非弾性散乱光電子分光によるシリコン価電子の散乱現象の観測

Si valence electron scattering by a Si-O-Si vibrational mode detected by inelastic angle-resolved photoelectron spectroscopy

奈良先端大 [1]，○武田さくら [1]，森田一帆 [1]，大門寛 [1]

NAIST [1], ○Sakura N. Takeda[1], Kazuho Morita[1], Hiroshi Daimon[1]

E-mail: sakura@ms.naist.jp

半導体デバイス中のキャリアの移動度は、有効質量と散乱過程で決まる。有効質量はバンド分散の形状から導出可能であり、それは角度分解光電子分光測定で可能となる。我々はこれまでにSi(111) p型反転層中のホールサブバンドの有効質量などを測定し報告してきた[1]。一方、角度分解光電子分光では散乱過程についても多くの知見を得られる。これまでに、電子が光エネルギーを吸収し励起された先の終状態において、格子と相互作用し、散乱される様子が詳しく報告されている[2,3,4]。我々は今回シリコン表面の角度分解光電子分光データに散乱された価電子による新奇な信号を見出したので報告する。用いた表面はECRプラズマ酸素によって室温で酸化されたSi(001)表面である。角度分解光電子分光には21.2eVに単色化されたヘリウム励起光源と、Scienta-Omicron社製静電半球型アナライザー(SES2002)を用いた。得られた光電子スペクトルには価電子帯頂上から高束縛エネルギー側に133meV間隔で並ぶ複数のピークが出現した。酸素吸着Si(001)の EELS測定の文献[5]から、バックボンドに存在する酸素の非対称伸縮振動が丁度133meVであることがわかる。このことから、今回見出したピーク群は、光電子が酸素の非対称伸縮振動によってエネルギーロスした結果出現したものであると結論づけた。また、このピークは波数分散を持たず、広い波数領域に同じエネルギーで存在することがわかった。このことから、今回観測された散乱は、光励起された終状態中の電子の電子格子相互作用による散乱ではなく、光励起によって生じた価電子帯頂上のホールがSiO_2/Si界面のバックボンド酸素の非対称伸縮振動と選択的に相互作用し、散乱されたものであると結論付けた。このような電子格子相互作用は、近年TiO_2や$SrTiO_3$で報告されている[6,7]ポーラロン形成と同類であると考えられる。本散乱現象は、価電子帯頂上のホールの移動度を著しく低減することが予想される。

[1] S. N. Takeda *et al.* Phys. Rev. B **93** 125418 (2016). [2] R. Arafune *et al.* Phys. Rev. Lett. **95** 207601 (2005), Phys. Rev. B **80** 073407 (2009). [3] E. Minamitani, R. Arafune *et al*. Phys.Rev. B **88** 224301 (2013). [4] S. Tanaka *et al.* Sci. Rep. 3, 3031 (2013). [5] H. Ikeda *et al*. thin Solid Films **343-344** 408 (1999). [6] S. Moser *et al.* Phys. Rev. Lett. **110** 196403 (2013). [7] Z. Wang *et al*. Nat. Mat.**15** 835(2016).

© 2018年 応用物理学会