

## 集積回路とセンサ・MEMSの融合をめざして 豊橋技術科学大学の場合

豊橋技術科学大学 教授 石田 誠

センサ・MEMS技術は集積回路（LSI）技術から派生してきたのですが、センサ・MEMSとLSIを一つのチップに作製することはそう容易ではありません。LSIがnmの微細加工まで発展したことにより、その融合の壁は高いといえます。LSIは超精密技術、それに対してセンサ・MEMSは精密技術といえるからです。超精密のLSIは、完成されたプロセス（加工工程）以外は、基本的に受け入れない。一方、センサ・MEMSはできるだけ多くの可能性を持つ材料、構造、加工法を要求します。この矛盾する要求をいかに満たすかが融合のキーとなります。一つの方法は、LSI作製後にセンサ・MEMSを作製する。もう一つは、LSIプロセスの可能な範囲でセンサ・MEMSを作製するように制約することです。しかし、最高の性能を持つセンサ・MEMSを作製するには困難で、どこかで妥協することになります。本学で行っているセンサ・MEMSと集積回路の融合もそのような葛藤はありますが、できるだけ互いに満足できるように努力しています。本学での集積回路とセンサ・MEMSとの融合をめざした研究開発環境の構築に至るまでを説明し、スマートチップ開発の一例を紹介します。

26年前になりますが、当時日本の大学で集積回路を設計から実際に作製し、教育・研究に本格的に取り組んでいるところは大変少ない状況でした。88番目の国立大学として豊橋に技術科学大学が設立され、半導体関係大講座が一体となって教育・研究に本格的に集積回路の作製を一貫して行える環境を構築しようと、現学長の西永頌先生、亡くなられた中村哲郎先生（NECから）、現高知工科大学の安田幸夫先生（東芝から）らを筆頭にスタートしました。主な装置一式はNECの玉川工場の2インチラインを導入することで始まり、4年生の学生実験（大実験と称する3ヶ月間の実験）として1979年の秋、npnバイポーラトランジスタ単体の作製に成功したときは、クリーンルーム内で大歓声がわき起こりました。これがすべての始まりでありました。このトランジスタ6個で作製したラジオは、今もVBLの展示室で鳴っています。LSIはいかに複雑になろうとも基本的にはトランジスタができればできると乱暴に言い切ることができます。そして当時の名古屋大学環境医学研究所の御手洗玄洋先生から宇宙実験の宇宙酔いの解明に用いる鯉の小脳の脳波計測用ICチップの開発依頼があり、修士の研究テーマとして開発を進めました。このチップは、平成4年のエンデバーでの実験で使用され、毛利衛先生と宇宙を飛ぶことになりましたが、このチップが世に出たはじめてのものです。その間、本年まで25回（25年間）の講習会（大実験と同じ内容を夏休みの1週間）を続けて行うことになりました。（延べ400名の方が参加）これは、教員全員が参加し、学生と暑い夏を過ごすハードなものとなりま

したが、装置を維持運営する上で大変良いチェック期間となりました。（スタッフは技官1名のため）

現在ステッパーを用いた4インチCMOS、1ミクロンプロセスが可能となっています。また、建物も創設時の建物から、平成6年に固体機能デバイス施設にまとめ、平成14年にはVBL（ベンチャービジネスラボラトリー）施設との一体化を行い、マイクロ・ナノ加工ができるクリーンルームをVBLの1階に設置して、MEMSプロセスの増強を行いました。これまで多種類のセンサ・MEMSと集積回路を融合したスマートチップの作製を行ってきたのですが、MEMS加工にはCMOSプロセス以外に特殊なプロセスが必要で、装置もまた分けて使うことが必要な場合が多くなりました。これをいかに整理、管理するかが難しいところであり、お互いの利害を調整できるかが成功のポイントとなります。これはお互いが可能な限り歩み寄れる関係が必要です。また、これまでに無いプロセスを考案することも必要となります。

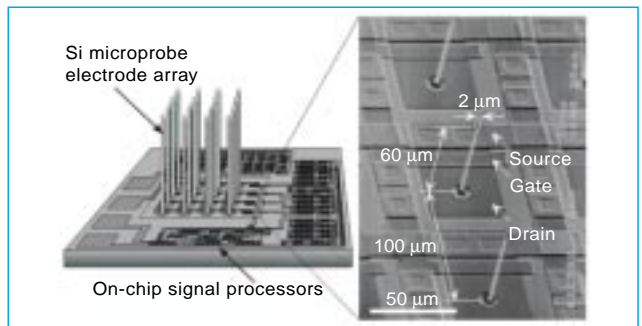


図1 微小電極アレイと信号処理回路を集積化した神経電位センサの概念図と試作チップの電子顕微鏡写真

図1に示します私が提案したICチップ上にシリコンのマイクロプローブを結晶成長で形成する神経電位計測スマートチップはまさにそのようなものの一例です。当初できないことづくめと思われるこのチップは、研究室でも異論が多くあったと思います。できない理由を挙げれば限りなくでてくるからです。そのようななかで、結晶成長と集積回路プロセスの両方を手がけているグループだったので、それぞれのプロセスの問題点、限界を把握できていたことと、各グループで知恵を出し合い解決策を模索する体制ができたといえます。その結果、昨年当初の念願であった生体細胞からの信号を検出するまでに発展させることができました。<sup>1)</sup>このようにして、これまでセンサ・MEMSとICを一体化する数々のスマートマイクロチップを試作、提案してきましたが、さらにチップの完成度を上げるべく、LSIとセンサ・MEMS融合のための問題点を議論しながら進んでいます。

1) T. Kawano et al " Three-dimensional multichannel Si microprobe electrode array chip for analysis of the nervous system ", IEDM 2004, pp. 1013-1016