

ランジュバン振動子および圧電アクチュエータによる
均一な泡径のナノ・マイクロバブル発生と応用

Generation and application of the nano-micro scale bubble by the Langevin transducer or piezo actuator

○横田 裕也¹, 岩並 直也¹, 胡桃 聡², 皆藤 孝², 松田 健一², 鈴木 薫²
Yuya Yokota, Naoya Iwanami, Satoshi Kurumi, Takashi Kaito, Kenithi Mathuda, Kaoru Suzuki

Abstract: We introduced the growth technique of nitrogen nano-micro bubbles by piezo nozzles vibration which had a micro size hole. The hole of piezo nozzles were fabricated by YAG laser etching and focused ion beam deposition. This nozzle dipped in the pure water and produced the gas pressure. In this experiment, we observed the bubble growth status from piezo nozzle when this nozzle was applied voltage to the vibration.

1. はじめに

1. はじめに

マイクロバブルは直径数十マイクロメートル以下の微小気泡であり、ナノバブルは直径 100 ナノメートル以下の微小気泡である。通常水中で発生する気泡は水面まで上昇し破裂するが、ナノ・マイクロバブルは電荷を帯びながらかつ水中で滞在し、自己消滅するなどの奇抜な能力を有する。その応用例は水質改善や毛細血管の造影剤、細胞活性化などあげられる。著者らは、これまでに先端に一つの穴の開いた微細ノズルから泡径が均一なバブルの発生に成功したが、この手法では大量のバブルの発生に適していない。そこで我々は、複数の穴から同時にバブルを発生させる手法について検討を行った。そのために、圧電アクチュエータにインピーダンス整合用のトランスを加えることやランジュバン振動子を用いることで、高い周波数で大きな振動を発生させ、液面に働く表面張力によってバブルが離脱し難い点を改善した。また、多数の穴を有する開口フィルターをランジュバン振動子のホーン先端に装備させることで泡系が均一なバブルの大量発生を試みた。本稿では、ランジュバン振動子の最も効率の良い共振点について導出し、開口フィルターの形状と装置から発生する気泡の特徴について報告する。

2. 実験方法

2.1 開口フィルターを装備したランジュバン振動ノズルの作製

Fig. 1 に示したランジュバン振動子の先端部に取り付けるホーンノズルには Fig. 3 の多孔フィルターを接着している。また Fig. 2 に示した圧電アクチュエータにも Fig. 3 の多孔フィルターを接着している。

ランジュバン振動子の周波数特性を以下の条件にわけて周波数 0~100000 Hz の範囲において 100 点測定し、変化の大きい部分をさらに 100 点測定する。

- ① 先端に音響ホーンのみを取り付けた時
- ② 先端になにも装着なしの時
- ③ 音響ホーンに T 字管とガス供給管を装着した時

以上の測定から共振点を得た後、フィルター A を円筒型多層圧電振動子と一体化したマルチノズルを用いてバブルを発生させ、ガス圧力を変化させフィルターの強度を測定する。

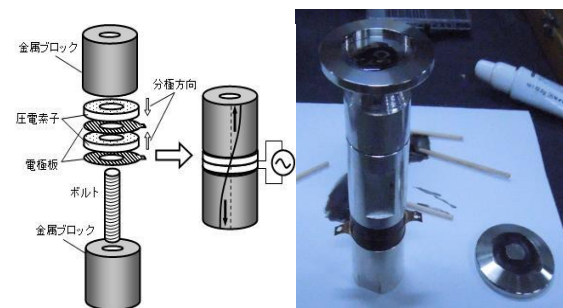


Fig.1 Langevin transducer



Fig.2 Piezo actuator

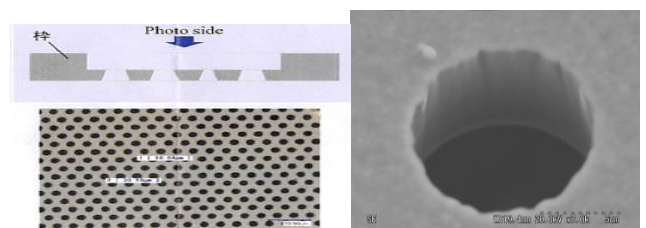


Fig.3 Filter by Optnics Precision

3. 実験結果

Fig. 4~6 は各条件における周波数特性を示すグラフであり、共振点が三箇所(43, 68, 74 kHz)確認できる。さらに 43 kHz の時に最も強く共振していることがわかった。また、フィルター A を装着したマルチノズルにおいて、15 W 以上の大パワーを印加し続けると、メッシュの一部が破れた。今回用いたメッシュは、厚さが $10\mu\text{m}$ と極めて薄い Ni 箔であり強度的に問題があることがわかる。穴数を増す為メッシュ面積を大きくすると、太鼓振動となり、バブルの発生が一様でなくなると思われる。Fig. 7 より多数の穴からバブルが発生していることがわかる。

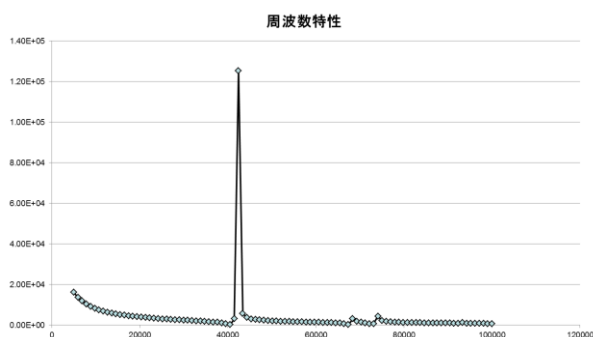


Fig.4 先端に音響ホーン取り付け時の周波数特性

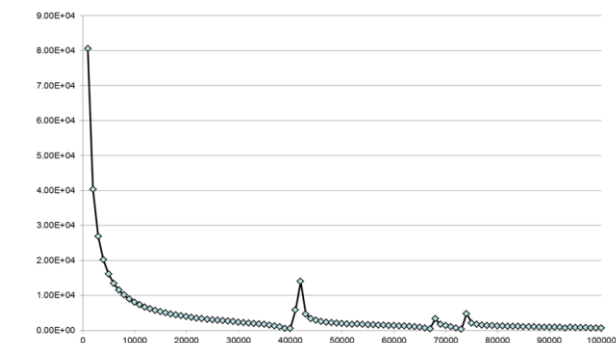


Fig.5 先端に何も装着なしの時の周波数特性

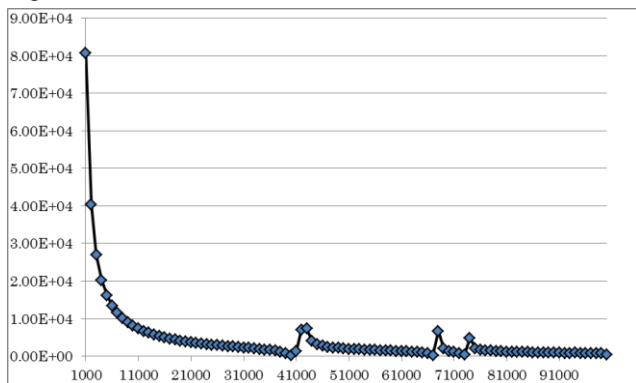


Fig.6 音響ホーンに T 字管とガス供給管を装着時の周波数特性



Fig.7 フィルター A を装着したマルチノズルのバブルの発生状況

4. まとめ

本件では、レーザー照射加工によって作製したホーンノズルとランジュバン振動子を取り付けたバブル発生装置を利用して発生させたバブルの挙動について調査した。今回改良した先端の音響ホーンでの測定で共振周波数 43kHz を得ることができた。メッシュ A (穴径 $10\mu\text{m}$, 穴ピッチ $20\mu\text{m}$) を円筒型多層圧電振動子と一体化したマルチノズルにより、多量のナノ・マイクロバブルを発生させることが出来た。

謝辞

本研究は平成 26 年度日本大学理工学部, 理工学部プロジェクトの“ナノ・マイクロバブルの発生と応用に関する研究”の成果である。

参考文献

- [1] 日本機械学会：「マイクロバブル最前線」, pp. 3-4 (2009).
- [2] 胡桃 聡 他：「FIB マイクロ加工した圧電振動子ノズルによるマイクロバブル発生」, 平成 24 年基礎・材料・共通部門大会予稿集, pp. 157-162 (2012).
- [3] 皆藤 考：「メッシュ A を用いた水中 NMB の発生状況」 (2014/09/18)