

「最先端 CMOS 技術とその将来展望」

世話人、最上 徹 (PETRA)、木下啓蔵 (PETRA)、上野智雄 (東京農工大)、一木隆範 (東大)

高性能化の進む先端 LSI デバイスにおいては、より一層の低電力化、高集積化を目指した 10 nm 世代への微細化と共に、デバイス構造やデバイス材料についても世界中で盛んに開発が進められている。本シンポジウムは、学会で提案される新技術のみならず、産業界で今後製品化されようとしているデバイスについてご講演頂き、先端 LSI デバイスの現状と将来課題について議論することを目的とした分科企画シンポジウムで、講演会初日の 2015 年 3 月 11 日の午後に開催された。今回は、特に FinFET に注目し、国内だけでは分かりづらい最先端技術について、海外からも講師をお招きし、デバイス技術やプロセス技術、集積化技術などを議論した。

上記のように本シンポジウムでは、国内外の第一線で活躍されている講師の方々による講演が行われた。GLOBAL FOUNDRIES 社の東郷氏、産総研の松川氏、(株)東芝の齋藤氏からは、最先端デバイスの主流である FinFET と、より将来のデバイス構造であるナノワイヤ構造について講演頂き、様々の観点から議論がなされた。東郷氏の講演では、14nm 世代の FinFET と今後の展望が述べられた。今や世界の主流技術である FinFET のリプレースメント・メタルゲートでは、微細化によるゲート抵抗増大が高性能化阻害要因の一つとなってきた。メタルゲート電極の低抵抗金属としては現在、CVD タングステン膜が用いられているが、その埋め込みスペースにも限界が見えつつある。そうした状況の中で、どのようにして低抵抗化を達成するのかについての展望が述べられ、議論された。松川氏の講演では、微細デバイスの重要課題の一つである特性ばらつきについて議論がなされた。FinFET では、チャンネル領域をゲート電極で左右から囲むデバイス構造と High-k メタルゲート構造であることから、チャンネル領域への不純物ドーピング量を低減することが可能である。その結果、閾値ばらつきが低減されるものの、今度はチャンネル領域の不純物ドーパントばらつきに代わって、メタルゲート電極の多結晶粒毎の仕事関数に依存する閾値ばらつきが顕在化してくる。こうした新しく発現する課題に対応する開発技術が議論された。齋藤氏の講演では、FinFET より将来のデバイス構造であるナノワイヤ構造について、詳細なデバイス特性予測が講演され、特性ばらつき、電流ノイズ、閾値電圧シフトなどが議論された。京大の江利口先生、ソニー(株)の久保井氏、(株)日立ハイテクの田中氏からは、FinFET 構造のエッチングに関する課題が講演された。江利口先生の講演では、3 次元構造である FinFET 形成のためのドライエッチングプロセスでは、従来の 2 次元デバイス構造とは異なる Fin 構造側壁でのラテラル方向へのエッチングダメージが生じる可能性が示唆された。これは、基板面にエネルギーを持って入射するイオンによるスパッタリングとストラグリッドに起因するダメージであり、従来の熱処理技術だけでは完全には回復できないことが

述べられた。また、久保井氏の講演では、従来あまり注目されてこなかった水素が、その原子サイズが小さいことから深く侵入しやすく、エッチングダメージに大きく関与することが述べられた。また、FinFET のサイドウォールとなる SiN のエッチングプロセスについて、エッチング装置全体を取り込んだ 3 次元モデルを報告した。さらに、田中氏の講演では、極微細構造形成のために、ドライエッチングプロセス中のエッチング/デポジッション反応を制御する基板バイアスやガスの時間変調の効果が紹介され、様々のエッチングのモデリングが議論された。いずれの講演においても、デバイス構造が平面型 MOSFET から 3 次元の FinFET に代わることで、従来注目されてこなかったダメージが今後の課題となることを指摘され、議論においても盛り上がった。AMAT 社の吉田氏、東京エレクトロン(株)の中村氏からは、FinFET 及び ナノワイヤ世代における High-k メタルゲートプロセスに関する課題と展望が講演された。吉田氏の講演では、現在主流である pFET ゲートスタックファーストプロセスが議論され、将来世代に向けては、現在とは異なる nFET ゲートスタックファーストプロセスが主流になる可能性が述べられた。また、ナノワイヤ世代については、縦型ワイヤと横型ワイヤに触れて、プロセス的観点から横型ナノワイヤが実用化に優れる可能性が述べられた。中村氏の講演では、次世代デバイス材料と考えられる Ge-MOSFET について、新しいゲートスタック材料が提案され、その新構造の展望が議論された。FinFET 構造は、LSI においては世界の最先端であると共に主流であり、今回のシンポジウムによって多くの情報展開がなされた。また、FinFET の先の世代と期待されるナノワイヤ構造についても、充実した議論ができたことは大きな収穫であった。

本シンポジウムには 100 名を超す聴講者が参加し、会場後方には立ち見が見られる盛況ぶりであった。また、非常に活発な議論がなされ、盛況なシンポジウムとなった。本シンポジウムでの議論から今後の最先端 CMOS 研究において、新たな展開に繋がることが期待される。

(2015 年 3 月 22 日)