日本で生まれた SOI 技術 「極微構造集積デバイス・プロセス技術」 —特集号によせて—

極微構造集積デバイス調査専門委員会委員長

垂井 康夫

東京農工大学名誉教授

従来、多くの技術が外国で生まれて、日本で工業化された例が多い。このことから基礎研究だだ乗り論などといわれたこともあった。しかし、実は日本で生まれたものも結構ある。ここにとり上げた SOI (Silicon on Insulator) 技術もその一つである。

2000 年 6 月 IBM はホームページで同社のハイエンド用サーバーにこの SOI 技術を用いると発表した。用いた SOI は下記にのべる SIMOX 形とのことである。

シリコン基板上にウェーハの貼り合わせで SOI 構造を作る技術は最初、1964 年に当時日本電気(株)に所属した中村哲郎氏によって特許出願されている。この技術を思いついたきっかけは中村氏が電気炉内で多数のシリコンウェーハを高温で加熱していたとき、たまたま接触したウェーハが引付いて一体となってしまったのがヒントとなったといわれている。実験の失敗から新しい技術を思いついた点は立派である。

このように片側に SiO_2 を作ったウェーハを他のウェーハに貼り合わせる方法を貼合せ法と呼んでいる。この場合 SiO_2 上のシリコンにデバイスを形成するためには、そのシリコンをデバイス構造に適した厚みとなるまでエッチングあるいは研磨などで薄くけずる必要がある。

その上、貼合せ法による SOI は原理的に一枚の SOI ウェーハを作るのに 2 枚のシリコンウェーハが必要である。シリコンウェーハの原料節約のためには、この点の改善が望まれる所である。この方向で最初に一枚のシリコンウェーハから一枚の SOI ウェーハを作る方法は 1978 年に泉勝俊氏らによって示された。この方法はシリコンウェーハに酸素を適切なエネルギーでイオン注入を行い、シリコンウェーハの表面から浅い部分に SiO_2 を作って SOI 構造を形成する技術で SIMOX (Separation by Implanted Oxygen) 技術と呼ばれる。SIMOX 技術はその後熱処理の方法などに改良が加えられて現在生産されている。

貼合せ法でも 2 枚のウェーハを貼り合わせた後、片側のウェーハを薄い SOI 層を残して切断できるならば、取り外した SOI ウェーハを含まない部分はその後何回か使用でき、シリコンウェーハの節約が可能となる。

この方法を最初に用いたのは M. Bruel 氏らで、2 枚のウェーハを貼り合わせた後、適切なエネルギーによる水素のイオン注入を行い、水素が高濃度に入った部分でシリコンが破壊される性質を使って、薄い SOI 層を残して切断する。この方法は Smart Cut 法と呼ばれ、ウェーハの節約が可能となる。

いま一つのウェーハ節約の方法は米原隆夫氏らによって 1994 年に発表された ELTRAN (Epitaxial Layer Transfer) をベースに行われた。まず ELTRAN はシリコンウェーハを化学薬品溶液の内て陽極電流を流すことによって陽極化成する。その結果シリコンウェーハには表面から数 10 μm の深さまで多孔質シリコン層ができる。すなわち単結晶ながら多くの孔のあいた結晶となる。このウェーハを洗浄処理の後、多孔質シリコン上にシリコンのエピタキシャル成長を行う。適切な条件を選ぶと、多孔質の孔の部分の上もエピタキシャル成長が周囲から延びて来て連結し、多孔質の上には平坦なるエピタキシャル層が形成される。更に、このエピタキシャルウェーハに別の酸化膜付きウェーハを貼り合わせ、最初の基板を多孔質部が露出するまで研磨し、続いて多孔質シリコン層は化学薬品により選択的にエッチオフする。1999 年にはこの ELTRAN 法をもとにウェーハ節約が可能であることが示された。すなわち上記の多孔質シリコン層の部分にねらいを定めてウォータージェットを吹きつけることによってこの部分が切断可能であり、SOI 層をもたない残りのシリコンウェーハはその後何回か使用可能となるのである。

集積回路は微細化による性能向上が今まで以上に高度な技術を必要とする段階に入ってきており、SOI 構造は集積回路における完全な電氣的分離を実現し、低消費電力、高速化に寄与することが明らかになっている。問題は SOI ウェーハの価格が高いことで、上にのべたようなシリコンウェーハの節約を可能にする方法が完成度を高めて行くと共に普及度が増してくると思っている。このようなことから、この SOI 技術が順調に育って行くことを願って本号において特集を組んだ訳である。

本特集号の計画ならびに調査専門委員会での調査研究における御尽力に関して、プロセス・インテグレーション調査専門委員会・坪内和夫委員長および同委員会委員ならびに極微構造集積デバイス調査専門委員会の関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。

SOI Technology Originated in Japan: For the Special Issue of the "Supermicrostructure Integrated Devices and Process Technologies".
By Yasuo Tarui, Member (Professor Emeritus, Tokyo University of Agri. & Tech.).