

(12) PATEN INDONESIA

(11) IDP000053721 B

(19) DIREKTORAT JENDRAL  
KEKAYAAN INTELEKTUAL

(45) 28 September 2018

5

- 
- (51) Klasifikasi IPC8: H01L 31/07,C25D 7/00 (71) Nama dan Alamat yang mengajukan Permohonan Paaten:  
LEMBAGA PENELITIAN  
UNIVERSITAS NEGERI  
YOGYAKARTA  
Karangmalang Yogyakarta  
Indonesia.
- (21) Nomor Permohonan Paten:  
P00200900739
- (22) Tanggal Penerimaan: 23 Desember 2009
- (30) Data Priorias: (72) Nama Inventor:  
(31) Nomor (32) Tanggal (33) Negara Dr. Ariswan, ID
- (43) Tanggal Pengumuman : 30 Juni 2011
- (56) Dokumen Perbandingan: (74) Nama dan Alamat Konsultan  
EP 0853345B1 Paten:  
AU 59293882  
Pemeriksa Paten: Ir. Dara Mutia.  
Jumlah Klaim :2
- 

(54) Judul Invensi: **PROSES PEMBUATAN MATERIAL SEL SURYA Cd(Se<sub>1-x</sub>,S<sub>x</sub>)  
DENGAN TEKNIK BRIDGEMAN**

## (57) Abstrak:

10 Invensi ini berhubungan dengan pembuatan material sel surya Cd(Se<sub>1-x</sub>,S<sub>x</sub>) meliputi langkah- langkah sebagai berikut: pertama, penimbangan dengan perbandingan masing- masing unurnya sesuai dengan perumusan Cd(Se<sub>1-x</sub>S<sub>x</sub>); kedua, bahan hasil penimbangan, kemudian dimasukkan dalam tabung pyrex,dimensi tertentu dan dicuci dengan teknik pencucian standar laboratorium,divakum, dan dibentuk kapsul berisi bahan Cd,Se, dan S dengan perbandingan  
15 molar sesuai perumusan senyawanya; ketiga, kapsul ditempatkan pada tanur, suhu mula- mula diatur mencapai 200°C dipertahankan selama 4 jam, dinaikkan sampai suhu 275°C dipertahankan selama 4 jam, kemudian dinaikkan sampai suhu 600°C dipertahankan selama 6 jam dan akhirnya tanur dimatikan sampai suhu kamar.

20 Invensi yang lain berkaitan dengan karakterisasi bahan untuk menentukan struktur kristal bahan dengan teknik difraksi sinar-X, hasil invensi menunjukkan bahwa bahan semikonduktor sel surya Cd(Se<sub>(1-x)</sub>,S<sub>x</sub>) terkristalisasi dalam struktur heksagonal dengan parameter kisi a,( =b), dan c sebagai fungsi dari fraksi x atom sulfur diberikan oleh persamaan:

$$a \text{ (dalam \AA)} = 4,29579 + 0,04807 x - 0,202 x^2; \text{ dan}$$

$$c \text{ (dalam \AA)} = 7,00456 + 0,0834x - 0,36221x^2$$

25

## Deskripsi

### PROSES PEMBUATAN MATERIAL SEL SURYA $Cd(Se_{1-x}, S_x)$ DENGAN TEKNIK BRIDGEMAN

5

#### **Bidang Teknik Invensi**

Invensi ini berkaitan dengan temuan sifat- sifat fisis khususnya tentang struktur kristal terhadap bahan sel surya  $Cd(Se, S)$  yang dipreparasi dengan teknik Bridgeman. Lebih  
10 khusus adalah bagaimana pengaruh fraksi  $x$  atom sulfur (S) terhadap parameter Kristal  $a$ ,  $b$ , dan  $c$  pada bahan sel surya  $Cd(Se_{1-x}, S_x)$ .

#### **Latar Belakang Invensi**

15 Kebutuhan energi pada kehidupan modern terus meningkat, sehingga para peneliti terus berupaya mengembangkan sumber- sumber energi terbarukan, untuk menggantikan sumber energi konvensional yang telah mapan selama ini. Energi terbarukan yang selama ini terus dikembangkan meliputi energi surya,  
20 energi angin, energi air dan lain- lain yang secara umum sumber energi terbarukan tersebut tidak akan habis. Disamping itu energi terbarukan lebih menjaga keseimbangan alam karena hampir bebas dari persoalan polusi. Sementara itu sumber energi konvensional (batu bara, bahan bakar minyak), secara  
25 umum memiliki dua kelemahan yaitu sumber energi yang suatu saat akan habis dan menimbulkan masalah polusi yang mengancam kehidupan umat manusia.

Pada teknologi fotovoltaik, yaitu perubahan energi surya langsung menjadi energi listrik diperlukan piranti yang  
30 dinamakan sel surya. Dewasa ini sel surya yang digunakan dalam teknologi tersebut sebagian besar terbuat dari silikon. Persentase penggunaan bahan sel surya dewasa ini adalah 43% silikon polikristal, 39% silikon kristal tunggal, 1% silikon lapisan tipis, 3% silikon dalam bentuk pita sedangkan 14%  
35 bahan selain silikon. Silikon mendominasi bahan sel surya karena teknologi fabrikasinya memang sudah mapan. Namun demikian penelitian menggunakan bahan lain terus dilakukan

hingga kini dan bahkan pada masa-masa yang akan datang. Beberapa penelitian dalam tingkat sel surya telah dihasilkan: GaAs(kristal) dengan efisiensi mencapai 25%, Cu(Ga,In)Se<sub>2</sub> memberikan efisiensi 18.8% dan apabila menggunakan konsentrator mencapai 21,5%. Bahkan dengan sistem multi sambungan efisiensinya diharapkan mencapai 40%.

Dewasa ini para peneliti telah mengembangkan sel surya berbasis Cd(Se,S) dengan struktur sel surya ZnO/CdSe/CuS mampu memberikan efisiensi mencapai 30%. Namun yang jauh lebih penting adalah terapan bahan Cd(Se,S) pada peningkatan serapan energi, yakni bila pada suatu sel surya ditambahkan lapisan tersebut dapat menaikkan serapan hingga mencapai 86%. Dengan demikian penelitian pada bahan ini jelas memiliki arti sangat penting dalam memberikan kontribusi pada penciptaan piranti sel surya berbasis selain silikon.

Bahan Cd(Se,S) adalah bahan semikonduktor yang dikenal banyak terapannya, salah satunya dalam teknologi fotovoltaiik. Bahan CdSe adalah bahan semikonduktor bertipe konduktivitas n, sehingga jika disambung dengan semikonduktor tipe p, akan diperoleh sambungan p-n yang bisa menghasilkan piranti sel surya. Cd(Se,S) memiliki celah energi antara 1,7 eV (CdSe) sampai dengan 2,42 eV (CdS), maka bahan ini dapat dipakai sebagai penyangga dalam system sel surya berbasis CuInSe<sub>2</sub> (CIS). CdSe (kadmium selenida) berbentuk padatan dengan warna coklat kehijauan sampai merah gelap. Sedangkan CdS (kadmium sulfida) merupakan material semikonduktor tipe n yang juga dapat dimanfaatkan sebagai lapisan penyangga dalam sel surya berbasis CIS. Bahan ini memiliki warna kekuningan.

Cd(Se,S), merupakan senyawa dari Kadmium, Selenium, dan Sulfur yang dalam kondisi biner menjadi CdSe dan CdS. Seperti telah disebutkan di atas, bahwa penelitian ini bertujuan menentukan variasi parameter kisi bahan semikonduktor sel surya Cd(Se<sub>1-x</sub>,S<sub>x</sub>), analog dengan kebergantungan parameter kisi terhadap fraksi atom Ga pada semikonduktor sistem paduan Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub>. Penelitian ini sangat penting dilakukan, oleh karena bahan tersebut sangat promotif banyak terapannya dalam teknologi. Misalnya dalam teknologi sel surya. bahan Cd(Se,S) memiliki dua aplikasi penting, pertama pada sel surya

berbasis  $\text{Cu(In,Ga)(Se,S)}_2$ , sebagai lapisan penyangga, dan kedua sebagai lapisan aktif tipe n yang disambung dengan semikonduktor tipe p yaitu CdTe mampu memberikan efisiensi konversi mencapai 30%.

5

#### **Uraian Singkat Invensi**

Invensi ini berhubungan dengan suatu proses pembuatan material sel surya  $\text{Cd}(\text{Se}_{1-x},\text{S}_x)$  meliputi langkah-langkah sebagai berikut:

10 menimbang kadmium sebesar 1,082 gram, kemudian menimbang sulfur(S) dan selen (Se) berturut-turut menggunakan persamaan berikut ini:

$$15 \quad \begin{aligned} & [1,082 / (\text{BA})_{\text{Cd}}] \cdot (x) (\text{BA})_{\text{S}} \text{ dan} \\ & [1,082 / (\text{BA})_{\text{Cd}}] \cdot [(1-x)] (\text{BA})_{\text{Se}} \end{aligned}$$

dimana:

( $\text{BA})_{\text{Cd}}$  menyatakan berat atom kadmium, ( $\text{BA})_{\text{S}}$  menyatakan berat atom sulfur dan ( $\text{BA})_{\text{Se}}$  menyatakan berat atom selen;  
 20 memasukkan kadmium, sulfur dan selen ke dalam tabung yang terbuat dari *pyrex* dan divakum sampai tekanan dalam tabung mencapai  $10^{-5}$  torr, kemudian dilas sehingga berbentuk kapsul; memanaskan kapsul *pyrex* pada suhu  $200^\circ\text{C}$  selama 4 jam; menaikkan suhu menjadi  $275^\circ\text{C}$  dan dipertahankan selama 4 jam;  
 25 menaikkan kembali suhu hingga mencapai  $600^\circ\text{C}$  dan dipertahankan selama 6 jam; dan didiamkan hingga mencapai suhu kamar.

Selanjutnya invensi ini juga menentukan karakterisasi struktur kristal yang memiliki struktur heksagonal dengan parameter kisi  $a(=b)$ , dan  $c$  sebagai fungsi fraksi  $x$  atom sulfur yang diberikan oleh persamaan:

$$\begin{aligned} a \text{ (dalam \AA)} &= 4,29579 + 0,04807 x - 0,202 x^2; \text{ dan} \\ c \text{ (dalam \AA)} &= 7,00456 + 0,0834x - 0,36221x^2. \end{aligned}$$

Sebagai langkah awal invensi akan menentukan bagaimana bentuk kebergantungan parameter kisi sebagai fungsi dari  
 35 fraksi  $x$  atom sulfur dalam paduan  $\text{Cd}(\text{Se}_{1-x},\text{S}_x)$ .

**Uraian Lengkap Invensi**

Preparasi bahan dilakukan melalui beberapa langkah sebagai berikut;

5 Menggunakan bahan baku yang digunakan adalah Kadmium (Cd); Selen (Se) dan Sulfur (S) masing-masing dengan tingkat kemurnian 99.99%. Invensi masing-masing bahan dapat dijelaskan sebagai berikut.

**10 CdSe**

Mula- mula ditimbang Cd sebesar 1.082 gram, kemudian Selen (Se) yang ditentukan dengan rumus yang telah diuraikan di atas yaitu sebesar 0.760 gram. Kedua bahan dimasukkan ke dalam tabung *pyrex*, kemudian di vakum sampai tekanan dalam  
15 tabung mencapai  $10^{-5}$  torr dan dilas pada salah satu ujungnya, sehingga diperoleh tabung berbentuk kapsul berisi bahan Cd, dan Se dengan perbandingan molar 1:1. Selanjutnya kapsul tersebut dimasukkan ke dalam tanur, kemudian suhu dinaikkan hingga mencapai suhu 200°C dan kemudian dipertahankan selama  
20 4 jam, selanjutnya suhu dinaikkan sampai 275°C, dipertahankan selama 4 jam, setelah itu dinaikkan sampai suhu 600°C dan dipertahankan pada suhu ini selama 6 jam dan didiamkan hingga mencapai suhu kamar.

**25 Cd (Se<sub>0.8</sub>S<sub>0.2</sub>)**

Mula- mula ditimbang Cd sebesar 1,082 gram, kemudian menimbang Sulfur (S) yang ditentukan dengan rumus yang telah diuraikan di atas yaitu sebesar 0.062 gram, dan Selen (Se) sebesar 0.608 gram. Ketiga bahan dimasukkan ke dalam tabung  
30 *pyrex* kemudian di vakum dan kemudian dilas pada salah satu ujungnya, sehingga diperoleh kapsul dengan bahan Cd, Se, dan S. Selanjutnya kapsul dimasukkan ke dalam tanur, kemudian suhu dinaikkan hingga mencapai 200°C dan kemudian dipertahankan selama 4 jam, kemudian suhu dinaikkan lagi  
35 sampai 275°C, dipertahankan selama 5 jam, setelah itu dinaikkan sampai suhu 600°C dan dipertahankan selama 6 jam dan didiamkan hingga mencapai suhu kamar.

**Cd (Se<sub>0.5</sub>S<sub>0.5</sub>)**

5 Mula- mula ditimbang Cd sebesar 1,082 gram, selanjutnya  
 massa Se dihitung dengan rumus:  

$$\left\{ \frac{(1,082)}{(BA)_{Cd}} \times 0,5 (BA)_{Se} \right\}$$
, dengan  $(BA)_{Se}$  menyatakan berat  
 atom selen. Sedangkan massa sulfur dihitung dengan rumus:  

$$\left\{ \frac{(1,82)}{(BA)_{Cd}} \times 0,5 (BA)_S \right\}$$
, dengan  $(BA)_S$  menyatakan berat  
 10 atom sulfur.  
 Perhitungan perumusan tersebut menghasilkan 0.154 gram sulfur  
 (S), dan Selen (Se) 0,38 gram.

Bahan- bahan di atas dimasukkan kedalam tabung kaca  
*pyrex* dengan diameter luar 16 mm dan diameter dalam 12 mm.  
 15 Tabung kemudian divakum sehingga ketika tekanan dalam tabung  
 mencapai orde  $10^{-5}$  torr, kemudian dilas pada satu sisi dan  
 dihasilkan kapsul *pyrex* yang berisi Cd, Se, dan S yang  
 massanya sesuai perhitungan di atas. Selanjutnya kapsul bahan  
 tersebut dimasukkan ke dalam tanur dengan pemanasan seperti  
 20 berikut ini. Pada hari pertama suhu dinaikkan hingga mencapai  
 suhu 200°C dan kemudian dipertahankan sampai selama 4 jam,  
 kemudian tanur dimatikan. Pada hari kedua suhu dinaikkan pada  
 suhu 200°C dan dipertahankan selama 4 jam, kemudian dinaikkan  
 hingga mencapai suhu 275°C dan dipertahankan selama 5 jam.

25 Hasil preparasi langkah awal tersebut di atas berupa  
 paduan Cd(Se,S) kemudian dimasukkan ke dalam tabung *pyrex*  
 yang sama kemudian divakum dan dilas sehingga diperoleh  
 kapsul. Kapsul dimasukkan dalam tanur dan suhunya dinaikkan  
 hingga 200°C, dipertahankan selama 4 jam, kemudian suhu  
 30 dinaikkan hingga 275°C dan dipertahankan selama 4 jam,  
 kemudian dinaikkan hingga 600 C dan dipertahankan selama 6  
 jam, akhirnya tanur dimatikan sampai suhu kamar.

**Cd (Se<sub>0.2</sub>S<sub>0.8</sub>)**

35 Mula- mula ditimbang Cd sebesar 1,082 gram, kemudian  
 menimbang Sulfur (S) yang ditentukan dengan rumus yang telah  
 diuraikan di atas yaitu sebesar 0,247 gram, dan Selen (se)  
 sebesar 0.152 gram. Ketiga bahan dimasukkan ke dalam tabung

pyrex kemudian divakum sampai tekanan  $10^{-5}$  torr, kemudian dilas pada salah satu ujungnya, sehingga diperoleh kapsul dengan bahan Cd, Se, dan S. Selanjutnya tabung kapsul dimasukkan ke dalam tanur, suhu dinaikkan hingga mencapai 5 200°C dan dipertahankan sampai selama 4 jam, suhu dinaikkan lagi 275°C dan dipertahankan selama 5 jam. Akhirnya suhu dinaikkan sampai 600°C dan dipertahankan selama 6 jam, kemudian tanur dimatikan sehingga dicapai suhu kamar.

#### 10 **CdS**

Langkah pertama adalah menimbang Cd sebesar 1,082 gram, kemudian menimbang Sulfur (S) yang ditentukan dengan rumus:  $[(1,082)/(BA)_{Cd}] \cdot (BA)_S$ , dengan  $(BA)_{Cd}$  menyatakan berat atom kadmium, dan  $(BA)_S$  menyatakan berat atom sulfur. Perhitungan 15 tersebut diperoleh massa Sulfur S sebesar 0.309 gram. Bahan-bahan di atas dimasukkan kedalam tabung kaca pyrex dengan diameter luar 16 mm dan diameter dalam 12 mm. Tabung kemudian divakum sehingga ketika tekanan dalam tabung mencapai orde  $10^{-5}$  torr, kemudian dilas pada satu sisi dan dihasilkan 20 kapsul pyrex yang berisi Cd dan S yang massanya sesuai perhitungan di atas. Selanjutnya kapsul bahan tersebut dimasukkan ke dalam tanur, suhu dinaikkan hingga mencapai 200°C dan kemudian dipertahankan selama 4 jam, selanjutnya suhu dinaikkan kembali pada 275°C, dipertahankan selama 4 25 jam, setelah itu dinaikkan sampai suhu 600°C dan dipertahankan pada suhu ini selama 6 jam, akhirnya tanur dimatikan sehingga suhu kembali ke suhu kamar.

30

35

**Klaim**

1. Proses pembuatan material sel surya  $\text{Cd}(\text{Se}_{1-x}, \text{S}_x)$  meliputi  
5 langkah-langkah sebagai berikut:

menimbang kadmium sebesar 1,082 gram, kemudian  
menimbang sulfur (S) dan selen (Se) berturut-turut  
menggunakan persamaan berikut ini:

$$10 \quad [1,082 / (\text{BA})_{\text{Cd}}] \cdot (x) (\text{BA})_{\text{S}} \text{ dan} \\ [1,082 / (\text{BA})_{\text{Cd}}] \cdot [(1-x)] (\text{BA})_{\text{Se}}$$

dimana:

$(\text{BA})_{\text{Cd}}$  menyatakan berat atom kadmium,  $(\text{BA})_{\text{S}}$  menyatakan  
15 berat atom sulfur dan  $(\text{BA})_{\text{Se}}$  menyatakan berat atom selen;

memasukkan kadmium, sulfur dan selen ke dalam tabung  
vakum yang terbuat dari pyrex sampai tekanan dalam tabung  
mencapai  $10^{-5}$  torr;

memanaskan tabung pada suhu  $200^\circ\text{C}$  selama 4 jam;

20 menaikkan suhu menjadi  $275^\circ\text{C}$  selama 4 jam;

menaikkan kembali suhu hingga mencapai  $600^\circ\text{C}$  dan  
dipertahankan selama 6 jam;

didiamkan hingga mencapai suhu kamar.

25 2. Proses pembuatan material sel surya  $\text{Cd}(\text{Se}_{1-x}, \text{S}_x)$  sesuai  
dengan klaim 1, dimana karakterisasi struktur kristal  
memiliki struktur heksagonal dengan parameter kisi  $a(=b)$ ,  
dan  $c$  sebagai fungsi fraksi  $x$  atom sulfur yang diberikan  
oleh persamaan:

30

$$a \text{ (dalam } \text{\AA}) = 4,29579 + 0,04807 x - 0,202 x^2; \text{ dan} \\ c \text{ (dalam } \text{\AA}) = 7,00456 + 0,0834x - 0,36221x^2.$$

35



Abstrak

5

**PROSES PEMBUATAN MATERIAL SEL SURYA  $Cd(Se_{1-x}, S_x)$   
DENGAN TEKNIK BRIDGEMAN**

Invensi ini berhubungan dengan pembuatan material sel  
10 surya  $Cd(Se_{1-x}, S_x)$  meliputi langkah- langkah sebagai berikut:  
pertama, penimbangan dengan perbandingan molar masing- masing  
unsurnya sesuai dengan perumusan  $Cd(Se_{1-x}S_x)$ ; kedua, bahan  
hasil penimbangan, kemudian dimasukkan dalam tabung  
pyrex, dimensi tertentu dan dicuci dengan teknik pencucian  
15 standar laboratorium, divakum, dan dibentuk kapsul berisi  
bahan Cd, Se, dan S dengan perbandingan molar sesuai perumusan  
senyawanya; ketiga, kapsul ditempatkan pada tanur, suhu  
mula- mula diatur mencapai  $200^{\circ}C$  dipertahankan selama 4 jam,  
dinaikkan sampai suhu  $275^{\circ}C$  dipertahankan selama 4 jam,  
20 kemudian dinaikkan sampai suhu  $600^{\circ}C$  dipertahankan selama 6  
jam dan akhirnya tanur dimatikan sampai suhu kamar.

Invensi yang lain berkaitan dengan karakterisasi bahan  
untuk menentukan struktur kristal bahan dengan teknik  
difraksi sinar-X, hasil invensi menunjukkan bahwa bahan  
25 semikonduktor sel surya  $Cd(Se_{(1-x)}, S_x)$  terkristalisasi dalam  
struktur heksagonal dengan parameter kisi  $a, ( =b),$  dan  $c$   
sebagai fungsi dari fraksi  $x$  atom sulfur diberikan oleh  
persamaan:

$$30 \quad a \text{ (dalam } \text{\AA}) = 4,29579 + 0,04807 x - 0,202 x^2; \text{ dan}$$

$$c \text{ (dalam } \text{\AA}) = 7,00456 + 0,0834x - 0,36221x^2$$