



DEPOSISI DAN KARAKTERISASI FILM TIPIS CdS/CdTe:Cu YANG DITUMBUHKAN DENGAN METODE DC MAGNETRON SPUTTERING

Syamsul Hadi ✉ Putut Marwoto, Ngurah Made D.P.

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang,
Indonesia, 50229

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima Maret 2013

Disetujui Maret 2013

Dipublikasikan Mei 2013

Keywords:

CdS/CdTe:Cu thin film, Cu doping, morphological structure, optical properties, electrical properties

Abstrak

Film tipis CdS/CdTe:Cu telah ditumbuhkan di atas substrat ITO dengan metode home made dc magnetron sputtering. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh doping Cu terhadap struktur morfologi, sifat optik, dan sifat listrik film tipis CdS/CdTe. Dalam penelitian ini dilakukan variasi konsentrasi doping Cu yaitu 2% dan 5%. Dengan parameter deposisi yang sama penambahan doping Cu menyebabkan morfologi film menjadi lebih rata, meningkatkan koefisien absorpsi, menurunkan resistivitas, dan meningkatkan konduktivitas film. Performansi kelistrikan menunjukkan film sudah mencapai keidealan bentuk sambungan p-n. Film CdS/CdTe:Cu dengan kualitas morfologi, sifat optik dan sifat listrik yang baik sesuai untuk aplikasi sel surya film tipis.

Abstract

CdS/CdTe:Cu thin film have been deposited on the ITO substrates by homemade dc magnetron sputtering method. This research was carried out in order to determine the influence of Cu doping on the morphological structure, optical and electrical properties of CdS/CdTe thin film. This study was done by varying Cu concentrations i.e. 2% and 5%. At same of deposition parameters doped by Cu causes morphology of film becomes more homogen and increases absorption coefficient, decreases resistivity, and increases film conductivity. Electrical characteristic performances of film show an ideal p-n junction. CdS/CdTe:Cu thin film with best qualities of morphological structure, optical and electrical properties are suitable for solar cell applications.

PENDAHULUAN

Generasi pemanfaatan energi matahari sangat diharapkan menjadi suatu teknologi yang sangat menjanjikan untuk pemenuhan energi dalam skala besar. Penggunaan energi matahari ini memperkenalkan tanpa adanya kontaminasi langsung dengan lingkungan sehingga merupakan konsekuensi terhadap perhatian masalah lingkungan global dan krisisnnya energi fosil yang sudah sangat terbatas. Pemanfaatan energi matahari ini yang selanjutnya diubah menjadi energi listrik dan kemudian dikenal dengan istilah sel surya.

Semikonduktor paduan golongan II-VI banyak diminati oleh ahli teknologi dan bidang keilmuan karena celah pita (band gap) energi yang dimiliki menunjukkan sifat-sifat fisik yang baik untuk aplikasi sel surya. Sel surya merupakan bahan semikonduktor yang mempunyai sambungan p-n (p-n junction).

Material CdS dengan struktur heksagonal mempunyai keunggulan untuk aplikasi sel surya sebagai window layer karena band gap dan kestabilannya serta mempunyai lebar pita 2,4 eV pada suhu ruangan.

CdTe telah dijadikan material yang sangat menjanjikan dalam aplikasi bidang fotovoltaiik, detektor sinar X dan detector sinar gamma (Burgelman et al., 2005). CdTe merupakan material direct band gap. Nilai energi bandgap 1.5 eV yang secara sempurna tepat dengan spektrum surya. Performansi sel surya CdTe didasarkan pada formasi barier back contact yang rendah. Hal ini biasanya dengan cara menambahkan material tembaga (Cu) sebagai elemen yang penting selama proses kontak. Karakteristik back contact dan tegangan open-circuit dapat ditingkatkan dengan penambahan sejumlah Cu yang optimal selama proses (Demtsu et al., 2007). Hal tersebut lazim dilakukan karena Cu yang secara cepat berdifusi dari back contact menuju sambungan utama dipercaya bisa meningkatkan kualitas sambungan dan mengurangi degradasi film. Alasan lain Cu digunakan sebagai doping pada film tipis CdTe adalah karena rendahnya level doping dan konsentrasi hole CdTe sehingga Cu meningkatkan jumlah konsentrasi hole sehingga bisa digunakan sebagai doping untuk meningkatkan efisiensi konversi sel surya.

Sel surya heterojunction CdS/CdTe merupakan sebuah pilihan yang sangat tepat untuk generasi sel surya selanjutnya. Sifat optik dan listrik dari struktur heterojunction CdS/CdTe bergantung pada karakteristik window layer, material absorber, kualitas sambungan dan kondisi deposisi. Penelitian Wu et al. (2002) melaporkan bahwa Sel surya CdS/CdTe sudah mampu mencapai efisiensi konversi energi sampai

16,5%. Selanjutnya, film tipis CdTe dengan penambahan doping Cu yang digunakan untuk memperbaiki performansinya dan ditumbuhkan pada film tipis CdS akan membentuk suatu pasangan material yaitu CdS/CdTe:Cu yang ideal untuk aplikasi sel surya.

Doping yang ditambahkan pada deposisi film tipis CdTe umumnya adalah Cu (Tembaga), Si (Silikon), dan P (Phospor). Cu lebih sering digunakan karena kemampuannya untuk meningkatkan konduktivitas film tipis CdTe (Dzhafarov et al., 2005). Pemberian doping Cu juga dapat memperbaiki struktur mikro dan sifat optik CdTe sehingga meningkatkan kualitas film (Rusu, 2005).

Pada penelitian ini film tipis CdS/CdTe:Cu ditumbuhkan dengan home made dc magnetron sputtering. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh doping Cu terhadap struktur morfologi, sifat optik dan sifat listrik film tipis CdS/CdTe:Cu yang dilakukan dengan menambahkan doping Cu pada deposisi film tipis CdS/CdTe. Konsentrasi doping Cu divariasi yaitu 2% dan 5%.

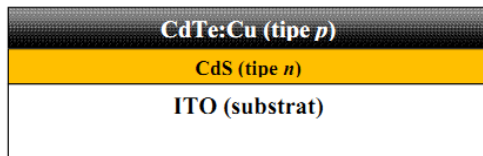
METODE

Film tipis CdS/CdTe, CdS/CdTe:Cu(2%), dan CdS/CdTe:Cu(5%) ditumbuhkan di atas Indium Tin Oxide (ITO) pada temperatur 330 oC dan daya plasma 50 W dengan metode dc magnetron sputtering. Target pelet dibuat dengan sistem pengepresan. Pelet CdS yang dibuat dari serbuk CdS dengan kemurnian 99,99% dengan massa total 15 gram. Mekanisme pembuatannya meliputi penggerusan selama 2 jam, pengepresan dengan sistem pompa hidrolik menjadi pelet dengan diameter 2 cm, pelet disintering pada suhu 700 °C selama 1 jam dan kemudian didinginkan.

Pembuatan target CdTe:Cu(2%) dan CdTe:Cu(5%) dibuat dari serbuk CdTe dan Cu₂Te dengan kemurnian CdTe 99,99% dan Cu₂Te 99,9%. Massa total campuran CdTe dan Cu₂Te adalah 15 gram untuk CdTe:Cu(2%) dan 10 gram untuk CdTe:Cu(5%). Mekanisme pembuatannya meliputi penggerusan selama 2 jam, pengepresan dengan sistem pompa hidrolik menjadi pelet dengan diameter 2,5 cm, kemudian pelet disintering pada suhu 700°C selama 2 jam dan kemudian didinginkan. Selanjutnya, pelet CdS dan CdTe:Cu dapat digunakan sebagai target pendeposisian film tipis CdS/CdTe:Cu.

Mekanisme deposisi dimulai dengan penumbuhan target CdS diatas substrat ITO kemudian hasil dari film tersebut dideposisi kembali

pada target CdTe:Cu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema konfigurasi deposisi film tipis CdS/CdTe:Cu

Parameter deposisi film tipis ditunjukkan pada Tabel 1.

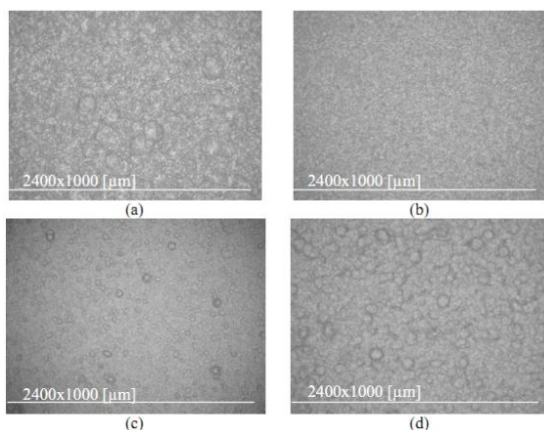
Tabel 1. Parameter deposisi film tipis CdS/CdTe dan CdS/CdTe:Cu

Deskripsi Sampel	Parameter Suhu (T)	Daya Plasma (P)	Waktu Deposisi
CdS	325 °C	43 watt	1 jam
CdS/CdTe	330 °C	50 watt	2,5 jam
CdS/CdTe:Cu(2%)	330 °C	50 watt	2,5 jam
CdS/CdTe:Cu(5%)	330 °C	50 watt	2,5 jam

Film tipis yang telah ditumbuhkan kemudian dikarakterisasi untuk mengetahui sifat-sifatnya. Karakterisasi yang dilakukan adalah CCD Mikroskop, Vis-Nir, dan I-V.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Struktur morfologi (permukaan) film tipis dikarakterisasi menggunakan CCD (charge coupled device) Mikroskop MS-804. Dari karakterisasi CCD Mikroskop MS-804 dihasilkan citra morfologi permukaan film tipis CdS/CdTe, CdS/CdTe:Cu(2%), dan CdS/CdTe:Cu(5%).

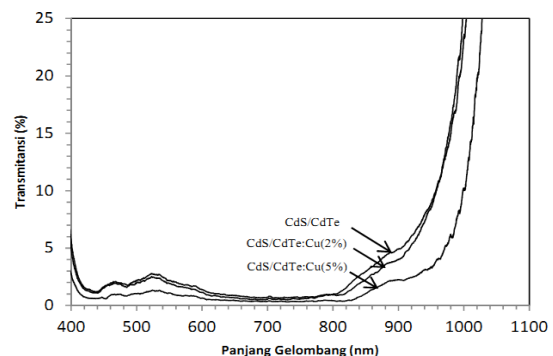


Gambar 2. Citra morfologi CCD mikroskop film tipis (a) CdTe (b) CdS/CdTe (c) CdS/CdTe:Cu(2%) (d) CdS/CdTe:Cu(5%)

Gambar 1 menunjukkan citra morfologi film tipis CdTe, CdS/CdTe, CdS/CdTe:Cu(2%) dan CdS/CdTe:Cu(5%). Dari citra morfologi CCD Mikroskop dapat dilihat bahwa bulir yang terbentuk pada permukaan film tipis CdTe, CdS/CdTe, CdS/CdTe:Cu(2%), dan CdS/CdTe:Cu(5%) tampak memiliki perbedaan yang cukup signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa pemberian doping Cu pada konfigurasi film CdTe menyebabkan terjadinya evolusi morfologi film.

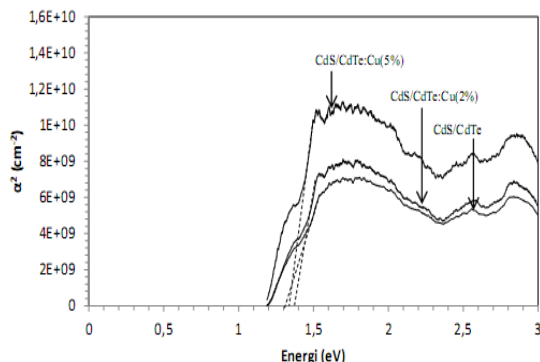
Morfologi permukaan film tipis CdTe pada Gambar 4.2(a) yang ditumbuhkan di atas substrat ITO terlihat kasar yang ditandai dengan adanya tumpukan-tumpukan granular (bulir) yang tidak homogen. Hal tersebut terjadi karena atom-atom target yang terlepas dari target bergerak secara acak sehingga atom-atom tidak tertata dengan baik pada permukaan substrat. Gambar 4.2(b) menunjukkan morfologi permukaan film tipis CdS/CdTe terlihat lebih halus dibandingkan film CdTe, perbedaan tersebut mengindikasikan film double layer CdS/CdTe mempunyai kualitas film yang lebih homogen dibandingkan film CdTe, walaupun pada beberapa area permukaan lain masih terdapat ruang-ruang kosong yang tidak tumbuh film. Lany et al (2001) menyatakan bahwa CdTe dalam kristal tunggal mempunyai cacat alami yang berupa cacat lokal Cd-vacancy, dan kehadiran Cu diduga dapat mengisi kekosongan tersebut sehingga film yang dihasilkan memiliki kerapatan yang lebih baik.

Citra penampang permukaan yang terlihat pada Gambar 4.2 menunjukkan bahwa bulir yang terbentuk pada permukaan film tipis CdTe, CdS/CdTe, CdS/CdTe:Cu(2%), dan CdS/CdTe:Cu(5%) tampak memiliki perbedaan yang cukup signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa pemberian doping Cu pada konfigurasi film CdTe menyebabkan terjadinya evolusi morfologi film.



Gambar 3. Grafik transmansi terhadap panjang gelombang film tipis CdS/CdTe, CdS/CdTe:Cu(2%), CdS/CdTe:Cu(5%).

Grafik transmitansi terhadap panjang gelombang film tipis CdS/CdTe dan CdS/CdTe:Cu menunjukkan ketiga film mampu mengabsorpsi cahaya pada panjang rentang panjang gelombang 800 nm ke bawah. Dari grafik tampak film tipis CdS/CdTe:Cu(5%) memiliki nilai transmitansi lebih rendah dari film tipis CdS/CdTe:Cu(2%) sehingga mempunyai nilai koefisien absorpsi yang lebih tinggi. Film tipis tersebut sudah sesuai untuk aplikasi bahan pembuat sel surya yaitu mampu mengabsorpsi hampir seluruh spektrum cahaya tampak.



Gambar 4. Grafik kuadrat koefisien absorpsi terhadap energi film tipis CdS/CdTe, CdS/CdTe:Cu(2%), CdS/CdTe:Cu(5%)

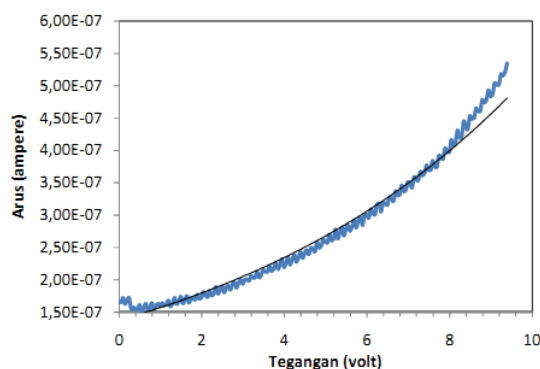
Gambar 4 menunjukkan besarnya band gap film tipis CdS/CdTe, CdS/CdTe:Cu(2%) dan CdS/CdTe:Cu(5%) yang ditumbuhkan di atas substrat ITO masing-masing sebesar 1,30 eV, 1,38 eV, dan 1,35 eV. Selain besarnya energi gap (E_g), dari grafik tersebut juga dapat ditentukan besarnya koefisien absorpsi film yaitu $1,03 \times 10^5 \text{ cm}^{-1}$ untuk film CdS/CdTe:Cu(5%), $8,94 \times 10^4 \text{ cm}^{-1}$ untuk film CdS/CdTe:Cu(2%) dan $8,49 \times 10^4 \text{ cm}^{-1}$ untuk film CdS/CdTe.

Nilai E_g diperoleh dari ekstrapolasi linear grafik antara kuadrat koefisien absorpsi terhadap energi foton (Sugianto, 2005).

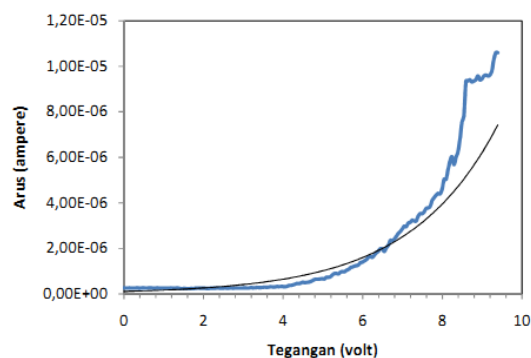
Bentuk morfologi dan struktur film tipis CdS/CdTe:Cu bisa memengaruhi karakteristik sifat optiknya. Bentuk morfologi film tipis dianggap baik jika mempunyai struktur film yang homogen, dengan kata lain terdapat banyak atom pada permukaan substrat sehingga film tipis tersebut mempunyai intensitas yang tinggi dan mempunyai daya serap sinar yang tinggi sehingga kualitas sifat optik dari film tipis akan menjadi semakin baik.

Penambahan Cu pada film CdS/CdTe dapat meningkatkan koefisien absorpsi film tanpa mengubah energi gap film secara signifikan. Ketiga film CdS/CdTe, CdS/CdTe:Cu(2%) dan CdS/CdTe:Cu(5%) memiliki energi gap yang relatif sama tetapi memiliki kemampuan absorpsi yang

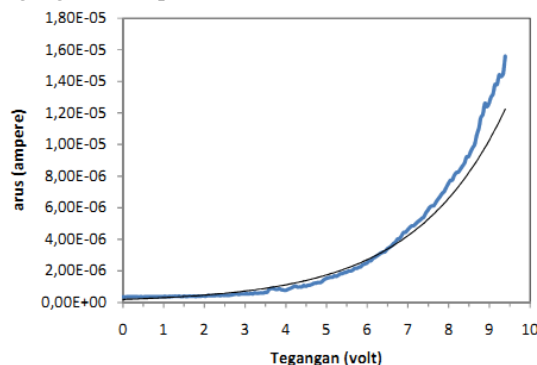
berbeda. Film dengan doping Cu 5% memiliki koefisien absorpsi yang paling tinggi diikuti film dengan doping 2% dan film tanpa doping memiliki koefisien absorpsi paling rendah.



Gambar 5(a) Grafik hasil pengukuran arus-tegangan film tipis CdS/CdTe



Gambar 5(b) Grafik hasil pengukuran arus-tegangan film tipis CdS/CdTe:Cu(2%)



Gambar 5(c) Grafik hasil pengukuran arus-tegangan film tipis CdS/CdTe:Cu(5%)

Gambar 4.5 menunjukkan grafik arus-tegangan untuk film CdS/CdTe, CdS/CdTe:Cu(2%), dan CdS/CdTe:Cu(5%) yang tampak memiliki perbedaan. Grafik arus-tegangan tersebut menunjukkan pola tidak linier yang mengindikasikan bahwa sifat listrik film tipis bersifat schottky. Hal ini disebabkan oleh terjadinya difusi doping Cu ke dalam lapisan tipis CdTe juga dikarenakan tinggi potensial

penghambat (barrier) dapat tereduksi akibat elektron mendapat energi termal.

Nilai resistivitas diperoleh dari perhitungan dengan menggunakan persamaan berikut dan hasil perhitungannya ditunjukkan pada Tabel 2.

$$\rho = \frac{2\pi rV}{I} \quad (1)$$

nilai konduktivitas film dapat ditentukan dari kebalikan nilai resistivitasnya yaitu dengan persamaan

$$\rho = \frac{1}{\sigma} \quad (2)$$

Tabel 2. Hasil karakterisasi sifat listrik film tipis CdS/CdTe dan CdS/CdTe:Cu dengan metode two-probe

Sampel	Resistivitas (Ωcm)	Konduktivitas (Ωcm) ⁻¹
CdS/CdTe	0,73x10 ⁸	1,37x10 ⁻⁸
CdS/CdTe:Cu(2%)	2,74x10 ⁷	0,36x10 ⁻⁷
CdS/CdTe:Cu(5%)	8,20x10 ⁶	0,12x10 ⁻⁶

Tabel 2 menunjukkan bahwa Pemberian doping Cu pada konfigurasi CdS/CdTe yang ditumbuhkan telah berhasil menurunkan resistivitas film dan meningkatnya konduktivitas film. Meningkatnya persentase Cu dalam CdTe akan menghasilkan peningkatan muatan pembawa tipe-p dan menurunnya nilai resistivitas film. Resistivitas listrik film berbanding terbalik dengan konduktivitas film tersebut. Ini berarti bahwa pemberian doping Cu pada konfigurasi CdS/CdTe mampu meningkatkan konduktivitas film.

Untuk aplikasi sel surya berbasis film tipis, resistivitas film perlu diturunkan. Resistivitas listrik film tipis salah satunya dapat diturunkan dengan penggunaan doping. Pada penelitian ini digunakan tembaga (Cu) sebagai doping untuk menurunkan nilai resistivitas film tipis CdTe.

Pemberian doping Cu pada konfigurasi CdS/CdTe yang ditumbuhkan telah berhasil menurunkan resistivitas film. Film CdS/CdTe tanpa doping memiliki resistivitas paling tinggi, diikuti film dg doping Cu 2% dan film dengan doping Cu 5% memiliki resistivitas paling kecil. Penurunan resistivitas film secara jelas menunjukkan bahwa terjadi peningkatan konsentrasi pembawa muatan dan mobilitas pembawa muatan tersebut (Gupta et al, 2006). Meningkatnya persentase Cu dalam CdTe akan menghasilkan peningkatan muatan pembawa tipe p dan menurunnya nilai resistivitas film. Resistivitas

listrik film berbanding terbalik dengan konduktivitas film tersebut. Ini berarti bahwa pemberian doping Cu pada konfigurasi CdS/CdTe dapat juga diartikan bahwa Cu mampu meningkatkan konduktivitas film.

Grafik arus-tegangan seperti tampak pada Gambar 5 juga memberikan informasi bahwa film CdS/CdTe dan CdS/CdTe:Cu memiliki hubungan antara arus sambungan p-n dan beda tegangan antara kedua ujung yang membentuk lengkungan, sehingga membentuk grafik eksponensial yang sesuai dengan prinsip dioda.

Karakteristik film sambungan p-n antara lain berupa arus saturasi balik (I_0) dan faktor idealitas (n) yang diperoleh dari pengukuran hubungan arus-tegangan yang diukur pada suhu ruang.

Dengan persamaan diode :

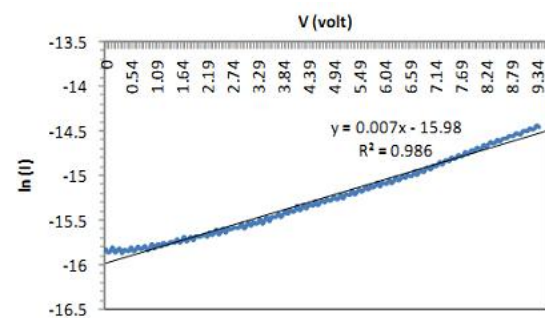
$$I = I_0 \{ \exp(qV/nkT) - 1 \} \quad (3)$$

dengan q adalah muatan elektron (1.6×10^{-19} J), V adalah tegangan (volt), K adalah konstanta Boltzmann (1.38×10^{-23} J/K), T adalah temperatur (Kelvin), n adalah faktor ideal dari sambungan p-n.

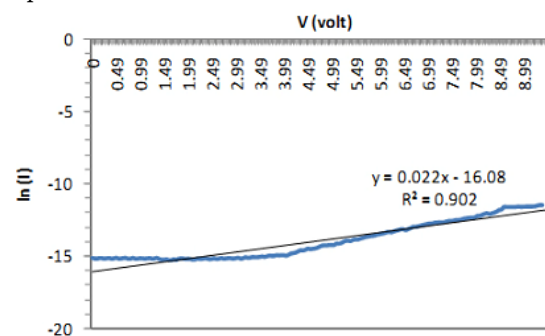
Selanjutnya untuk menentukan nilai arus pada daerah muatan ruang (I_0) dan faktor idealitas (n) dibuat grafik $\ln(I)$ terhadap V dengan cara mengekstrapolasikan garis singgung hingga memotong sumbu $\ln(I)$ (atau $V=0$).

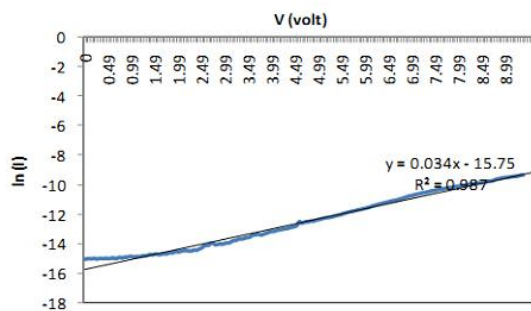
Faktor idealitas n film dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan

$$n = q/kT \Delta V / (\Delta \ln(I)) \quad (4)$$



Gambar 6(a) Grafik $\ln(I)$ - V panjar maju film tipis CdS/CdTe



Gambar 6(b) Grafik $\ln(I)$ -V panjar maju film tipis CdS/CdTe:Cu(2%)**Gambar 6(c)** Grafik $\ln(I)$ -V panjar maju film tipis CdS/CdTe:Cu(5%)

Gambar 6 menunjukkan gradien yang memotong sumbu $\ln(I)$ -V. Sehingga arus pada daerah muatan ruang I_0 didapatkan nilai sebesar $1,15 \times 10^{-7} \text{A}$, $1,06 \times 10^{-7} \text{A}$ dan $1,49 \times 10^{-7} \text{A}$. Faktor idealitas n dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (4). Berdasarkan hasil perhitungan, besarnya faktor idealitas (n) dan arus muatan ruang (I_0) ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Faktor idealitas n dan arus muatan ruang I_0 film tipis CdS/CdTe dan CdS/CdTe:Cu

Nama Sampel	Faktor Idealitas (n)	I_0 (ampere)
CdS/CdTe	1,05	$1,15 \times 10^{-7}$
CdS/CdTe:Cu(2%)	1,24	$1,06 \times 10^{-7}$
CdS/CdTe:Cu(5%)	1,86	$1,49 \times 10^{-7}$

Tabel 3 menunjukkan faktor idealitas dan arus muatan ruang dari film tipis CdS/CdTe dan CdS/CdTe:Cu. Nilai tersebut memiliki faktor idealitas diantara nilai satu dan dua yang menunjukkan bahwa film mempunyai sifat listrik yang baik dan sesuai dengan teori dioda ideal sambungan p-n. Nilai idealitas n yang tinggi (menyimpang dari nilai ideal) menunjukkan bahwa nilai tersebut mengalami deviasi (penyimpangan) dari karakteristik diode ideal. Adanya jumlah defect yang cukup besar dalam material amorf atau polikristalin mengakibatkan nilai faktor idealitas menjadi semakin tinggi (Babkair, 2010). Sehingga semakin baik nilai faktor idealitas mendekati nilai ideal maka film tersebut memiliki kualitas persambungan yang semakin baik.

Film tipis CdS/CdTe:Cu yang telah ditumbuhkan memiliki faktor idealitas diantara 1 dan 2 yang berarti film tipis CdS/CdTe:Cu mempunyai sifat listrik yang baik karena mempunyai nilai faktor

idealitas seperti diode sambungan p-n yang riil. Faktor idealitas mengindikasikan derajat kualitas sambungan p-n pada film (Ramelan, 2010:138). Nilai idealitas n yang tinggi (menyimpang dari nilai ideal) menunjukkan bahwa nilai tersebut mengalami deviasi (penyimpangan) dari karakteristik diode ideal. Adanya jumlah defect yang cukup besar dalam material amorf atau polikristalin mengakibatkan nilai faktor idealitas menjadi semakin tinggi (Babkair, 2010). Semakin baik nilai faktor idealitas mendekati nilai ideal maka film memiliki kualitas persambungan yang semakin baik. Film tipis CdTe/CdS dikatakan baik jika memiliki faktor idealitas lebih dari dua (Batzner et al., 2000). Tambahan material Cu dalam film CdS/CdTe:Cu dalam penelitian ini terlihat bisa memengaruhi nilai faktor idealitas film CdS/CdTe:Cu dan hal ini belum ada penjelasan.

Hasil karakterisasi dengan menggunakan CCD Mikroskop, spektrometer Vis-Nir, dan I-V meter dapat menunjukkan bahwa penambahan doping Cu 2% dan 5% dalam film tipis CdS/CdTe dapat meningkatkan kualitas film. Terlihat bahwa pemberian doping Cu pada film tipis CdS/CdTe dapat meningkatkan sifat optik dan sifat listrik film.

Hasil pengukuran resistivitas dapat memberikan informasi bahwa film dengan doping Cu memiliki nilai resistivitas yang semakin menurun dan meningkatnya konduktivitas film seiring dengan tambahnya konsentrasi Cu. Disisi lain juga menunjukkan bahwa Film dengan doping Cu 5% memiliki koefisien absorpsi yang paling tinggi diikuti film dengan doping 2% dan film tanpa doping memiliki koefisien absorpsi paling rendah.

Optimasi dengan memberikan doping Cu pada absorber CdTe bisa diperoleh sel surya film tipis yang berkinerja tinggi. Selanjutnya film CdS/CdTe:Cu mempunyai koefisien absorpsi yang tinggi maka foton bisa terserap lebih banyak. Konversi energi foton yang besar menghasilkan daya listrik yang juga lebih besar.

SIMPULAN

Deposisi dan karakterisasi film tipis CdS/CdTe dan CdS/CdTe:Cu dengan doping Cu 2% dan 5% yang ditumbuhkan pada suhu 330°C dan daya plasma 50 watt telah dilakukan dengan metode dc magnetron sputtering. Berdasarkan eksperimen dapat disimpulkan bahwa dengan karakterisasi CCD Mikroskop, spektrometer Vis-Nir, dan I-V meter menunjukkan bahwa film CdS/CdTe:Cu memiliki kualitas film lebih baik daripada film tak terdoping.

Film tipis yang kualitas persambungan yang baik, konduktivitas listrik yang tinggi serta memiliki koefisien absorpsi yang juga tinggi pada rentang cahaya tampak sesuai untuk aplikasi sel surya film tipis. Terlihat bahwa pemberian doping Cu pada film tipis CdS/CdTe dapat meningkatkan sifat optik dan sifat listrik film.

DAFTAR PUSTAKA

- Babkair, S.S. 2010. Charge Transport Mechanisms and Device Parameters of CdS/CdTe Solar Cells Fabricated by Thermal Evaporation. Saudi Arabia: King Abdulaziz UnI-Versity. JKAU: Sci, Vol.22 No.1, P.21-33.
- Batzner, D.L. M.E. Oszan, D. Bonnet, K. Bucher. 2000. Device Analysis Methods for Physical Cell Parameters of CdTe/Cds Solar Cells. Elsevier: Thin Solid Films P.288-292
- Burgelman, M., J. Verschraegen, & J. Penndorf. 2005. Temperature Dependence of the Diode Ideality Factor in CuInS₂-on-Cu-tape Solar Cells. Elsevier: Thin Solid Films Vol.480-481, P.307-311
- Demtsu, S.H., D.S. Albin, J.R. Sites, W.K. Metzger, & A. Duda. 2007. Cu-related Recombination in CdS/CdTe Solar Cells. Science Direct: Thin Solid Films Vol.516, P. 2251-2254
- Dzhavarof, T.D., S.S. Yesilkaya, N.Y. Canli, & M. Caliskan. 2005. Diffusion and Influence of Cu on properties of CdTe thin films and CdTe/CdS cells. Solar Energy 77, hlm. 371-383.
- Gupta, A., V. Parikh, A.D. Compaan. 2006. High Efficiency Ultra-thin Sputtered CdTe Solar Cells. Science Direct: Solar Energy Materials & Solar Cells. Vol.90, P.2263-2271
- Lany, S., V. Ostheimer, H. Wolf, & Th. Wichert. 2001. Vacancies in CdTe: Experiment and Theory. Elsevier: Physica B 308-310 (2001) 958-962.
- Ramelan, et al. 2010. Karakteristik Sifat Listrik dan Efek Annealing Al/n-GaSb Schottky dengan Menggunakan DMTe (Dimethyltellurium). Jurnal Sains dan Matematika, vol.15 nomor 3.
- Rusu, G.G. & M. Rusu. 2005. Optical Behavior of Multilayered CdTe/Cu Thin Film Deposited by Staked Layer Method. Journal of Optoelectronics and Advanced Materials, Vol. 7(2): 885 – 889.
- Sugianto & Upik Nurbaiti. 2005. Buku Ajar Fisika Zat Padat. Semarang: UNNES.
- Wu, X., Zhou. J., , A. Duda, G. Teeter, & S.H. Demtsu. 2007. The Formation of different Phases of CuxTe and Their Effects on CdTe/CdS Solar Cells. Science Direct, 515 (2007): 7364-7369.