

## FABRIKASI LAPISAN TIPIS $\text{CuInS}_2$ MENGGUNAKAN METODA *REACTIVE SPUTTERING*

Mohammad Mustafa Sarinanto

Direktorat Teknologi Informasi dan Elektronika BPPT  
Gd II BPPT, Lt.21, Jl.M.H.Thamrin no.8 Jakarta Pusat 10340

### ABSTRAK

**FABRIKASI LAPISAN TIPIS  $\text{CuInS}_2$  MENGGUNAKAN METODA *REACTIVE SPUTTERING*.** Lapisan tipis  $\text{CuInS}_2$  telah dipreparasi di atas *Pyrex slide glass* dengan menggunakan metoda *reactive sputtering*, dengan temperatur substrat 200-350°C dimana sebagai gas pereaksi digunakan  $\text{CS}_2$ . Kecepatan pertumbuhannya adalah 0,5 – 1  $\mu\text{m}/\text{jam}$ . Film kristal yang diperoleh mempunyai orientasi (112) sejajar dengan substrat.

**Kata kunci :**  $\text{CuInS}_2$ , *reactive sputtering*, difraksi sinar-x

### ABSTRACT

**FABRICATION OF  $\text{CuInS}_2$  THIN FILMS BY THE REACTIVE SPUTTERING METHOD.**  $\text{CuInS}_2$  thin films have been prepared on *Pyrex slide glass* by the reactive sputtering method using  $\text{CS}_2$  as a reactive gas at a substrate temperature of 200-350°C by controlling the  $\text{CS}_2$  partial pressure. Sputtering for 2 hours yields the thickness of 1-2  $\mu\text{m}$ . The films are preferentially oriented with the (112) plane parallel to the substrate.

**Key words :**  $\text{CuInS}_2$ , *reactive sputtering*, x-ray diffraction

### PENDAHULUAN

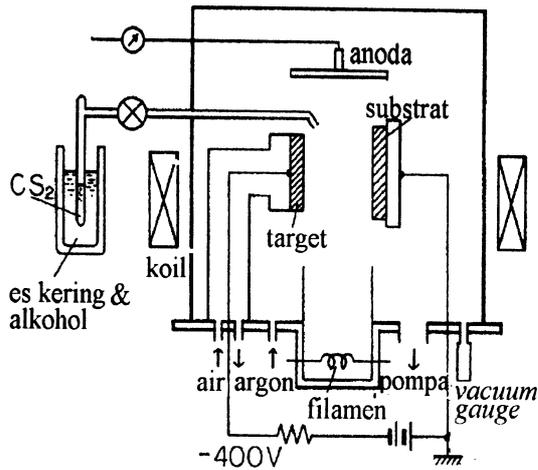
$\text{CuInS}_2$  merupakan senyawa semikonduktor yang mempunyai struktur pita (*band structure*) bertipe transisi langsung dan mempunyai celah terlarang (*forbidden gap*) sebesar 1,53 eV [1]. Dari sifat ini, material ini mempunyai kelebihan dalam sifat optik terutama dimanfaatkan dalam aplikasi sel surya (*solar cell*). Terlebih lagi, *resistivity* dari film dengan tipe p dapat divariasikan dalam jangkauan yang luas [2]. Sehingga aplikasi pada *solar cell* dengan struktur *heterojunction* diharapkan dapat diwujudkan. Kemudian lagi, dengan material ini film tidak mengandung zat beracun Se, yang merupakan keunggulan terhadap  $\text{CuInSe}_2$  yang telah diteliti secara ekstensif. Belakangan ini, telah dilaporkan keberhasilan fabrikasi solar cell yang terbuat dari film tipis yang mencapai efisiensi sebesar 10,2% dengan struktur  $\text{ZnO}/\text{CdS}/\text{CuInS}_2/\text{Mo}$  [3]. Namun demikian, hasil ini masih tetap dibawah hasil material  $\text{CuInSe}_2$  sebagai pesaing. Diperlukan lebih dalam lagi penelitian mengenai material ini untuk mengejar ketinggalan dibanding  $\text{CuInSe}_2$  yang memang sempat diteliti secara besar-besaran, terutama untuk mengontrol komposisi, kekristalan, cacat, sifat optik maupun yang lainnya. Juga diharapkan peninjauan terhadap metoda pertumbuhan yang lebih baik.

Dalam melakukan pertumbuhan film tipis dari material ini banyak cara yang telah dicoba, seperti evaporasi [4], *chemical vapour deposition* (CVD) [5], *sputtering* [6], *spray pyrolysis* [7] dan *sulfurization* [8]. Dalam penelitian ini, dipilih metoda *reactive sputtering* dengan pertimbangan bahwa sulfur mudah beraksi dengan material lainnya, dan masih sedikit publikasi yang menggunakan metoda ini dalam memperoleh film  $\text{CuInS}_2$ . Dalam paper ini, dijelaskan mengenai metoda pembuatan, dan dipaparkan mengenai hasil karakterisasi sifat-sifat dari film yang diperoleh.

### TATA KERJA

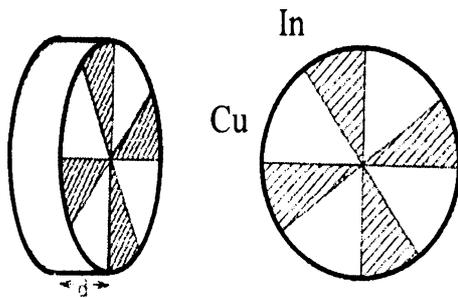
Percobaan dilakukan di Electrical and Electronical Engineering Department, Engineering Faculty Niigata University, Jepang. Film dideposisi pada substrat *Pyrex slide glass* dalam *DC triode sputtering system* dalam atmosfer Ar dengan tekanan gas sebesar 0,2 Pa. Gas  $\text{CS}_2$  yang digunakan sebagai gas pereaksi dimasukkan seperti ditunjukkan di Gambar 1. Gas  $\text{CS}_2$  ini diperoleh dari uap cairan  $\text{CS}_2$  yang dijaga pada suhu -72°C dengan menggunakan *dry ice* ( $\text{CO}_2$  beku). Kemudian tekanan parsial

gas CS<sub>2</sub> ini diatur dengan mengontrol *valve*. Pada percobaan kali ini tidak digunakan alat pengukur tekanan parsial gas dalam *chamber*, dan hanya digunakan *valve* sederhana.



Gambar 1. Metoda reactive sputtering yang dipergunakan.

Kemudian temperatur substrat dijaga agar tetap konstan pada masing-masing temperatur substrat antara 200-350°C. Sputtering dilakukan selama 2 jam pada tegangan target sebesar -400V. Target dibuat dari plat bundar terdiri dari logam Cu dan In yang disusun berseling dengan bentuk seperti Gambar 2. Perbandingan luas Cu terhadap In adalah 1,4:1. Di sini, tebal film yang diperoleh berdasarkan pengamatan dengan *scanning electron microscope* adalah sekitar 1 – 2 µm.



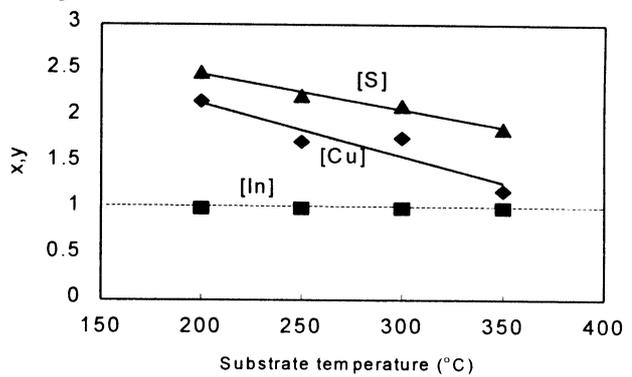
Gambar 2. Target Cu dan In

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan mol dari masing-masing elemen penyusun maupun unsur-unsur lainnya yang terkandung di dalam film yang dihasilkan dianalisis dengan menggunakan *electron probe X-ray microanalysis* (EPMA). Di sini ditemukan bahwa film yang didapat mengandung unsur karbon dalam jumlah yang besar dan

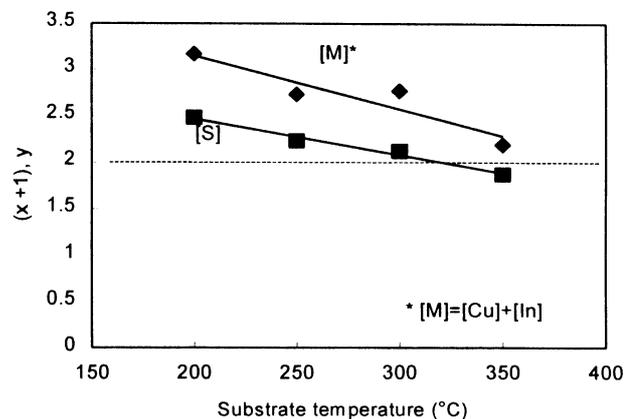
juga unsur-unsur yang terdapat dalam substrat yang dipergunakan, selain elemen diinginkan. Masuknya karbon ini berasal dari gas pereaksi CS<sub>2</sub>, dan pada tahap kini masih sulit dihindari.

Gambar 3 menunjukkan perbandingan komposisi mol [Cu], [In] dan [S] berdasarkan perubahan temperatur pertumbuhan. Di sini dipakai mol [In] sebagai skala pembanding dengan menetapkannya sebagai satu. Pada temperatur rendah, diketahui bahwa film mengandung banyak Cu dan S, terutama terlihat bahwa unsur Cu sangat banyak dikandung. Hal ini mengindikasikan bahwa pada temperatur rendah In belum cukup bereaksi dengan unsur lainnya. Dari hasil ini, meskipun pada temperatur 300°C terlihat ada pengecualian, diketahui bahwa dengan meningkatnya temperatur pertumbuhan, terdapat kecenderungan bahwa film yang didapat menjadi lebih stoikiometri atau sesuai dengan komposisi film yang diinginkan.



Gambar 3. Perbandingan mol Cu, In dan S (Cu:In:S = x : 1 : y) terhadap temperatur pertumbuhan.

Dari Gambar 4 didapat bahwa dengan perbandingan mol penyusun ion positif (Cu dan In) dan ion negatif (S), dimana nilai stoikiometri diasumsikan dengan nilai 2, secara



Gambar 4. Perbandingan kandungan Cu dan In ([M]) terhadap unsur S ([S]), dimana Cu:In:S = x:1:y.

keseluruhan kandungan unsur S dari film ini masih relatif sedikit dibandingkan dengan yang diinginkan. Volume gas atau di sini adalah tekanan parsial dari gas  $\text{CS}_2$  diperkirakan masih perlu ditingkatkan untuk meningkatkan sifat stoikiometri dari film ini. Untuk itu perlu dilakukan pengamatan dengan memakai parameter tekanan parsial gas  $\text{CS}_2$ .

Gambar 5 memperlihatkan pola difraksi sinar x dari film-film yang ditumbuhkan pada temperatur yang berbeda. Pada karakterisasi ini digunakan radiasi  $\text{Cu-K}\alpha 1$  sebagai sumber sinar x. Di sini diketahui bahwa pada umumnya hanya terdeteksi satu buah puncak difraksi yang kuat dimana posisi puncak tersebut sama dengan refleksi (112) dari bubuk  $\text{CuInS}_2$ . Meskipun dari rangkaian percobaan yang dilakukan ditemukan adanya beberapa film yang menunjukkan indikasi terdapatnya puncak tambahan, namun, puncak-puncak tambahan tersebut sangat lemah jika dibanding dengan puncak utama sebagai refleksi (112) tadi. Dari sini, disimpulkan bahwa film  $\text{CuInS}_2$  yang diperoleh menunjukkan orientasi di bidang (112) sejajar dengan substrat. Jadi meskipun film ditumbuhkan di atas substrat gelas (Pyrex) yang secara struktur adalah *amorphous*, tetapi film yang didapatkan menunjukkan kecenderungan mempunyai orientasi yang uniform. Hal ini

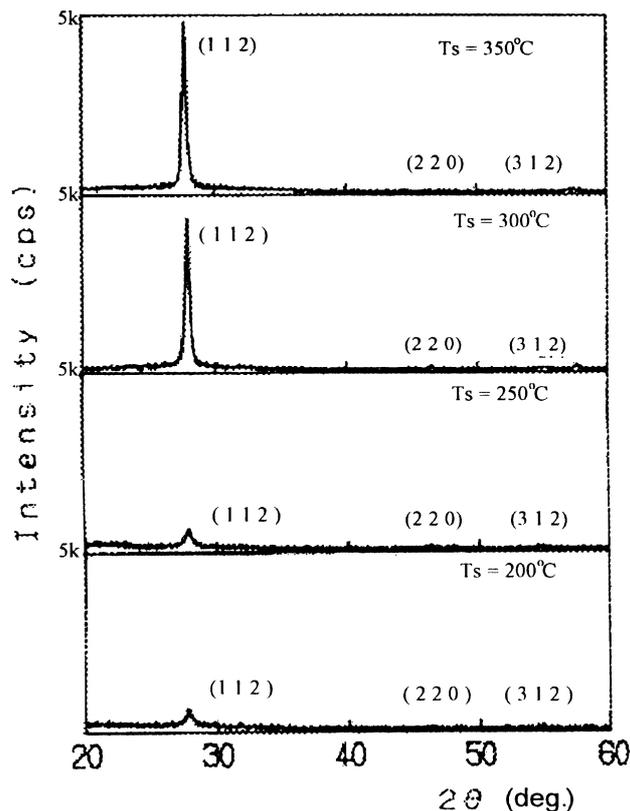
terlihat pada film yang kurang mempunyai sifat stoikiometri.

## KESIMPULAN

Lapisan tipis  $\text{CuInS}_2$  ditumbuhkan di atas substrat kaca Pyrex pada temperatur antara 200-350°C dengan menggunakan metoda *reactive sputtering* dan  $\text{CS}_2$  sebagai gas pereaksinya. Perbandingan mol antara Cu, In dan S dan anion terhadap kation ( $[\text{S}]/[\text{M}]$ ) dalam film tergantung pada temperatur pertumbuhan  $T_s$ . Film dengan sifat yang mendekati stoikiometri didapat pada temperatur pertumbuhan yang tinggi, khususnya pada temperatur 350°C. Pola difraksi sinar x menunjukkan bahwa film yang diperoleh mempunyai orientasi terhadap bidang (112) sejajar dengan substrat. Berkurangnya kandungan S pada film dengan temperatur tinggi dapat ditingkatkan dengan meningkatkan tekanan parsial pada waktu pertumbuhan, namun perlu berhati-hati dengan pertambahan karbon karenanya.

## DAFTAR ACUAN

- [1]. J.L. SHAY, B. TELL, H. M. KASPER and L. M. SCHAIVONE, *Phys. Rev.* **B5** (1972) 5003.
- [2]. D. C. LOOK and J. C. MANTHURUTHIL, *J. Phys. Chem. Solids*, **37** (1976) 173.
- [3]. R. SCHEER, T. WALTER, W. SCHOCK, M. L. FEARHEILEY and H. J. LEWERENA, *Appl. Phys. Lett.* **63** (1993) 3294.
- [4]. L. L. KAZMERSKI, M.S. AYYAGARI and G. A. SANBORN, *J. Appl. Phys.* **46** (1975) 4865.
- [5]. H. L. HWANG, C. Y. SUN, C. S. FANG, S. D. CHANG, C. H. CHENG, M. H. YANG, H. H. LIN and T. TUWANMU, *J. Cryst. Growth*, **55** (1981) 116.
- [6]. H. L. HWANG, C. L. CHENG, L. M. LIU, Y. C. LIU dan C. Y. SUN, *Thin Solid Films*, **67** (1980) 83.
- [7]. B. PAMPLIN and R. S. FEIGELSON, *Thin Solid Films* **60** (1979) 141.
- [8]. S. P. Grindle, C. W. Smith dan S. D. Mittleman, *Appl. Phys. Lett.* **35** (1979) 24.



Gambar 5. Pola difraksi sinar x dari film dengan berbagai temperatur pertumbuhan.