

ساخت گیرنده نوری بر پایه مواد آلی حاوی نانو ذرات TiOPc و بررسی خواص نوری و الکتریکی آن

رسول اژئیان، سید محمد حسن فیض، سید علی شیخ الاسلامی و سید امیر محسن فرقی

آزمایشگاه لایه های نازک، دانشکده فیزیک، دانشگاه علم و صنعت ایران

چکیده

ساختار لایه ای گیرنده نوری مورد بررسی در این مقاله به صورت SL(Al) /BL(Polyamide) /CGL(TiOPc) /CTL(Oxadiazole) /ITO /Glass است. روش لایه نشانی مورد استفاده برای ساخت این گیرنده نوری، رسوب فیزیکی بخار می باشد. از ماده نانو ساختار فتالوسیانین اکسید تیتانیوم (TiOPc) با اندازه متوسط ذرات حدود ۲۵ نانومتر به عنوان ماده تولید کننده حامل بار، استفاده شده است. رفتار نمونه تحت طیف نگاری مرئی-فرا بنفش بررسی شد و مشخص شد که نمونه در طول موج های ۲۸۲، ۴۰۲، ۵۷۸ و ۷۶۲ نانومتر قله جذبی دارد و در محدوده طول موج های ۴۰۲-۵۷۸ نانومتر بیش از ۹۰ درصد نور را عبور می دهد. با رسم منحنی تخلیه الکتریکی تاریکی و روشنایی نمونه، کلف پتانسیلی حدود ۲۳/۴۳ ولت با ولتاژ اولیه ۳۵ ولت، معادل ۶۷٪ تضاد تصویر، در ۳۴۵ میلی ثانیه به دست آمد.

کلمات کلیدی: گیرنده نوری، قله جذبی، منحنی تخلیه الکتریکی تاریکی و روشنایی

Xerographic property and optical absorption study of Nano TiOPc based dual layer organic photoreceptor

R. Ajeian, S. M. H. Feiz, S. A. Shaikholeslami and S. A. M. Farghi

Thin Films Laboratory, Department of Physics, Iran University of Science & Technology

Abstract

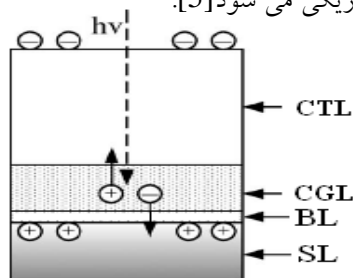
The sample used in the photo/dark measurement was fabricated in the sandwich Al/Polyamide/TiOPc/Oxadiazole/ITO/Glass. Nanostructure Titanium Oxide Phthalocyanine with the average particle size about 25 nm (TiOPc) is used as Charge Generation Material (CGM). Photoreceptor absorption spectra shows that there are some peaks at wavelengths 282,402,578 and 762 nm and there is no absorption in the region of 402-578 nm. Photo/dark induced discharge curve shows 67% contrast is achieved at 345 ms.

Keywords: Charge generation material, Photo/dark induced discharge curve, Photoreceptor

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

مقدمه

غلتک های فشار و گداخت ، تصویر ، بر روی کاغذ کاملاً تثبیت شده و محکم به آن می چسبد [5]. نور فرودی از لایه شفاف CTL گذشته و در CGL جذب می شود. با جذب هر فوتون، یک الکترون از باند ظرفیت به باند رسانش رفته و یک جفت الکترون- حفره مقید^۶ تولید می شود. این جفت حامل بار از طریق نیروی الکتروستاتیک به هم مقیدند . این تقید توسط میدان الکتریکی خارجی که به دو سر نمونه اعمال می شود، شکسته شده و حامل های آزاد به وجود می آیند . CTL وظیفه انتقال یک نوع از حامل های آزاد را به سطح نمونه، بر عهده دارد. بر این اساس CTL می تواند حاوی مواد انتقال دهنده حفره یا انتقال دهنده الکترون باشد . هر چه تعداد حامل های آزاد بیشتر باشد احتمال رسیدن حامل ها به سطح بیشتر می شود و تصاویر با تضاد ۷ بالا به دست می آید. بنابراین استفاده از مواد با قدرت جذب بالاتر در CGL می تواند به بهبود کیفیت گیرنده نوری کمک کند [5,6]. وقتی سطح گیرنده نوری باردار گردد ، در زیر لایه رسانا (SL) که به زمین متصل است ، بار مخالف القا شده ، در نتیجه یک میدان الکتریکی خارجی در دو سر نمونه اعمال می شود. وجود لایه سد کننده (BL) که حاوی مواد عایق الکتریکی است، مانع تخلیه الکتریکی خود به خودی نمونه در تاریکی می شود [5].



شکل ۱. گیرنده نوری آلی دو لایه

CGL حاوی مواد جاذب نور است . از جمله معروفترین رنگدانه های مورد استفاده می توان به فتالوسیانین ها و رنگدانه های آزو اشاره کرد که در بین مواد آلی از توجه

در این مقاله قصد بر این است تا یک گیرنده نوری قابل کاربرد در صنعت زیراکس ساخته شده و خواص اپتیکی و الکتریکی آن مورد بررسی قرار گیرد. نتایج این تحقیق گام مفیدی در جهت ساخت نمونه تجاری این محصول، خواهد بود. این زمینه تحقیقاتی در ایران جدید بوده و از جمله مهمترین کارهای انجام شده در این زمینه می توان به مراجع [1-3] اشاره کرد.

ساختار لایه ای گیرنده های نوری آلی دو لایه به فرم ساندریچ $ITO/CGL/CTL/BL/SL$ می باشد. لایه ITO یک لایه رسانای شفاف است که فقط به منظور تعیین مشخصات الکتریکی، بر روی شیشه نگهدارنده ایجاد می شود (شکل ۱) [4].

گیرنده نوری، اصلی ترین قطعه دستگاه کپی و چاپگر لیزری می باشد و در دو نوع آلی و معدنی ساخته می شود. کار اصلی آن، تبدیل الگوی نوری به الگوی الکتروستاتیک می باشد. بدین صورت که ابتدا سطح گیرنده نوری توسط سیم های کرومیا به صورت یکنواخت باردار می شود و سپس الگویی که قصد داریم از آن کپی بگیریم، در مقابل گیرنده نوری، در معرض نور قرار می گیرد. نور بازگشتی از الگوی نوری، سطح گیرنده نوری را تخلیه الکتریکی می کند. مناطقی از گیرنده نوری که نور دریافت می کند تخلیه الکتریکی شده و بار خود را از دست می دهد تا بدین ترتیب یک الگوی الکتروستاتیک مطابق تصویر نمونه اصلی در آینه، بر روی گیرنده نوری ایجاد می شود . در چاپگر ها الگوی مورد نظر توسط نور لیزر مودوله شده بدست می آید. پاشیدن جوهر با باری مخالف سطح گیرنده نوری، الگوی الکتروستاتیک نامرئی را ظاهر می کند. با نزدیک کردن کاغذ که باری مخالف جوهر دارد، تمام جوهر به کاغذ منتقل می شود که با رد شدن کاغذ از بین

- ¹ Sub Layer
- ² Blocking Layer
- ³ Charge Generation Layer
- ⁴ Charge Transport Layer
- ⁵ Indium Tin Oxide

⁶ Exciton

⁷ Contrast

اتلاق می شود. کاف پتانسیل تعیین کننده میزان حساسیت نمونه به نور فرودی می باشد. هر چه این کاف بیشتر باشد تضاد تصویر به دست آمده بیشتر خواهد بود.

$$(۲) \quad \text{تضاد تصویر} = \frac{Gap}{V_0} \times 100$$

زمان رسیدن به این کاف، تعیین کننده سرعت کپی برداری است. هر چه نمونه در زمان کمتر ی به این کاف برسد چاپگر می تواند سریعتر کپی بگیرد [4,12].

آزمایش

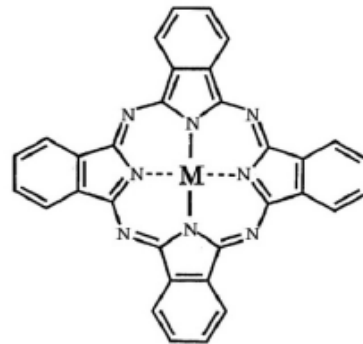
۱. مواد

برای ساخت زیر لایه رسانا از سیم های آلومینیومی و برای ایجاد لایه سد کننده از پلی آمید استفاده شد. CGL حاوی نانو ذرات TiOPc می باشد. نتایج نشان می دهد که هر چه ذرات رنگدانه فتالوسیانین کوچکتر باشند درصد جذب نور فرودی بیشتر می شود به همین دلیل یک ماده نانو ساختار برای تولید CGL انتخاب شد [13]. CTL از رسوب دادن یک ماده انتقال دهنده حفره به نام Oxadiazole^۳ به دست آمد.

Indium Tin Oxide ، ITO/Glass رسوب داده شده بر روی لام شیشه ای و نا نو پودر TiOPc از شرکت Aldrich و اکسادیازول از شرکت Sigma تهیه شد. بقیه مواد از جمله پلی آمید، آلومینیوم، حلال سیکلو هگزانون و ... در داخل کشور موجود می باشد.

پودر TiOPc قبل از تبخیر برای جلوگیری از پاشیدن به اطراف محفظه خلا، در سیکلو هگزانون حل شد Oxadiazole پودری شامل مولکول های الکترون دهنده است که می بایست در یک بستر پلیمری آلایده شود تا بتواند یک انتقال دهنده حفره محسوب شود . از اینرو با Poly(Methyl metacrylate) با نسبت وزنی ۱:۲ (PM:O) مخلوط شد و در سیکلو هگزانون حل شد [12].

و کاربرد قابل ملاحظه ای برخوردارند [7]. فتالوسیانین دارای فرمول شیمیایی به فرم $C_{32}H_{16}N_8M$ می باشد. در جایگاه M عوامل فلزی مانند TiO, Cu, Al, ClIn و ... و عامل غیر فلزی مانند H_2 قرار می گیرند (شکل ۲). این مواد دارای طیف جذبی در محدوده طول موج های ۸۵۰-۵۵۰ نانومتر می باشند، از اینرو برای صنعت زیراکس و چاپگرهای لیزری مناسبند . این نوع چاپگرها معمولاً از لیزر GaAs استفاده می کنند که در محدوده ۷۵۰-۸۵۰ نانومتر عمل می کند [8].



شکل ۲. ساختار مولکولی فتالوسیانین M (MPc)

بهای مشخصه یابی گیرنده های نوری، منحنی تخلیه الکتریکی تاریکی^۱ DIDC و تخلیه الکتریکی روشنایی^۲ PIDC آنها رسم می شود [9,10].

با ایجاد الکتروود شفاف بر روی گیرنده نوری، به فرم زیر Al-electrode/Organic materials/ITO-electrode نمونه ساختاری شبیه به یک خازن تخت دارد و پتانسیل سطح آن به صورت زیر تخلیه الکتریکی می شود:

$$(۱) \quad V(t) = V_0 \exp\left(-\frac{t}{RC}\right)$$

که در آن R، مقاومت الکتریکی گیرنده نوری، C ظرفیت خازنی آن و V_0 ولتاژ اولیه دو سر آن می باشد [11].

مقاومت الکتریکی نمونه در تاریکی و در معرض نور اندازه گیری شده سپس طبق رابطه (۱) PIDC و DIDC آن رسم می شود. اختلاف پتانسیل این دو منحنی در یک زمان خاص بیشینه می شود که به آن کلف پتانسیل (Gap)

³ 2(4-tert-butylphenyl)-5-(4-biphenyl)-1,3,4-Oxadiazole

¹ Dark Induced Discharge Curve

² Photo Induced Discharge Curve

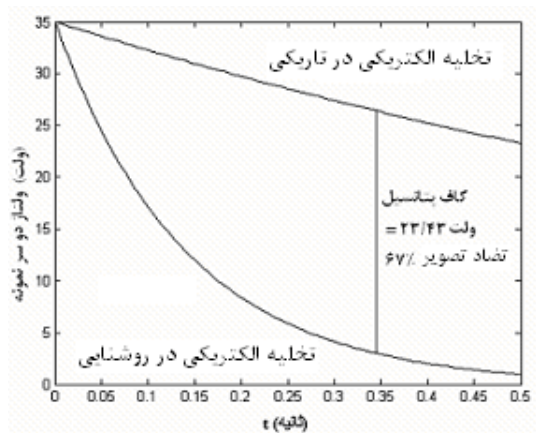
۲. ساخت نمونه

یافته ها و بحث

۱. طیف نگاری مرئی - فرابنفش

شکل ۳ طیف نگاری نمونه ساخته شده توسط اسپکتروفوتومتر مدل MPC2200 را نشان می دهد . همانطور که در شکل مشخص است نمونه در طول موج های ۲۸۲، ۴۰۲، ۵۷۸ و ۷۶۲ نانومتر قله جذبی دارد و در محدوده طول موج های ۴۰۲-۵۷۸ نانومتر نسبت به نور فرودی شفاف است. با توجه به موارد نامبرده، نمونه برای استفاده در چاپگرهایی که دارای چشمه نور مرئی هستند مناسب نیست. نمونه در محدوده ۷۶۲-۵۷۸ نانومتر دارای بیشترین درصد جذب می باشد، بنابراین کاربرد آن برای زیراکس و چاپگر با چشمه نوری در ناحیه قرمز، بیشترین کیفیت را خواهد داشت.

۲. منحنی تخلیه الکتریکی تاریکی و روشنایی



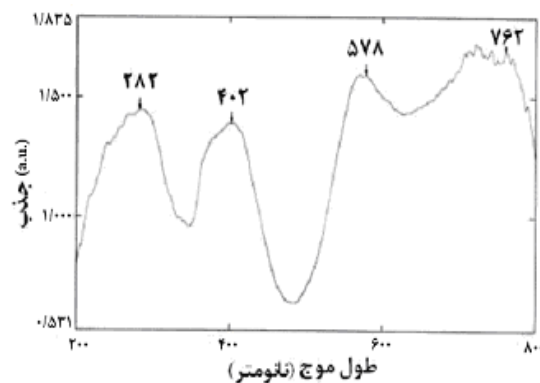
شکل ۴. منحنی تخلیه الکتریکی تاریکی و روشنایی نمونه

گیرنده نوری مانند یک خازن در یک مدار ساده، قرار می گیرد. به کمک یک منبع تغذیه DC و یک تقویت کننده جریان، مقاومت الکتریکی نمونه ابتدا در تاریکی و سپس در معرض تابش نور سفیدی با شدت ۳۰۰ lux اندازه گیری شد. اعداد به دست آمده در جدول ۱ درج شده است.

با استفاده از رابطه (۱) و جایگذاری اعداد منحنی تخلیه الکتریکی در تاریکی :

برای رسوب دهی لایه های نازک گیرنده نوری، در این تحقیق از روش رسوب فیزیکی بخار در دمای اتاق استفاده شد. لایه نشانی ها با استفاده از دستگاه زیر 6F15 - VACUUM COATING UNIT MODEL انجام شد. دستگاه مذکور دارای ۴ جایگاه بوته حرارتی است که می توان در هر مرحله تشکیل خلا، ۴ لایه متفاوت ایجاد کرد. قبل از راه اندازی دستگاه، مقداری اکسادیازول، پودر TiOPc و پلی آمید در سه بوته مولیبدنی ریخته و مقداری سیم آلومینیومی در فیلمان تنگستنی جایگذاری کرده و در دستگاه بسته شد. برای تبخیر آلومینیوم به دلیل نقطه ذوب بالا، فیلمان تنگستنی مناسب است. چند لام شیشه ای حاوی لایه ITO در داخل محفظه خلا نصب شد و دستگاه راه اندازی شد. هنگامی که خلا محفظه به 10^{-6} mbar برسد شرایط برای رسوب دهی لایه ها مناسب است.

ابتدا اکسادیازول با ضخامت تقریبی ۵۰۰ نانومتر بر روی ITO لایه نشانی شد و سپس به ترتیب مواد نامبرده TiOPc (۳۰۰ نانومتر) [8]، پلی آمید (۱۰۰۰ نانومتر) [8] و آلومینیوم (۱۰۰۰ نانومتر) رسوب داده شد. ضخامت لایه ها توسط ضخامت سنج کریستال کوآرتز، نصب در داخل محفظه خلا، قابل کنترل است. بدین ترتیب چندین نمونه به دست می آید. نمونه ای که بهترین نتیجه را بدهد، برای بررسی های بعدی انتخاب می شود.



شکل ۳. طیف مرئی - فرابنفش نمونه

منابع

۱. میرابانها مهدی، اژتیان رسول، کاربرد فتالوسیانین مس (CuPc) در فوتورسپتورهای زیروگرافی آلی، مجموعه مقالات اولین همایش بین المللی و دومین همایش ملی علوم و فناوری رنگ، ۱۳۸۴.
۲. جهانشاهی کیوان، اژتیان رسول و همکاران، بررسی تاثیر نوع بستر (چسب) بر کیفیت لایه های نازک گیرنده های نوری مواد آلی، مجموعه مقالات هشتمین کنفرانس ماده چگال، ۱۳۸۵.
۳. اژتیان رسول، شیخ الاسلامی سید علی، فرقی امیر محسن، مقایسه گیرنده های نوری آلی دو لایه ای ساخته شده از مواد تولید کننده حامل بار متفاوت، مجموعه مقالات همایش ملی مواد نو، پژوهشگاه مواد و انرژی، ۱۳۸۷.
4. S. Zhou, W. Qiu, W. Hu, Y. Liu, F. Bai, D. Zhu, *Photoconduction and application of oxotitanium phthalocyanine dual layered thin films*, Thin Solid Films, 375 (2000) 263-266.
5. C. B. Duke, J. Noolandi, T. Thieret, *The surface science of xerography*, Surface Science, 500 (2002) 1005-1023.
6. Q. Xu, H. Z. Chen, M. Wang, *Synthesis and hole transport property of a novel triphenylamine substituted stilbene derivative*, Materials Chemistry and Physics, 87 (2004) 446-451.
7. X. Q. Zhou, M. Wang, S. L. Yang, *Investigation on the photoconductive composites: TiOPc with various AZOs*, Materials Chemistry and Physics, 73 (2002) 70-73.
8. K. J. Jiang, H. Z. Chen, M. Wang, *Xerographic property, optical absorbtion, and X-Ray diffraction study of azo/TiOPc composites*, Materials Science and Engineering, B57 (1999) 87-91.
9. T. Lozovski, R. Maldzius, E. Montrimas, *Investigations of charging and discharge in the dark of organic electrographic photoreceptors*, Synthetic Metals, 109 (2000) 195-198.
10. J. Kalade, R. Maldzius, E. Montrimas, *Charge transport in a single layer organic photoreceptor*, Synthetic Metals, 156 (2006) 476-481.

$$V(t) = 35 \exp\left(-\frac{t}{1/75 \times 10^9 * 0/7 \times 10^{-9}}\right) \quad (۳)$$

منحنی تخلیه الکتریکی در روشنایی :

$$V(t) = 35 \exp\left(-\frac{t}{0/2 \times 10^9 * 0/7 \times 10^{-9}}\right) \quad (۴)$$

رسم شده و همزمان در شکل ۴ نمایش داده شده است . اختلاف بین دو منحنی در زمان ۳۴۵ میلی ثانیه به بیشینه خود می رسد و کلف پتانسیلی حدود ۲۳/۴۳ ولت، طبق رابطه (۲) معادل $\left(\frac{23.43}{35} \times 100\right)$ درصد تضاد تصویر، مشاهده می شود و به این معناست که اگر زمان نوردهی چاپگر روی ۳۴۵ میلی ثانیه تنظیم شود تصویر الگوی مورد چاپ با تضاد ۶۷٪ بر روی درام نگاشته می شود . در یک سیستم ایده آل، گاف پتانسیل برابر با ولتاژ اولیه است و تضاد تصویر ۱۰۰٪ می باشد که در این حالت، تصویر از الگوی اصلی قابل تشخیص نخواهد بود.

نتیجه گیری

گیرنده نوری آلی دو لایه با ساختاری به شکل زیر:

Al (1000 nm) / Polyamide (1000 nm) / TiOPc (300nm) / Oxadiazole (500 nm) / ITO / Glass

در محدوده طول موج های ۴۰۲-۵۷۸ نانومتر نسبت به نور فرودی شفاف است و در محدوده طول موج های ۷۶۲-۵۷۸ نانومتر، درصد زیادی از نور را جذب می کند . بنابراین برای استفاده در زیراکس و چاپگرهای لیزری با طول موجی در این ناحیه، بسیار مناسب است . یک چاپگر قادر است در ۳۴۵ میلی ثانیه تص ویری با تضاد ۶۷٪ بر روی این گیرنده نوری حک کند.

سپاسگزاری

این پروژه تحت حمایت همه جانبه دانشگاه علم و صنعت ایران انجام شده است.

11. Z. L. Yang, H. Z. Chen, M. M. Shi, C. Pan, M. Wang, *Enhanced photoconductivity of organic single layered photoreceptor from bisazo/phthalocyanine composite*, Materials Science and Engineering, B122 (2005) 211-217.

۱۲. جهانشاهی کیوان، پایان نامه کارشناسی ارشد، بررسی

چند نوع از مواد فوتورسپتوری آلی و مقایسه منحنی

های دشارژ تاریکی و روشنایی آنها، دانشگاه علم و

صنعت ایران، دانشکده فیزیک، ۱۳۸۵.

۱۳. اژئیان رسول، شیخ الاسلامی سید علی، تاثیر اندازه

نانومتری ذرات رنگدانه بر کیفیت گیرنده نوری،

مجموعه مقالات سومین همایش سراسری دانشجویی

فناوری نانو، دانشگاه شیراز، ۱۳۸۶.