

بررسی خواص الکتریکی قطعات ساندویچی لایه نازک پیوند ناهمگن بروموآلومینیوم فتالوسیانین و سرب فتالوسیانین (Al/BrAlPc/PbPc/Al)

ریحانه مظاهری و محمد اسماعیل عظیم عراقی

گروه فیزیک، دانشگاه خوارزمی

(دریافت مقاله : ۹۰/۰۸/۱۳ - پذیرش مقاله : ۹۰/۰۹/۳۰)

چکیده

فیلم های لایه نازک با ساختار نانو از بروموآلومینیوم فتالوسیانین و سرب فتالوسیانین که به روش تفنگ پرتوی الکترونی به ترتیب روی زیرلایه شیشه ای نشانداده شدند، تهیه گردید. قطعه ساندویچی Al/BrAlPc/PbPc/Al تحت خلأ 10^{-5} torr در آزمایشگاه ما تهیه شد. رفتار الکتریکی قطعات با پیوند ناهمگن در بازه ی فرکانسی $10^2 - 10^5$ Hz و در بازه ی دمای $303 - 403$ K مورد بررسی قرار گرفت. تمامی اندازه گیری ها در دماهای مختلف و در محفظه ی تاریک انجام شده است. الکترودهای آلومینیوم بکار رفته نشاندهنده ی اتصال شاتکی بودند. در تحقیق حاضر، مشاهده شده است که ظرفیت و ضریب پراکندگی با افزایش فرکانس، کاهش و با افزایش دما، افزایش می یابد و نتایج حاصل از اندازه گیری ها با تئوری سایمون مطابقت دارد.

واژه های کلیدی: ساختار نانو، پیوند ناهمگن، ضریب پراکندگی، تئوری سایمون.

AC electrical behavior of heterojunction bromo aluminum phthalocyanine and lead phthalocyanine thin film sandwich devices (Al/BrAlPc/PbPc/Al)

R. Mazaheri and M. Esmail Azim-Araghi

Physics Department, Kharazmi University, Tehran

(Received 4 Nov 2011, accepted 21 Dec 2011)

Abstract

Nanostructure thin films of bromo aluminum phthalocyanine (BrAlPc) and lead phthalocyanine (PbPc) were in turn deposited on a glass substrate by using electron beam gun (EBG) technique. Sandwich device of Al/BrAlPc/PbPc/Al were prepared in our laboratory under vacuum of 10^{-5} torr. The electrical behavior of devices investigated over the range of frequency $10^2 - 10^5$ Hz and the temperature range 303 to 403 K. All measurements were performed at different temperatures under dark conditions. The applied electrodes of Aluminum were represented schottky contacts. In current paper, capacitance and dissipation factor ($\tan \delta$) decrease with increasing frequency and increase with raising temperature. The obtained results from measurements can be described by the theory of Simmons et al.

Keywords: Nanostructure, Heterojunction, Dissipation factor, Theory of Simmons

E-mail of corresponding author: r_mazahery@yahoo.com

مقدمه

امروزه با افزایش سطح آلودگی اتمسفر، فتالوسیانین های گوناگونی تحت بررسی قرار گرفته اند. [۱] فتالوسیانین ها (Pcs) دسته نیرومندی از مولکول های کوچک نیمه هادی هستند که در طراحی نانو ساختارها استفاده می شوند و کاربردهای وسیعی دارند از قبیل: فوتولتانیک [۲]، اپتیک غیرخطی [۳]، سنسورهای شیمیایی و گازی [۴-۶] و سلول های خورشیدی [۷ و ۸]. علاوه بر حساسیت بالای فتالوسیانین ها در جذب و پذیرش الکترون، این مواد از نظر گرمایی و شیمیایی بسیار پایدارند، بنابراین می توانند بصورت لایه ی نازک در خلأ تهیه گردند. خواص الکتریکی DC قطعات لایه نازک فتالوسیانین های گوناگون بطور گسترده در سال های اخیر مطالعه شده است [۹] ولی به نسبت کار کمتری روی رفتار الکتریکی AC انجام شده است. [۱۰]

از امتیازات اصلی اندازه گیری های AC این است که اجازه می دهد درون نیمه رسانا بررسی شود که ناحیه ای با رسانش نسبتاً کم بین سدهای شاتکی است. نوع مکانیسم رسانندگی الکتریکی که در نیمه رساناهای لایه نازک رخ می دهد به عوامل زیادی از جمله نوع اتصال فلز به نیمه رسانای آلی (اهمیک یا شاتکی)، مقدار ولتاژ اعمال شده به لایه و درجه حرارتش بستگی دارد. [۱۱] مشاهده شده که آلومینیوم، مس، نقره و سرب، اتصال های غیراهمیک با فتالوسیانین ها برقرار می کنند که این از غیرخطی بودن مشخصه جریان - ولتاژ آنها معلوم می شود. [۱۲ و ۱۳]

در کار حاضر، ما وابستگی ظرفیت و ضریب پراکندگی ($\tan\delta$) لایه نازک پیوند ناهمگن بروموآلومینیوم فتالوسیانین و سرب فتالوسیانین ساندویچ شده با الکتروود های آلومینیوم را نسبت به دما و فرکانس بررسی کرده ایم.

مواد و روش آزمایش

قطعات ساندویچی لایه نازک پیوند ناهمگن Al/BrAlPc/PbPc/Al به روش تفنگ پرتوالکترونی در خلأ 10^{-5} torr روی زیر لایه ی شیشه ای نشانداده می شوند.

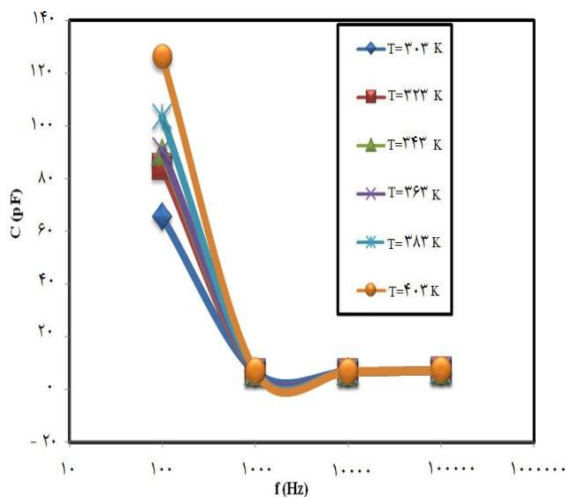
از آنجا که جنس بستر و تمیزی آن به میزان زیادی در خواص لایه های نشانداده شده بر روی آنها تأثیر می گذارد، ما از اسلایدهای شیشه ای پلی بروسیلیکات - که از نظر الکتریکی عایق است و رسانش گرمایی خوبی از خود نشان می دهد - استفاده کرده ایم.

برای ساخت قطعه در خلأ ذکر شده ابتدا اسلاید را با دقت با استون تمیز کرده و سپس لایه ها بر روی آن به روش تفنگ پرتوالکترونی بوسیله بوت مولیبدن نشانداده می شوند. تبخیر به وسیله تابش الکترون، یکی از روش های تبخیر می باشد که در آن از الکترون های شتابدار برای تبخیر ماده استفاده می شود. در این روش، می توان تابش الکترون را روی محل خاصی از ماده متمرکز نمود و بنابراین از واکنش بین ماده و بوت جلوگیری کرد. تقریباً تمامی مواد را می توان با این روش، لایه نشانی نمود ولی لزوماً کیفیت لایه حاصل برای تمامی مواد مناسب نخواهد بود. از مزایای این روش تمیز بودن عملیات تبخیر است و مهم ترین عیب این روش ایجاد تبخیرهایی در ساختمان بلوری ماده تحت لایه نشانی است که به دلیل برخورد الکترون های پرنرژی با بلور پایه به دست می آید. برای رفع این خرابی ها باید یک سری عملیات حرارتی بعد از لایه نشانی انجام داد.

تبخیر آلومینیوم با آهنگ 0.7 nm/sec صورت گرفت و ضخامت در حین لایه نشانی با استفاده از مانیترورکیستالی کوارتز نمایش داده می شد. در ابتدا الکتروود آلومینیوم با ضخامت $100 \pm 5 \text{ nm}$ نشانداده شده و سپس به ترتیب لایه های نازک بروموآلومینیوم فتالوسیانین با ضخامت $50 \pm 5 \text{ nm}$ و سرب فتالوسیانین با ضخامت $100 \pm 5 \text{ nm}$ و در نهایت الکتروود آلومینیوم با همان ضخامت لایه نشانی شد. سیم مسی جهت برقراری اتصال الکتریکی با چسب نقره به الکتروودهای آلومینیوم متصل گردید.

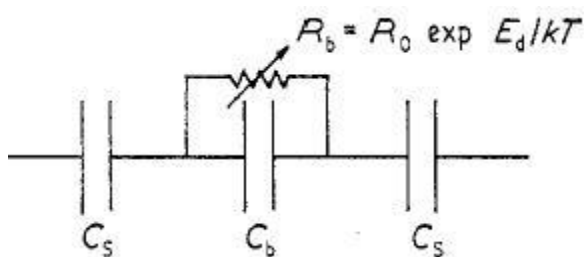
نتایج و بحث

وابستگی ظرفیت و ضریب پراکندگی ($\tan\delta$) قطعات ساندویچی آماده شده با ضخامت $5 \pm 350 \text{ nm}$ به دما در بازه ی دمایی $303 - 403 \text{ K}$ و در فرکانس های 10^2 Hz



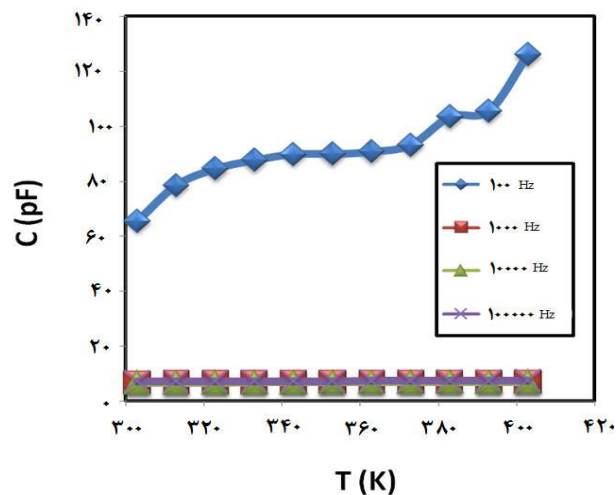
شکل ۳. وابستگی ظرفیت به فرکانس در دماهای ثابت متفاوت

از آنجا که بررسی خواص الکتریکی نیم رساناها بدون داشتن یک تماس مناسب با منبع جریان الکتریکی میسر نمی شود، الکترودها نقش مهمی در مطالعه نیم رسانا دارند. وجود سدهای شاتکی بین الکتروده آلومینیوم با فتالوسیانین ها، تأثیر قابل توجهی روی رسانش AC داشته و به علت افزایش ظرفیت با افزایش دما، کاهش ظرفیت با افزایش فرکانس با تغییرات بیشینه در دماهای بالا و همچنین وجود اکستریم در منحنی ضریب پراکندگی $(\tan\delta)$ برحسب فرکانس که با افزایش دما به سمت فرکانس های بالاتر انتقال می یابد، مدار معادل سایمون پیشنهاد می شود. طبق مدل سایمون، ساختار قطعه ی مورد بررسی را می توان با سه ظرفیت که دوتای آنها ناشی از سد شاتکی در سطح جدایی الکتروده AI و فتالوسیانین و دیگری ناشی از توده PC و یک مقاومت موازی با آنها معادل بگیریم. [۱۴]

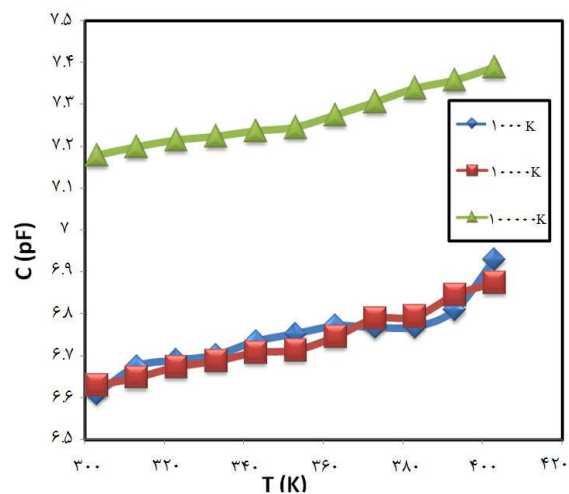


شکل ۴. مدار معادل سایمون برای اتصال شاتکی فلز- نیم رسانا

LCR متر مدل MT080A در غیاب نور (جریان تاریک) اندازه گیری شد و مشاهده گردید با افزایش دما، ظرفیت افزایش می یابد که این بخاطر افزایش تعداد حامل های بار آزاد می باشد. این مسأله در شکل های ۱ و ۲ نشان داده شده است. شکل ۳ وابستگی ظرفیت به فرکانس را نشان می دهد که دیده می شود ظرفیت با افزایش فرکانس، کاهش می یابد و این کاهش در دماهای بالا و فرکانس های پایین بسیار شدید می باشد و با کاهش دما و افزایش فرکانس کمتر می شود.



شکل ۱. وابستگی ظرفیت به دما در فرکانس های ثابت



شکل ۲. وابستگی ظرفیت به دما در فرکانس های ثابت در مقیاس کوچکتر

تغییرات $\tan\delta$ بر حسب فرکانس در دماهای مختلف، در شکل ۵ نشان داده شده است که با افزایش فرکانس، ضریب پراکندگی کاهش می یابد و یک اکسترممی با افزایش دما در یک فرکانس ثابت دارد. بطور مشابه در معادله ۳ با در نظر گرفتن مقدار مشابه C_s همراه با ظرفیت اندازه گیری شده ی $C=7/179 \text{ pF}$ در دمای پایین و فرکانس بالا (303 K و 10^5 Hz) $C_b=0/056 \text{ pF}$ به دست می آید.

نتیجه گیری

قطعات لایه نازک پیوند ناهمگن برومآلومینیوم فتالوسیانین و سرب فتالوسیانین با الکترودهای یکسان آلومینیومی با استفاده از روش تفنگ پرتوالکترونی در حلال بصورت ساندویچی ساخته شد. در محدوده فرکانس های 100 Hz تا 100 KHz در دماهای مختلف در محدوده $303 - 403 \text{ K}$ مشاهده شد که ظرفیت این قطعات نسبت به افزایش فرکانس، کاهش و با افزایش دما، افزایش می یابد. همچنین ضریب پراکندگی با افزایش فرکانس، کاهش یافته و در دماهای مختلف، ضریب پراکندگی اکسترممی مشاهده گردید که با افزایش دما به سمت فرکانس های بالاتر جابجایی پیدا کرده و مقدار آن با افزایش دما، افزایش یافت. این نتایج بدست آمده در توافق خوبی با مدل سایمون می باشد که به علت وجود دو سد شاتکی در محل اتصال فلز با نیمه رسانا، مدار معادل سایمون بررسی گردید.

منابع

1. M. E. Azimaraghi, *Electrical properties of chloroaluminium phthalocyanine thin film sandwich devices*, Indian Journal of Pure&applied Physics, 45(2007)40-43.
2. H. Ding, X. Zhang, M. K. Ram and C. Nicolini, *Ultrathin films of tetrasulfonated copper phthalocyanine: fabrication, characterization, and photovoltaic effect*, Journal of Colloid and Interface science, 290(2005)166-171.

در این شکل C_s ظرفیت سدهای شاتکی و C_b ظرفیت داخلی خازن و R_b مقاومت داخلی خازن می باشد که از رابطه زیر بدست می آید:

$$R_b = R_0 \exp (E_d / KT) \quad (1)$$

در این معادله E_k انرژی فعالسازی می باشد و ظرفیت نهایی سیستم با معادله (۲) داده می شود: [۱۵]

$$C = \frac{C_s}{2} \left[\frac{1 + \omega^2 R_b^2 C_b (\frac{C_s}{2} + C_b)}{1 + \omega^2 R_b^2 (\frac{C_s}{2} + C_b)^2} \right] \quad (2)$$

بنابراین در دماهای پایین و فرکانس های بالا معادله ۲ به این شکل می شود:

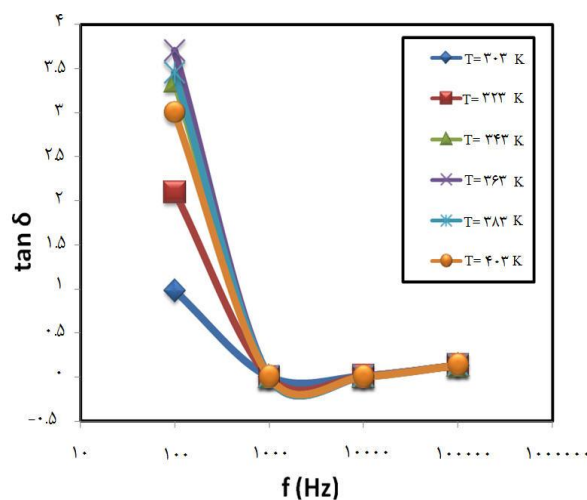
$$C = \frac{C_s C_b}{2} \quad (3)$$

به طور مشابه در دماهای بالا و فرکانس های پایین، ظرفیت مستقل از ضخامت فیلم و وابسته به ظرفیت سدشاتکی موجود در محل اتصال فلز - نیمه هادی است [۱۶] و معادله بالا به اینصورت می شود:

$$C = \frac{1}{2} C_s \quad (4)$$

که این مقدار ثابت می باشد. به علت وجود مقاومت داخلی خازن، اتلاف انرژی داریم و عامل اتلاف از رابطه زیر بدست می آید:

$$\tan\delta = \frac{1}{\omega R_b C_s} \quad (5)$$



شکل ۵. وابستگی ضریب پراکندگی ($\tan\delta$) به فرکانس در دماهای ثابت

3. J. W and W. J. Blau, *Nonlinear optical and optical limiting properties of individual single-walled carbon nanotubes*, Applied Physics B, 91(2008) 521-524.
4. F. I. Boherer, C. N. Colesniuc, J. Park, M. E. Ruidiaz, I. K. Schuller, A. C. Kummel and W. C. Trogler, *Comparative Gas Sensing in Cobalt, Nickel, Copper, Zinc, and Metal-Free Phthalocyanine Chemiresistors*, Journal of the American Chemical Society, 131(2008) 478-485.
5. M. E. Azimaraghi, M. J. Jafari, S. Barhemat and E. Karimi-Kerdabadi, *Gas Mixture Sensor Based on Polyaniline-Chloroaluminium Phthalocyanine Nanocomposite Thin Films*, Sensor Letters, 9(2011) 1349-1355.
6. A. B. El-Bosaty, T. A. El-Brossy, S. Abdalla, S. Negm, R. A. Abdella and H. Talaat, *Surface plasmon-cobalt phthalocyanine sensor for NO₂ gas*, Egept. Journal of Solids, 29(2006) 121-129.
7. H. R. Kerp and E. E. Van Faassen, *Effects of oxygen in exciton transport in zinc phthalocyanine layers*, Chemical Physics Letters, 332(2000) 5-12.
8. M. Pfeiffer, A. Beyer, B. Plonnigs, A. Nollau, T. Fritz, K. Leo, D. Schlettwein, S. Hiller and D. Wöhrle, *Controlled p-doping of pigment layers by cosublimation: Basic mechanisms and implications for their use in organic photovoltaic cells*, Solar Energy Materials and Solar Cells, 63(2000) 83-99.
9. M. E. Azimaraghi and D. Campbell, *Electrical parameters and gas sensing behaviour of ClInPc thin film devices*, The European Physical Journal Applied Physics, 43(2008) 37-41.
10. M. E. Azimaraghi and S. Abbasi, *AC electrical behavior of nanostructure thin film ClAlPc sandwich devices with aluminum electrodes*, Journal of optoelectronics and advanced materials, 12(2010)1777-1780.
11. R. D. Gould and A. K. Hassan, *High field electronic conduction processes in copper phthalocyanine thin films using lead and gold electrode combinations*, Thin Solied Films, 193-194(1990) 895-904.
12. A. Wilson and R. A. Collins, *Electrical characteristics of planar phthalocyanine thin film gas sensors*, Sensors and Actuators, 12(1987) 389-403.
13. A. Tripathi, A. K. Tripathi and A. P. Srivastava, *Electrical conduction in copper-phthalocyanine with special reference to electrode materials*, 16(1984) 99-106.
14. J. G. Simmons, G. S. Nadkarni and M. C. Lancaster, *Alternating current electrical properties of highly doped insulating films*, Journal of Applied Physics, 41(1970) 538-544.
15. T. S. Shafai, *Schottky barrier characterization of lead phthalocyanine/aluminum interfaces*, Thin solied films, 517(2008) 1200-1203.
16. J. G. Simmons, *Conduction in thin dielectric films*, Journal of Physics D:Applied Physics, 4 613(1971) 1589-1594.