

課題番号 : F-19-UT-0055
利用形態 : 機器利用
利用課題名(日本語) : 自励振動マイクロヒートパイプの作成と性能評価
Program Title (English) : Fabrication and evaluation of pulsating micro heat pipes
利用者名(日本語) : 上島千拓, 吉本勇太, 杵淵郁也
Username (English) : Chihiro Kamijima, Yuta Yoshimoto, Ikuya Kinefuchi
所属名(日本語) : 東京大学 大学院工学系研究科 機械工学専攻
Affiliation (English) : Department of Mechanical Engineering, The University of Tokyo
キーワード/Keyword : リソグラフィ・露光・描画装置, 膜加工・エッチング, 接合

1. 概要(Summary)

自励振動ヒートパイプ(PHP)[1]は小型でありながら効率的な熱輸送が可能であり, 半導体素子の冷却などへの応用が期待されている. 本研究では, 東京大学武田先端知ビルクリーンルームの設備を利用してマイクロ PHP を作製し, 性能評価を行った.

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

高速大面積電子線描画装置, マスク・ウエーハ自動現像装置群, 光リソグラフィ装置 MA-6, 高速シリコン深掘りエッチング装置, 形状・膜厚・電気評価装置群, クリーンドラフト潤沢超純水付, ブレードダイサー

【実験方法】

フォトリソグラフィ法により厚さ $525 \mu\text{m}$ のシリコン基板上にフォトレジスト膜を形成した後, 流路をドライエッチングにより作成した. 流路はデバイス上部と下部を往復する長い蛇行した一本の管で構成されており, 断面形状は一辺 $350 \mu\text{m}$ の正方形である. 冷媒の一種である FC-72 を流路内に充填した後下部を加熱, 上部を冷却することで動作させた. マイクロ PHP に取り付けられた熱電対により熱伝導率を測定し熱輸送特性を評価すると同時に, ハイスピードカメラにより内部流動を撮影した.

3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig. 1 にハイスピードカメラにより撮影した流動の様子を示す. 液柱と気相が流路内に交互に現れていること, 流路の壁面の一部は液膜で覆われている(黒く見える部分)ことが分かる. 複数の実験条件で測定を行った結果, 冷却部の温度が高く作動流体の充填率が 50%前後である場合に熱伝導率が最大となった. 本研究で測定された最大の熱伝導率は約 $700 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ であり, これは銅の熱

伝導を上回る値である. また, 撮影した画像から流動構造を抽出し数値計算モデルに代入することで解析した結果, 流路表面に形成された液膜の蒸発や凝縮に伴う潜熱輸送が熱輸送に支配的であることが判明した.

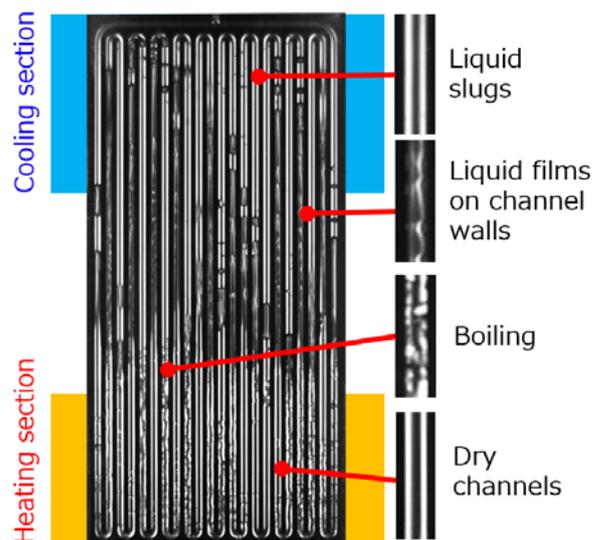


Fig. 1 Inner flow of the micro-PHP recorded by the high-speed camera.

4. その他・特記事項(Others)

・参考文献:[1] H. Akachi, US Patent, 4921041 (1990).

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- ・上島千拓, 他3名, 第56回日本伝熱シンポジウム(徳島市), 2019年5月30日.
- ・上島千拓, 他3名, 第47回可視化情報シンポジウム(京都市), 2019年7月27日.
- ・C. Kamijima et al., APS DFD2019 (Seattle, USA), 2019年11月25日.

6. 関連特許(Patent)

なし.