

温度上昇を考慮した圧電振動のハイパワー特性のモデル化

SATテクノロジー・ショーケース2017

■ はじめに

圧電体は電気-機械間でエネルギーを相互変換できるという特性を生かし、様々なデバイスに用いられている。中でも、強力超音波デバイスは圧電体のハイパワー駆動による大出力を利用している。しかし圧電体のハイパワー駆動においては、共振周波数の変化や電流跳躍現象、ヒステリシス等の現象が生じる。これらは非線形効果と呼ばれ、設計段階での解析が困難であることから、デバイス設計における問題とされている。また、大振幅で振動するため振動損失による大きな発熱によって、振動子に温度分布が生じ、それに伴い非線形係数をはじめとした物性値が変化してしまうという問題がある。そこで本研究では、温度分布の影響を考慮したハイパワー駆動時の圧電振動のモデル化を目的とした。まず振動子全体を一様に温度上昇させて測定を行い、非線形係数を含めた圧電体の物性値の温度依存性を明らかにした。次に非線形振動を分布定数系として扱う方法として非線形成分を含めた伝達マトリックスを導出した。そしてこれらを熱伝導方程式による温度分布の計算と組み合わせて考えて、温度上昇と非線形振動の相互影響を考慮した圧電体のハイパワー駆動特性のモデル化を行った。

■ 活動内容

1. 圧電体の物性値の温度依存性測定

圧電体の物性値はアドミッタンスカーブを測定することにより算出することができる。本研究では様々な環境温度においてアドミッタンスカーブを測定することにより、圧電体の物性値の温度依存性を測定した。

2. 非線形振動の分布定数モデリング

圧電体の非線形性についての研究として、我々の研究グループでは既に集中定数系の等価回路を用いて非線形振動について説明する理論を構築した。しかしながら、実際の駆動においては温度分布が発生するため、非線形振動を分布定数系として扱う必要がある。そこで、伝達マトリックスの係数に非線形性を含めた計算方法を考案した。

3. 温度上昇の影響を含めた計算モデル

前述した温度依存性の測定結果と伝達マトリックス計算法と定常熱伝導方程式を組み合わせ、温度上昇の影響を考慮した圧電非線形振動のモデル化を行った。まず、図1に示すように圧電振動子を微小部分に分割する。各分割された部分はそれぞれの温度をパラメータとして持つお

り、各々の温度に従って物性値を変更しながら伝達マトリックスを用いて振動分布を計算することで、温度影響と非線形性の双方を考慮した計算が可能となる。

4. 結論

前述した計算モデルを用いて、圧電体のハイパワー駆動時の温度分布や振動速度の計算を行った。温度分布の計算結果および測定結果を図2に示す。計算での中心最高温度は54.4°Cとなっており、測定結果の59.3°Cと近い結果が得られた。また、印加電圧に対する振動速度の計算結果を図3に示す。印加電圧を増加させていくことによって中心温度が上昇し、その影響によって振動速度が比較的低い印加電圧でも飽和してしまうことが明らかとなった。

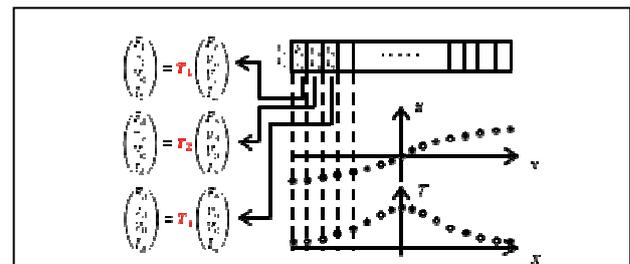


図 1 伝達マトリックス計算法

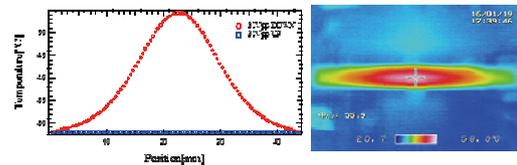


図 2 ハイパワー駆動時の温度分布計算・測定結果

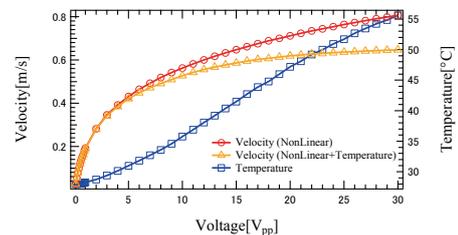


図 3 印加電圧に対する振動速度の計算結果

代表発表者 **三宅 奏 (みやけ すずむ)**
 所属 **東京大学大学院 新領域創成科学研究科**
 問合せ先 〒277-8563 千葉県柏市柏の葉 5-1-5 環境棟 256
 TEL: 04-7136-4615
 miyake@ems.ku-tokyo.ac.jp

■キーワード: (1) 圧電デバイス
 (2) 非線形振動
 (3) 温度影響

■共同研究者:
 森田剛(東京大学大学院 新領域創成科学研究科)