

NEA 表面を利用した伝導電子エネルギーの直接測定

Direct Energy Measurement of Conduction Electron Utilizing NEA Surface

名大院工, °市橋 史朗, 志村 大樹, 西谷 健治, 原田 俊太, 桑原 真人,
伊藤 孝寛, 田川 美穂, 宇治原 徹

Nagoya Univ., °Fumiaki Ichihashi, Daiki Shimura, Kenji Nishitani, Shunta Harada,
Makoto Kuwahara, Takahiro Ito, Miho Tagawa, and Toru Ujihara

E-mail: ichihashi@sic.numse.nagoya-u.ac.jp

【背景】中間バンド型太陽電池は、禁制帯中に形成した中間バンドを介した励起を利用し、禁制帯幅より小さいエネルギーの光を吸収することで高効率化を目指す太陽電池である。現在、量子ドット超格子構造などで形成されるミニバンドを中間バンドとして利用した構造が検討されている[1]。中間バンド型太陽電池においては、キャリアがどの準位に励起され、どのような拡散・緩和過程を経て電極から取り出されるかを綿密に設計し、実現していく必要がある。そのためには、実際に作製した試料における伝導電子の挙動を観察し、新たな試料構造へフィードバックすることが中間バンド型太陽電池の研究を加速させるうえで重要といえる。

本研究では負の電子親和性(Negative Electron Affinity: NEA)表面からの電子放出を利用することで、伝導帯を伝導する電子をそのまま真空中に取り出し、その運動エネルギーを角度分解光電子分光法により測定する手法を提案する。

【手法の概要】 半導体表面に NEA 表面を形成した時の半導体とアナライザー間のポテンシャルダイアグラムを Fig. 1 に示す。NEA 表面では真空準位が伝導帯の底よりも低い位置に下がっている。励起光の照射により伝導帯に励起された電子は表面に拡散し、表面の薄いポテンシャル障壁をトンネルして真空中に飛び出す。真空中に飛び出した電子は試料にかけられたバイアスにより加速されアナライザーへと導かれる。Fig. 1 よりアナライザーの仕事関数とバイアスが既知であるため、電子の運動エネルギーを測定することで、伝導帯中を伝導する電子のエネルギーを決定できる。さらに、角度分解測定を行うことで、伝導帯バンドを直接観察することも可能となる。

【手法の実証】 本手法の検証として、GaAs の伝導帯電子のエネルギー測定を行った。試料には p-GaAs(001)基板(Zn ドープ濃度 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)を用いた。450°C で 1 時間の加熱洗浄を行い表面の酸化物を除去した後、Cs と O_2 の交互供給により NEA 表面を作製した。試料に -20 V のバイアスをかけ、1.71 eV のレーザー光を照射して測定を行った。Fig. 2 は測定された電子分布マッピング像である。横軸は電子の放出角度である。下に凸の放物線上のピークが観察され、伝導帯の Γ 点付近を伝導してきた電子が測定できているのがわかる。また、伝導帯の底に緩和した電子だけでなく、よりエネルギーの高いホットキャリアも観測されていることがわかる。このように本手法では伝導帯のバンド構造は勿論のこと、さらに、その中で緩和している電子も観察できるため、試料のキャリア生成層厚さを変化させた測定や時間分解測定を行うことでキャリアの緩和過程を理解できるようになると期待される。[1] Y. Okada *et al.*, J. Appl. Phys., Vol. 109, No. 024301 (2011).

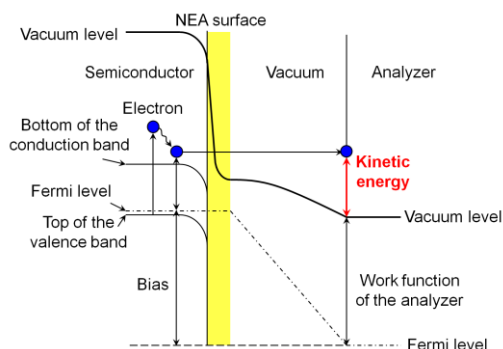


Fig. 1 Potential diagram between sample and analyzer

The vacuum level becomes lower than the bottom of the conduction band. Difference of the Fermi level between the sample and the analyzer is the same as the bias applied to the sample. Since the work function of the analyzer and bias are known, the energy of electrons in the sample can be determined by measuring the kinetic energy.

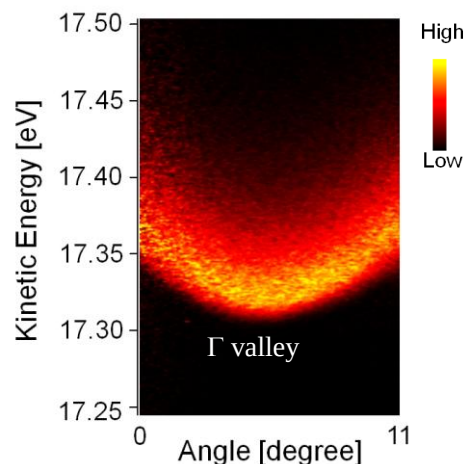


Fig. 2 Electron distribution mapping