

ハーモニカリード型 MEMS 発電素子の振動特性

Vibration Characteristics of Harmonica Reed MEMS energy harvester

兵庫県大工¹, [○](B)志水 駿文¹, 神田 健介¹, 前中 一介¹

Hyogo Univ.¹, [○]Syunya Shimizu¹, Kensuke Kanda¹, Kazusuke Maenaka¹

E-mail: eo19n056@steng.u-hyogo.ac.jp

ハーモニカリードに着想を得た、気流入力による自励振動型 MEMS 振動発電素子を既報において提案した⁽¹⁾。初期たわみを小さくすると、自励振動が始まる最低風速であるカットイン風速を低減できることを確認している。一方で、気流入力で振動するリード型カンチレバーの自励振動メカニズムは完全には明らかになってはおらず、本研究では素子の振動特性に着目した評価を行った。

本研究で使用する素子形状を図 1 に示す。基本的な動作は以下の通りである。風の圧力でカンチレバーが初期変位を打ち消すように曲げられる。先端から風が抜けてカンチレバーにかかる圧力が減少する。復元力によって初期位置に戻ろうとする。以上の動きが共振周波数で繰り返されて自励振動となる。本研究の素子は既報⁽¹⁾と同様であるが、プロセスの工夫により反りを変化させている (図 1)。風洞中にこの素子を固定し、素子先端変位と出力電圧、風速を測定した。素子先端はレーザ変位計を用い測定し、出力電圧は本素子の最適負荷抵抗 22 k Ω を接続したときの両端電圧を測定した。

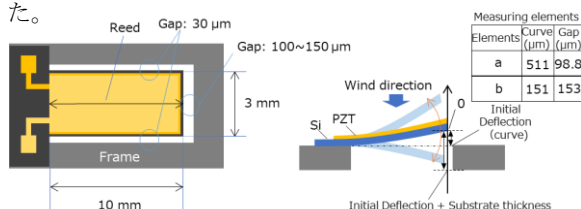


Fig.1. Harmonica Reed MEMS energy harvester

素子の測定結果の一例を図 2 に示す。風圧により素子先端は初期たわみ位置からオフセットした位置を中心として、素子の共振周波数で自励振動する。この振動中心の初期たわみ位置からのオフセット量を DC 変位、自励振動の振幅を AC 変位として、風速を変化させた際の測定結果を図 3 に示す。反りの異なる(a), (b)のどちらの素子もある風速 (カットイン風速) を閾値として自励振動がはじまり、AC 変位はその後飽和した。反りが小さい素子(b)では、AC 変位は飽和後に減少することが顕著に現れた。この減少する風速を本研究ではカットアウト風速と呼ぶ。

自励振動現象を考察するため、図 4 のように実験結果を整理しなおす。DC 変位である振動中心と、ここを基準とした AC 変位をエラーバーで示す。初期たわみ量だけ変位した位置 (フレーム上面位置) および初

期たわみにフレーム厚さを加えた位置 (フレーム下面位置) を破線で示す。反りが大きい素子(図 4a)では、自励振動開始後の測定風速範囲内ではリード先端がフレーム下面を超えず、自励振動が持続している。初期ひずみが大きい分だけ、蓄積されるひずみエネルギーが大きいので出力電圧が大きくなる。一方で、反りが小さい素子(図 4b)では、初期たわみを振動中心を超えたあたりで AC 振幅が減少して、さらに高風速域においてリード先端がフレーム下面を超えて変位した。

結果として、初期たわみが振動特性に大きな影響を及ぼす事が明らかとなった。また、これらの素子に推奨される風速範囲は素子の初期たわみによってそれぞれ異なることがわかった。

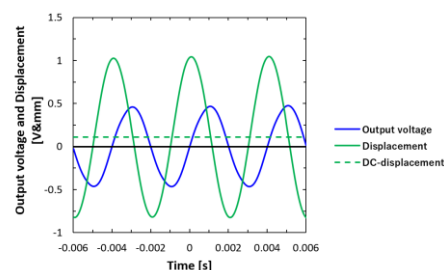


Fig.2. Output voltage and displacement

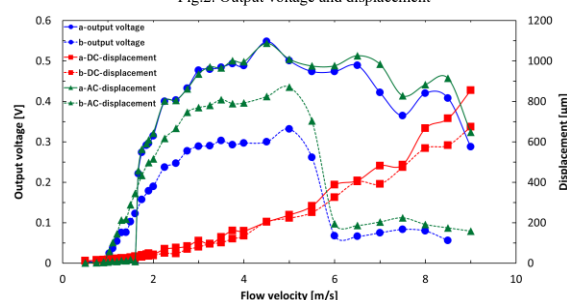


Fig.3. Output voltage and displacement change flow velocity

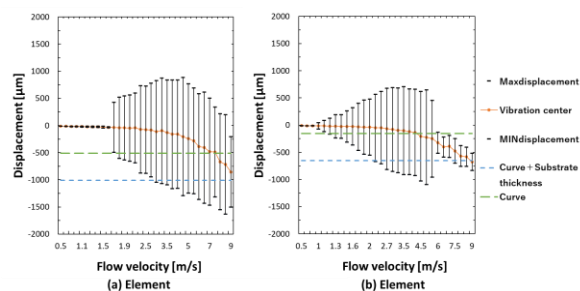


Fig.4. Displacement vs. Flow velocity

文 献

- (1) K. Kanda, T. Aiba, K. Maenaka, Sensors & Materials. Vol. 34. pp.1879-1888 (2022)