

機関番号：33302

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20560404

研究課題名(和文) 光マイクロマシンを用いた計測システム

研究課題名(英文) Sensing system using optical micromachine

研究代表者

岩岡 秀人(IWAOKA HIDETO)

金沢工業大学・ものづくり研究所・教授

研究者番号：70440485

研究成果の概要(和文)：技術・市場動向調査をもとに計測システムの基本構成と概念設計・試作および要素の基本動作をコンピュータ・シミュレーションで確認し、光ファイバセンシングシステムの構成・試作およびセンサ部の構成案の検討を行った。具体的には温度センサの構造で試作した。動作は、パルス駆動した半導体レーザー光をMEMS技術で作成した共振型センサ(共振子)に照射し、光熱駆動の原理で共振させ、光熱駆動の周波数を共振型センサの共振周波数に合致させてその共振周波数から温度値を得る。センサ部は無電源・完全絶縁という特徴がある。最終年度は開発したシステム全体の学会発表および主に国際会議の動向から技術動向調査を行なった。

研究成果の概要(英文)：Basic concept by the results of marketing research and computer simulations of the elements of the sensing system, optical fiber system and the ideas for several sensor heads were developed. A MEMS vibrating sensor, temperature sensor, is excited by optical pulses from an optical fiber connected to a laser diode. The optical pulse frequency is tuned to the resonant frequency of the MEMS sensor. The resonant frequency of this vibrating sensor can reflect physical quantities such as temperature, pressure, and gas density. The main features of the sensing system are its ability to be used as an isolated sensor with no electronic circuit or power supply. At the last year (2010), the result of this research was reported at international conference, and the technical survey based international conferences were developed.

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|------------|------------|------------|
| 2008年度 | 1,300,000円 | 390,000円 | 1,690,000円 |
| 2009年度 | 1,000,000円 | 300,000円 | 1,300,000円 |
| 2010年度 | 1,300,000円 | 390,000円 | 1,690,000円 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 3,600,000円 | 1,080,000円 | 4,680,000円 |

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・計測工学

キーワード：計測システム

1. 研究開始当初の背景
センサ技術等の進歩により微小化、集積化が進む一方、具体的な社会要請としてセンサネットワークなどの実用的な計測システムや

その要素の研究開発が求められている。センサネットワークは多数のセンサ、センサノードを無線通信などで結合し、多くの計測情報を収集して有効な計測データを得ることで

ある。実用化のための課題としてセンサノードの電力削減問題、無線の場合の帯域の有効利用、データの信頼性の確保、散在するセンサノードの管理などがある。特に電力削減問題は、ビル管理や工業計測（フィールドオートメーション）ではたとえば5年間に一回の電池の交換が求められているなど、技術的な大きな課題である。

2. 研究の目的

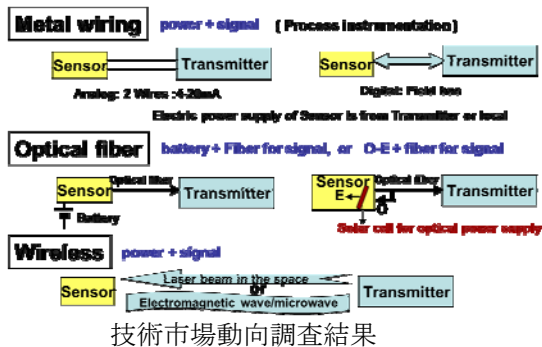
本研究は、センサネットワークなどへの応用を目指し、光の特長を生かした無電源かつ絶縁機能を持った計測システムの基盤研究を提案するものである。研究要素として、光熱駆動型マイクロマシンセンサを開発する。この計測システムの特長は、電源供給や電池が不要なため本質安全で防爆を要する工業計測（フィールドオートメーション）やビル管理、また光ファイバの特長を生かした多点計測システム、光空中伝播を用いたセンサネットワークなどがある。

3. 研究の方法

具体的な研究ターゲットとして温度計測システムを取り上げる。システム要素として重要な光 MEMS デバイスの設計及びシミュレーション、デバイスの評価及び計測システムの設計・試作に注力する。また具体的な応用である温度計測システムを試作実証する。なお、光 MEMS チップの試作プロセスは外部のファブリーを利用する。また各種の応用計測システムを提案・検討する。MEMS 用シミュレーション、設計ツールはすでに保有しているコンピュータシステムと市販のプログラムを用いる。

4. 研究成果

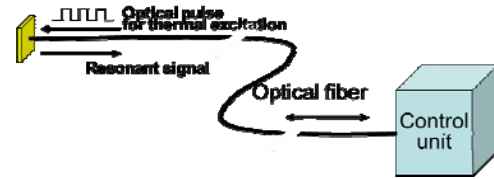
(1) 下記の技術・市場動向調査をもとに計測システムの基本構成と概念設計・試作および要素の基本動作をコンピュータ・シミュレーションで確認した。



技術市場動向調査結果

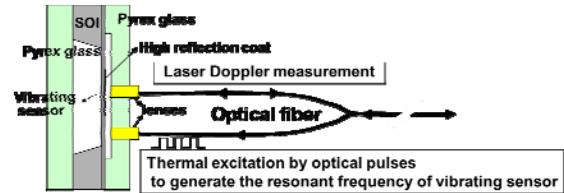
センサは MEMS 技術でシリコン基板に振動子を形成し、ガラス基板と接合する。シリコンとガラスの熱膨張係数の違いにより、振動子の張力が温度により変化し振動子の共振周波数が変化する構造である。光ファイバを経由して光パルスを送り振動子に照射して振動子を光熱駆動する。同時に振動子の振動速度に

よる光ドップラー周波数を検出して光ファイバで制御部に入力し、光ドップラー周波数が最大になる光パルス周波数が振動子の共振周波数となる。振動子の共振周波数から温度値を得る。下記に基本概念を示す。



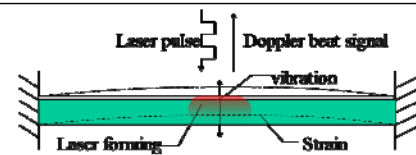
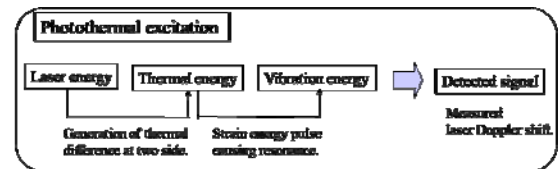
計測システムの基本概念

センサ部は、温度センサとして動作し、構成を次図に示す。試作は基本部だけとして、次図のレンズとその周りのパイレックスは付加していない。反対側のパイレックスは熱共振型振動子として必要なため付加した。

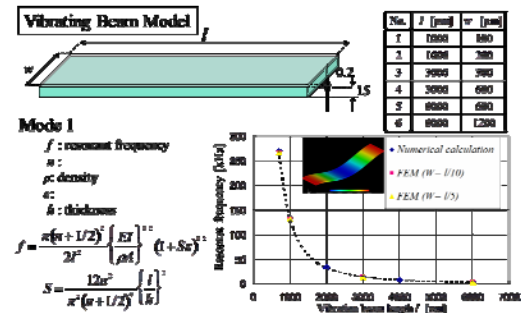


光熱駆動共振型温度センサの構成

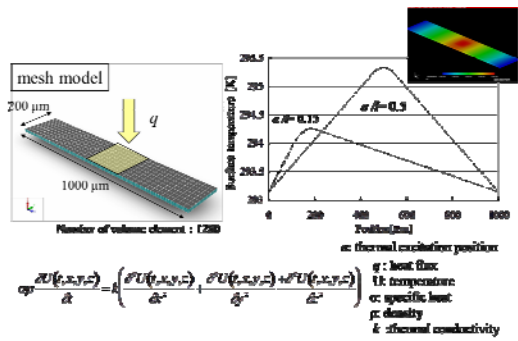
コンピュータ・シミュレーションは主に有限要素法を用い、次図のように振動子中央を熱パルスで熱駆動した場合を計算した。結果は下記のようになった。



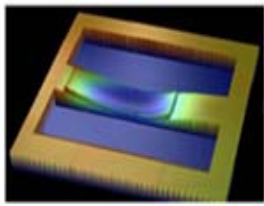
シミュレーションの考え方



共振子寸法と共振周波数

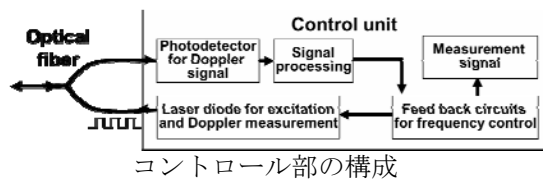


熱駆動による振動子の表面温度

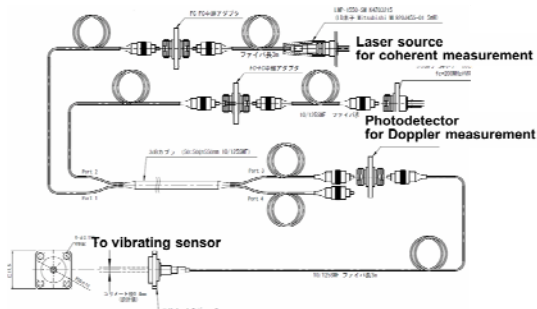


試作した温度センサのチップ部の写真
(写真中央の振動子：長さ3mm、幅0.6mm)

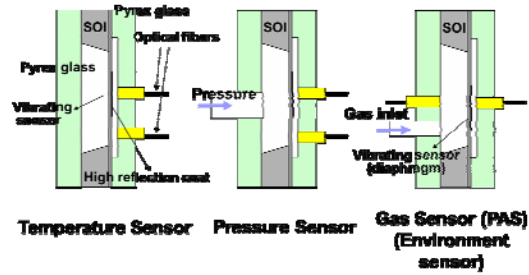
実際の構成は光ファイバを用いてフレキシビリティを持たせた。下記に試作した構成を示す。



試作したコントロール部の外観



温度センサの機能で基礎研究を行ったが、他の測定対象でも同様の計測システムの概念で構成できる。
下記に、圧力センサ、ガス（環境）センサの構成例を示す。



他の測定対象用センサの構成案

(2) 技術動向調査の結果のうち、主に最終年度の国際会議の内容を次に示す。

研究成果を国際会議 SICE2010 (SICE(計測自動制御学会)Annual Conference、8月、台湾)で論文発表した。具体的な MEMS チップの作り方・製造会社の情報等が研究者にとって必要なことであることもわかった。会議全体では 20 カ国から 725 件の論文発表があり約 1,000 名の参加者があった。技術内容では、計測 (センシング) 分野で“ネットワークと接続された・・・”のセッションが目立った。これは、センサ単体の機能ではなく、本研究のようにシステムとして特徴を有し応用を考慮した上での技術論となってきたことの現れである。招待講演では、ロボットに関連したものが多く、人間の動作 (Human behavior) を計測することの重要性を主張したものもあった。

センサネットワークのハード・ソフトの要素技術と応用にまたがった国際会議 INSS2010 (International Conference on Networked Sensing Systems, 6月、ドイツ)に参加した。参加者 160 名、発表論文数 78 件と大きくは無いが、最終講演まで聴講者が多く、この分野の研究開発の重要性が増加していることがわかった。招待講演の 1 件目は、M. Ishida 教授 (豊橋技科大) の “Smart Microchips for Intelligent Sensing” と題して、MEMS on CMOS 技術が紹介された。実用化を目指している INSS では、集積化が今後重要な技術になると考えている。岩岡はステップリング共同委員長でもあるため企画・運営にも貢献しかつ技術動向情報が得られた。INSS2011 年は台湾である。

国際会議 ISSCC2011 (International Solid-State Circuits Conference、2011 年 2 月、米国)に参加した。ISSCC2011 は、参加者 2980 名と IC・センサ・MEMS の世界の代表的な国際会議である。今年度は “Electronics for Healthy Living” がテーマで、応用を意識した会議といえる。昨年テーマである「エネルギーハーベスティング」はイブニングセッションで議論された。この会議テーマは、”New Interface to the Body Though Implantable System Integration” 等

の基調講演にも現れている。全体的な技術動向調査の結果としては、「低電力化したシステムをエネルギーハーベスティングチップで駆動する健康・医療用システム」を目指している。

国際会議 OFCNFOEC2011 (Optical Fiber Communication Conference /National Fiber Optics Engineer's Conference、2011年3月、米国)に参加した。OFCNFOEC2011は、光通信関係では世界最大のアカデミックな会議と展示会の併設である。会議参加者 3000名以上、展示会社数約 500社であった。テレコム・データコム・コンピュータ関連を全体テーマとして会議では挙げているが、特に今後のデータセンターを中心とした光インターコネクトの話題が多かった。また、この分野のシンポジウムを中心に調査した。光通信分野の市場・技術がデータセンター用途に移りつつある様子がわかった。今回のプレナリトークの3人とも企業人であることから、この分野は要素技術から最終応用であるソリューションのシステム技術に移動している。

(社)電気学会 センサ・マイクロマシン部門が主催する第27回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウムに参加した。論文委員として会議運営及び技術動向調査を行った。基調講演として、EPCOS社のRombach氏から、「A Review on Microphones」、東工大の岡崎氏から「How Can Micro/Nano Engineering Contribute to a Low-Carbon Development?」と題して講演があった。前者は、歴史的背景と現状について説明があった。MEMSマイクロフォンの市場は携帯、カメラ、家電すべてに巨大で2015年には2007年比で5倍くらいに大きくなる。シリコンでなくもっと安い材料へのシフトとチップスケール・パッケージが必要であろう。講演後者は、CO2増大と地球環境問題を話題とした研究者の意気込みを示していた。この会議は、デバイス要素技術の発表が主体である。また発表は日本語だがプロシーディングは英文なので海外の注目度は大きい。一般論文発表のレベルや論文としての完成度は上がっていることから、要素技術としては完成域に近く実用化レベルであった。

(社)計測自動制御学会 計測部門が主催する第27回センシングフォーラムに参加し、「ネットワークセンシングシステムの最新動向ーINSS2010(International Conference on Networked Sensing Systems)」のセッションの司会、及び「インダストリアルトラック」と題してINSS2010の論文の主に応用面について解説した。センシングフォーラムでは、ネットワークセンシングシステム部会のOSとして毎年INSSの内容を解説している。特に篠田裕之東京大学教授による「センシング

技術」についての講演では、システムへの電力の供給とセンサの集積化技術が非常に重要とのことである。講演の中では、システムの種類として必要な電力がマイクロワットからキロワット級まであり、全社は環境計測等の各ノード用であり、後者はたとえば自動車のニーズが考えられるとのこと。このように、まずニーズ全体を整理してから、研究目的の妥当性や最大効果を考えることは正論であるが、ここまで視野を広げることは実務担当者としてはなかなか難しく、マネジメントレベルの仕事として重要と感じた。

5. 主な発表論文等

(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3件)

- ① Hideto Iwaoka, A Sensing System Using Resonant Sensor That is Excited and Detected by Semiconductor Laser Lights through Optical Fibers, Proceedings of SICE Annual Conference 2010, 査読有, SA16-02, pp3540-3541, 2010.
- ② 岩岡秀人、光励振・検出型 光ファイバ伝送センシングシステム、第57回応用物理関係連合講演会予稿集、査読有、19p-P12-20、2009.
- ③ H. Iwaoka, D. Chino, T. Ikehara, E. Higurashi, Vibrating Sensing System based on Optical Excitation and Detection using Optical Fiber, Proceedings of INSS2008, 査読有, 2008, pp97-98.

[学会発表] (計3件)

- ① Hideto Iwaoka, A Sensing System Using Resonant Sensor That is Excited and Detected by Semiconductor Laser Lights through Optical Fibers, SICE Annual Conference 2010, 2010年8月21日, Grand hotel (Taipei, Taiwan).
- ② 岩岡秀人、光励振・検出型光ファイバ伝送センシングシステム、第57回応用物理関係連合講演会 2009年3月19日、神奈川県平塚市 東海大学.
- ③ H. Iwaoka, D. Chino, T. Ikehara, E. Higurashi, Vibrating Sensing System based on Optical Excitation and Detection using Optical Fiber, INSS2008, 2008年6月18日, 石川県金沢市市民文化ホール

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岩岡 秀人 (IWAOKA HIDETO)
金沢工業大学・ものづくり研究所・教授
研究者番号：70440485

(2) 連携研究者

日暮 栄治 (HIGURASHI EIJI)
東京大学・先端科学技術研究センター・
准教授
研究者番号：60372405