



ナノテクノロジーと量子エレクトロニクス

青柳 克信[†]

Nanotechnology and Quantum Electronics

Yoshinobu AOYAGI[†]

最近ナノテクノロジーという言葉が巷にあふれ会社の方のもとより、高校生から大学生、あるいは雑誌の取材、テレビ取材の方々まで研究室に訪れられる。我々としてはナノテクノロジーの仕事は今のように騒がれるずいぶん前からやっていたので、ある意味ではありがたい風が吹いているともいえる。しかしクリントンがナノテクノロジーの重要性を強調し国家戦略としてやることを声明する前にアメリカの調査団が日本にやって来ていろいろな日本でのナノテクノロジーのactivityの調査をし、その報告を一冊の本にまとめ、それがアメリカでの今回の経緯の過程になっていることを知っている人はそんなには多くない。それまでナノテクノロジーと言っても予算はほとんど付かなかったのが、クリントン声明以来急激に予算が付くようになったのは我々にとってありがたいことであるが、いかにも日本的である。それはさておきナノテクノロジーの研究を語るときいくつかの重要なカテゴリーがある。私は日本学術振興会の産学協同委員会の一つである、「未踏・ナノデバイステクノロジー」151委員会の委員長を仰せつかっているが、この委員会ではナノテクノロジーを4つの大きなカテゴリーに分けている。一つはナノ構造自身によって新しく発現されるデバイス機能を掘り起こす研究であり、量子コンピューター、量子通信等その未来への夢は大きい、10年以上の長い目が必要であろう。2番目は従来型のデバイスであるが、ナノテクノロジーを用いることによってその性能が飛躍的に向上する、あるいは今まで不可能であった機能を出現させることが出来るナノテクノロジーの研究である。これはここで述べる深紫外発光素子あるいは深紫外レーザーの開発、フォトニック結晶デバイス、またもっとも重要なものとしてSiの極超LSIデバイスの開発がある。今、疲弊している日本の産業を直接しかも早い時期に再構築していくためにもっとも重要なのはこの部分である。シリコンではゲート長に関して言えば最近ムーアの法則よりもより早く微少化されていっていることが興味深い。既に6 nmのゲート長で動作するデバイスのデモンストレーションが昨年のIEDM国際会議でなされ、今年はさらにどのような発表がなされるか興味津々である。またこれ以外に、紙面の関係でここでは述べないが、第3としてナノとバイオとの融合の分野、また第4としてカーボンナノチューブに代表されるナノ材料の分野も大変重要である。これらの4つに併せてその計測技術の進展が今後の重要な課題となる。上で述べた第二のカテゴリーの中に入る深紫外半導体発光素子、あるいは深紫外レーザーの開発はこれは量子エレクトロニクスの分野であるが、ナノテクノロジーを駆使しないと実現はおぼつかない。ここで深紫外とは200 nmから350 nmの波長を定義しているが、赤崎 勇先生(当時名古屋大学)や中村 修二さんの(当時日亜化学)ご努力で青色レーザーが実現したことは日本が誇れる技術である。しかし、発光する波長をさらに短波長の深紫外領域で発光するダイオードあるいはレーザーが実現出来れば、医療への応用、あるいは公害物質の除去、照明、DVDのさらなる高密度化等、種々の応用が期待される。しかしこれを実現するにはいくつものブレークスルーが必要である。第一は材料として用いるAlGaInの高濃度p型半導体の作製、第2は高効率発光の為に格子整合系での量子ドットの作製、第3番目は低転位AlGaInの実現である。これらの諸課題はナノテクノロジーを用いたアンチサーファクタント法、あるいは交互供給原子層制御コーピング法等、新たなナノテクノロジー技術を開発することによって原理的には克服出来ることが最近分かってきた。もしも325 nmで発振する半導体レーザーが実現出来ればHe-Cdレーザーは近々その席が深紫外半導体レーザーに置き換わるかもしれない。また強く発光する254 nmの半導体発光素子が実現出来れば水銀ランプは過去のものとなるかもしれない。ナノエレクトロニクスと量子エレクトロニクスの融合の生み出す世界は今述べた深紫外発光素子ばかりでなく量子情報通信、フォトニック結晶デバイス等今までにない大きな可能性をもたらすかもしれない。

[†]東京工業大学 (〒226-8503 神奈川県横浜市緑区長津田町4259)

[†]Tokyo Institute of Technology, 4259 Nagatsuta-cho, Midori-ku, Yokohama, Kanagawa 226-8503