

表面プラズモン共鳴による逆光電子放出強度の増強

Enhancement of inverse photoelectron cross section by surface plasmon resonance

千葉大院¹, 千葉大分子キラリティ² 薄井 亮太¹, 榎本 祐生¹, ○吉田 弘幸^{1,2}

Chiba Univ.¹, Chiba Chirality² Ryota Usui¹, Yuki Kashimoto¹, ○Hiroyuki Yoshida^{1,2}

E-mail: hyoshida@chiba-u.jp

半導体では、ホールと電子の両方が機能発現に関与する。ホール伝導をつかさどる価電子帯の観測手段として光電子分光法(PES)が広く普及している。一方、電子伝導に関わる伝導帯の測定法としては逆光電子分光法(IPES)が有力な手段である。しかし、信号強度がきわめて低いため、実験がきわめて困難である。理論研究によると、IPES 過程の断面積は PES 過程に比べ 10^{-5} しかない[1]。信号対雑音比や分解能が低く、高精度測定が実現できない。本研究では、金属の表面プラズモン共鳴(SPRs)により、IPES の信号強度の飛躍的な増強を試みた。

IPES は、試料に照射した電子が空準位に緩和する際の発光を検出する。従来の IPES では、検出光は波長 130 nm の真空紫外光であり、SPRs 波長領域外であった。しかし、我々が 2012 年に開発した低エネルギー逆光電子分光法 (LEIPS)では近紫外・可視光を検出するため、SPRs が適用可能である [2]。また、電子エネルギーを掃引しながら、検出光波長を固定してバンドパスフィルターで光検出するため、検出光波長を SPRs 共鳴波長に合わせたり、増強機構を詳細に検討することが容易である。

まず、400 nm 付近に SPRs 波長をもつ銀ナノ粒子を取り上げた。平均膜厚 3 nm、30 nm で真空蒸着し、ナノ粒子の粒径や形状を AFM によって確認した (Fig.1)。この銀ナノ粒子について消光率を測定したところ、SPRs による吸収と考えられるピークが、銀の平均膜厚 3 nm で

は波長 567 nm、平均膜厚 30 nm では波長 383 nm に観測された。

この試料について LEIPS を測定したところ、通常の Ag 薄膜と同様のスペクトルが得られた。260 nm から 525 nm の範囲で波長を変えて測定したところ、信号強度は測定波長に大きく依存した。その強度をまとめたのが Fig.2 である。消光率の波長依存とよく一致することから、信号増強は SPRs によるものと考えられる。SPRs の領域外である波長 260 nm で測定したスペクトルに比べ、銀の平均膜厚 3 nm と 30 nm で、それぞれ 19 倍、16 倍に増強された。

有機半導体研究への応用についても述べる。

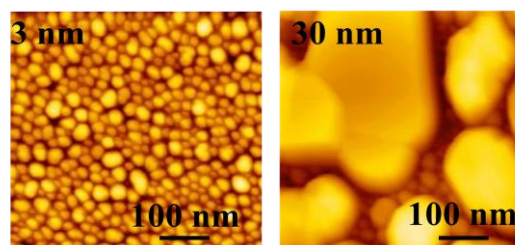


Fig.1 AFM images of Ag nanoparticles

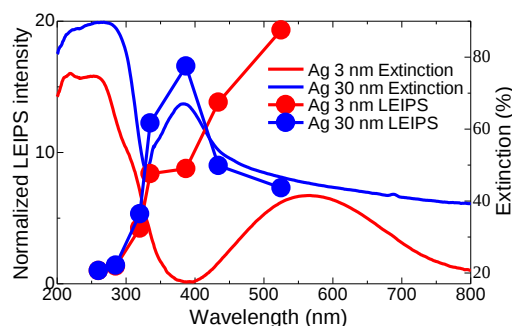


Fig.2 LEIPS intensity and extinction

[1] Pendry, *Phys. Rev. Lett.* **45**, 1356 (1980).

[2] Yoshida, *J. Electron Spectrosc. Relat. Phonom.* **204**, 116 (2015).