消費電力電子デバイスを駆動するものとして期待されている。なかでも、電荷を注入した誘電体である、エレクトレットを用いた静電誘導発電は、環境発電との適合性が高い発電原理として注目されている。しかし、エレクトレットの荷電方法として広く用いられるコロナ放電では、荷電後の組み立てが必要である、3次元構造に荷電ができないなど、環境発電デバイスへの適用に課題があった。本論文は、それらの課題を解決すべく、軟X線、紫外光照射を用いた新しいエレクトレット荷電技術を開発し、また、その荷電技術を応用した薄型・軽量のフレキシブル発電デバイスを提案したものである。

本論文は、5章から構成される。まず、第1章では、従来の環境発電技術、エレクトレット発電、エレクトレットの荷電方法について概観している。また、コロナ荷電では、荷電後の組み立てが必要であり、パッケージ化するとき熱プロセスを用いることができない、櫛歯電極などの3次元構造を持つエレクトレットに荷電ができない、という課題を指摘している。そして、光照射を用いた新しい荷電技術の開発、それを用いたフレキシブル発電デバイスの提案を行う、という本論文の目的を述べている。

第2章では、軟エックス線照射を用いたエレクトレット荷電技術について述べている。軟エックス線が気体分子に吸収されると、光電離によってイオンと電子が生成され、バイアス電圧を印加することによって、対向する電極にそれぞれ異なる符号の電子、イオンを引き寄せ、エレクトレットを荷電することができる。これを用いて、発電デバイスの組立・実装後に、外部から軟エックス線を照射して内部の誘電体を荷電する技術を提案した。そして、表面電位がバイアス電圧で精密に制御できること、表面電位の均一性が高いこと、空隙距離が狭くなるとともに荷電速度が向上することを明らかにし、これらの特性が電離箱の電流飽和特性を用いたモデルで説明できることを明らかにした。また、吸収係数の高いXeなどの気体の導入により、荷電速度を約10倍改善できることを示した。さらに、高いアスペクト比を持つ櫛歯電極の側壁の荷電に適用し、狭い開口を持つ3次元構造への照射により、開口幅のおよそ20～30倍の深さまで均一に荷電できることを明らかにし、これを用いて単一基板構造のMEMS加速度センサの試作に成功した。

第3章では、紫外線照射を用いた減圧下でのエレクトレット荷電技術について述べている。真空紫外線などの紫外線は、多段励起により気体分子を光電離する作用を持ち、また仕事関数よりも高いエネルギーを持っていけば、固体表面からの光電子放出を誘起する。チャンバ圧力を系統的に変化させた計測とモデル解析から、光電子放出とそれに伴うコロナ放電が荷電に支配的であることを明らかにした。また、1000 V以上の表面電位を得るのに1.5秒しかかからず、コロナ荷電に比べても100倍以上高速であり、大面積エレクトレットを均一・高速に荷電する生産性の高い技術であることを明らかにした。

第4章では、 \square 積層した樹脂フィルムで構成され、曲げることで発電する薄型・軽量のフレキシブル発電デバイスの動作原理を提案した。MEMSプロセス、レーザー切断、熱圧着、

軟X線荷電からなる試作プロセスを構築し, 厚さ460 μm , 重さ4 gの発電デバイスを試作し, 1往復の動作で1.6 μJ の発電出力が得られることを示した.

第5章は結論であり, 本論文の結論をまとめている.

以上要するに, 本論文は, 環境発電に用いるエレクトレットの荷電技術として, 軟X線による光電離, 紫外線による光電子放出に基づく新たな手法を構築し, また曲げによって発電を行う新たなフレキシブル発電デバイスの提案を行ったもので, 環境発電技術, マイクロ・ナノ工学, 電子工学などの進展に寄与するところが大きい. よって本論文は, 博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。