

バイポーラトランジスタの動作に関する新仮説 — トランジスタ光動説 —

New Hypothesis about Operation of Bipolar Transistor Using Internal Photovoltaic Effect Model

京都大学エネルギー理工学研究所, 岡本賢一郎 (D), 岡本研正[○], 森下和功

Kyoto Univ., Inst. of Advanced Energy, Ken-ichiro Okamoto, Kensho Okamoto, Kazunori Morishita

バイポーラトランジスタ (接合型トランジスタ、以下トランジスタと記す) は 1948 年、米国 Bell 研究所の W. Shockley により発明された。トランジスタは 1970 年代に IC 化されるととも高度な発展を遂げて今日の情報化社会を招いた。だがトランジスタ動作に関しては未知の部分があるにもかかわらず、その説明に関しては 70 余年前の「ベース層におけるキャリア拡散説」しかなく、この難しい理論が今日でも世界中の専門書や教科書に記述されている。

こうした従来説に対して 2011 年、香川大学の岡本は、トランジスタはその結晶チップ内の 2 つの PN 接合間の相互光起電力効果により動作しているという大胆な「トランジスタ光動説」を発表した⁽¹⁾。我々は、この光動説の真偽を確かめるために様々な古典的メタルケース型トランジスタを解体するなどして、トランジスタの裸チップについて様々な測定や観察を行っている。

トランジスタの素材である Ge や Si は間接遷移型半導体であるため LED や LD (レーザーダイオード) のような発光は起きないとされている。岡本は 2010 年、Si フォトダイオードや Si トランジスタの裸チップにおいて、PN 接合の順方向に電流を流すと顕著な発光 (1130nm 付近の近赤外光) が起きることを観察し、これが光動説の根拠となった。Fig.1 は Si パワートランジスタ 2SB558 (東芝、PNP 型) においてエミッタからベースに 50mA の電流を流したときの Si チップ (4mm×4mm) の発光 (1130nm) 映像である。Fig.1 から確かに Si チップは発光していることがわかる。なお同試料において、コレクタからベースに電流 50mA を流した場合も Fig.1 と全く同様の発光映像が得られる。

Fig.1 試料のエミッタ E・ベース B 間または

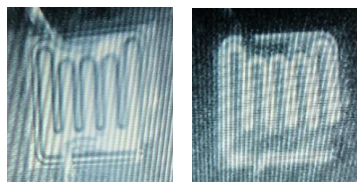


Fig.1 1130nm light emission of a Si transistor chip.
(Left) No current, (Right) 50mA current passed.

コレクタ C・B 間に電流 (I_{EB} 、 I_{CB}) を流した場合の入力電流と Si チップの発光強度 (InGaAs フォトダイオードセンサの光電流 I_p に比例する) の関係を調べたものが Fig.2 である。

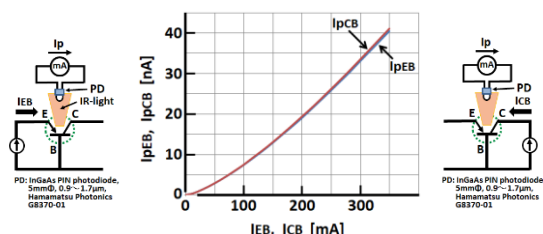


Fig.2 Relationship between input current to Si chip
Emission light intensity.

Fig.2 から Si トランジスタチップはエミッタ入力電流 I_{EB} およびコレクタ入力電流 I_{CB} に対してあたかも LED のように発光することがわかる。また、Fig.1 の Si チップに Fig.3 のように強力な LED 光 (660nm、100mW) を照射するとエミッタ・ベース間、コレクタ・ベース間には Si 太陽電池 (1-cell 型) 並の約 0.6V の光起電力が生じる。このとき C・B 間、E・B 間をそれぞれ短絡すると 1mA 以上の光電流が流れる。

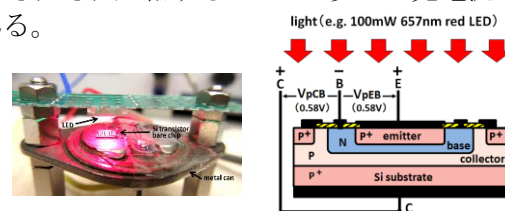


Fig.3 LED irradiation onto the Si transistor chip
and occurrence of photovoltaic effect in the chip.

このように Si トランジスタチップは内部光にも外部光にも大きな光感度を有しているという事実は光動説を支持するものである

Reference

- (1) Kensho Okamoto; Novel Theory on the Operation of Bipolar Junction Transistor Using Internal Photovoltaic Effect Model, ISDRS (International Semiconductor Device Research Symposium) 2011, Dec.7, 2011, College Park, MD, USA, Paper No. WP5-06_002

著者 Email:okamotokensho@gmail.com