様式 C-7-2

自己評価報告書

平成２３年５月１０日現在

機関番号：３２６８２
研究種目：基盤研究（B）
研究期間：2008～2011
課題番号：２０３６０１０３
研究課題名（和文）　ＭＥＭＳ技術を用いた複合ナノ熱分析システムの開発

研究課題名（英文）　Multifunction chip-calorimetry system with MEMS technology

研究代表者
中別府　修（NAKABEPPU OSAMU）
明治大学・理工学部・教授
研究者番号：５０２２７８７３

研究分野：ミクロ熱工学
科研費の分科・細目：工学・機械工学・熱工学
キーワード：MEMS，熱工学，熱流体工学，計測

１．研究計画の概要

本研究は，MEMS（Micro-Electro-Mechanical Systems)技術で作成される微小カロリメータを SEM（走査電子顕微鏡）内に導入し，微小試料に対する超高速，高感度熱分析を行う格段に分析能力の優れた複合ナノ熱分析システムの開発を目標としている．そのため，微小な熱分析デバイスの研究，微量質量計測技術の研究，SEM 内で行う複合ナノ熱分析の研究，微小試料を配置・除去するマイクロマニピュレーション技術の研究を実施する．

２．研究の進捗状況

(1)微量試料の熱分析を行う微小カロリメータを MEMS 技術で製作する研究を行い，長さ 420 ミクロンのカンチレバー型カロリメータを開発した． 1マイクログラム以下の微小な試料に対して，示差熱分析，熱量計測が可能である。
(2)カンチレバー型カロリメータに試料を乗せるとその機械的共振振動数が低下する．この現象を利用し，カロリメータの振動を光学的に検出しピエゾ素子の加振で自動的に共振状態を維持するシステムを製作し，10 ナノグラム程度の分解能を持つ共振質量計測技術を開発し，熱分析と同時に実施できることを確認した．
(3)微小カロリメータ，共振質量計測システムはコンパクトに組立てるられ，SEM 内へ導入することで，熱分析中の試料の変化を微小スケールでモニタリングできることが確認された．熱分析前後の試料の変化をナノスケールで観察することも容易となった．
(4)数 10～数 100 ミクロンの試料を取り扱うため，微小物体を操作するマニピュレータが必要となる．微小スケールでは，重力に比べ付着力が優勢となり，付着力を制御した手法が必要となる．本研究では，ガラス管を先鋭化したマニピュレータを開発し，濡れを利用した微小試料の付着，分離が実用的にできることを示した．

３．現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

（理由）

研究計画は，微小カロリメータによる熱分析，質量計測の研究，そのシステムを SEM 内へ導入する複合化，試料を操作する手法の開発，複合分析の有効性の評価が計画されている。これまで，マイクログラムからナノグラムにかけての微小試料を対象としたカンチレバー型カロリメータを開発し，熱分析，質量計測ができること，計測系の SEM 内への導入と熱分析・SEM 観察同時実施ができること，濡れを利用した付着型のマイクロマニピュレーションが有効であることがこれまでの研究で明らかとなった．今後，複合分析の有効性を調べ，適切な改良を進めることで，目的とする複合ナノ熱分析システムの開発にめどがつくと考えられる。

４．今後の研究の推進方策

(1)残りの研究期間はあと 1 年であり，この間に，SEM 内へ導入した熱分析・質量分析システムの有効性を示す計測を実施する．また，SEM に取り付けた EDXS（エネルギー分散型 X 線分析システム）を併用し，試料の元素を確認しながら熱分析を実施する手法も，その有効性を検証する。

５． 代表的な研究成果
（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計２件）

①杉本拓也，宮川幸弘，中別府修，“MEMS 技術を用いたカンチレバー型カロリメータ”，日本機械学会論文集（C 編），76 巻 768 号，2010 年，pp. 1929-1930，ノート No. 10-6020，査読有

②加藤達彦，中別府修，“マイクロマニピュレータ用メニスカスチップの研究”，日本機械学会論文集（C 編）76 巻 768 号，2010 年，pp. 1947-1948，ノート No. 10-6023，査読有

〔学会発表〕（計１１件）

①加藤達彦，中別府修，マイクロマニピュレータチップと微小物体間に働く付着力の熱的制御性，日本機械学会熱工学コンファレンス 2010，2010. 10. 30，長岡

②杉本拓也，早川祐樹，中別府修，MEMS カロリメータを用いた SEM 内熱分析実験，第 46 回熱測定討論会，2010. 9. 28，三重

③早川祐樹，杉本拓也，中別府修，MEMS を用いた微小熱質量分析，第 46 回熱測定討論会，2010. 9. 28，三重

④早川裕樹，宮川幸弘，杉本拓也，中別府修，カンチレバー型チップカロリメータによる熱質量分析，日本機械学会 2010 年度年次大会，2010. 9. 5，名古屋

⑤杉本拓也，宮川幸弘，早川祐樹，中別府修，MEMS を用いた複合熱分析法の研究 （熱・質量同時分析），第 47 回日本伝熱シンポジウム，2010. 5. 26，札幌

⑥加藤達彦，中別府修，マイクロマニピュレータチップにおける付着力の熱的制御，第 47 回日本伝熱シンポジウム，2010. 5. 26，札幌

⑦杉本拓也，宮川幸弘，中別府修，MEMS 技術を用いたカンチレバー型カロリメータ，第 1 回マイクロ・ナノ工学シンポジウム講演論文集，2009. 10. 15，東京

⑧宮川幸弘，杉本拓也，中別府修，小型カンチレバーによる共振質量計測法の開発，日本機械学会 2009 年度年次大会，2009. 9. 15，盛岡

⑨杉本拓也，宮川幸弘，中別府修，MEMS を用いた複合熱分析法の研究，第 46 回日本伝熱シンポジウム講演論，2009. 6. 3，京都

⑩Osamu NAKABEPPU，“Nanocalorimetry with micro-cantilever probe”，2nd International Forum on Heat Transfer, IFHT2008，2008. 9. 18，東京

⑪ Osamu NAKABEPPU，“Chip-calorimetry with Cantilever Probes”，6th US-Japan Joint Seminar on Nanoscale Transport Phenomena - Science and Engineering-, 2008. 7. 16，Boston