

光るIV族

波多腰 玄一

(株式会社 東芝)

ご記憶の方も多いと思うが、2年前の秋季応用物理学会初日の国際フェロー特別講演会でマックス・プランク固体研究所名誉所長のクワイサー (H. J. Queisser) 教授による“Equilibrium”と題した講演が行われ、“平衡”にまつわる話題が紹介された。同教授とショックレー博士との共著による太陽電池効率の“詳細バランス限界”に関する1961年の論文は、発表当時はほとんど注目されなかったそうであるが、今では“ショックレー-クワイサー限界”として太陽電池の教科書で必ず引用される論文である。黒体輻射理論から出発して、熱平衡条件から効率限界を導く内容は、この分野に馴染みのない読者にも理解しやすい。この論文で面白いと思うのは、効率限界を表す式の中に半導体 (Si) の発光再結合確率が入っていることである。一般に Si のような間接遷移型の発光再結合確率は直接遷移型に比べて6桁程度低く、ほとんど無視しても差し支えないように思われるが、これを0にすると太陽電池の効率も0になってしまう。このトリックは論文の式を眺めてみるとわかるが、いずれにしても式の上では発光再結合は必ずなければならない。ナノ構造による Si の発光が注目され始めたのは1990年頃からであるが、少なくとも1961年当時から“Siは光る”ことになっていたわけである。

太陽電池では、もうひとつ“ヤブロノビッチ限界”とよばれている効率限界がある。これは光の取り込み効率に関するもので、やはり黒体輻射の平衡条件において光子の状態密度が屈折率の2乗に比例することから導かれる。これはいわゆる輝度不変の法則に相当し、光取り込み効率とは逆の光取り出し効率にも適用される。この限界は構造の工夫次第で回避可能なので、あまり取り上げられていないようだが、原理限界という点では重要である。

“ショックレー-クワイサー限界”も“ヤブロノビッチ限界”も、単純な仮定から出発して原理限界が導かれるという点で興味深い。ナノ技術の原理の理解ということになると、なかなかそうはいかないかもしれないが、最近のナノ技術の進展はIV族発光にも大きく貢献しているので、やはり“なぜそうなるのか”という点は大いに興味のあるところである。

文 献

- 1) W. Shockley and H. J. Queisser: “Detailed balance limit of efficiency of p-n junction solar cells,” J. Appl. Phys., **32** (1961) 510-519.
- 2) E. Yablonovitch: “Statistical ray optics,” J. Opt. Soc. Am., **72** (1982) 899-907.