

産業化に向かう集積化MEMS技術の先端開発動向

豊橋技科大 高尾英邦

MEMS と CMOS-LSI とを融合する集積化MEMS技術は、世界的潮流である More than Moore の流れに沿うものであり、将来の産業への貢献が期待されている。このような状況のなか、集積化 MEMS 技術の産業化に向けて活発に研究開発している各専門家とLSI関係者が一同に会する機会を学会の場に設け、今後の展望について有益な討論を行うことが本シンポジウムの目的である。

はじめに、集積化 MEMS 技術研究会委員長である豊橋技術科学大学の石田誠氏より、集積化 MEMS 技術と研究会の設立経緯・活動について紹介された。その後、東北大学の田中秀治氏より「集積化 MEMS のこれまでとこれから」と題して総論的な講演をいただいた。回路集積化 MEMS や各種 MEMS センサ開発の歴史的な偉業について振り返り、DMD, Si-クロック, SiGe-MEMS など現代の MEMS 技術を代表するテクノロジーの起源から最新技術と動向に渡る幅広い議論がなされた。

集積化 MEMS 技術においては、回路集積化が重要な役割を果たすと考えられている。続けて、LSI と MEMS の一体化技術について、設計、デバイス、実装技術の講演をいただいた。まず、静岡大学の橋口原氏より MEMS 等価回路モデルを用いた設計プラットフォームの紹介が行われた。外力と運動速度を電子回路の電圧と電流に置換え、MEMS の多次元運動をラグランジュ運動方程式で表現して MEMS の等価回路モデルを導出する手法が示された。SPICE 解析が行えるため、回路一体化を目指す MEMS の有効な設計ツールとなろう。次に、ベルギーIMEC の Philip Pieters 氏より、IMEC における MEMS 技術の開発戦略と、集積化 MEMS デバイスの実例が紹介された。IMEC はヨーロッパを代表する半導体研究拠点であり、近年ではポリ SiGe を用いた CMOS MEMS デバイスで先駆的な研究が行われている。IEDM 等の国際会議で発表された 11M-Pixel の SiGe ミラーアレイも紹介された。富士電機の武居正彦氏からは、MEMS ファウンドリの立場から見た集積化 MEMS 技術について講演いただいた。実用化にむけて、設計自由度の向上や、高歩留まりが期待できる構造の最適化、LSI ファウンドリとの連携関係の構築が重要との意見が示された。その LSI ファウンドリを用いた CMOS/MEMS 技術に関して、台湾工業技術研究院の Chiung-I Lee 氏よりご講演いただいた。台湾においても Post-CMOS のアプローチが最適であることや、TSMC のファウンドリで製作した CMOS と MEMS の集積化デバイスの実例が示された。今日では標準 CMOS から MEMS デバイスを創り出す様々な技術が確立されている一方、メタルレイヤなどが持つ温度特性の補償や信頼性に課題があるとされている。同じく、CMOS 回路と MEMS デバイスを一体化する技術について、筆者(高尾)が講演をおこなった。豊橋技術科学大学で開発したデバイスの例をもとに、CMOS 集積化 MEMS が有する各種利点を議論した。一方、MEMS デバイスにスケールリング則を当てはめた場合の効果の一例についても結果を示した。微細化が有利に働く CMOS と、必ずしもそうでない MEMS の間に広がる差異を解決する手法が、今後の集積化 MEMS における重要課題の一つである。

多様な形態と可動構造をもつ MEMS における実装技術は、集積化 MEMS の産業化と高信頼化にむけて最後にクリアすべき重要課題である。NTT の半田知巳氏は、MEMS の信頼性を低下させるスティッキング現象を防止する技術を紹介した。有機薄膜を電着することにより、製造プロセスならびにデバイス使用時のスティッキングを押さえた高信頼化に成功している。また、テスト技術も MEMS の量産技術に不可欠である。東京エレクトロンの渡辺 彰一氏は、MEMS のウェハレベルテストに向けて、低針圧コンタクト技術や音響効果による加振法を用いたデバイスの良否判定などの評価関連技術を紹介された。大日本スクリーンの足立秀喜氏には、多くの MEMS パッケージやデ

デバイスで必要とされる封止技術についての開発成果を紹介いただいた。特に STP 法は条件によって埋込や封止ができ、CMOS との一体化にも大変有効な技術の一つである。最後に、浜松ホトニクスの内山直己氏より MEMS 実装技術のためのステルスダイシング技術の紹介をいただいた。脆弱な構造をもつ多くの MEMS デバイスにとって、水を使わずレーザー光でダイシングする本手法は画期的であり、現在もいくつかの MEMS 量産ラインで稼働している。

総合討論は東京大学の年吉洋氏の司会で進められた。集積化 MEMS 技術の今後の動向や、国際的な動向についての活発な意見交換が行われた。参加者にとっても、大変有益な情報交流の場になったと思われる。