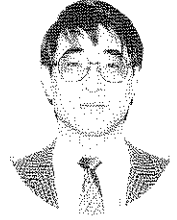


|||||P|||||P|||||P|||||P|||||P|||||P  
卷 頭 言  
|||||P|||||P|||||P|||||P|||||P|||||P

## 励起プロセスは表面の科学と工学の狭間か



清水 肇

電子、イオン、光などと表面との相互作用の解明は表面物性や表面分析の研究の視点から長い研究実績がある。このビーム誘起現象を半導体製造分野に応用する試みは「励起プロセス」として広く注目を集めてきた。集積回路作製技術の高度化への要請の中、化学反応を伴ったプロセスの低温化や加工の無欠陥化の方向とビーム誘起化学現象がもたらす利点への期待感とが一致したことで、この分野の研究が促進されてきた。これに対して、素過程はよくわかっていないという反省的な意見や、工学であって科学でないという見方があることも事実である。

今や極微小の物質を表面で扱い、その物性評価の努力がなされ、また十 nm 程度の 0～3 次元的な構造による固有の物理現象を機能素子に応用する研究も活発になってきている。このような研究、技術開発に広い意味での励起プロセスの利用ならびにその高度化は不可欠であろう。表面科学にとっても、励起プロセスによるある種の非平衡表面では緩和過程をゆっくり観測できる系として、またメゾスコピック現象と表面との関連という点で新しい研究の展開の糸口になるであろう。

何が狭間の具体的問題なのだろうか？ プローブに用いた手法によって励起現象がどこまで及ぶか、またその領域を表面と表面層と区別すべきかとの議論がある。この点に関しては金属、半導体など対象によっても、あるいは表面科学に対する人それぞれの想いもあるであろう。大きな問題のひとつは、その領域に対し下地が熟浴として作用することで、励起のみならず速い緩和過程が引き続いて起こり、これらの相互作用の解釈を難しくしている点である。そのうえ吸着種どうしの相互作用で励起状態のエネルギーのやり取りもする。もちろんこの指摘は昔からされ、慎重な見方のよりどころであるが、最近いろいろなのがわかり始めている。

励起プロセスの素過程解明という夢の追究には、各種ビーム源の極低速性、高エネルギー性、高密度性、短パルス性とか、波長同調性、といったパラメータの高度化、多様化が不可欠である。これにより励起現象の特化、たとえば、領域の局所化、格子欠陥の発生活滅、光発生、電荷交換、粒子放出、脱励起過程の時間分測定などが可能になりつつある。

さらに励起源の高度化による高密度励起に関連した新しい現象も表面研究の可能性を拓くと思える。私の周辺では、短パルスレーザー光を表面に照射した際の表面・界面非線形光学効果により発生する高調波信号や和周波信号が表面界面のみの情報を含み、ピコ秒からフェムト秒の短パルスレーザーの利用で時間分解情報が得られると期待している。レーザーと同じ程度の電界 ( $10^8 \text{ V/m}$ ) を与える STM 探針と表面との空間でもマイクロ波との非線形相互作用による高調波成分が発生し、表面の電子状態に関する何らかの情報を語っている。今のところ時間と局所の情報にまだ接点はないが、一般に、局所での励起過程の緩和は周辺の電場を乱し、その広がり（非局所性）は励起寿命やエネルギーの大小で決まるとして、3 次の非線形光学応答へのサイズ効果の研究がなされている。素人考えだが、励起プロセスの研究手法にもやがて影響をもたらすのではないかと考えてくる。

励起プロセスの基礎は多岐の分野にわたり複雑である。工学、科学どちらから覗いてでも、狭間と思われているところで何が起きているか、まず新しい現象を少しでも見つけることが共通の理解への一歩である。理解の輪を広げる表面科学誌の役割に期待したい。

(電子技術総合研究所)