

サブミクロンビームの照射で光電子分光スペクトルを取得

EUPS・マイクロビーム光電子分光装置の開発

材料・デバイスの開発には、機能や性質を發現する電子状態の分析が重要であり、その最良の分析手法である光電子分光法(PS:Photoelectron Spectroscopy)の重要性が高まっている。ところが、X線を光源とするXPS装置は10-30 μ mの空間分解能しかなく、ナノテクノロジーの発展のために、PSのサブ μ m分解能化が望まれる。

光子エネルギーと放出される電子のエネルギーの差から、電子の物質中での束縛エネルギーが求まるが、精度の高いPSスペクトルを得るには、光源と電子の両方に、高精度の分光が必要である。二つの分光が必要な「暗い」分析法なので、明るい光源が必要であり、サブ μ m分解能の実現には、「明るさ」を数桁以上大きくする必要がある。

産総研では、パルスレーザー生成プラズマを光源にするPSを考案した¹⁾。極端紫外(EUV)光を光源とするPSであるので「EUPS」と名付けた。EUPSでは、プラズマから線スペクトルを発生させて分光器を使わないで単色化し、飛行時間法で電子分光するが、この二つの工夫により、サブ μ m照射に対応する「明るさ」が確保できる。図1に示すように²⁾、線スペクトルによるSiウエハーの広い領域の照射で、Siの化学シフトが識別できるが、他のスペクトルで、0.5 eVのエネルギー分解能が実証できている。

多層膜を成膜した凸面鏡と凹面鏡を組み合わせたシュバルツシルト集光光学系(SO)を用い

て、EUV光をマイクロビーム化して照射すれば、微小領域の分析ができる。現在開発中のシステムでは、パルス幅3nsで繰り返し100Hzのレーザーをターゲットに照射してプラズマを発生させ、その像を、2m先に置いたSOで試料上に結像照射して、光電子を発生させる。縮小率1/50のSOで直径1 μ m弱のマイクロビームが得られている。試料から放出される電子を磁気ボトルの磁力線に巻き付けて高効率で捕集し、70cmの距離を飛行させた後にMCP検出器で検出し、光電子の電流波形を記録する。マイクロビーム照射の32ショットの積算で、図2に示すPSスペクトルが得られている³⁾。

連続スペクトルを発生するTaプラズマを光源とし、波長16nm用多層膜の反射スペクトルで2eV程度にしか単色化していないため、図2のスペクトルのエネルギー分解能は2-3eVである。次は、線スペクトルをマイクロビーム化する技術を開発し、マイクロビームと高エネルギー分解能を同時に実現する予定である。

さらに、Siなどの元素が見えるようにマイクロビームの波長を12nm以下に短波長化し、また大口径試料に対応できる電子捕集技術を新たに考案し、種々の試料が観測できるようシステムの高度化を図る計画である。100 μ m分解能および10 μ m分解能の装置であれば、必要な技術は既にほぼ完成しているもので、1~2年内の製品化を目指している。

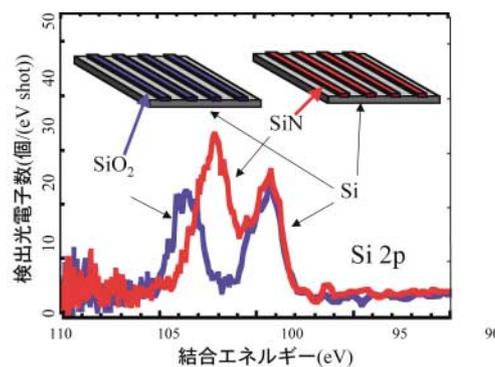


図1 ストライプ状のSiNあるいはSiO₂があるSiウエハーの数mmの領域を、4.8nmの単色光で照射して得られたEUPSスペクトル²⁾
他のスペクトルで、0.5eVのエネルギー分解能が確認されている。

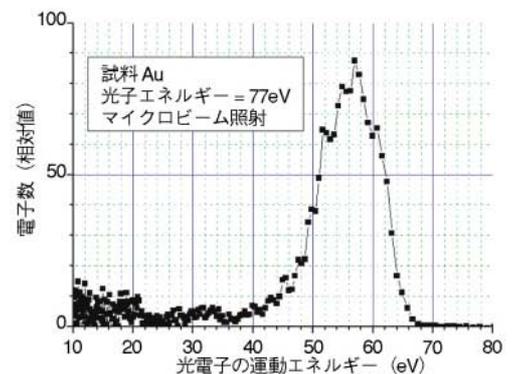


図2 マイクロビーム照射で得られたEUPSスペクトル³⁾
僅か32ショットの積算。試料はAu。Taプラズマからの連続スペクトルを波長16nm用の多層膜で反射させただけなので、励起光のスペクトル幅は2eV程度である。



とみえとしひさ
富江敏尚
t-tomie@aist.go.jp
次世代半導体研究センター

関連情報

- 共同研究者：錦織健太郎（次世代半導体研究センター）
- 1) 特許第2764505号「電子分光方法とこれを用いた電子分光装置」（富江敏尚）.
- 2) H. Kondo, T. Tomie, H. Shimizu; Appl. Phys. Lett.72 (1998) 2668.
- 3) 錦織健太郎他 第63回応用物理学会学術講演会(2002.9.24) 24p-T-14.
- 本研究は文部科学省科学技術振興調整費により実施した。また一部は、NEDOから委託されて実施した。