



半導体表面に吸着した Cs 原子周辺 局所構造の XAFS 法等による解析

田淵雅夫、西谷智博
名古屋大学シンクロトロン光研究センター

1. 測定実施日

25年10月29日 10時 - 18時30分 (2シフト), BL5S1
25年11月15日 10時 - 18時30分 (2シフト), BL5S1
25年12月17日 10時 - 23時00分 (3シフト), BL5S1
25年12月18日 10時 - 23時00分 (3シフト), BL5S1
26年2月7日 10時 - 23時00分 (3シフト), BL5S1
26年3月28日 10時 - 23時00分 (3シフト), BL5S1

2. 概要

半導体表面に Cs 原子を吸着させることで形成される NEA(negative electron affinity)表面に対して、あいちシンクロトロン光センターの BL5S1 で放射光を用いたどのような評価が有効に行い得るかを検討した。その結果、良好な XAFS スペクトルを得ることは難しいものの、表面への Cs 吸着量をその場観察することは可能であることが分かった。

3. 背景と研究目的

半導体表面(典型的には GaAs)に Cs 原子を吸着させると、表面の真空準位が下がる。適切な条件下では、表面の真空準位が母体の半導体の伝導帯準位よりも下がることもある。このような状態を「電子親和力が負になった状態」という意味で、negative electron affinity (NEA) 状態と呼ぶ。NEA 表面ができると、母体の伝導帯に光励起等で電子を励起すると、その電子はほとんどバリアなしで真空中に取り出せるため、光で動作を制御できる極めて効率の高い電子源を実現できる。一方で、現状ではこのような表面を作製するには、 10^{-8} Pa オーダーの極め高い真空度を必要とし、少しでも真空度が悪化するとその動作寿命に悪影響を及ぼす。我々はこの様な短所を克服して、実用的に使用可能な

高耐久の NEA 表面を得ることを目的に研究を行っており、本申請の実験はその一環として、半導体表面に吸着した Cs に関する知見を放射光を用いた測定から得ることを目的とする。

4. 実験内容

小型の NEA 表面作製装置を準備し、あいちシンクロトロン光センターの BL5S1 に設置した(図 1)。この装置を用いて、NEA 表面形成過程で表面に吸着する Cs の量の変化を蛍光 X 線収量測定によりその場観察した。また、最終的に得られた NEA 表面上の Cs に対して蛍光 XAFS 測定を行い、あいちシンクロトロン光センターの BL5S1 にて、同表面の XAFS 測定/解析が可能かを検討した。

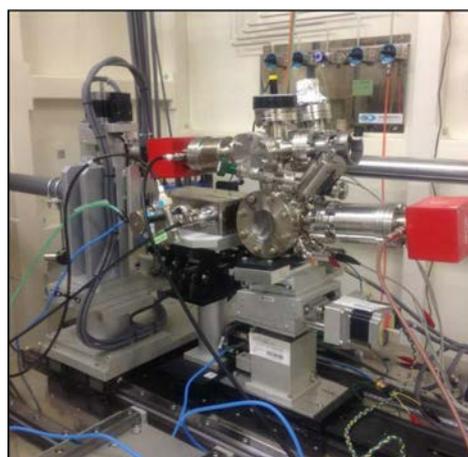


図 1 BL5S1 に設置した NEA 表面作製装置

5. 結果および考察

図 2 に BL5S1 にて、NEA 表面形成中の Cs 量とその場観察した結果を示す。今回の実験では、良好な NEA 表面を得ることに失敗しており、Cs の供給量が増えたとき、逆に光励起電流は減少している。しかしながら、Cs と酸素を交互に供給する NEA 表面作製プロセスの各段階

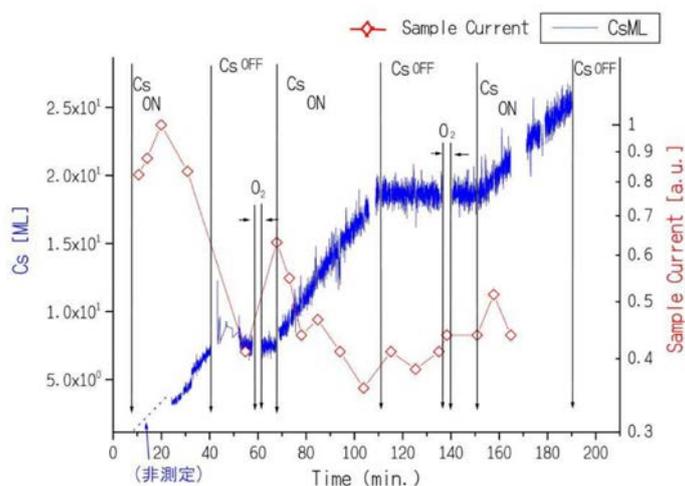


図 2 NEA 表面作製時の Cs 蛍光 X 線強度(青線)と、試料表面からの光励起電流(赤線)の変化。青線が途切れている部分では、BL5S1 のハッチ内で表面への酸素供給などの作業を行った。

において、NEA 表面の Cs 量が増える様子は明確に観察されており、今後同種の実験を繰り返すことにより、良好な NEA 表面が形成される際の Cs 量の変化が観察できると期待される。

図 3 に、NEA 表面作製後(図 2 の 200min の時点)に行った Cs-L_{III} 吸収端の XAFS 測定結果を示す。Cs 原子の吸着量は蛍光 X 線強度から見積もって数原子層程度と考えられる。この量は決して少なすぎる量ではなく、スペクトル上でエッジジャンプは明確に観察できている。しかし、Cs 原子の性質として熱振動が非常に大きいため高波数側の XAFS 振動の減衰が大きく、より長時間の測定を行わなければ解析に足るスペクトルは得られないことがわかった。

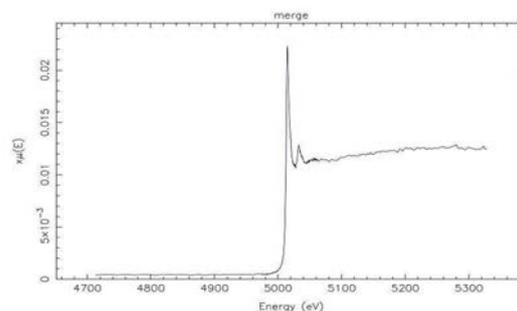


図 3 NEA 表面の Cs の L_{III} 吸収端での XAFS 測定の結果。19 素子 Ge-SSD を用いて 130 分の測定を行ったが、スペクトルの質は良くない。解析のためにはより長時間の測定が必要。

6. 今後の課題

本研究の目的を考えた場合、BL5S1 で NEA 表面に吸着した Cs 原子に対して XAFS 測定を行い、構造を議論することは難しいと考えられる。しかしながら、Cs 吸着量のその場観察は十分なクオリティーで行えることがわかった。今後、様々な条件で NEA 表面を作製する際に表面上の Cs 量が、作製プロセスの各段階でどのように変化するかなどを調べることで、高耐久の NEA 表面を得る研究に大きな貢献があるものと期待される。