

平板縦振動子を組み合わせた 超音波リニアモータの検討

松立優樹, 青柳 学(室蘭工大), 富川義朗(山形大・工), 高野剛浩(東北工大)

研究背景

半導体デバイスの高集積化、ナノテクノロジーの高度化

加工機、測定機器等の精密機器に対する高精度化への要求

ナノメートルオーダの精密位置決
センチメートルオーダのストロー

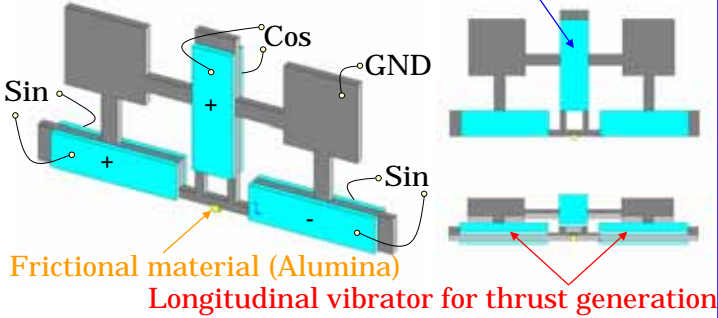
超音波アクチュエータ

ナノメートルオーダの位置決め
移送量の蓄積

多重振動モードを用いない
単純構成可能な
共振利用の薄型超音波リニアモータ

本研究で提案するステータ振動子

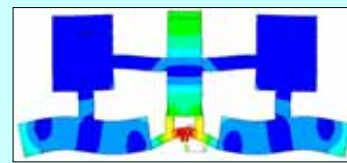
Longitudinal vibrator for friction control



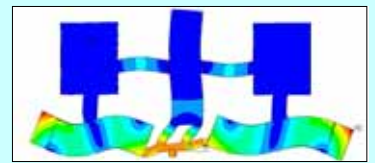
SUS製の薄板両面にPZTを貼り付けた
3つの縦振動子をT字型に組み合わせた構造

有限要素法解析結果

モーダル解析



Friction control mode.
(59.06kHz)



Thrust generation mode.
(59.06kHz)

周波数応答解析

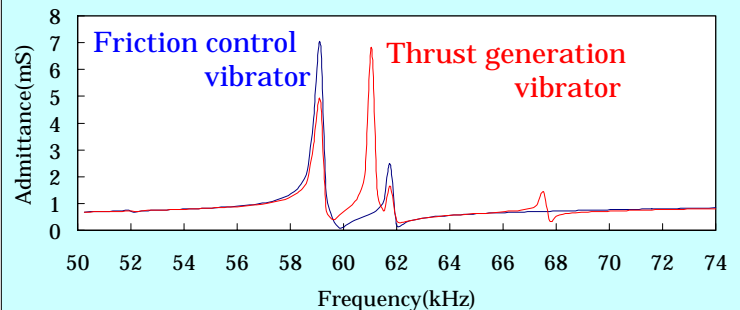
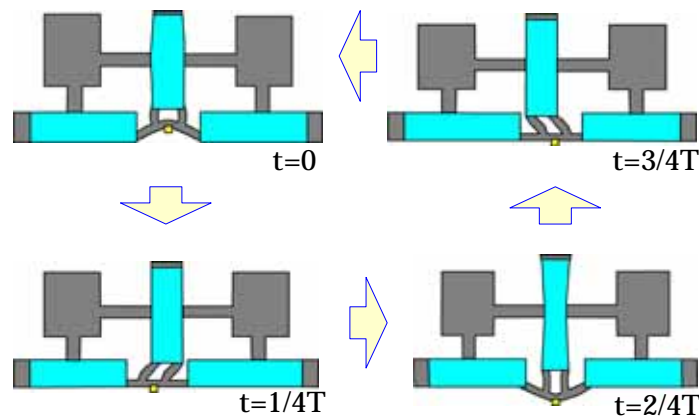


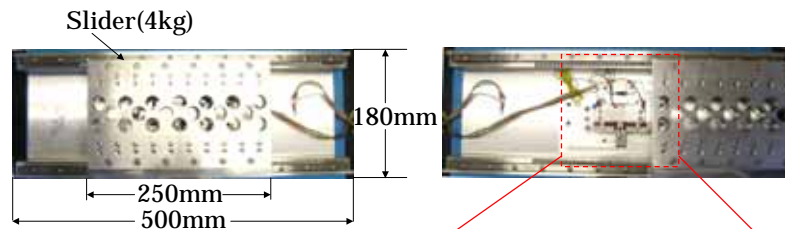
Fig. FEM analysis results (frequency response analyses).

動作原理

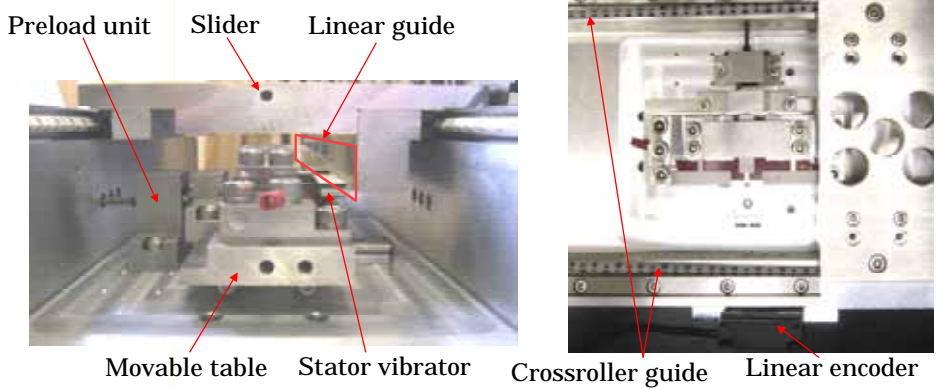
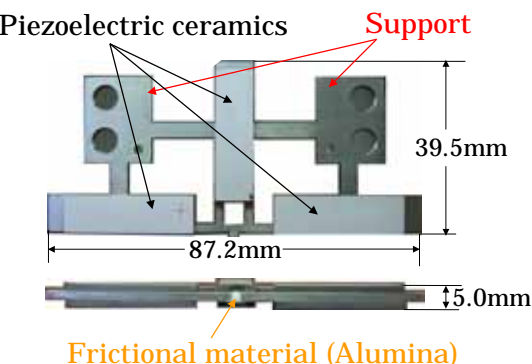


接触部(摩擦材)の楕円変位によりスライダを移送

リニアステージの構成



試作ステータ振動子



動作特性

入力アドミタンス特性

・印加電圧 17Vpp

Friction control vibrator 0N 14N 27N
 Thrust generation vibrator 0N 14N 27N

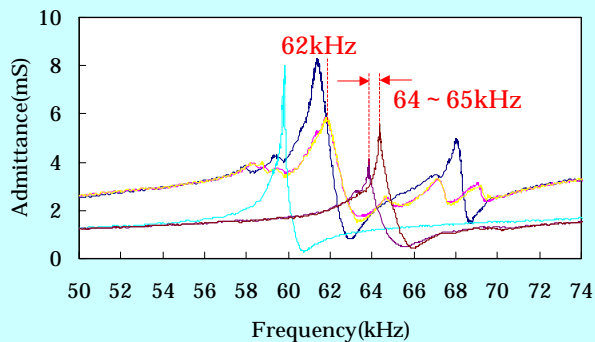


Fig. Input admittance of thrust generation vibrator and friction control one.

摩擦制御用振動子は予圧の影響を受けやすい

⇒ アドミタンスのピークが離れる

負荷特性

・印加電圧 28Vpp ・駆動周波数 64kHz
 ・位相差 20deg ・予圧 14N

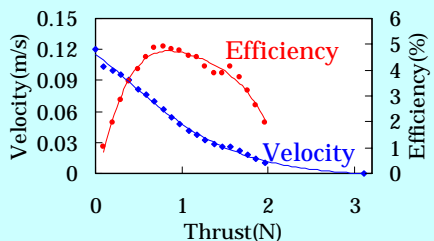


Fig. Load characteristics.

無負荷速度 0.12m/s
 最大推力 3.1N
 最高効率 4.9%

振動子の印加電圧の位相差に対するスライダ速度および入力電力特性

・印加電圧 28Vpp
 ・駆動周波数 64kHz
 ・予圧 14N

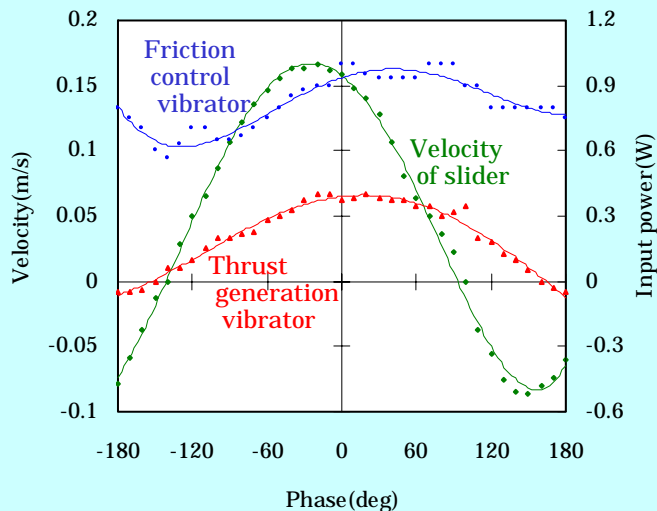


Fig. Characteristics of velocity and input power difference to driving signals.

負の入力電力 ⇒ モードの結合

移送方向で異なる速度

⇒ モードの結合、接触の傾き

性能向上のために必要な改善点

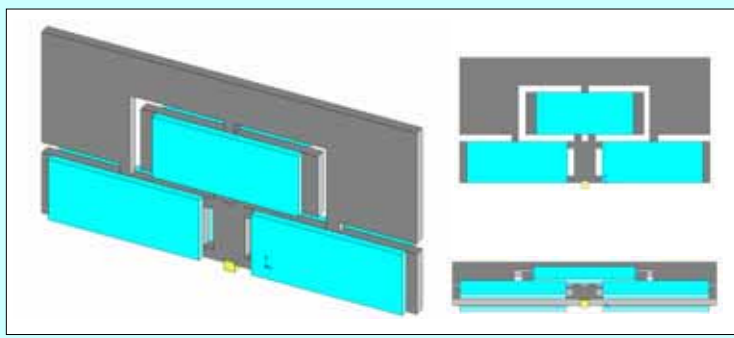
- ・予圧印加後のアドミタンスのピークを近づける
- ・モードを完全分離させる

ステータ振動子の改良

[変更点]

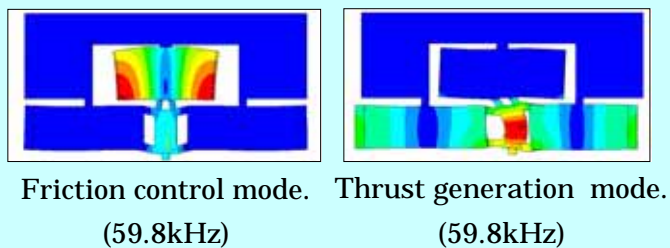
- ・摩擦制御縦振動子の向き
 ⇒ 発生力の大きい節の変位で摩擦を制御
 ⇒ 予圧の影響を受けにくい構造
- ・PZTの縦と横の寸法比を 0.27 から 0.4 へ
- ・対称性をもった各振動子間の連結
 ⇒ 屈曲振動の励振を抑制
 ⇒ モードの完全分離

改良型ステータ振動子



有限要素法解析結果

モーダル解析



周波数応答解析

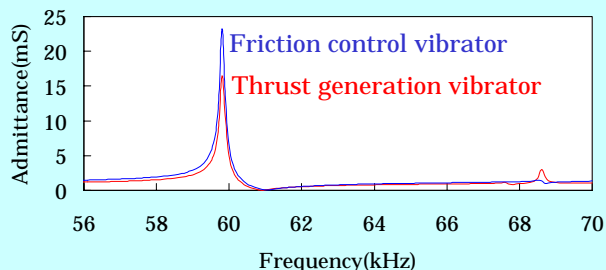


Fig. FEM analysis results (frequency response analyses)