

励起ナノプロセス研究会企画
「Si 系および C 系ナノ構造と励起プロセス」

筑波大 村上浩一

東大 前田浩二

和歌山大 篠塚雄三

新しいエレクトロニクスの展開には従来の熱的過程を中心としたナノ材料プロセスだけでは不十分であり、電子励起過程・緩和過程を含めた何か新たな非平衡励起プロセスの開発と研究がこれから必要になる。つまり規則的なナノ構造を作り、そのナノ構造を制御性良く改造したり表面修飾したりして新機能を発現させることのできるような非平衡励起プロセスである。そのような観点から、最近急速に研究が展開している C ナノチューブ(CNT)や Si ナノワイヤ(SiNWs)などの IV 族元素系ナノ構造を対象に、将来トップダウン手法とボトムアップ手法をうまく結びつけ融合できるような期待を含め、本シンポジウムを企画した。なお、あらかじめ各講演者に以下の共通の質問を投げかけ、講演時にその回答を披露していただいた。(1)CNT, SiNWs の応用の最も有望な分野は？ (2)ナノサイエンスとしての面白さと発展の可能性は？ (3)ナノデバイス、ナノエレクトロニクス化で最も難しい点、課題は何か？ (4)励起プロセスによる成長制御やデバイス動作制御の可能性は？

前半は、C 系ナノ構造の代表として単層カーボンナノチューブ(SWNT)を中心に、特に電子励起による欠陥生成について、2実験グループと1理論グループから発表があった。最初の鈴木悟氏(NTT)の講演では、弾き出し損傷の起こらない低エネルギーの電子線や光の照射によって SWNT に欠陥が生成すること、金属 SWNT をチャンネルとする FET 特性が低エネルギー電子線照射によって半導体的特性へと変化する事実の紹介があり、後者については局所バリア形成を仮定したモデルで説明可能であることが示された。次の目良裕氏(東大工)の講演では、炭素内殻電子を励起する軟X線照射でも欠陥生成が起こること、極低温での水素昇温脱離スペクトルが欠陥生成によって敏感に変わる現象を利用して、極低温での低エネルギー電子線照射によって導入される初期欠陥が 70K 以下の低温でも回復する事実、STM 探針からのホット電子注入によって金属 SWNT に導入される欠陥が鈴木らの仮定した局所バリアと等価な HOMO-LUMO ギャップを形成する事実を紹介した。宮本良之氏(NEC)はフェムト秒超短パルスレーザー光照射によって誘起される原子移動現象を再現する第一原理的計算手法を応用して、グラファイト表面では光照射に伴いグラフィン1層の剥離が誘起されること、また SWNT ではチューブ内部への光電場侵入が共鳴的に起こる可能性などを示した。

後半は、Si 系ナノ構造の励起プロセスによる作成とその特性について、4実験グループから発表があった。量子ドットフローティングゲートメモリーデバイスでは2次元系から0次元系へのトンネル現象がデバイス動作を決める重要ファクターである。野村晋太郎氏(筑波大物理)の報告では、温度特性と光照射強度依存性の研究から、このトンネル現象には電子の進行方向に垂直な方向の波動関数の広がり透過確率に大きな影響を与え、電子の励起状態の成分が多く混じると透過確率の増大に繋がり、トンネル現象をテクニカルに変調することが可能になることが初めて示唆された。トップダウン Si ナノワイヤについて岩井洋氏(東工大)からレビュー的な報告があった。特に、ナノワイヤ FET の作製法と電気特性について最新技術が紹介され、ナノエレクトロニクスとしての将来性について説明された。他方、ボトムアップ的手法で作製される Si ナノワイヤについて、その物性とドーピング不純物の最大固溶度や界面偏析などについての最新データが深田直樹氏(NIMS)より報告され、P に比べ B が容易に Si/SiO₂ 界面に偏析することが示された。また、木塚徳志氏(筑波大物質工)からは、真空中においてボトムアップ手法で作製する Si ナノワイヤの形成、構造、電気伝導および機械的強度が、その場で同時観測できる高分解電子顕微鏡複合装置とともに紹介され、将来電子励起効果を調べる強力な

手法であることが示された。

以上、Si 系および C 系ナノ構造を対象とした励起ナノプロセス研究の現状と将来について、前記の共通の質問への回答とあわせて活発な討論が行われ、今後の研究発展へのヒントを得ることができた。