

Electroconductibilitatea Peliculelor Subțiri de Calcogenuri în Bază de Telur cu Contacte din Au și Ag

Ciobanu M., Țiuleanu D.

Catedra "Fizica"

Universitatea Tehnică a Moldovei

Chișinău, Republica Moldova

ciobmarina@gmail.com; tsiudima@gmail.com

Abstract — The current - voltage characteristics of some Te - based glassy chalcogenides with Au and Ag paste contacts are studied, paying attention to effect of temperature and annealing on electrical conductivity of the entire functional structure. It is shown that the Au contacts are ohmic but those from Ag paste, being rectifier, are strongly affected by annealing. The temperature increase results in increasing of conductivity independently on the contact material, but for the functional structures with Ag paste contacts, a reversible electrical transition was observed at temperature of about 140 °C. By this transition the variation of electrical resistance with several orders of magnitude occurs.

Key words — Chalcogenides, Contacts Ag, Au, I-U characteristics, annealing, electrical transition.

I. INTRODUCERE

O caracteristică unică a sticlelor calcogenice (StCh) este posibilitatea dizolvării rapide în ele a unor metale (Me), în special a argintului, prin iluminare sau tratare termică. De la observarea lui de către Kostyshin și alții [1], acest fenomen prezintă un interes deosebit și este intens studiat întrucât poate fi utilizat în diverse aplicații ale materialelor calcogenice, cum ar fi sistemele de înregistrare optică de înaltă rezoluție [2-3] ori membranele ionoselective pentru detectarea metalelor grele în lichide [4]. Recent s-a demonstrat că în baza electroliților solizi formați în rezultatul dopării sticlelor calcogenice cu Ag pot fi elaborate așa numitele elemente cu memorie nevolatilă [5-6] precum și alte aplicații. De asemenea s-a demonstrat că proprietățile electrice ale materialului obținut în urma dizolvării foto - ori termo - induse a argintului, în mare măsură depind de compoziția chimică a sticlei calcogenice utilizate, dar și de proprietățile contactului electric cu circuitul exterior.

Scopul lucrării prezente este studiul influenței materialului contactului asupra caracteristicilor curent - tensiune în diverse structuri funcționale în baza aliajului calcogenic As-S-Te, acordând o deosebită atenție contactului în bază de pastă de Ag. Această pastă conductivă este pe larg utilizată în electronică și urmează de a fi utilizată de noi în structuri funcționale cu materiale calcogenice superionice.

II. REZULTATE ȘI DISCUȚII

Peliculele subțiri de calcogenură As-S-Te au fost depuse pe substraturi de sticlă din Pyrex prin evaporare termică în vid. Depunerea s-a efectuat în instalația BYII-5 la presiunea gazelor remanente în camera de vid de 10^{-5} Torr. Întrucât temperatura de evaporare și presiunea vaporilor saturați a elementelor constitutive ale materialului inițial diferă esențial, pentru a obține pelicule cu o compoziție chimică corespunzătoare compoziției materialului evaporat, s-a utilizat metoda depunerii discrete din evaporator de tantal. Pentru studierea caracteristicilor curent-tensiune (I-U) și a influenței contactelor asupra conductibilității electrice a calcogenurilor în cauză, a fost montată și utilizată o instalație automată de măsurare dirijată de calculator, schema căreia este prezentată în Fig.1. Drept sursă programabilă de tensiune a fost utilizat unul din canalele Analog Output ale interfeței AT-MIO-16X produsă de concernul "National Instruments", SUA, iar în calitate de convertor curent-tensiune s-a folosit amplificatorul electrometric Y5-11. Pentru a fi înregistrat, semnalul de ieșire al amplificatorului Y5-11 a fost aplicat la un canal Analog Input al plăcii AT-MIO-16X .

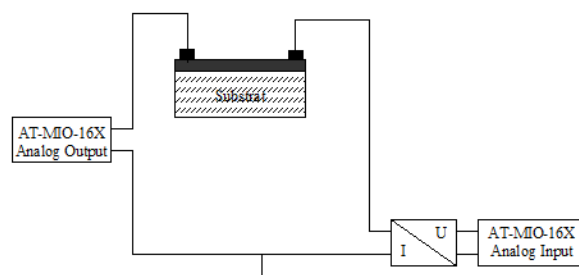


Fig. 1. Schema instalației de studiu a caracteristicilor curent – tensiune.

Achiziția și stocarea datelor experimentale, precum și prezentarea lor grafică a fost realizată utilizând limbajul grafic de creare ale instrumentelor virtuale Lab VIEW (elaborat de "National Instruments", SUA). Influența tratării termice și a temperaturii asupra caracteristicilor I-U au fost studiate în intervalul 25-200 °C fixând probele de studiu într-o sobă electrică automată, iar temperatura probei fiind controlată cu

ajutorul unui termorezistor din platină de tip Pt-100 fixat direct pe probă.

Experimentele au fost realizate în următoarea consecutivitate:

a) Măsurarea caracteristicii curent – tensiune la temperatura camerei, care ca regulă constituia 23°C.

b) Incalzirea mostrei experimentale cu citeva zeci de grade și realizarea tratamentului termic la aceasta temperatură timp de 2 h.

c) Măsurarea caracteristicii I – U la această temperatură.

d) Răcirea mostrei pînă la temperatura camerei și măsurarea repetată a caracteristicii curent – tensiune.

Acest ciclu de măsurări a fost repetat la temperaturi de pînă la de 200°C.

În Fig.2 sunt prezentate caracteristicile curent-tensiune

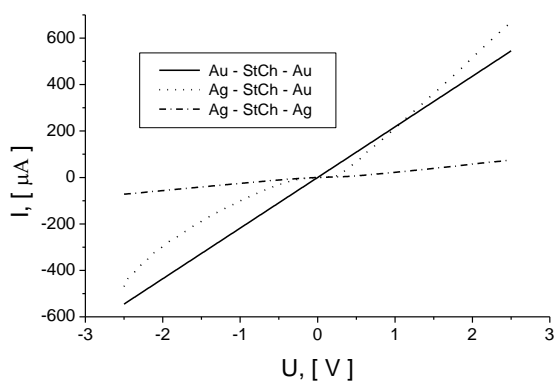


Fig. 2. Caracteristicile I-U ale structurilor Me-StCh-Me la temperatura camerei (23°C).

ale structurilor funcționale Me – StCh -Me cu contacte simetrice din Au ori Ag, precum și cu contacte asimetrice din aceste metale.

Este evident că numai contactele simetrice din Au sunt ohmice, iar structurile cu alte contacte sunt redresante.

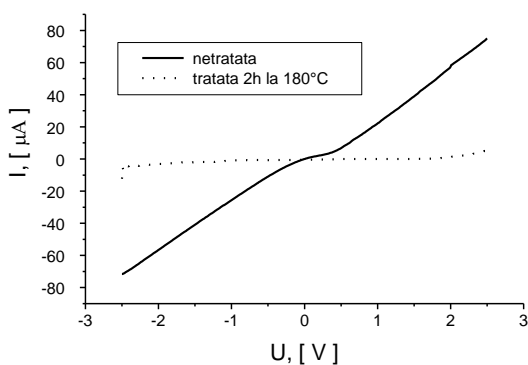


Fig. 3. Caracteristica curent-tensiune a structurii Ag - StCh - Ag la tratarea termică în condiții normale.

Aceasta denotă faptul că contactul din pastă de argint pare a fi unul deosebit, confirmat și de faptul că structurile funcționale cu asemenea contacte sunt cele mai influențate de tratamentul termic. În Fig. 3 este reprezentată influența

tratării termice asupra caracteristicii (I-U) a structurii Ag – StCh – Ag. Structura a fost tratată termic la temperatura de 180 °C timp de 2 h, în condiții normale. Tensiunea electrică a fost aplicată structurii cu discretizarea de 10 mV, timpul de reținere la fiecare măsurare (Δt) a constituit 10 ms.

Se observă, că tratarea termică are o influență dramatică asupra proprietăților electroconductive ale structurii funcționale în cauză. Dependența rezistenței electrice a acestei structuri, calculate la polarizarea de -1.0 V , de temperatura la care a avut loc tratarea termică este reprezentată în Fig.4. Se vede că rezistența electrică a structurii crește de zeci și sute de ori în dependență de temperatura la care are loc tratamentul termic.

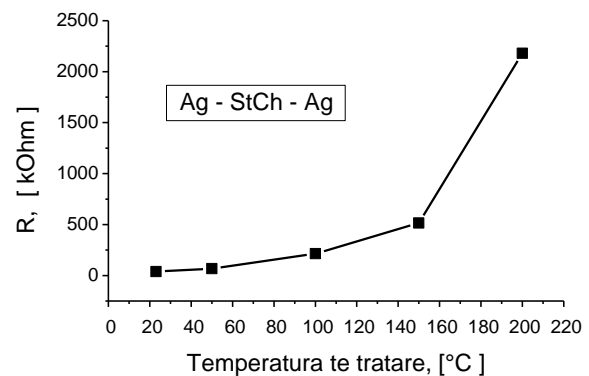


Fig. 4. Influența tratării termice a structurii Ag – StCh – Ag asupra rezistenței ei electrice.

În figurile 5 (a) și 5 (b) sunt reprezentate caracteristicile curent tensiune ale structurilor funcționale Me – StCh – Me cu contacte simetrice din Au ori pastă de Ag respectiv, obținute la diferite temperaturi. În ambele cazuri rezistența electrică scade cu creșterea temperaturii, însă pentru structura cu contacte de Ag, la temperatura de aproximativ 140 °C a fost observată o tranziție bruscă, după care conductibilitatea electrică a structurii devine metalică și ohmică.

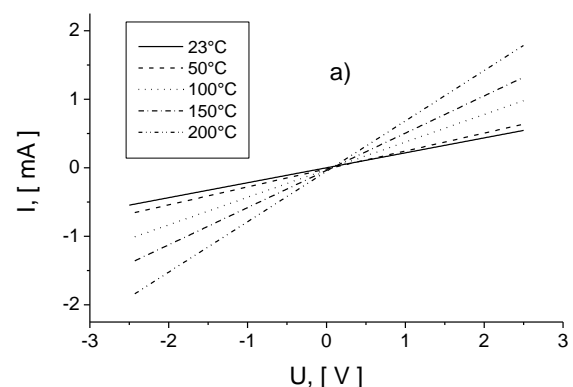


Fig. 5.a Caracteristicile curent-tensiune a structurilor Au - StCh -Au la diferite temperaturi

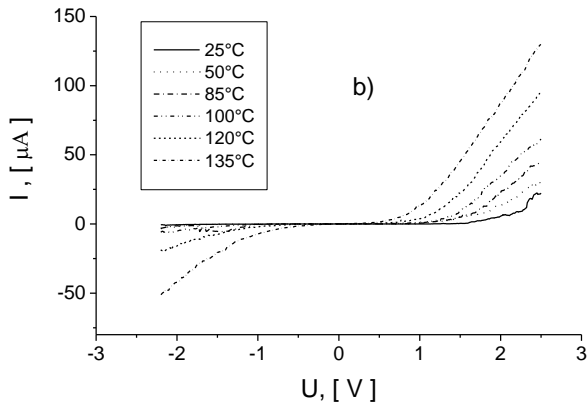


Fig. 5.b Caracteristicile curent-tensiune a structurilor Ag-StCh - Ag la diferite temperaturi

Pentru a aprecia cantitativ această tranziție a fost studiată dependența conductibilității electrice de temperatură a structurii funcționale în cauză. Rezultatele sunt reprezentate în Fig. 6, utilizând coordonatele semilogaritmice, adică $\log \sigma - 10^3 / T$. Se observă o tranziție de tipul dielectric – metal, la care conductibilitatea electrică a structurii funcționale descrește brusc cu aproximativ 4 ordine de mărime. Această tranziție este reversibilă: la micșorarea temperaturii, structura trece în starea cu rezistență electrică înaltă, aproximativ la temperatura de 130 °C.

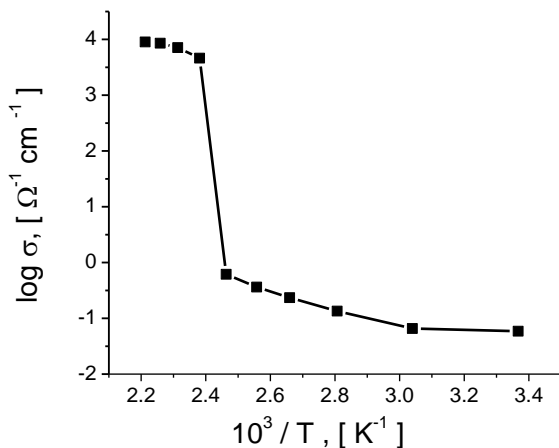


Fig. 6 Dependența conductibilității electrice a structurii funcționale Ag-StCh -Ag de temperatură în coordonate semilogaritmice.

Deși mecanismul acestei tranziții este în proces de studiu, noi considerăm ca ea poate fi cauzată de două fenomene care au loc concomitent, în sticla calcogenică și în

pasta de argint din contact. La temperaturi înalte are loc termodifuzia intensă a argintului în calcogenură, ca rezultat se formează clustere de argint, care la o anumită temperatură pot să se unească formând un canal metallic de conducție electrică. Acelaș proces poate avea loc și în pasta de argint: cleiul în care sunt dispersate nanoparticulele de argint, la temperaturi mari își pierde viscozitatea și particulele pot contacta direct formând canale metalice conductive.

III. CONCLUZII

Calcogenurile sticloase formează cu peliculele de Au contacte ohmice, iar cu cele din pastă de Ag - contacte redresante și puternic influențate de tratamentul termic. Rezistența electrică a structurilor cu contacte de Ag crește de zeci și sute de ori în dependență de temperatura la care are loc tratamentul termic. La temperatura de aproximativ 140 °C are loc o tranziție reversibilă a conductibilității electrice de tipul dielectric – metal. Această tranziție poate fi explicată prin trecerea calcogenurii sticloase la conductibilitate superionică, concomitent cu conexiunea directă a particulelor de Ag în pasta contactului datorită scăderii viscozității ei la creșterea temperaturii.

CONTRIBUȚII

Cercetările au fost susținute financiar de CSSD al AȘ RM

BIBLIOGRAFIE

- [1] M.T. Kostyshin, E.V.Mihailovskaya, P.F. Romanenko, "Effect of photography sensitivity of thin semiconductor films on metal substrates," *Sov. Phys. Solid State* 8, pp. 451-452, 1966.
- [2] B. Sinh, S.P. Beaumont, P.G. Bower, C.D.W. Wilkinson, "Sub-50-nm lithography in amorphous Se-Ge inorganic resist by electron beam exposure", *Appl. Phys. Lett.* 41, pp.1002 - 1004, 1982.
- [3] Dumitru Tsiulyanu, "Photoresists based on chalcogenide glasses", in "Non-Crystalline Materials for Optoelectronics", Volume 1, edited by G. Lucovsky (USA) and M. Popescu (Romania) INOE Publishing House, 2004, pp.297 – 323.
- [4] E. Bychkov, Yu. Tveryanovich, Yu. Vlasov, "Ion conductivity and sensors". In: "Semiconductors and Semimetals", Oxford: Elsevier, 2004, vol 80, pp.103-168.
- [5] M. N. Kozicki, M. Park, M. Mitkova, "Nanoscale memory elements based on solid-state electrolytes", *IEEE Transactions on Nanotechnology*, vol 4, pp. 331-338, 2005.
- [6] I. Stratan, D. Tsiulyanu, I. Eisele, "A programmable metallization cell based on Ag-As₂S₃", *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*, Vol. 8, pp. 2117 -2120, 2006.