

## 機能集積型マイクロスキャナーを用いた小型光走査型 イメージセンサー

池田 正哲・後藤 博史・松本 幹雄・矢田 恒二

発電施設の冷却管など人が入り込めない場所では、機器を分解せずに自動的に検査や補修作業を行うマイクロマシンの実現が望まれている。筆者らは、マイクロマシンが安全に目的の位置まで到達し、そして検査対象物の状態を認識するためのマイクロ視覚機能機構の開発を行っている。その視覚機構としては、マイクロマシンに搭載できるくらいの小型なものが求められており、筆者らは、外部照明が不要なこと、3次元認識への展開が比較的容易なこと、光学系が簡単なことなどから、小型化が容易なレーザービーム走査による小型光走査型イメージセンサーを開発している。本稿では、その光走査型イメージセンサーを小型化するためのキーデバイスであるマイクロスキャナーを紹介し、さらに今後の展望について述べる。

### 1. マイクロスキャナー

光走査型イメージセンサーは、光を物体に投光する光源、光源からの光を物体上に走査する光スキャナー、物体からの反射光を検出する受光素子、そして光源とスキャナーを駆動する駆動回路と、受光素子の受光信号を処理する信号処理回路などから構成される。また、光の走査位置検出もこのセンサーにとって重要な構成要素となる。これらの構成要素から成るセンサーのマイクロ化には、各々の構成要素をマイクロ化することがまず必要であり、半導体レーザーと非球面マイクロレンズを組み合わせた小型光源や、図1の、筆者らが開発してきた振動子の2方向への共振振動を利用した2次元光スキャナー<sup>1,2)</sup>を用いることで、構成要素各々のマイクロ化が図れる。2次元光スキャナーは、板ばねに支持されたミラーと、圧電アクチュエーターで構成され、板ばねの2つの共振振動モード（曲げとねじり）に対応する共振周波数で圧電アクチュエーターを振動させることで、ミラーを2方向に回転振動させる。このミラーの2方向への振動により、光を2方向にすることができる。このように構成要素をマイクロ化することにより光

走査型イメージセンサーが小型化でき、外形 $22 \times 10 \times 18 \text{ mm}^3$ の小型イメージセンサー<sup>3)</sup>によって、2次元像の検出が可能なることを示した。

しかしながら、個々の構成要素をマイクロ化するだけではセンサーのマイクロ化に限界があり、よりマイクロ化を進めるには、複数の構成要素を1つに集積化することが必要となる。この集積化の取り組みとして、図2に示すマイクロスキャナー<sup>4)</sup>を開発した。このスキャナーには、前述の光走査型イメージセンサーに必要な機能のうち、光走査、受光、および光走査位置検出の3つの機能が外形 $7 \times 7 \text{ mm}^2$ 、厚さ $70 \mu\text{m}$ のシリコン振動子に集積化されている。ミラーを支持する細い板ばねの寸法は、幅 $70 \mu\text{m}$ 、厚さ $70 \mu\text{m}$ 、長さ $3 \text{ mm}$ で、シリコン異方性エッチング技術によって加工した。

このマイクロスキャナーによって、2方向に $40^\circ$ 以上の光走査、最大 $200 \text{ mm}$ の位置からの物体反射光検知、そして検出分解能 $0.02^\circ$ の光走査位置検出といった光走査型イメージセンサーに必要な3つの機能の集積化が実現でき、センサーのマイクロ化が図れた。

### 2. アクチュエーターのマイクロ化

光走査型センサーのさらなるマイクロ化を追及するに

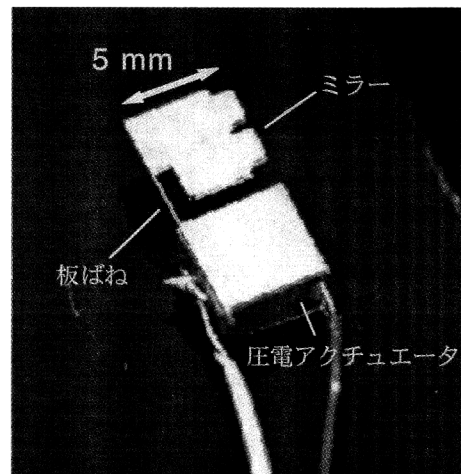


図1 2次元光スキャナー。

オムロン株式会社技術本部中央研究所（〒300-4247 つくば市和台45）

E-mail: ikeda@ant.trc.omron.co.jp

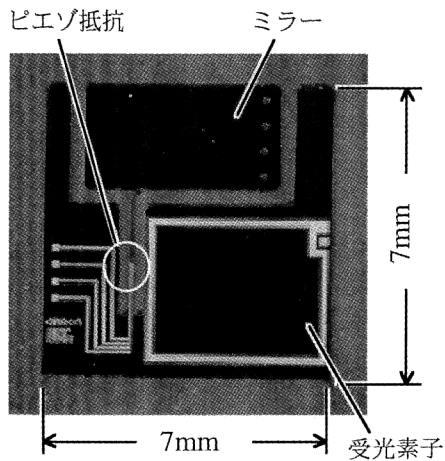


図2 機能集積型マイクロスキャナー。

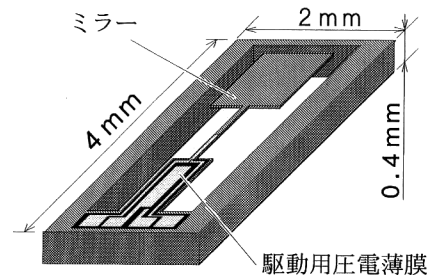


図3 圧電薄膜駆動マイクロスキャナー。

は、これまでは触れなかったマイクロスキャナー加振源である圧電アクチュエーターのマイクロ化およびスキャナー基板への一体化を図る必要がある。また、スキャナーを動作させるアクチュエーターの駆動電圧は20~30V必要であったが、マイクロマシンの電源電圧は、電源や周辺回路の小型化、簡素化を考慮するとIC駆動電圧と同等の5V程度で行うのが好ましい。そこで、アクチュエーターのマイクロ化と低電圧駆動化のために、圧電アクチュエーターの薄膜化を検討している。今までにスパッター法を用いて、マイクロアクチュエーター用の高性能PZT圧電薄膜を実現し、また、図3に示すように、このアクチュエーターを集積し、外形 $2 \times 4 \times 0.4 \text{ mm}^3$ のマイクロスキャナーを試作し、マイクロ化を実現した<sup>7)</sup>。

### 3. 今後の展望

筆者らは、センサーのマイクロ化のために構成要素のマイクロ化を徹底的に図るとともに、機能の集積化一体化を試みてきた。今後は、センサーの究極のマイクロ化である1チップ化に向けて、光源や信号処理回路の集積一体化の可能性についても検討していく。しかしながら、物体からの反射光の強度変化を用いる光センサーでは、マイクロ化にともなって受光部面積が減少し、センサーに入射する光量が減少したり、光の回折現象が生じやすくなるため、やみくもなマイクロ化は検出性能の低下を引き起こす可能性があることも認識しておく必要がある。

本研究は、通商産業省工業技術院の産業科学技術研究開発制度に基づく「マイクロマシン技術の研究開発」の一環として、NEDOから委託を受けた(財)マイクロマシンセンターの再委託業務として、オムロン(株)が実施したものである。

### 文 献

- 1) 後藤博史, ほか: “小型2次元光走査機構の開発—第1報 走査原理と基本性能—”, 日本機械学会論文集, **62**, 596号C編 (1996) 394-401.
- 2) 後藤博史, ほか: “小型2次元光走査機構の開発—第2報 低電圧駆動, 大走査角化を目的とする2自由度板ばね振動子の高性能化—”, 日本機械学会論文集, **62**, 600号C編 (1996) 262-269.
- 3) 後藤博史, ほか: “小型走査型2次元イメージセンサの開発”, 精密工学会誌, **63** (1997) 218-222.
- 4) 池田正哲, ほか: “受光素子とピエゾ抵抗素子を集積したシリコンマイクロスキャナーの開発”, 1996年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, I62 (1996) pp. 1027-1028.
- 5) M. Sakata, et al.: “Sputtered high  $d_{31}$  coefficient PZT thin film for micro actuator,” *Proceedings of IEEE Micro Electro Mechanical Systems Workshop (MEMS '96)*, San Diego (1996) pp. 263-266.
- 6) 若林秀一, ほか: “座屈型圧電薄膜アクチュエータの静特性”, 第13回強誘電体応用会議講演予稿集 (fma-13) (1996) p. 67.
- 7) T. Kawabata, et al.: “The two-dimensional micro scanner integrated with PZT thin film actuator,” *Technical Digest of Transducers '97* (1997) pp. 339-342.

(1998年2月17日受理)