

反射高速電子回折における表面プラズモン励起過程と異常増強

Excitation process of surface plasmon and anomalous enhancement under RHEED condition

名大院工¹、大同大工²、東北大多元研³ ○ 中原 仁¹、堀尾 吉巳²、高桑 雄二³

Nagoya Univ.¹, Daido Univ.², IMRAM Tohoku Univ.³

○Hitoshi Nakahara¹, Yoshimi Horio², Yuji Takakuwa³

E-mail: nakahara@nagoya-u.jp

反射高速電子回折 (RHEED) 条件下での表面プラズモン励起に関しては、以前から理論的検討や実験的検証が行われている [1–4]。しかしながら、既存の理論では回折条件や結晶内での波動場といった結晶構造に関わる現象は考慮されておらず、実験的にも回折条件を満たしたスポットのエネルギー分析が中心で、off-Bragg 条件も含めて系統的に回折条件とプラズモン励起の関係を調べた報告はない。そこで本研究では入射電子線の視射角を精密に制御し、エネルギー損失スペクトルの視射角依存性を詳細に解析した。用いた試料は Si(111)、入射電子線のエネルギーは 10 keV である。

図 1 は [112] 方位入射のエネルギー損失スペクトルで、左側は実験結果、右側は表面プラズモン損失がポアソン分布をすると仮定し、実験結果を Voigt 関数で分解してフィッティングした結果である。各スペクトルが計算によってほぼ再現できていることから、この解析は妥当であると言える。視射角を細かく変化させながら同様の解析を繰り返し、表面プラズモンの平均励起回数をプロットしたものが図 2 である。電子線が表面近傍の真空中を通過する際に表面プラズモンが励起されると仮定した Lucas [1] の式 $\bar{n} = e^2 / 8\epsilon_0 \hbar v \sin \theta$ は図中 Cal.#0 の点線であるが、明らかに実験結果と一致しない。加えて、2.4°、3.2°、4.2° 付近でプラズモン励起回数が異常に増大していることがわかる。

Cal.#1 はプラズモン励起が結晶内に侵入した電子線によっても引き起こされると仮定したもので、異常増強を示す角度範囲以外はこの考え方で説明できることがわかる。また、異常増強が生じているところは反射回折条件を満たす箇所 (ロッキング曲線のピーク) ではなく、バルク構造の Bragg 条件を満たす箇所 (図中の 1 点鎖線) でもない。異常増強の原因に関しては、現在検討中である。

[1] A.A. Lucas and M. Šunjić, Phys. Rev. Lett. **26** (1971) 229.

[2] O.L. Krivanek, et al., **11** (1983) 215.

[3] Y. Horio, Appl. Surf. Sci. **100/101** (1996) 292.

[4] 中原 仁, 表面科学 **24** (2003) 159.

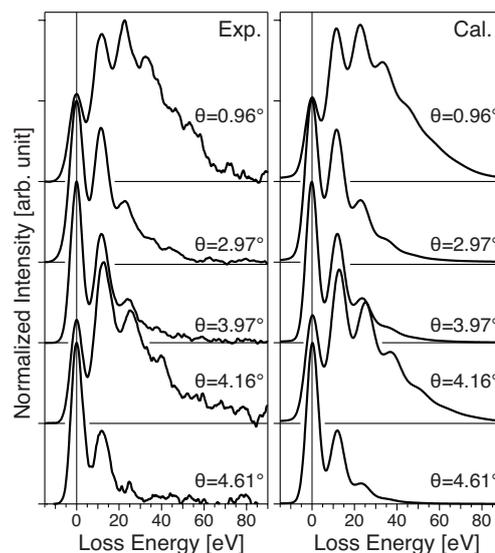


Fig.1: EELS spectra for 4 different glancing angles shown in the figure, experimental data (left) and calculated curves (right).

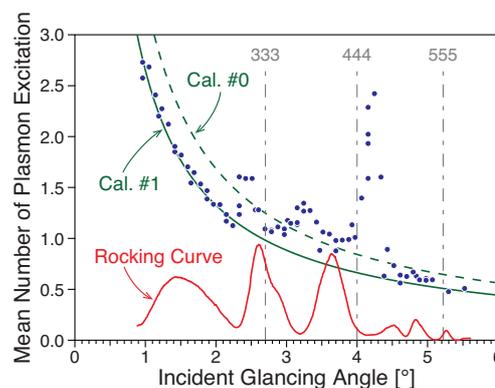


Fig.2: Glancing angle dependence of mean number of plasmon excitation (circles) and specular spot intensity (red line; rocking curve).