

## OPTIMASI NILAI KONSENTRASI DOPAN FOSFOR PUNCAK DAN KEDALAMAN *JUNCTION* UNTUK PROFIL DISTRIBUSI DOPAN ERFC DAN GAUSSIAN PADA SEL SURYA SILIKON MONOKRISTAL

Oleh

Mohammad Rizaldo Adi Gurasto  
10/301798/TK/37160

Diajukan kepada Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknik  
Universitas Gadjah Mada pada 13 Januari 2015  
untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh derajat  
sarjana S-1 Program Studi Teknik Fisika

### INTISARI

Efisiensi sel surya silikon monokristal komersial dengan struktur *p-n junction* tunggal (*single junction*) berkisar antara 16 – 18%. Nilai tersebut masih jauh dari batas puncak efisiensi teoritis untuk sel surya *p-n junction* tunggal, yaitu 30%. Untuk dapat mengoptimalkan potensi kinerja sel surya silikon monokristal dengan struktur *p-n junction* tunggal, penelitian peningkatan kinerja sel surya perlu dilakukan. Salah satu metode peningkatan kinerja sel surya adalah dengan optimasi variabel konsentrasi dopan fosfor puncak ( $N_{D0}$ ) dan kedalaman *junction* ( $x_j$ ) pada lapisan emiter tipe-n.

Pada penelitian ini, simulasi komputer dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh  $N_{D0}$  dan  $x_j$  terhadap parameter kinerja dan untuk mendapatkan nilai optimum  $N_{D0}$  dan  $x_j$ . Nilai parameter dasar sel surya pada simulasi antara lain adalah hambatan kontak emiter sebesar  $0,3 \Omega$ , ketebalan *wafer*  $300 \mu\text{m}$ , konsentrasi dopan *bulk* senilai  $1,84 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ , waktu hidup pembawa muatan *bulk*  $51 \mu\text{s}$ , *front-surface recombination velocity* (FSRV)  $100 \text{ cm/s}$ , dan *back-surface recombination velocity* (BSRV)  $1 \times 10^5 \text{ cm/s}$ . Hasil simulasi menunjukkan bahwa penurunan  $N_{D0}$  dan  $x_j$  secara umum meningkatkan nilai parameter kinerja sel surya. Khusus pada nilai  $N_{D0}$  rendah (sekitar  $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ), peningkatan nilai  $x_j$  sedikit meningkatkan nilai  $I_{SC}$  dan  $P_{MAX}$ .

Hasil optimasi tanpa batasan desain menghasilkan nilai  $N_{D0}$  dan  $x_j$  optimum sebesar  $5 \times 10^{17} - 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  dan  $6,00 - 10,00 \mu\text{m}$  dengan efisiensi 18,30 – 18,32% untuk profil Erfc dan  $7 \times 10^{17} - 8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  dan  $6,20 - 9,80 \mu\text{m}$  dengan efisiensi sekitar 18,30% untuk profil Gaussian. Hasil optimasi dengan batasan desain hambatan kontak spesifik ( $\rho_c$ )  $\leq 1 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}^2$  dan hambatan keping ( $R_{sheet}$ )  $\leq 100 \Omega/\text{sq}$  menghasilkan dua kelompok nilai  $N_{D0}$  dan  $x_j$  optimum. Kelompok pertama adalah untuk desain menggunakan kontak logam dengan nilai *Schottky barrier* ( $\phi_B$ ) sekitar 0,4 eV dan kelompok kedua adalah untuk desain menggunakan kontak logam perak (Ag) dengan  $\phi_B$  sekitar 0,8 eV. Nilai optimum kelompok pertama menghasilkan efisiensi optimum sebesar sekitar 18,20% baik untuk profil Erfc maupun Gaussian, sedangkan nilai optimum kelompok kedua menghasilkan efisiensi optimum sebesar 17,78% untuk profil Erfc dan 17,72% untuk profil Gaussian.

**Kata kunci :** Konsentrasi dopan fosfor puncak, kedalaman *junction*, hambatan kontak spesifik, hambatan keping, pembawa muatan minoritas

Pembimbing Utama : Ferdiansjah, S.T., M.Eng.Sc.

Pembimbing Pendamping : Faridah S.T., M.Sc.

## OPTIMIZATION OF PEAK PHOSPHORUS DOPANT CONCENTRATION AND JUNCTION DEPTH FOR ERFC AND GAUSSIAN DOPANT DISTRIBUTION PROFILE ON MONOCRYSTALLINE SILICON SOLAR CELL

By

Mohammad Rizaldo Adi Gurasto  
10/301798/TK/37160

Submitted to the Department of Physics Engineering Faculty of Engineering  
Gadjah Mada University on January 13, 2015  
in partial fulfillment of the degree of bachelor of engineering in Engineering  
Physics

### ABSTRACT

The efficiency of commercial, single junction monocrystalline silicon solar cell is in the range of 16 – 18%. It is still far from theoretical limit of efficiency for single junction cell, which is around 30%. To optimize the performance of a single junction monocrystalline silicon solar cell, a performance-improvement research is needed. One of the methods for improving the performance of a solar cell is by optimizing the value of peak phosphorus dopant concentration ( $N_{D0}$ ) and junction depth ( $x_j$ ) on the n-type emitter layer.

In this study, computer simulation is performed to analyze the effect of  $N_{D0}$  and  $x_j$  on performance parameters and to find optimum value for  $N_{D0}$  and  $x_j$ . Solar cell base parameters for the simulation are emitter contact resistance of 0.3  $\Omega$ , wafer thickness of 300  $\mu\text{m}$ , bulk dopant concentration of  $1.84 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ , bulk carrier lifetime of 51  $\mu\text{s}$ , front-surface recombination velocity (FSRV) of 100 cm/s, and back-surface recombination velocity (BSRV) of  $1 \times 10^5$  cm/s. Result of the simulation shows that lowering  $N_{D0}$  and  $x_j$  generally increases the value of solar cell performance parameters. In special case, on low  $N_{D0}$  (around  $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ), increasing  $x_j$  increases  $I_{SC}$  and  $P_{MAX}$ .

Optimization without design limitation results in optimum value for  $N_{D0}$  and  $x_j$  of  $5 \times 10^{17} - 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  and 6.00 – 10.00  $\mu\text{m}$ , with efficiency of 18.30 – 18.32% for Erfc profile and  $7 \times 10^{17} - 8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  and 6.20 – 9.80  $\mu\text{m}$  with efficiency of around 18.30% for Gaussian profile. Optimizing with design limitation of specific contact resistance ( $\rho_c$ )  $\leq 1 \text{ m}\Omega\text{-cm}^2$  sheet resistance ( $R_{sheet}$ )  $\leq 100 \Omega/\text{sq}$  results in two groups of optimum value for  $N_{D0}$  and  $x_j$ . The first group is for a design using metal contact which has Schottky barrier value ( $\phi_B$ ) of around 0.4 eV and the second group is for a design using typical silver (Ag) contact with  $\phi_B$  around 0.8 eV. The optimum value for the first group results in optimum efficiency of around 18.20% for both Erfc and Gaussian profile, while the optimum value for the second group results in optimum efficiency of 17.78% for Erfc profile and 17.72% for Gaussian profile.

**Key words :** Peak phosphorus dopant concentration, junction depth, specific contact resistance, sheet resistance, minority carrier

Supervisor : Ferdiansjah, S.T., M.Eng.Sc.

Co-Supervisor : Faridah S.T., M.Sc.