

## デバイスシミュレーション技術の活用と将来展望

2018年3月25日

ルネサスエレクトロニクス(株) 園田賢一郎

東芝メモリ(株) 青木伸俊

半導体デバイスシミュレーション技術の活用と将来展望と題したシンポジウムが応用物理学会春季学術講演会期間中の2018年3月18日に開催された。本シンポジウムでは、6件の招待講演と7件の一般講演によって、半導体デバイスシミュレーション技術の活用やモデリング・数値計算技術などに関する研究成果、将来展望について議論された。半導体デバイスシミュレーションは半導体内部の電気伝導に関する基本方程式の解を数値計算で求める技術であり、様々なデバイスの動作解析や教育に活用されている。

招待講演の部前半では教育への活用に焦点を当てた発表があった。まず、慶應大学から半導体デバイス研究開発と大学教育におけるシミュレーションの利用方法が議論された。発表者自身の企業と大学での経験をもとに、シミュレーションがどのようにデバイス研究開発を効率化してきたかが紹介された。例として、ひずみ依存移動度モデリング、自己発熱モデリングを取り上げられた。また、大学教育では、数式だけでは伝えることの難しい電子デバイスの動作イメージの説明にシミュレーションが有効であることが紹介された。つぎに、大阪大学から大学教育でのデバイスシミュレーションの活用例が議論された。シミュレーション結果をアニメーション化することにより、専門外の学生にも半導体デバイスの動作を視覚的に伝えることができることが紹介された。さらに、慶応大学からデバイスシミュレータへのあらたな物理モデル組み込みのための仕組みが紹介された。共同研究の基盤としての活用が期待される。

招待講演の部後半ではデバイスシミュレーション技術の将来展望に焦点が当てられた。筑波大学からはデバイスシミュレーションで離散ドーパントを物理的に正しく扱う方法が議論された。離散ドーパントは微細デバイスでの統計的ばらつきの主要因であり、その正確なモデリングは実用上も重要である。大阪大学からは量子輸送モデルがレビューされた。微細素子に限らず、高電界がかかるパワーデバイスでも量子効果の考慮が必要となってきている。密度汎関数理論と非平衡グリーン関数を組み合わせた手法で、誘電率等のパラメータを与えることなく電子素子の電気特性が予測できる例が紹介され、新材料への展開が期待される。産総研からは強誘電体ゲート負性容量トランジスタのデバイスシミュレーションが議論された。負性容量トランジスタは低電圧動作可能なスイッチング素子として期待されている。強誘電体における電界と分極の関係を表現するLandau-Khalatnikov方程式をデバイスシミュレータに組み込んだ。負性容量トランジスタの素子構造設計に有用な技術と考えられる。

一般講演では以下の発表があった。JAXAからはSOIトランジスタに宇宙線が入射した場合の素子誤動作の解析結果が報告された。正の基板バイアスを印加すると誤動作の発生割合が増加する。その理由が正の基板バイアスによって寄生バイポーラ動作が起りやすく

なるためであることがデバイスシミュレーションで示された。総研大からは X 線検出用イメージセンサの構造最適化にデバイスシミュレーションを使用した例が報告された。インパクトイオン化モデルを使用したデバイスシミュレーションを行い、所望の電荷増幅効果が得られるように素子構造を最適化した結果が示された。金沢工業大学からは PN 接合を介した基板電極をもつ SOI FET の試作結果とシミュレーション解析結果が報告された。東工大からはナノワイヤ FET の自己発熱の解析結果が報告された。ソースとドレインが基板と接するような逆凹型にすることで、基板への熱伝導の経路を確保し、自己発熱による温度上昇が抑制されることが示された。東芝メモリからは企業でのデバイスシミュレーションの活用方法が紹介された。信頼性確保のためには物理に即したメカニズム理解が重要であり、ホットキャリア、BTI、ESD について実例を挙げて使用例が説明された。実際の動作に近い条件を解析するために、デバイス・回路融合シミュレーションの重要性が強調された。阪大からは量子ドリフト拡散モデルを使用し、III-V 属材料を使用した FinFET の短チャネル効果を解析した結果が紹介された。シリコンに比べて III-V 族材料は有効質量が小さく、誘電率が高いため、サブスレッショルド特性が悪化することが示された。神戸大からはナノワイヤデバイスのキャリア輸送のコンパクトモデルが議論された。非平衡グリーン関数に基づいたシミュレーション結果を参考にして、主要な要因を抽出してコンパクトモデルを作成した。学生への教育効果を高めるため、スマートフォン等でも計算できるような仕組みも考案したことが報告された。

参加者は延べ 100 人程度であり、本テーマへの関心の深さが再認識された。特に、今まで取り上げられることの少なかった教育への活用についても議論できたことは有意義であった。講演後も参加者の間で活発な議論が行われ、多くの知見が共有されたのは大きな成果である。



シンポジウム会場の様子

世話人：青木伸俊（東芝メモリ）、平本俊郎（東京大学）、森伸也（大阪大学）、園田賢一郎（ルネサスエレクトロニクス）、安齋久浩（ソニーセミコンダクタソリューションズ）