

ABSTRAK

PENGEMBANGAN SEL SURYA BERBAHAN DASAR TITANIUM DIOKSIDA DENGAN PENAMBAHAN IMPURITAS DAN PENYISIPAN PARTIKEL TEMBAGA MENGGUNAKAN METODE *PULSE VOLTAGE ELECTROPLATING*

Oleh
MAMAT ROKHMAT
NIM. 30212005
(Program Studi Doktor Fisika)

Peningkatan efisiensi sel surya berbahan dasar TiO_2 telah berhasil dilakukan dengan penambahan impuritas *copper(II) nitrate trihydrate* (Cu-NT) maupun partikel tembaga oksida (CuO) pada lapisan TiO_2 . Sel surya ini tersusun atas *transparent conducting electrode* (TCO), lapisan TiO_2 sebagai lapisan aktif, polimer elektrolit sebagai media transpor lubang dan aluminium sebagai *counter electrode*. Efisiensi sel surya meningkat menjadi 0,04% untuk penambahan dengan Cu-NT dan sebesar 0,17% untuk penambahan dengan partikel CuO. Efisiensi sel surya meningkat seiring dengan meningkatnya fraksi berat Cu-NT maupun partikel CuO yang ditambahkan sampai mencapai nilai optimum saat fraksi berat Cu-NT sebesar 1,4 %wt dan penambahan partikel CuO sebesar 1,8 %wt. Keberadaan impuritas ini mampu memperbaiki spektrum serapan lapisan TiO_2 sehingga dapat meningkatkan kinerja sel surya.

Untuk memperbaiki proses transpor elektron yang telah dihasilkan pada lapisan TiO_2 maka dilakukan penyisipan partikel logam tembaga (Cu) pada ruang di antara partikel-partikel TiO_2 . Penyisipan partikel tembaga dilakukan pada lapisan TiO_2 yang mengandung 1,4 %wt Cu-NT menggunakan metode *traditional electroplating* (TEP) dengan sumber tegangan konstan sebesar 5 volt selama 10 detik. Efisiensi sel surya sebesar 0,35% dengan *fill factor* (FF) sebesar 0,31 diperoleh setelah dilakukan penyisipan partikel tembaga dan jumlah kandungan partikel tembaga sebesar 5,77%. Keberadaan partikel tembaga ini mampu memperbaiki proses transpor elektron menuju elektroda utama, sehingga mengurangi proses rekombinasi antara elektron dan lubang.

Metode *pulse voltage electroplating* (PVEP) telah berhasil dikembangkan untuk mengontrol kandungan partikel tembaga yang tersisipkan pada lapisan TiO_2 . Jumlah kandungan partikel tembaga dapat dikontrol melalui pengaturan *duty cycle* dan lamanya waktu elektroplating. Peningkatan performansi sel surya pun berhasil dicapai dengan penyisipan partikel tembaga menggunakan metode PVEP ini. Dengan menggunakan *duty cycle* 60% selama 30 detik, efisiensi tertinggi sel surya dapat dicapai, yaitu sebesar 2,21% dengan FF sebesar 0,30. Pengembangan model matematis pun diusulkan untuk menjelaskan hubungan antara kandungan partikel tembaga dengan efisiensi sel surya yang diperoleh. Model yang diusulkan pun memiliki kedekatan nilai dengan data eksperimen yang diperoleh.

Treatment sel surya dengan NaOH berhasil meningkatkan performansi sel surya. Efisiensi sel surya meningkat menjadi 3,5% dan FF sebesar 0,40 setelah dilakukan NaOH *post-treatment*. Peningkatan ini terjadi karena pengaruh penambahan ion Na^+ meningkatkan konduktivitas ionik elektrolit. Di samping itu, ketika NaOH *post-treatment* dilakukan maka tingginya luas permukaan spesifik terbentuk pada *counter electrode* aluminium. Akibatnya, hal ini akan meningkatkan kontak antara aluminium dan elektrolit.

Kata kunci: titanium dioksida, sel surya, *copper(II) nitrate trihydrate*, partikel CuO, partikel tembaga, metode elektroplating, *pulse voltage electroplating*

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF TITANIUM DIOXIDE BASED SOLAR CELL BY ADDITION OF IMPURITY AND COPPER PARTICLE INSERTION USING PULSE VOLTAGE ELECTROPLATING METHOD

By
MAMAT ROKHMAT
NIM. 30212005
(Doctoral Program in Physics)

Efficiency improvement of TiO₂ based solar cells has been done successfully by adding copper (II) nitrate trihydrate (Cu-NT) and copper oxide (CuO) particle impurity to TiO₂ layer. This solar cell is a multilayer sandwich containing a transparent conducting electrode (TCO), a TiO₂ active layer, a polymer electrolyte as a hole transport medium and an aluminum as a counter electrode. The solar cell efficiencies increased up to 0.04% and 0,17% for the addition of Cu-NT and CuO particles to TiO₂ layer, respectively. Efficiency of the cell increases with the weight fraction of Cu-NT and CuO particles that was added to TiO₂ layer until achieve the optimum value, i.e. when the weight fraction of Cu-NT at 1.4% wt and CuO particles at 1.8% wt. The presence of an impurity is able to improve the absorption spectrum of the TiO₂ layer so as to improve the performance of the solar cells.

To improve the electron transport process that has been generated in the TiO₂ layer, the insertion of copper (Cu) particles on the space between the particles of TiO₂ was used. The insertion of copper particles was performed on the TiO₂ layer containing of 1.4 %wt of Cu-NT using a traditional electroplating method (TEP) with a constant voltage source of 5 volt for 10 seconds. The efficiency of 0.35% and the fill factor (FF) of 0.31 was achieved after the insertion of the copper particles, where the number of copper particles content was 5.77%. The presence of copper particles is able to improve electron transport process to quickly move to the primary electrode, thereby reducing the recombination between electron and hole.

Pulse voltage electroplating method (PVEP) was developed to control the particle content of copper that was inserted in the TiO₂ layer. Copper particle content can be controlled by setting the duty cycle and the time of electroplating. Solar cell performance improvement was achieved by insertion of a copper particle using this PVEP method. By using a duty cycle of 60% for 30 seconds, the highest efficiency solar cells can be achieved up to 2.21% with a FF of 0.30. Development of a mathematical model was proposed to explain the dependence of copper particles content to the solar cells efficiency. The proposed model also has a closeness with experimental data obtained.

Treatment of solar cells with NaOH was performed to improve the performance of solar cell. The efficiency of the cell improves to 3.5% and and the FF of 0.40 after NaOH post-treatment. This improvement occurred due to the addition of Na⁺ ions

which increases the ionic conductivity of the electrolyte. Besides, when the post-treatment is performed, a high specific surface area is generated in the aluminum counter electrode. Consequently, this will improve the contact between aluminum and the electrolyte.

Keywords: *titanium dioxide, solar cells, copper (II) nitrate trihydrate, CuO particles, copper particles, electroplating method, pulse voltage electroplating*