

課題番号 : F-16-NU-0012
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名(日本語) : 高時間応答マイクロ壁面せん断応力センサの開発
 Program Title(English) : Development of fast response micro wall shear stress sensor
 利用者名(日本語) : 岩野耕治
 Username(English) : K. Iwano
 所属名(日本語) : 名古屋大学大学院工学研究科
 Affiliation(English) : Graduate school of Engineering, Nagoya University

1. 概要(Summary)

乱流により壁面摩擦力が発生するメカニズムを解明するためには、数十 mm の空間スケール、数 kHz の時間スケールで空間的、時間的に変動する壁面せん断応力を精度良く測定することが必要不可欠である。そこで本研究では、高空間・高時間分解能を有するマイクロサイズの壁面せん断応力センサの開発を目的としている。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

レーザ描画装置一式(Heidelberg 製 mPG101-UV)、スパッタリング装置一式(キャノンアネルバ製 E-200S)

【実験方法】

Fig.1 に本研究で製作した熱式マイクロセンサの概略図を、Fig.2 にその断面図を示す。本センサは、厚さ 400 μm のシリコンウェハの基板の上に薄膜金属として 10 nm の厚さのクロム(Cr)と厚さ 250 nm の金(Au)をスパッタリングにより積層したものである。センサのサイズは幅 3 μm 、長さ 0.3 mm(抵抗値は約 20 Ω)であり、昨年度(幅 10 μm 、長さ 1.0 mm)よりも小型化し、さらなる高性能化を図った。この薄膜金属に電流を印加して加熱部として使用する。また熱容量を小さくし、時間応答性の向上を図るため、表面を酸化膜(SiO_2)で覆い、加熱部下はシリコン基板をエッチングし、厚さを 1 μm の酸化膜のみとしている。本センサは加熱された金属薄膜の温度を一定に保つための定温度型回路とともに用い、流体による加熱部の熱拡散によって変化するセンサの出力値を、壁面せん断応力値に変換することで計測を行う。本センサを二次元チャンネルの底面に設置し、壁面乱流による摩擦応力変動を測定した。

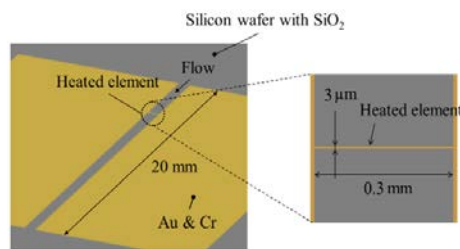


Fig.1 Enlarged view of heated element of the sensor.

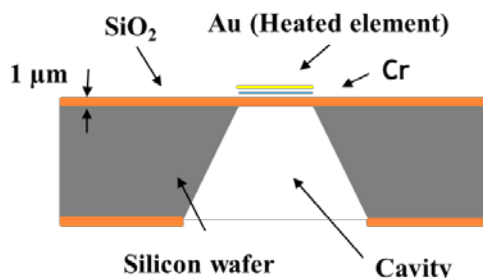


Fig.2 A cross section of the sensor.

3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig.3 に時間平均壁面摩擦応力 τ_w で無次元化した壁面摩擦応力変動のRMS値 τ_w' のレイノルズ数依存性を示す。ここでレイノルズ数 Re_τ は $Re_\tau = u^* L / \nu$ と定義される。 u^* は摩擦速度、 L はチャンネル幅、 ν は動粘性係数である。図より、センサ長さ L_w が 0.3 mm である本年度のセンサの方が、センサ長さ L_w が 1 mm のセンサよりも壁面摩擦応力変動を大きく評価しており、直接数値計算(DNS)に近い値を示していることが分かる。このことから、センサのサイズを小さくすることによりセンサの空間分解能が上がり、性能が向上したことが確認できた。

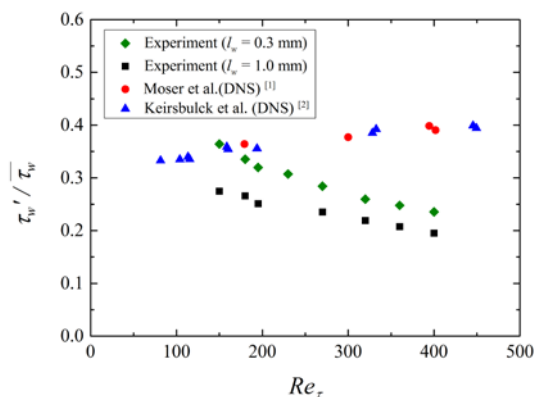


Fig.3 Reynolds number dependency of normalized wall shear stress fluctuation.

4. その他・特記事項(Others)

・参考文献

- (1) Moser et al., Direct numerical simulation of turbulent channel flow up to $Re_\tau = 590$, Phys. Fluid, vol.11(1999), pp.943-945.
- (2) Keirsbulck et al., Statistical properties of wall shear stress fluctuations in turbulent channel flows, International Journal of Heat and Fluid Flow vol.37 (2012), pp. 1-8.

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

・学会発表

小松原他, 熱式マイクロセンサを用いた壁面乱流噴流場における壁面せん断応力の計測, 日本機械学会 2016 年度年次大会, J0530203

6. 関連特許(Patent)

なし。