

## تاثیر پخت بعد از لایه نشانی بر روی مورفولوژی و خواص اپتیکی لایه های نازک برم آلومینیوم فتالوسیانین

پور تیمور، سالار؛ عظیم عراقی، محمد اسماعیل

گروه فیزیک دانشگاه خوارزمی، تهران

### چکیده

این مقاله، تاثیر پخت بعد از لایه نشانی بر روی مورفولوژی و خواص اپتیکی لایه نازک نیمه رسانای آلی برم آلومینیوم فتالوسیانین لایه نشانی شده به روش پرتو الکترونی را مورد بررسی قرار می دهد. لایه های نازک برم آلومینیوم فتالوسیانین بوسیله میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی و طیف جذبی اپتیکی مشخصه یابی شدند. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی نشان می دهد که با افزایش دمای پخت، اندازه دانه های کریستالی افزایش می یابد. با استفاده از طیف مرئی-فرابنفش، مشاهده شد که شدت عبور و گاف نواری اپتیکی در اثر دمای پخت تغییر پیدا می کند.

## The effect of post-deposition annealing on morphology and optical properties of bromo-aluminium phthalocyanine (BrAlPc) thin films

Pourteimoor, Salar\*; Azim –Araghi, Mohammad .E

Applied Physics Division, Physics Department, Kharazmi University, 49 Mofateh Avenue, Tehran, Iran

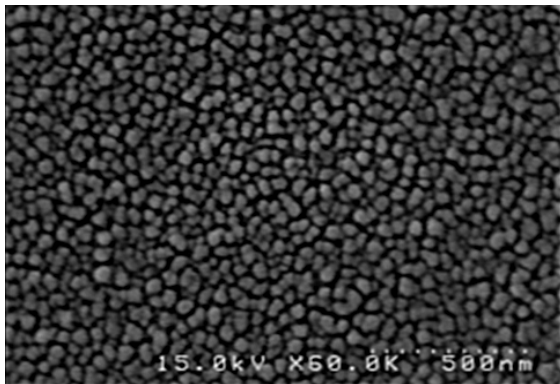
### Abstract

*This paper investigates the effect of post-deposition annealing on the morphology and optical properties of electron beam evaporated organic semiconductor bromo-aluminium phthalocyanine (BrAlPc) thin films. Thin films of BrAlPc have been characterized by field emission scanning electron microscopy (FESEM) and optical absorption spectra. The FESEM images have shown that the crystal grain size increases by increasing annealing temperature. Using UV-visible spectra, it was observed that the transmittance and optical band gap change due to annealing temperature.*

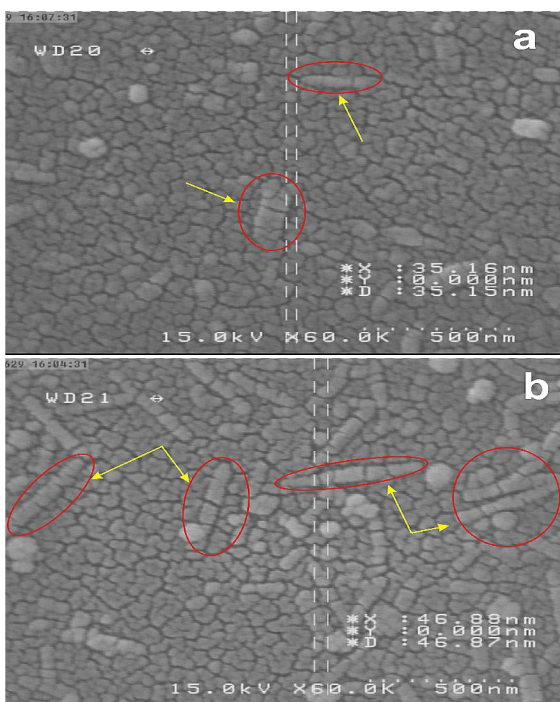
### مقدمه

های خورشیدی [۳]، سنسور های گازی [۴]، دیود های نوری آلی [۵] و حافظه های فلش [۶] مبدل شده اند. فتالوسیانین ها در حالت کلی کلی نیمه رسانای نوع P هستند و دارای پایداری شیمیایی و حرارتی بالایی می باشند که همین نکته استفاده از آنها را به صورت لایه های نازک بدون اینکه تخریب شوند، میسر می سازد [۷]. خواص اپتیکی و ساختاری این مواد به پارامتر های مختلفی

در چند سال گذشته، پژوهش بر روی لایه های نازک نیمه رسانا های آلی برای استفاده در قطعات اپتیکی و الکترونیکی به طور چشمگیری افزایش یافته است [۱-۲]. در این بین، فتالوسیانین ها که نیمه رساناهای آلی شناخته شده ای هستند، به یکی از مواد فوق العاده پر کاربرد در قطعات اپتو الکترونیک از جمله سلول



شکل ۱: تصویر FESEM از لایه نازک BrAlPc لایه نشانی شده در دمای اتاق



شکل ۲: تصاویر FESEM از لایه نازک BrAlPc (a) پخت داده شده در دمای ۲۵۰°C (b) پخت داده شده در دمای ۱۵۰°C در شکل ۲ (b) یکنواختی سطح لایه از بین رفته و جزیره‌هایی در آن بوجود آمده و اندازه‌های دانه‌های کریستالی بزرگتر شده است. نمودار هیستوگرام این تصاویر در شکل ۳ رسم شده است. در نمونه بدون بازپخت مرز دانه‌ها کاملاً مشخص است، چرا که در هنگام لایه نشانی بر روی سطح شیشه ذرات انرژی کافی را برای ایجاد ساختار کریستالی و منظم ندارند. در هنگام پخت نمونه دانه

همچون آهنگ لایه نشانی، دمای زیر لایه و پخت دادن بعد از لایه نشانی وابسته است [۸]. در پژوهش حاضر، ما خواص اپتیکی و مورفولوژی لایه‌های نازک BrAlPc لایه نشانی شده در دمای اتاق و اثر پخت را بعد از لایه نشانی بر این لایه‌ها بررسی می‌کنیم.

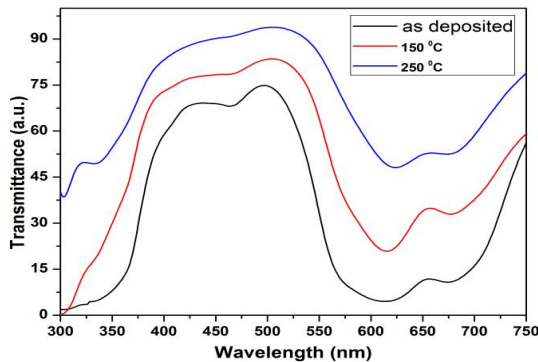
## روش کار

ابتدا شیشه‌هایی از جنس پلی بروسیلیکات را به عنوان زیر لایه در ابعاد  $1\text{ cm} \times 1\text{ cm} \times 1/5\text{ cm}$  بریده و برای جلوگیری از هرگونه آلودگی سطح با استون شستشو داده و در هوای آزاد خشک کردیم. سپس این شیشه‌ها را به نمونه نگهدارنده چسبانده و در داخل دستگاه (HIND HIVAC, EBG-3K) قرار داده شد. لایه نازک BrAlPc به ضخامت تقریبی ۱۰۰ نانومتر به روش لایه نشانی با پرتوهای الکترونی بر روی زیر لایه‌ها لایه نشانی شد. ضخامت لایه، در حین لایه نشانی با استفاده از ضخامت سنج کوارتز (HINDHIVAC-DTM-101) کنترل گردید. جنس بوته‌ی مورد استفاده جهت لایه نشانی از جنس گرافیت بود. بعد از اتمام فرایند لایه نشانی، نمونه‌ها در دماهای ۱۵۰ و ۲۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۳۰ دقیقه پخت داده شد.

## اندازه‌گیری و نتایج

با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (FESEM)، تصاویری از سطح لایه گرفته شد. تصویر FESEM از لایه نازک BrAlPc در شکل (۱) نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود بیشتر دانه‌های کریستالی به صورت تقریباً کروی و اندازه آن‌ها به طور میانگین برابر ۳۴ نانومتر می‌باشد. شکل (۲) نمونه‌های پخت داده شده را به ترتیب در دماهای ۱۵۰ و ۲۵۰ درجه سلسیوس نشان می‌دهد. در شکل ۲ (a) تراکم دانه‌های کریستالی نسبت به شکل ۱ بیشتر شده و اندازه دانه‌های کریستالی کمی بزرگتر شده است (حدود ۳۵ نانومتر) اما

پخت شدت عبور افزایش و بر طبق رابطه  $A = -\log(T)$  شدت جذب لایه نازک BrAlPc کاهش می‌یابد.



شکل ۴: نمودار بیناب عبوری بر حسب طول موج برای لایه نازک BrAlPc پخت داده شده در دماهای مختلف

در رابطه فوق  $A$  شدت جذب می‌باشد و فرض شده است که هیچگونه انعکاسی نداریم. جذبی که در ناحیه ۶۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر دیده می‌شود، مربوط به باند  $Q$  در فتالوسیانین است. این جذب به حالت های تله معروف است و انرژی آن در حدود ۱/۵ تا ۲ الکترون ولت است و تاثیری بر گاف نواری اپتیکی ندارد [۹].

ضریب جذب بر حسب شدت عبور از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

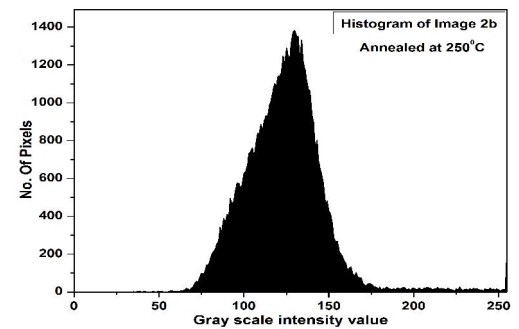
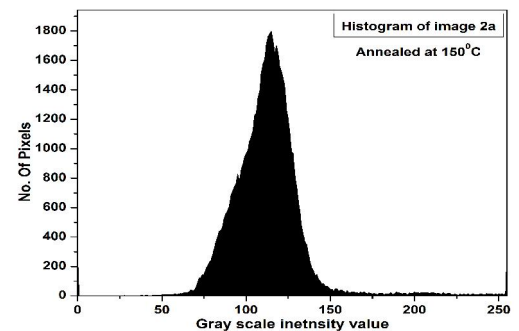
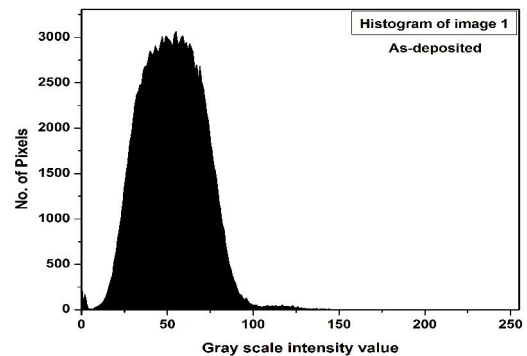
$$\alpha = \frac{1}{d} \ln\left(\frac{1}{T}\right) \quad (1)$$

که در این رابطه،  $d$  ضخامت لایه و  $T$  شدت عبور را نشان می‌دهد. تغییرات ضریب جذب با انرژی فوتون برای گذار نوار به نوار از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\alpha = \alpha_0 (h\nu - E_g)^n \quad (2)$$

که در آن  $\alpha_0$  یک ثابت،  $h\nu$  انرژی فوتون تابشی،  $E_g$  انرژی گاف نواری اپتیکی و  $n$  نشان دهنده نوع گذار است که برای گذارهای مستقیم، غیر مستقیم و ممنوعه به ترتیب مقادیر ۰/۵، ۲ و ۱/۵ را می‌پذیرد. وابستگی  $\alpha$  به انرژی فوتون تابشی با استفاده از بیناب عبوری لایه های نازک BrAlPc در شکل ۵ رسم شده است. برون یابی بوسیله خط مستقیم وقتی که  $(ah\nu)^2$  برابر با صفر می‌گردد (قطع کردن

ها رشد می‌کنند لذا گاهی این دانه ها به هم چسبیده و یک خوشه یا جزیره را که وابسته به دمای پخت است، بوجود می‌آورند.



شکل ۳: نمودار هیستوگرام مربوط به تصاویر FESEM

### خواص اپتیکی

شکل (۳) طیف عبوری مرئی- فرابنفش را در محدوده طول موج های ۳۰۰ تا ۸۰۰ نانومتر برای لایه های نازک BrAlPc که در دماهای مختلف پخت داده شده اند، نشان می‌دهد. بیناب مرئی- فرابنفش برای فتالوسیانین ها ناشی از اوربیتال های مولکولی موجود در سیستم الکترونی  $18\pi$  و هم پوشانی اوربیتال ها با فلز مرکزی می‌باشد [۹]. همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش دمای

نواری در اثر دمای پخت به تغییرات در ساختار بلوری فیلم های نازک نسبت داده می شود.

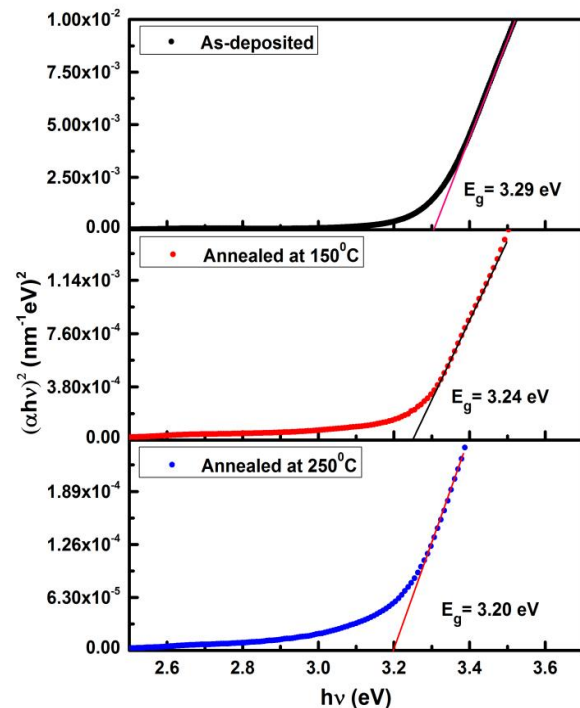
### نتیجه گیری

همانطور که مشاهده شد، با افزایش دمای پخت یکنواختی لایه نازک BrAlPC از بین رفته و اندازه دانه های کریستالی بزرگتر شد. شدت طیف عبوری از لایه های نازک BrAlPC با افزایش دمای پخت، افزایش پیدا کرد. تغییرات ضریب جذب بر حسب انرژی فوتون تابشی نشان داد که مکانیسم جذب به صورت گذار مستقیم است. علاوه بر این، مشاهده شد که با افزایش دمای پخت گاف نواری اپتیکی باریک تر می شود.

### مرجع ها

- [۱] I. Dhanya, C.S. Menon; "Surface morphological, structural, electrical and optical properties of annealed vanadyl tetra tert-butyl 2, 3 naphthalocyanine thin films"; *Vacuum* **86**, (2012) 1289-1295
- [۲] A. M. Saleh, et al; "Dielectric response and electric properties of organic semiconducting phthalocyanine thin films"; *Journal of semiconductors* **33**, No. 8 (2012) 082002
- [۳] Hyun-Sub Shim, et al; "Enhancement of near-infrared absorption with high fill factor in lead phthalocyanine-based organic solar cells"; *J. Mater. Chem.* **22**, (2012) 9077-9081
- [۴] Zafer Ziya Oztürk, et al; "Electrical and NO<sub>2</sub> sensing properties of liquid crystalline phthalocyanine thin films"; *Sens. Actuators B: Chem* **173**, (2012) 203-210
- [۵] Jian Zhong, et al; "Effect of encapsulation technology on organic light emitting diode lifetime"; *Optical Review* **19**, (2012) 82-85
- [۶] K. Onlaor, et al; "Electrical bistable properties of copper phthalocyanine at different deposition rates"; *Solid State Electronics* **72**, (2012) 60-66
- [۷] S. Mamimen, C.S. Menon, N.V. Unnikrishnan; "Electrical and optical studies on thin films of indium phthalocyanine chloride"; *Materials Science-Poland* **23**, No. 3 (2005) 707-713
- [۸] Raji Koshy and C.S. Menon; "Determination of Thermal Activation Energy and Grain Size of Iron Hexadecachloro Phthalocyanine Thin Film" *J. Nano- Electron. Phys.* **3**, No. 3, (2011) 36-41
- [۹] G. Baburaya Kamath, C.M. Joseph, C.S. Menon; "Effect of air annealing on the electrical and optical properties of MgPc thin films"; *Materials Letters* **57**, (2002) 730-733

محور افقی)، مقادیر گاف نواری اپتیکی را خواهد داد. ( این فرآیند در شکل ها نشان داده شده است). بهترین برون یابی برای حالت  $n=2$  بدست آمد، این بدین معنی است که گذار نواری به صورت مستقیم است.



شکل ۵: تغییرات  $(\alpha hv)^2$  بر حسب انرژی فوتون تابشی در دماهای مختلف پخت

مقادیر مختلف انرژی گاف نواری اپتیکی متناظر با گذار نواری مستقیم برای دماهای مختلف پخت در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱: مقادیر انرژی کاف نواری اپتیکی لایه نازک BrAlPC

انرژی کاف نواری مستقیم (eV)	دمای پخت (°C)
$\pm 0.05$	۳۰ (دمای اتاق)
۳/۲۹	۱۵۰
۳/۲۴	۲۵۰

همانطور که نتایج نشان می دهد، انرژی گاف نواری اپتیکی با افزایش دمای پخت کاهش پیدا کرده است. این کاهش در گاف