

# 複晶矽異質結構太陽能電池非晶矽膜層最佳化模擬

溫世傑、張國雄

E-mail: 317679@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

本研究是應用 ATLAS 模擬軟體複晶矽異質結構太陽能電池中各非晶矽膜層厚度和能隙對於元件效率的影響。我們考慮各層矽膜在同樣的缺陷密度的情況下，矽膜厚度及能隙的改變，使得開路電壓 (Voc) 和短路電流 (Jsc) 受到光吸收、電場與載子複合的影響而有所改變，我們發現 i-layer 隨著能隙變化造成開路電壓 (Voc) 及短路電流 (Jsc) 的改變，以及 n-layer 厚度降低造成開路電壓的增加，考慮背部電場 (Back Surface Field, or BSF) 厚度與消光係數 (Extinction Coefficient) 的匹配，再進行能隙的最佳化，透過調變漸進式能隙本質層的方式，充分利用各層吸收各頻率光波長，使此複晶矽異質結構太陽能電池能達到最佳化的效率為 9.9 %。

關鍵詞：複晶矽、太陽能電池

## 目錄

封面內頁 簽名頁 授權書 . . . . .	iii	中文摘要 . . . . .	iv
. . . . .	iv	Abstract . . . . .	v
. . . . .	vi	目錄 . . . . .	viii
. . . . .	x	圖目錄 . . . . .	xiii
. . . . .	xiii	表目錄 . . . . .	xviii
第一章 緒論 . . . . .	1	1.1 前言 . . . . .	1
. . . . .	1	1.2 研究背景 . . . . .	2
. . . . .	3	1.3 研究目的 . . . . .	2
第二章 實驗原理 . . . . .	4	2.1 太陽能電池的種類 . . . . .	4
. . . . .	4	2.1.1 單晶矽太陽能電池 . . . . .	4
. . . . .	5	2.1.2 多晶矽太陽能電池 . . . . .	4
. . . . .	5	2.1.3 非晶矽太陽能電池 . . . . .	6
. . . . .	5	2.1.4 化合物半導體太陽能電池 . . . . .	7
. . . . .	5	2.1.5 染料敏化型 (Dye-Sensitized Solar Cells ; DSS C) 太陽能電池 . . . . .	8
作原理 . . . . .	10	2.2 太陽能電池元件運作原理 . . . . .	10
. . . . .	10	2.2.1 基本太陽能電池運作原理 . . . . .	10
. . . . .	12	2.2.2 決定太陽能電池的效率因素 . . . . .	12
. . . . .	12	2.3 太陽光譜 . . . . .	16
第三章 TCAD 元件模擬軟體 . . . . .	18	3.1 TCAD 元件模擬軟體介紹 . . . . .	18
. . . . .	18	3.2 物理模型 . . . . .	19
. . . . .	19	3.3 載子復合模型 . . . . .	19
. . . . .	21	3.4 光源模擬 . . . . .	23
. . . . .	24	4.1 前言 . . . . .	24
. . . . .	25	4.2 設定材料參數 . . . . .	24
. . . . .	25	4.3 改變 i-a-Si 厚度參數 . . . . .	27
. . . . .	30	4.4 改變 n-a-Si 厚度參數 . . . . .	30
. . . . .	30	4.5 改變 BSF i-a-Si 以及BSF p-a-Si 厚度參數 . . . . .	32
. . . . .	42	4.6 改變 i-a-SiGe 能隙參數 . . . . .	42
. . . . .	42	4.7 改變 BSF i-a-SiGe 以及BSF p-a-SiGe 能隙參數 . . . . .	44
. . . . .	46	4.8 模擬結果討論 . . . . .	46
. . . . .	46	第五章 結論 . . . . .	47
. . . . .	48	參考文獻 . . . . .	48

## 參考文獻

- [1] SANYO Developa HIT Solar Cells with World ' s Highest Energy Conversion Efficiency of 23.0 %,Tokyo,May 22, 2009---SANYO Electric Co., Ltd.
- [2] L. Zhao, C.L. Zhou, H.L. Li, H.W. Diao, W.J. Wang, " Design optimization of bifacial HIT solar cell on p-type silicon substratesby simulation " , Solar Energy Materials & Solar Cell 90 (2008) 673-681.
- [3] L. Zhao, C.L. Zhou, H.L. Li, H.W. Diao, W.J. Wang, " Optimized resistivity of p-type Si substrate for HIT solar cell with Al back surface field by computer simulation " , Solar Energy 83 (2009) 812-816.
- [4] Norberto Hernandez-Como and Arturo Morales-Acevedo, Centro de Investigacion y de Estudios Avanzados del IPN, " Hetero-junction (HIT) silicon solar cell model for AMPS-1D simulation " , 2008 5th International Conference on Electrical Engineering, Computing Science and Automatic Control (CCE 2008).
- [5] Chandan BANERJEE, Kannan Lakshmi NARAYANAN, Keisuke HAGA, Jaran SRITHARATHIKHUN, Shinsuke MIYAJIMA, Akira

- YAMADA1, and Makoto KONAGAI, " Fabrication of Microcrystalline Cubic Silicon Carbide/Crystalline Silicon Heterojunction Solar Cell by Hot Wire Chemical Vapor Deposition " , Japanese Journal of Applied Physics Vol. 46, No. 1, 2007, pp. 1 – 6.
- [6] M.W.M. van Cleef, F.A. Rubinelli, J.K. Rath, R.E.I. Schropp, W.F. van der Weg, R. Rizzoli, C. Summonte, R. Pinghini, E. Centurioni, R. Galloni, " Photocarrier collection in a-SiC:H/c-Si heterojunction solar cells " , Journal of Non-Crystalline Solids 227 – 230 \_1998. 1291 – 1294.
- [7] Bingyan Ren, Yan Zhang, Bei Guo, Bing Zhang, Hongyuan Li, Wenjing Wang, Lei Zhao, Computer Simulation of p-a-Si:H/n-c-Si Heterojunction Solar Cells, Proceedings of ISES Solar World Congress 2007 [8] M. Tanaka, S. Okamoto, S. Tsuge and S. Kiyama, " Development of HIT solar cells with more than 21% conversion efficiency and commercialization of highest performance HIT modules " , Third World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, (Osaka 2003) 955-958.
- [9] 鄭晃中、戴寶通 教授，太陽能電池技術手冊，台灣電子材料與元件協會。
- [10] 施敏，半導體元件物理與製作技術，國立交通大學出版社。
- [11] 陳宗隴，影響硒化銅銦鎵太陽能電池表現之元件特性。
- [12] 趙雷，周春，李海玲，刁宏，王文，" a-Si(n) / c-Si(P)異質太陽電池薄膜矽背場的模擬優化 " ，物理 Vol.57, No.5, May, 2008。
- [13] 胡志華，廖顯伯，刁宏，曾湘波，徐月，張世斌，孔光，" 非晶矽/晶體矽異質結太陽電池計算機模擬 " ，太陽能學報 增刊 2003年4。
- [14] 林生，段開敏，馬雷，" 異質結矽太陽能電池 a-Si:H 薄膜的研究 " ，光電子。激光第13卷第5期2002年5月。
- [15] 林生，段開敏，馬雷，" a-SiC/c-Si異質結太陽能電池設計分析 " 半導體學報 Vol.23, No.5。