

論文の内容の要旨

論文題目： 機能集約型 SOI-MEMS 設計手法とその可変光学素子応用に関する研究
氏名： 諫本圭史

本論文は、著者が 2002 年から現在までで取り組んだ光 MEMS の可変光学素子応用に関する研究を、MEMS の設計概念に主眼をおいてまとめたものである。著者は MEMS 技術を応用した光可変減衰器 (MEMS-VOA) の研究を 2002 年 6 月から開始し、実用化に主眼を置いた開発を進め、同年の 12 月には開発着手から約 6 ヶ月で製品のサンプル出荷に至った。その後も光 MEMS の研究を継続し、VOA の製品化へ向けて構築した光 MEMS の設計技術の体系化を目指した。目的は光 MEMS 技術を基礎とした更なる製品展開で、2010 年には体系化した機能集約型 SOI-MEMS 技術を用いて、第三世代 OCT 用光源の開発に成功している。

MEMS 技術を用いた光可変素子は、機械的変位を制御できることから、液晶や光磁気光学効果などと比較すると大きな光学的ダイナミックレンジを有する特長がある。現在では波長可変フィルタや波長可変光源などにも使用されており、製品応用も通信だけでなく、センシングや医療機器など幅広く用いられている。特に上記の OCT 用光源では MEMS によって革新的な進歩がもたらされている。これらの MEMS 技術をベースとした光可変素子は、それぞれの分野で必要不可欠なデバイスであり、市場規模は小さいながらも重要な MEMS 技術の応用分野のひとつとなっている。

しかしながら、これらの光可変素子のような、少量多品種に分類される応用では、MEMS 技術の導入が、社会的または産業的な進歩に貢献することが明らかであっても、技術的・資金的な制約から導入に踏み切れない場合も多くあった。MEMS の製造工程は、デバイスごとに固有の工程があるといわれる。デバイス開発期間の多くは、工程の最適条件を見つけるために費やされ、機能の実現検証までに数年の時間がかかることもある。開発初期段階で実現見通しを立てるまでに、必要以上の時間がかかることは、実用化を目指した開発では致命傷になることもあり、MEMS 導入の障害となっていた。

SOI-MEMS は、SOI ウェハを材料として機械的・光学的信頼性の高いデバイスを実現できる。一方で、構造的または作製工程上の制約から実現できるデバイスは限られていた。そこで本研究では、SOI-MEMS の利点を残しながら設計自由度を向上させる、機能集約型 SOI-MEMS を提案し、上記の MEMS 開発が潜在的にもつ課題を解決することを試みた。

従来の MEMS 開発が、工程や層数を増やすことで機能を拡張してきたのに対し、本論文は SOI-MEMS の基本層構造と製造工程を制約条件としながら、デバイスの設計自由度を拡大した。見通しの立ちにくいプロセス開発に取り組むことなく、専用設計された MEMS デバイスを用いて、短期間で機能検証を実施できる環境づくりをねらいとした。

本論文では、機能集約設計の概念を示すとともに、機能集約型 SOI-MEMS の 3 つの具体的例を、光可変素子への応用とあわせ記した。段階的に設計自由度を拡げる手法を提案し、総合的には従来の標準的な 3 層構造の SOI-MEMS を用いながら 6 層相当の設計自由度を得ることが出来た。応用例として示した光ファイバ通信用の VOA および OCT 用光源に関しては、いずれも原理検証にとどまらず、実使用に耐えうるデバイスとなるまで信頼性などを含めて完成度を向上させた。具体的な応用例とあわせて記すことで、機能集約型 SOI-MEMS の有効性を実証した。