

# テラヘルツ分光による GaAs 太陽電池内部の光励起キャリア評価

## Photoexcited carriers in GaAs solar cells evaluated by THz spectroscopy

○山下 元気<sup>1</sup>、松原 英一<sup>1,2</sup>、永井 正也<sup>1</sup>、金 昌秀<sup>3</sup>、秋山 英文<sup>3</sup>、金光 義彦<sup>4</sup>、  
芦田 昌明<sup>1</sup>(1. 阪大基礎工、2. 大阪歯科大、3. 東大物性研、4. 京大化研)

○Genki Yamashita<sup>1</sup>, Eiichi Matsubara<sup>1,2</sup>, Masaya Nagai<sup>1</sup>, Changsu Kim<sup>3</sup>, Hidefumi Akiyama<sup>3</sup>,  
Yoshihiko Kanemitsu<sup>4</sup>, Masaaki Ashida<sup>1</sup> (1. Osaka Univ., 2. Osaka Dental Univ.,  
3. Tokyo Univ., 4. Kyoto Univ.) E-mail: [yamashita@laser.mp.es.osaka-u.ac.jp](mailto:yamashita@laser.mp.es.osaka-u.ac.jp)

光ポンプ・テラヘルツプローブ分光は、非接触かつピコ秒の時間分解能で半導体中の光励起キャリアの時空間ダイナミクスを観測することができる。我々はこれまで Si や  $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$  単結晶などの太陽電池材料中の光励起キャリアダイナミクスをこの手法を用いて解明した[1,2]。この手法はデバイス内部のキャリア応答にも展開可能だが、 $10^{18} \text{ cm}^{-3}$  程度のキャリアがドーパされた半導体多層膜は低周波領域に強い吸収があり、これが光学測定 of の妨げになってしまうという問題があった。今回、我々は各層ごとのプラズマ周波数の相違を巧みに利用することで、太陽電池デバイス中のキャリア密度依存性を調べることに初めて成功したので報告する。

図1に試料として用いた GaAs *p-i-n* 接合デバイスを示す。波長 800 nm の励起光パルスを垂直入射で照射した後の複素反射率変化をテラヘルツ時間領域分光により測定した。なお、*p* 層と *n* 基板のプラズマ周波数はそれぞれ  $\omega_{p,p} = 3.2 \text{ THz}$  と  $\omega_{p,n} = 18 \text{ THz}$  であるため、この間の周波数領域では空乏層近傍のキャリア応答が反射率に反映される。図2に得られた反射スペクトルと位相シフトを示す。5 THz 付近に積層構造でのファブリペロー干渉構造によるディップ構造が生じる。光励起パルスによって空乏層近傍に  $4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  程度のキャリアが生成されると、この構造は約 0.5 THz 高周波にシフトした。実験結果は太陽電池各層の誘電率をドルーデ・ローレンツモデルで仮定し、誘電体多層膜の反射率として数値解析することで再現可能である。これは本手法により太陽電池内部に生成した光励起キャリア密度や時間発展の定量的評価ができることを示している。

[1]G. Yamashita *et al.*, Appl. Phys. Lett. **105**, 231118 (2014)., [2]L. Q. Phuong *et al.*, Appl. Phys. Lett. **105**, 231902 (2014).

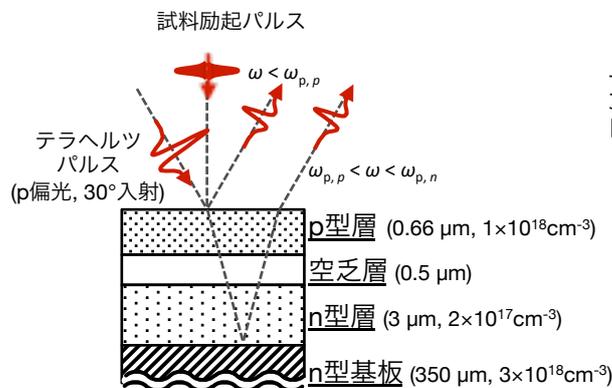


図1. GaAs太陽電池試料と実験配置.

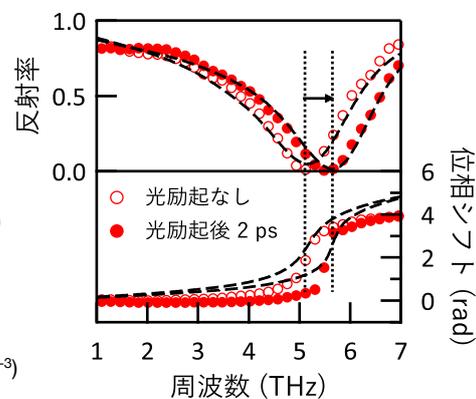


図2. 波形のフーリエ変換から得た反射スペクトルと位相シフト.