

The technology of constructing a cylindrical photoreceptor

J. Badraghi¹, A. Banaei¹, M.H. Majlesara²

1- Research Institute of Applied Sciences, P.B. 19835-371, Tehran - Iran.

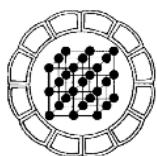
E-Mail: badraghi_jd@Yahoo.com

2- Teacher Training University, Tehran - Iran.

(received: 7/1/2003 , received in revised form: 11/3/2003)

Abstract: In this research the Fourier transform of electric field in a three-layered model with thickness t_j and dielectric ϵ_{ij} is computed, after solving three dimensional Laplace equation for Fourier transform of potential under suitable boundary conditions. Then, by studying the behavior of spread function, a three-layered photoreceptor is designed. After designing and constructing of all of the subsystems, the deposition of Al and formation of Al_2O_3 are carried out at 2×10^{-5} to 5×10^{-7} mbar pressure. Then coating of Se is carried out under 2×10^{-7} mbar pressure, 250 °C boat temperature and 95°C substrate temperature in 120 min. Electrical resistance of the prepared sample was measured to be higher than $10^{12} \Omega$ in dark and about zero in than light, this values are suitable for making electrostatic latent image. To test its function in practice, the sample was mounted in Xerox machine and images were copied successfully.

Keywords: Photoreceptor, Latent Electrostatic Image, Vacuum Coating, Amorphous Selenium.



فن آوری ساخت گیرنده نوری استوانه‌ای

جلیل بدراقی^۱، اقدس بنائی^۱، محمدحسین مجلس‌آرا^۲

۱- تهران، اوین، دانشگاه شهید بهشتی، پژوهشکده علوم پایه کاربردی، صندوق پستی ۳۱۷ / ۹۸۳۵.

پست الکترونیکی: badraghi_jd@yahoo.com

۲- تهران، دانشگاه تربیت معلم.

(دریافت مقاله ۱۳۸۱/۱۰/۱۷ ، دریافت نسخه نهایی ۱۳۸۱/۱۲/۲۰)

چکیده: در این مقاله پس از حل معادله لاپلاس تبدیل فوریه پتانسیل الکتریکی در شرایط مرزی مناسب، تبدیل فوریه میدان الکتریکی در یک مدل سه لایه‌ای با ضخامت t و نفوذپذیری الکتریکی ϵ_{rz} ($j = 1$ و 2 و 3)، مورد مطالعه و بررسی قرار می‌گیرد، و نوعی گیرنده نوری طراحی می‌شود. سپس لایه رسانای Al، رسانای نوری Se با ضخامت 20μ ، و لایه میانی Al_2O_3 با ضخامت 10μ روی زیرلایه استوانه‌ای، از جنس آلیاژ آلومینیوم که بر آن نوعی پلیمر روکش داده شده بود، انباشته شد. لایه نشانی Al و تشکیل لایه Al_2O_3 در فشار 5×10^{-7} تا 2×10^{-5} میلی‌بار، و لایه‌نشانی Se در فشار 2×10^{-7} میلی‌بار، در دمای زیرلایه $95^\circ C$ و در 120 دقیقه انجام شد. پس از اندازه‌گیری‌های الکتروستاتیکی، با نصب گیرنده نوری جدید در دستگاه زیراکس، تصویربرداری با آن با موفقیت صورت گرفت.

واژه‌های کلیدی: گیرنده نوری، تصویر الکتروستاتیکی نهان، لایه‌نشانی در خلاء، سلینیوم آمورف.

مقدمه

گیرنده‌های نوری، تصویر نوری جسم را به تصویر الکتروستاتیکی تبدیل می‌کنند و از سه لایه رسانای نوری، رسانا و یک لایه سدی بین آن دو تشکیل می‌شوند [۱ و ۲]. برای تشکیل تصویر نوری، الگوی مورد نظر را در محیط تاریکی با زمینه سفید قرار می‌دهند. وقتی نور به آن تابیده می‌شود، در نقاط تاریک الگو، بخاطر جذب بخش بزرگی از نور تابشی، یا بازتابی صورت نمی‌گیرد و یا بازتاب بسیار ضعیف است. در حالی که در نقاط سفید بازتاب کلی رخ می‌دهد. بنابراین پرتوهای نور بازتابیده حامل تصویر نوری الگوی مورد نظرند. برای تبدیل تصویر نوری به تصویر الکتروستاتیکی، نخست رسانای نوری را باردار و سپس آن را در معرض تصویر نوری جسم قرار می‌دهند. در اثر برهم کنش تصویر نوری با لایه باردار شده رسانای نور گیرنده نوری، پتانسیل سطح رسانای نور به دلیل تخلیه در نقاط نور خورده کاهش می‌یابد و تصویر نهان الکتروستاتیکی تشکیل می‌شود. این تصویر نهان را می‌توان ظاهر و یا به هر جای دیگر منتقل کرد [۳].

مبانی نظری

برای بررسی نتایج حاصل از یک نمونه واقعی از گیرنده‌های نوری و فرایندهای مختلف زیروگرافی، یک مدل سه لایه‌ای با ضخامت‌های (۱ و ۲ و ۳) t_j و نفوذپذیری ϵ_{ij} در نظر گرفته شد. با انتخاب شرایط مرزی مناسب، معادله لاپلاس تبدیل فوریه پتانسیل الکتریکی برای این مدل حل شد. تبدیل فوریه میدان الکتریکی که همان تابع انتقال است به شکل زیر به دست آمد:

$$\bar{E}(k, z) = \frac{\{2\epsilon_2 e^{-k(t_2+h)} [1 + e^{-2k(t_3+h)}] \tanh kt_1\}}{(\epsilon_3 + \epsilon_2) [\epsilon_2 \tanh kt_1 + \epsilon_1 \tanh k(t_2 + t_3)]} \frac{1}{[1 + e^{-2k(t_3+t_2)}] + (\epsilon_3 - \epsilon_2) [\epsilon_2 \tanh kt_1 + \epsilon_1 \tanh k(t_3 - t_1)] [e^{-2kh} + e^{-2kt_3}]}$$

که در آن، h ارتفاع نقطه مورد نظر و k بسامد فضایی است. به ازای مقادیر $t_1=50 \mu$ ، $t_2=50 \mu$ ، $t_3=100 \mu$ ، $\epsilon_{r1}=6$ ، $\epsilon_{r2}=2$ ، $\epsilon_{r3}=1$ که براساس نتایج حاصل از بررسی نمونه واقعی انتخاب شدند، رفتار نمایی - نزولی تابع انتقال برحسب بسامد فضایی به صورت شکل ۱ در سه

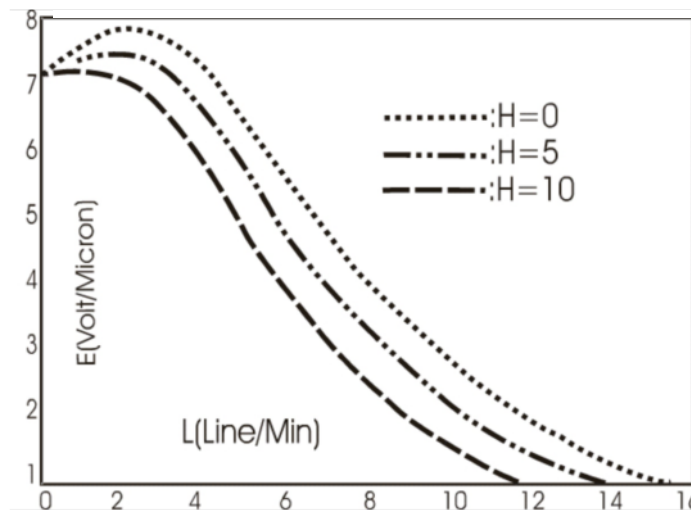
نقطه $h = 0, 5, 10 \mu$ بررسی شدند. شکل ۱ نشان می‌دهد که نخست میدان با افزایش بسامد فضایی افزایش می‌یابد و سپس، همچنان که انتظار داشتیم، به صورت نمایی کاهش می‌یابد. علت چنین رفتاری را می‌توان به صورت زیر توجیه کرد. در ناحیه بسامد فضایی کوچک، به دلیل جذب علامت نوری به وسیله لایه رسانای نور (در اینجا سلیوم آمورف)، علاوه بر بارهای موجود در سطح، مقداری به درون لایه نیز تزریق می‌شود، که با افزایش میدان همراه است. ولی با افزایش بیشتر بسامد فضایی، جریانه‌های ناشی از الکترونها تولید شده در اثر جذب علامت نوری و حرکت آنها موجب کاهش نمایی $\bar{E}(k, z)$ خواهد شد.

نتایج این بررسیها تعیین گستره مناسب تغییرات بسامد فضایی است که به ازای آنها تابع انتقال صفر نیست. با استفاده از معکوس تبدیل فوریه تابع انتقال و نیز مختصات استوانه‌ای (r, θ, z) تابع پخش به شکل زیر بدست آمد:

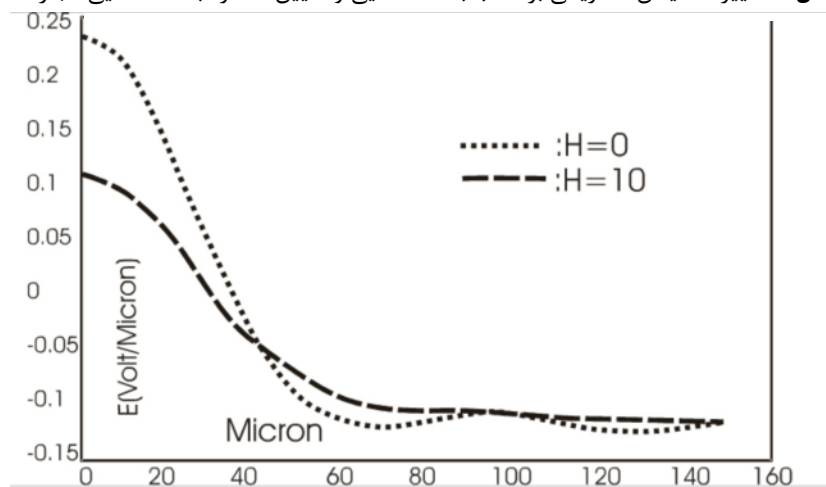
$$E(r, z) = \frac{1}{2\pi} \int_0^\infty k J_0(kr) \bar{E}(k, z) dk$$

که در آن $J_0(kr)$ تابع بسل مرتبه صفر است.

رفتار نمایی- نزولی تابع پخش بر حسب r با مقادیر مشابه ϵ_{rz} و t_j در گستره بسامد فضایی مجاز در شکل ۲ تصویر شده است که با رفتار نزولی پتانسیل سطح رسانای نور در برهم‌کنش تصویر نوری با سطح باردار رسانای نور متناسب است و منجر به تشکیل تصویر نهان الکتروستاتیک می‌شود. چنانکه شکل نشان می‌دهد، کاهش E تا فواصلی از r نمایی است که در آن $\bar{E}(k, z)$ بر تابع بسل غلبه دارد. برای مقادیر بزرگ r ، تابع بسل بر تابع $\bar{E}(k, z)$ غالب می‌شود که این فواصل مورد نظر ما نیستند. از طرف دیگر با بررسی موارد حدی، یعنی مواردی که در آنها $k \rightarrow 0$ یا $k \rightarrow \infty$ و $t_j \rightarrow 0$ یا $t_j \rightarrow \infty$ ، حالت بهینه رفتار تابع پخش تعیین شد [۱ و ۶]. در حد ایده‌آل لایه رسانا، لایه نازک سلیوم به ضخامت 20μ ، آلومینیوم به عنوان لایه فلزی، و لایه نازک Al_2O_3 با ضخامت 10μ به عنوان لایه میانی انتخاب شدند.



شکل ۱ تغییرات میدان الکتریکی برحسب بسامد فضایی و تعیین گستره بسامد فضایی مجاز.



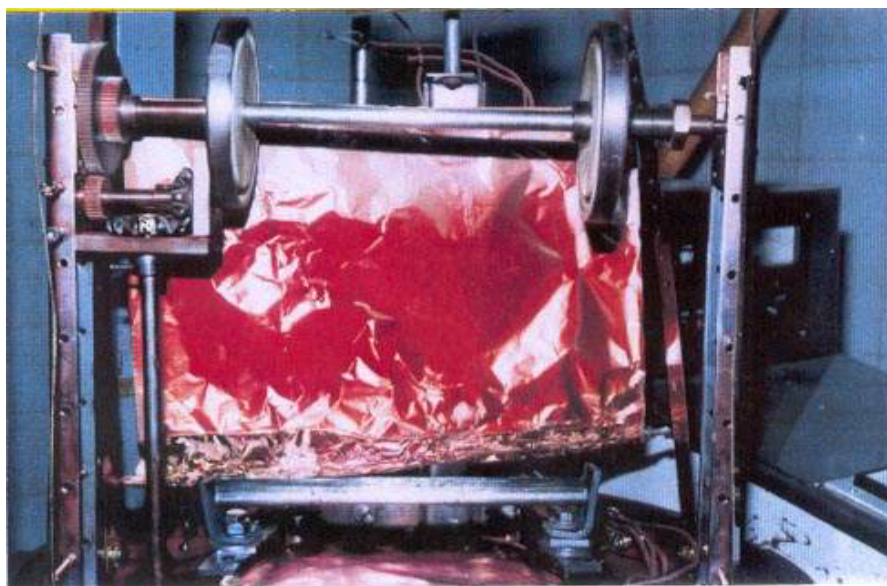
شکل ۲ کاهش میدان الکتریکی نورسانا در گستره بسامد فضایی مجاز.

از طرف دیگر براساس بررسیهای انجام شده روی نمونه واقعی، ملاحظات کاربردی، و آزمودن نمونه ساخته شده، شکل هندسی استوانه‌ای انتخاب [۳ و ۴]، و سپس کارهای عملی ساخت نمونه صورت گرفت.

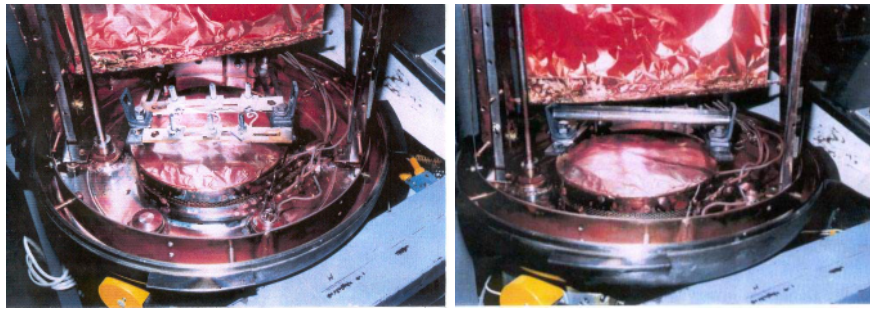
شرح کارهای انجام شده

بر اساس بررسی فرایندهای زیروگرافی گیرنده نوری، سلیوم با ساختار آمورف مورد نیاز است. این ساختار در دمایی پایین‌تر از نقطه ذوب سلیوم تشکیل می‌شود. در حالی که برای تشکیل لایه نازک سلیوم باید بخار آن را روی زیر لایه مناسب نشانند [۲ و ۶]. به همین دلیل تبخیر

سلنیوم باید در محیط خلأ بالا صورت گیرد [۷ و ۸]. برای ساخت لایه‌های نازک سلنیوم آمورف، اکسید آلومینیوم و آلومینیوم با مشخصات لازم به دست آمده، دستگاه لایه‌گذاری در خلأ با توان ۵ kW و مجهز به ابزار مناسب اندازه‌گیری مورد استفاده قرار گرفت. نخست زیردستگاههای مورد نیاز از جمله نگهدارنده و دوران دهنده زیرلایه (شکل ۳)، کنترل کننده سرعت دوران، بوتۀ مخصوص تبخیر سلنیوم (شکل ۴)، دستگاه کنترل دمای بوتۀ و زیرلایه (شکل ۵)، کنترل کننده زاویه تبخیر بخار سلنیوم و ... (شکل ۶) طراحی و ساخته شدند. با نصب زیرسیستم‌ها در درون دستگاه لایه‌گذار، عملکرد آنها بر دستگاه، و شرایط استفاده بهینه از آنها مورد بررسی و آزمایش قرار گرفتند. پس از تهیه و آماده‌سازی زیرلایۀ استوانه‌ای از جنس آلیاژ آلومینیوم، آن را در دستگاه لایه‌گذار در خلأ نصب کردیم و آنگاه عمل لایه‌گذاری آلومینیوم و ایجاد لایۀ اکسید آلومینیوم با ضخامت تعیین شده در گسترۀ فشار 10^{-5} تا 10^{-7} میلی‌بار تا 5×10^{-7} میلی‌بار انجام گرفت. سپس با استفاده از سلنیوم با درجۀ خلوص ۹۹٫۹۹۹٪ از شرکت آلدریچ و در شرایط دمای 250°C بوتۀ، دمای 95°C زیرلایه، فشار 10^{-7} تا 2×10^{-7} میلی‌بار و در مدت ۱۲۰ دقیقه عمل لایه‌نشانی سلنیوم بر لایۀ اکسید آلومینیوم به صورت آمورف و بدون بلورشدن، و با ضخامت تعیین شده تشکیل شد. همه اندازه‌گیری‌های فیزیکی همزمان با عمل لایه‌گذاری در خلأ، به وسیلۀ ابزار اندازه‌گیر نصب شده در دستگاه لایه‌گذاری صورت گرفت، و در مجموع چهار نمونه گیرنده نوری استوانه‌ای ساخته شدند.



شکل ۳ نگهدارنده و دوران دهنده زیر لایه.



شکل ۴ بوتۀ مخصوص لایه گذاری آلومینیوم و سلنیوم.

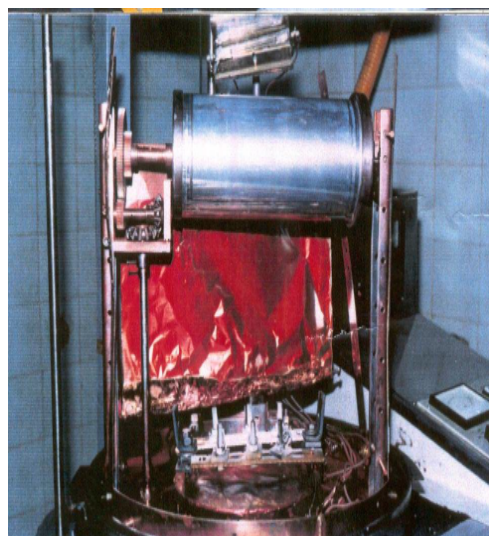
اندازه‌گیری‌های الکتریکی

برای اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی، نمونه نهایی ساخته شده به مدت دو هفته در تاریکی نگهداری شد و سپس به روش دوپراپ و در تاریکی مقاومت آن با بیش از $10^{12} \Omega$ اندازه‌گیری شد. این مقاومت برای زیروگرافی بسیار مهم است زیرا برای انجام مراحل ظهور و انتقال تصویر الکتروستاتیکی قابلیت رسانندگی پائین مورد نیاز است [۳ و ۷].

برای اندازه‌گیری پاسخ نوری، نمونه را در معرض نور و با شدت معین قرار داده و اندازه‌گیری بالا را تکرار کردیم که این بار مقاومتی نزدیک به صفر به دست آمد. نتایج این آزمایش نشان داد که گیرنده نوری در معرض نور، رسانا شده و فرایندهای تولید و انتقال بار در آن به خوبی صورت گرفته است. این رفتار در فرایند زیروگرافی از اهمیت به‌سزایی برخوردار است زیرا در این شرایط است که تخلیه بار سطحی و تشکیل تصویر نهان الکتروستاتیکی صورت می‌گیرد [۴ و ۷].



شکل ۵ دستگاه کنترل کننده انباشت.



شکل ۶ سیستم کنترل دمای بوته و زیر لایه.

عملکرد نمونه در دستگاه تصویربرداری

پس از اندازه‌گیریهای الکتروستاتیکی، نمونه با همکاری شرکت رنگ و زیراکس در یک دستگاه زیراکس نصب و عمل تصویربرداری با آن صورت گرفت. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که تمام فرایندهای زیروگرافی شامل باردار شدن سطح، تولید و انتقال بار، تخلیه بار سطحی متناسب با تصویر نوری و متعاقب آن تشکیل تصویر نهان الکتروستاتیک، ظهور و تشکیل تصویر تونری و انتقال و تثبیت آن بر صفحه کاغذ با موفقیت انجام شده است. نمونه ساخته شده قابلیت استفاده در دستگاه‌های زیراکس، فوتوکپی و چاپگرهای کامپیوتری و ... را داراست.

مراجع

- [۱] بدراقی جلیل، بنائی اقدس، گزارش داخلی ۱۱ - ۲۲۶ (۱۳۸۰).
- [2] Kasahara et. al, US. Pat. 5, 075, 188 **Dec** (1991).
- [3] Mort J., Chen I., *Physics of Xerographic photoreceptors*, Academic Press Inc. (1985).
- [4] Ojima F., et.al, US. Pat. 4, 999, 268, 12 **Mar** (1991).
- [5] Kitagawa S., et.al, US. Pat. 4, 990, 419, 5 **Feb** (1991).
- [6] Fender et.al, US. Pat., 5, 320, 927, 14 **Jun** (1994).
- [7] Kamio M., *Physics of amorphous semiconductors*, Imperial college Press (1999).
- [8] Kazuyuk, US. Pat., 5085, 959, 4 **Feb** (1992).