

|||||
 卷 頭 言
 |||||

表面反応研究のより一層の促進を



堀 池 靖 浩

デジタルエッチングと称して原子層ずつ除去することを思い付いたのは8年前頃と思う。動機は、将来のナノメートル法の量子デバイスを作製するには、平面のみならず横方向の側壁にも損傷が誘起されてはならないので、その実現には一原子層にエッチング種が吸着し、反応し、脱離する各過程の反応エネルギーを最小にする必要があると考えたからである。そこで、まず、Siをエッチングしようとして、フッ素原子との反応を選んだ。理由は、フッ素原子はSiと自発的に反応し、F-Si結合ができるとバックボンドが弱くなり、一反応層が低エネルギーで気化するだろうと思ったからだった。実際、Si基板を -130°C 以下に冷却し、フッ素原子の供給を制御して反応させ、 Ar^+ イオンを照射する一過程を繰り返す、その回数で割ったエッチング速度で原子層エッチングが実現したと報告した。しかし、後にSi(100)表面ではSi原子1個当たり約1.5程度のフッ素しか吸着せず(E.A.Carter, ほか)そのため、 SiF_3 や SiF_4 まで形成されるためにはフッ素原子が侵入しやすいように「木の枝」構造のようにならざるをえない(J.A.Yarmoff, ほか)らしいことがわかった。また、最近のわれわれの結果では、水素終端したSi表面にフッ素を暴露すると、始めの少量では水素は取れず、フッ素がSiの最表面近傍に侵入し、さらに暴露をすると水素は徐々に多分 SiFH としてまばらに取れていくらしい。これらの結果は、フッ素とSiの反応が平坦に進むとは示していない。塩素で実現するかの報告もあるが、一原子層ずつ取れていっている保証はない。現実にはフッ素や塩素はULSIの製造に大いに貢献しているが、その表面反応に関してはほとんどわかっていないのが現状ではないか？

原子層プロセスに課された主な使命は、ナノメートル領域の極微細構造を無損傷に形成し、新量子効果の発現をめざすことだろう。しかし、ULSI(超大規模集積回路)も最小寸法が100nm以下に入り始め、そのエッチングには、ウェハの大口径化、高アスペクト比化、マイクロローデング、損傷など難問が山積している。量子デバイスが実現すると、エッチングへの難問が解決するなど決していえず、逆にますます難しくなるだろう。デジタルプロセスの実現に向けては、単にエッチング回数で割って「自己停止」を論じることは止めて、エネルギー制御されたビーム照射下での吸着物/表面の反応を明確化する地道な努力に戻り、その表面反応の基礎的理解をULSIの次世代に向けての発展のためにも還元していくべきと考える。

(東洋大学工学部)