

ساخت داینودهای چند برابر کننده الکترون و تعیین ضریب جذب و تکثیر آن

رسول اژئیان

گروه فیزیک، دانشگاه علم و صنعت ایران

مهدی چرخچی محمدیه وسید محمد حسن فیض

گروه فیزیک، دانشگاه اصفهان

چکیده

در این کار شکل هندسی داینودها و نحوه استقرار آنها در یک چند برابر کننده الکترون با استفاده از نقش کانونی کنندگی میدان های الکتروستاتیکی برای الکترون ها مورد بررسی قرار گرفت. از آن جایی که جنس داینودها بخصوص تابع کار سطح گسیلنده آن در افزایش تعداد الکترونها بر گشتی از هر داینود مؤثر است، لذا داینودهای فرم داده شده از آلومینیوم سخت را با لایه نازکی از MgO بخاطر تابع کار نسبتاً پایین آن درخلاء حدود 10^{-6} torr پوشش دادیم. لایه نشانی به چند روش، که در متن گزارش شده است، انجام پذیرفت. ابتدا برای تعیین ضریب جذب سطح داینود نسبت جریان الکترونی خروجی از هر داینود به جریان الکترونی ورودی به آن را، بدون اعمال پتانسیل به آنها، به دست آورده و از یک کم کرده و حاصل را بر حسب ولتاژ استخراج کننده رسم کردیم. با استفاده از این نمودار ضریب جذب معادل 0.134 ± 0.001 محاسبه شد. با رسم نمودار نسبت جریان خروجی از هر داینود به جریان ورودی به همان داینود بر حسب اختلاف پتانسیل استخراج کننده ضریب تکثیر 3.7 برای این داینودها با پوشش MgO بدست آمد.

کلمات کلیدی: چند برابر کننده الکترون، داینود، ضریب جذب، ضریب تکثیر، لایه نازک

Fabrication of the dynodes of the electron multiplier and measurement of their absorption and multiplication factors

R. Ajeian

Physics Department, Iran University of Science and Technology

M. Charkhchi Mohammadi and S. M. H. Feiz

Physics Department, The University of Isfahan

Abstract

In this work the shape and arrangement of dynodes were studied in an electron multiplier tube using the focusing role of electrostatic fields. Since the kind and particularly the work function of the emitting surface of dynode is effective in the number of out coming electrons, therefore dynodes made from curved pieces of hard aluminum were coated with a thin layer of MgO for its low work function in pressure of 10^{-6} torr. As it will be explained later vacuum coating was performed in several methods. In the absence of applied voltage the ratio of out coming electron current to incident electron current of each dynode was obtained, then one minus each ratio number was plotted against the extractor voltage. Using this diagram the absorption coefficient was found to be equal to 0.134. The ratio of out coming electron current to incident electron current of each dynode was plotted, from these diagrams the multiplication factor of dynodes coated with MgO was found to be equal to 3.7.

Keywords: Electron multiplier, Dynode, Absorption coefficient, Emission coefficient, Thin layer

E-mail of corresponding author: rasul_aj@iust.ac.ir

مقدمه

چند برابر کننده الکترون یک تقویت کننده ایده آل الکترون های آزاد است، که در آشکار سازی الکترونی و یونی بعنوان تقویت کننده جریان کاربرد فراوانی دارد [۲ و ۱]. این تقویت کننده از تعدادی صفحات گسیل کننده الکترون بنام داینود^۱ تشکیل شده اند، که الکترون های خروجی از هر داینود را بسمت داینود مقابل هدایت می کنند. در هر برخورد علاوه بر الکترون های فرودی تعدادی الکترون ثانویه نیز گسیل می یابد، که باعث افزایش جریان در هر مرحله می شود. نسبت جریان خروجی از هر داینود به جریان ورودی به آن را ضریب تکثیر^۲ δ آن داینود می گویند [۳ و ۲]. اگر در جلوی داینود اول یک لامپ EM^۳، فوتوکاتدی بسمت آن قرار داده شود، در اثر برخورد فوتون ها به آن الکترون اولیه ای ساطع می شود، که مبنای جریان در داینود های بعدی و تقویت آن مطابق یک لامپ EM می شود، که به این مجموعه یک آشکار ساز فوتونی^۴ PM گفته می شود [۲ و ۳].

برای اینکه پوشش آزاد الکترون ها و یا به عبارتی فاصله دو برخورد غیر الاستیک متوالی در یک لامپ EM و PM بزرگ تر از مجموع فواصل بین داینود ها باشد، بایستی فشار در درون لامپ حدود 10^{-5} torr و یا بهتر انتخاب شود [۴]. بدین طریق برخورد الکترون ها فقط با صفحات داینود اتفاق می افتد و نه با ملکول های هوا. در لامپ های EM و یا PM از انواع مختلف داینود های عبوری و یا انعکاسی استفاده می گردد، که مسیر حرکت آنها توسط اپتیک بسیار پیچیده ذرات بار^۵ محاسبه می شوند [۵]. از طرفی دیگر مسیر حرکت الکترون بایستی توسط شکل داینود طوری طراحی شود، که الکترون های خروجی از هر داینود توسط اپتیک الکترون بسمت داینود

بعدی هدایت شوند. یک لامپ EM و PM مناسب دارای تعداد ۶ تا ۱۲ داینود با ضریب تکثیر بالا هستند [۲ و ۱]. میزان تقویت EM و PM را می توان بصورت δ^n نشان داد، که در آن δ ضریب تکثیر هر داینود و n تعداد داینود های آن است. با افزایش ضریب تکثیر داینود ها می توان از تعداد داینودها، لذا حجم تقویت کننده کاست [۱]. بدین طریق تنظیم سیستم اپتیکی و محاسبه مسیر الکترون در درون تیوپ ساده تر می شود. افزایش ضریب تکثیر δ داینودها با اعمال میدان الکتریکی قوی تر و همچنین مواد گسیلنده با تابع کار کوچک تر ممکن می شود [۷ و ۸ و ۱۱]. در لامپ های EM و PM تجاری غالباً از ماده گسیل کننده Cs-Sb یا در مواردی Cs-Sb-Ag با جنس داینودهایی از مواد Cs-Sb و یا از Ag-Mg استفاده می شود [۱]. از مدتها پیش نصب داینود ها همی از فلزات سخت با فشار بخار مناسب پوشش داده از موادی با تابع کار پائین مانند نیمه هادی ها و یا اکسید های فلزات خاکی مد نظر محققین دانشگاهی و صنایع مربوطه بوده و هنوز هم هست. کوچک کردن حجم لامپ با افزایش راندمان همزمان با آن کاهش قیمت تولیدی موضوع مطالعات مربوطه است. در این تحقیقات فرم داینود ها با توجه به قوانین اپتیک ذرات باردار شکل داده شده و سپس با لایه ای از مواد مورد نظر لایه نشانی می گردند. در تحقیقات دانشگاهی به منظور جلوگیری از آلودگی لایه ها و بررسی مکانیسم گسیل الکترون اغلب با روش PVD، CVD و یا MBE لایه نشانی می شود. در صنایع برای تولید ارزان تر روش ها همی مانند اسپری، قطره روی صفحه دوار^۶ و یا حمام محلول بهره گرفته می شود. اگر انرژی الکترون برخورد کننده با سطح داینود بزرگتر از تابع کار آن انتخاب شود، معمولاً دو و یا تعدادی بیشتر الکترون، متناسب با انرژی باقیمانده ΔE_c آنها بعد از برخورد $\Delta E_c = e \Delta \Phi - W$ تولید می گردند، که مشخص کننده ضریب تکثیر δ بوده، که در آن W تابع

¹ Dynode² Gain³ Electron multiplier⁴ Photo multiplier⁵ Optics charged particles⁶ Spin coating

الکتروستاتیکی ساده یک معادله دیفرانسیلی درجه دوم^۳

$$\frac{\partial^2 r(z)}{dz^2} + a \frac{r(z)}{dz} + b r(z) = 0 \quad \text{بصورت زیر}$$

است، که در آن $a = \frac{1}{2\Phi(z)} \cdot \frac{\partial\Phi(z)}{\partial z}$ ضریب مشتق

اول (مانند ضریب اصطکاک در یک حرکت نوسانی فتر

$$\text{میرا (و } b = \frac{1}{4\Phi(z)} \cdot \frac{\partial^2\Phi(z)}{\partial z^2} \text{ مقدار ثابت معادله}$$

مسیر است. در اینجا $\Phi(z)$ پتانسیل الکتریکی در فاصله z

از سطح آئینه می باشد. یعنی الکترون ها در یک میدان

الکترواستاتیکی یک نوع حرکت نوسانی میرا یی با تغییر

شعاع $r(z)$ نسبت به فاصله z از سطح قطعه اپتیکی ر^۱

طی می کنند. از آنجایی که دستیابی به پتانسیل $\Phi(z)$ و

مشتق های اول و دوم آن نسبت به z غالباً به زحمت قابل

دستیابی تحلیلی است، فرم مناسب قطعات اپتیک الکترون

را معمولاً از مدل سازی مکانیکی و شبیه سازی رایانه ای

تخمین می زنند. معادله مسیر ذره باردار در میدان های

الکترو مغناطیسی^۴ از میدان های الکترواستاتیکی نیز مشکل

مشکل تر بوده و دستیابی به ضرایب و فاکتور های تجربی

آن غالباً وقت گیر و حل تحلیلی آن نیز زمان محاسبه زیاد و

تقریب های متفاوتی را می طلبد، که خارج از محدوده این

کار تجربی است. لذا برای فرم دادن هندسی دایوهای از

اطلاعات موجود در مراجع استفاده شده و ساده ترین شکل

هندسی قابل تولید در داخل کشور برای دایوهای انتخاب و

ساخته شد. همچنین برای تنظیم دایوهای از اپتیک نوری

لیزری در اتمسفر بجای استفاده اپتیک الکترون در خلاء

کمک گرفته شد. این کار به خاطر عدم امکان دسترسی به

یک سیستم مکانیکی قابل تنظیم با مکانیسم های چرخش و

جابجائی قطعه در درون خلاء با فرمان از بیرون و مشاهده و

اندازه گیری های همزمان آن بود، که در این مرحله از آن

صرف نظر شد.

کار ماده گسیلنده و $\Delta\Phi$ اختلاف پتانسیل بین دو دایو

متوالی است [۶ و ۱۱ و ۱۲]. تابع کار فلزات غالباً حدود

۴eV تا ۵eV بوده در صورتی که تابع کار بیشتر نیمه

هادی ها و یا اکسید های خاکی بسیار پائین تر و حدود

۱ eV هستند، لذا جنس دایو از فلز فرم پذیر و قابل

استفاده در خلاء ساخته و با موادی با تابع کار پائین به

عنوان سطح گسیلنده پوشش داده می شوند [۸ و ۱۱ و ۱۲ و

۱۳]. میزان تقویت نهایی لامپ های EM و PM علاوه

بر مازاد انرژی الکترون های هر دایو به شکل هندسی

سطح دایو و به نحوه چیدمان آنها نیز به شدت بستگی

دارد.

مناسب ترین شکل هندسی دایوها، فواصل بین آنها،

ابعاد و همچنین زوایای بین آنها علاوه بر اختلاف پتانسیل

اعمال شده $\Delta\Phi$ بین دو دایو متوالی را بایستی با کمک

اپتیک ذرات باردار طوری محاسبه و طراحی کرد، که تمام

الکترون های گسیل یافته از هر دایو به سمت دایو بعدی

هدایت شده و در نهایت همه آنها بوسیله آخرین دایو یا

الکترو^۱ جمع کننده ثبت گردند [۷ و ۸ و ۱۱]. در

ساخت لامپ تکثیر کننده الکترونی EM و یا PM سطوح

گسیل کننده دایوهای را معمولاً به شکل آئینه های الکترو

ستاتیک تخت، آئینه های الکتروستاتیک مقعر و یا

بهتر آئینه های الکتروستاتیک پارابولوییدی^۲ فرم

می دهند [۴ و ۱]. ساخت این دایو از حساسیت زیادی

برخوردار بوده و با ماشین های فرز رایانه مخصوص شکل

داده شده، پولیش و نصب می گردند. چون امکانات فنی

موجود اجازه طراحی و ساخت این گونه آئینه های الکترو

ستاتیک را نمی داد، از آئینه های ساده بصورت قسمتی از

سطح داخلی استوانه به ارتفاع حدود ۵ میلیمتر از جنس

آلومینیوم سخت با پوشش MgO استفاده و به آنها ولتاژی

تا ۲۰۰۰ ولت اعمال شد. اگر بر سطح قطعه اپتیکی

مختصات استوانه ای (r, z, ϕ) با تقارن زاویه ای را اعمال

کنیم، معادله مسیر ذرات باردار در میدان های

³ Bush electron pass

⁴ Electromagnetic Ion pass

¹ Collector

² Parabolic

روش طراحی و ساخت

۱- طراحی و ساخت دایندها

چون در این تحقیق بیشتر پوشش دهی سطوح دایند با ماده گسیل کننده مانند MgO، که یکی از مواد پوشش دهی با تابع کار پائین است مد نظر بوده، از پرداختن بیش از این به اپتیک ذرات باردار در میدان های الکتروستاتیکی و الکترو مغناطیسی و یا به عبارتی دیگر شکل دایند اجتناب شد. [۴ و ۶ و ۷]. از انواع مختلف دایند های گزارش شده در مراجع مانند آینه های الکتروستاتیکی مقعر نیمه کروی و یا آینه های پارابولوییدی^۱ از ساده ترین نوع آن یعنی آینه الکتروستاتیک مقعر سهموی دهانه باز، که بصورت قسمتی از سطح داخلی استوانه است، استفاده گردید [۱ و ۲ و ۳ و ۵]. طراحی و تولید این قطعات، پولیش و لایه نشانی آنها با امکانات موجود در داخل کشور آسان تر بود. چون همانطوری که اشاره شد، ردیابی مسیر الکترون در بین دایند ها احتیاج به مکانیک پیچیده تنظیم در خلاء را می طلبد، لذا شعاع انحنای سطوح داخلی و اندازه دهانه دایندها از طریق ردیابی مسیر نور لیزر هلیوم-نئون در بین دایندها با تقریب اولیه نسبتا خوبی تخمین زده شده و تنظیم گردید. اگرچه مسیر اشعه الکترون ها در سیستم اپتیک الکترون با مسیر اپتیک نوری قابل تطبیق نیست، اما در اینجا کمک موثری برای تنظیم مکان نصب دایند ها و همچنین زوایای بین آنها برای ما بود. با این روش میزان ناهم‌واری سطوح فعال دایندها، که باعث پراکندگی نور لیزر در تمام جهت ها و نرسیدن تمام اشعه خروجی از هر دایند به دایند بعدی، لذا کاهش راندمان می شود، با پولیش برطرف شد. از طرفی نحوه قرار گرفتن دایند ها نسبت به هم و زوایای بین آنها با تقریب قابل قبولی تخمین زده و تنظیم گردید. گرچه برای راندمان خوب یک EM و PM حتما به اپتیک ذرات باردار نیاز است. اما با این روش نیز تا حدودی منظور ما با سعی و خطا برآورده و سطح مقطع سهموی مورد نیاز این آینه ها

طوری انتخاب شد، که ضمن بهینه بودن، خاصیت جمع آوری الکترون ها، قابلیت ساخت با ابزار های داخلی را نیز داشته باشند. بعد از دستیابی تجربی به گزینه های تولید دایند ها فرم مناسب آنها از آلومینیم سخت با ماشین های پرس و فرز دقیق شکل داده، پولیش مکانیکی و الکتروشیمیایی، خشک و چربی زدایی شده و برای لایه نشانی با ماده MgO آماده گردیدند. تنظیم دایند نیز با تجربه بدست آمده از اپتیک لیزری تا حدودی ممکن شد. بعد از قرار گرفتن قطعه در خلاء 10^{-6} torr و قبل از هرگونه لایه نشانی هوا تا فشار 10^{-2} torr دوباره وارد مخزن شده و با بمباران یون های سنگین ناشی از قوس الکتریکی سطوح قطعه تمیز شد^۲.

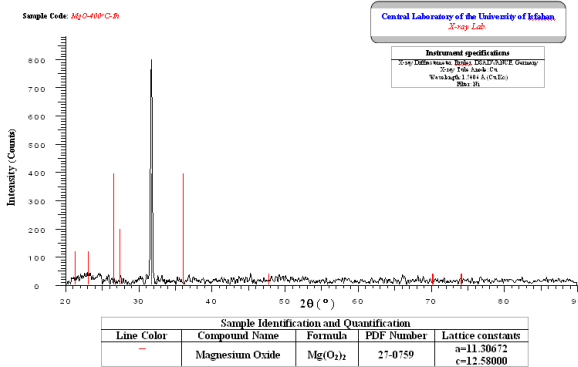
۲- لایه نشانی دایند ها

۲-۱ انتخاب دستگاه لایه نشانی

چون ضریب تکثیر هر دایند δ به تابع کار W ماده سطح گسیل کننده بستگی دارد، لذا سطوح داخلی (سطوح فعال) دایندها با ماده ای با تابع کار پائین لایه نشانی می شوند. در اینجا به دلایل امکان دستیابی به ماده اولیه Mg و MgO با خلوص بالا و همچنین به دلیل موجود بودن دستگاه PVD در دانشگاه ها و مراکز پژوهشی از ماده MgO برای لایه نشانی سطح دایند استفاده شد. ضریب تکثیر MgO در مراجع بین ۴ تا ۶ گزارش شده است. مواد اولیه دیگر پوشش دهی با ضریب تکثیر بالاتر یا آنها در دسترس نبودند و یا امکان لایه نشانی آنها مشکل بود. پودر Mg و همچنین MgO با خلوص ۹۹/۹ از شرکت مرک آلمان خریداری و در دستگاه پرس تحت فشار ۱۰ تن در قالبی با سطح مقطع حدود 0.8cm^2 به صورت قرص تهیه گودئو و هر کدام در بوته مخ صوص خود در مخزن خلاء جداگانه جا سازی شد. لایه نشانی ماده فعال MgO به شیوه های زیر تهیه و سپس با آنالیز XRD از اکسیده بودن آنها اطمینان حاصل شد. به دلیل نقطه ذوب

² Ion cleaning¹ Parabolic

طراحی شده به همین منظور در مرکز فن آوری نوین وزارت دفاع نصب و با خلاء 10^{-6} torr آزمایش شدند.



شکل ۲. منحنی XRD لایه های MgO تولیدی بعد از عملیات حرارتی

۲-۲- روش های لایه نشانی

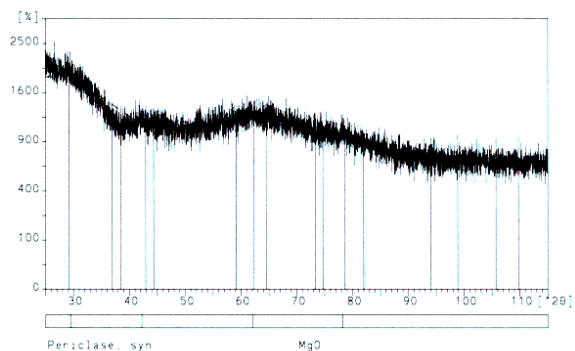
۱- لایه نشانی با قرص های MgO با تفنگ الکترونی دستگاه EMS-۶۰۱ سازمان انرژی اتمی بناب از بوته گرافیتی بدون نفوذ هوا و یا اکسیژن انجام شد.

۲- لایه نشانی در دستگاه لایه نشانی (Hendi Vac 160F) هندی-واک آزمایشگاه لایه های نازک دانشگاه

علم و صنعت ایران از بوته گرافیتی با اشعه الکترونی از قرص MgO بدون نفوذ هوا (اکسیژن) به داخل مخزن خلاء انجام پذیرفت. چون در اثر تصعید اکسیدها در دمای بالای اشعه الکترون غالباً پیوند ملکول بین عنصر (Mg) و اکسیژن شکسته شده^۱ و لایه ها ساختار ظاهری فلزی از خود نشان می دهند، در لایه نشانی مجدد سعی شد با ورود و دمیدن هوا به زیر لایه وضعیت اکسیدی لایه (در اینجا MgO) ترمیم گردد. وجود بخار اکسیژن در نزدیکی زیر لایه امکان تشکیل مجدد MgO از بخار Mg و ملکول O_۲ قبل از رسوب بر روی زیر لایه را بیشتر می کند، مطلبی که با آنالیز XRD از لایه ها با نفوذ اکسیژن به داخل خلاء تایید شد. اگرچه شدت پیک های بدست آمده با روش نفوذ اکسیژن به داخل خلاء

بالای MgO تصعید آن در خلاء با تبخیر تفنگ الکترونی ۳kW از بوته های گرافیتی و برای قرص های Mg از روش تبخیر گرمایی در بوته های مولیبدنی استفاده شد [۶ و ۱۱ و ۱۳]. برای تهیه آنالیز XRD از پوشش MgO لام های شیشه ای کاملاً تمیز شده را در مجاورت دایودهای فلزی قرار داده و هم‌زمان با همان شیوه لایه نشانی نمودیم. اگرچه به دلیل نازک بودن لایه های بدست آمده و ناهم‌واری زمینه شیشه فقط برآمدگی کوچکی در داخل نویز آنالیز XRD شکل شماره ۱ در محل پیک MgO آن‌ها مشاهده می شد، اما به دلیل بسیار ضعیف بودن پیک آن‌ها در شکل ۱ برای نتیجه گیری ساختاری قابل استناد نبود. با حرارت دادن لایه های بدست آمده در محیط اکسیژن پیک MgO بسیار قوی در آنالیز XRD آن ظاهر شد، که در شکل شماره ۲ مشاهده می شود. آنالیز XRD لایه MgO بر روی زیر لایه شیشه ای در مرکز تحقیقات انرژی اتمی کرج و عملیات حرارتی در محیط اکسیژن و آنالیز XRD لایه MgO با دستگاه XRD لایه نازک شرکت فیلیپس در دانشگاه اصفهان انجام شد.

XRD لام های شیشه ای



شکل ۱. منحنی XRD لایه های MgO تولیدی قبل از عملیات حرارتی

لایه نشانی ماده MgO به سه روش مختلف به شرح زیر انجام پذیرفت و نتایج آن با آنالیز XRD مقایسه و سپس مشخصات گسیل و ضریب تکثیر دایودها در دستگاه

¹ Dissociation

ضخامت لایه ها با دستگاه ضخامت سنج کریستال کوآرتز^۱ [13] در محدوده ۶۰۰ آنگستروم بدست آمدند. برای اطمینان از عدم ورود ناخالصی ویا هرگونه آلودگی دیگر به دخل پوشش داینودها، قطعات آلومینیومی و لام های آزمایشگاهی پزشکی برای آنالیز XRD در چهار مرحله به شرح زیر تمیز شدند [7].

داینودها و لام ها را در داخل اسید کلریدریک رقیق قرار داده و به مدت ۴۰ دقیقه در دستگاه اولتراسونیک^۲ با فرکانس مافوق صوت آلودگی زدایی شدند. برای برطرف کردن باقیمانده اسید و بقیه مواد از قطعات یاد شده هر بار با آب جاری و آب مقطر دوبار تقطیر شده در دستگاه ماوراء صوت شستشو شدند. در مرحله بعد آنها را در داخل الکل اتیلیک و یا استون قرار داده و با اولتراسونیک^۳ چربی زدایی کردیم. در مرحله آخر قطعات قرار گرفته در خلاء با بمباران یونی^۳ تمیز شدند. به این طریق لایه های تولیدی از چسبندگی خوبی برخوردار بوده و به راحتی آسیب ندیده و ورقه نمی شدند.

برای اندازه گیری میزان جذب و ضریب تکثیر از دستگاه جداگانه ای، که در مرکز فن آوری های نوین وزارت دفاع طراحی و ساخته شده بود، استفاده شد. این دستگاه شامل یک چشمه الکترون پهن شده شامل تفنگ الکترونی لامپ تصویر تلویزیون رنگی با سه تفنگ الکترونی بود [۶]، که در محفظه خلاء حدود $10^{-6} Torr$ با اتصالات مورد نیاز برای اعمال ولتاژهای لازم و اندازه گیری جریان داینودها قرار داشت.

بحث و نتیجه گیری

از لایه های MgO تولید شده بر روی داینودهای آلومینیوم در خلاء $10^{-6} torr$ بعد از عملیات حرارتی در کوره اکسیژن ضریب تکثیر ۳/۷ به دست آمد، که عدد نسبتاً خوبی است. داده های به دست آمده از آزمایش بعد از

(بدون عملیات حرارتی بعدی خارج از خلاء و در کوره اکسیژن) به دلیل کمبود میزان اکسیژن مورد نیاز قوی نبودند، اما تاثیر آن بر تشکیل مجدد لایه MgO در محیط بخار را نشان می دادند. از افزایش بیش از حد مقدار اکسیژن در مخزن، که باعث شکست خلاء می شود، جلوگیری شد، لذا لایه ها را بعد از اتمام لایه نشانی با قرار دادن داینودها در کوره اکسیژن (محیط اکسیژن خالص) و با گرم کردن آنها تا حدود ۴۰۰ درجه عملیات اکسیداسیون لایه ها تکمیل شده و نتایج قابل توجهی بدست آمد (شکل شماره ۴). شدت پیک مخصوص MgO در آنالیز XRD آن ها با افزایش دمای کوره اکسیژن و همچنین مدت زمان عملیات حرارتی به شدت بیشتر می شد.

۳- قرص های Mg تولید شده با پرس ۱۰ تنی با تبخیر حرارتی مستقیم از بوته مولیبدنی دستگاه هندی -واک (Hendi Vac 160F) آزمایشگاه لایه های نازک دانشگاه علم و صنعت ایران با نفوذ هوا (اکسیژن) به داخل مخزن خلاء برای تولید مولکول های MgO در حین لایه نشانی مطابق با روش ۲ تولید و اکسیده بودن آن ها تأیید شد. در این جا نیز از ورود میزان زیاد اکسیژن برای جلوگیری از شکست خلاء به داخل مخزن جلوگیری شد. عملیات حرارتی در کوره اکسیژن برای بهبود کیفیت لایه متعاقباً انجام شد.

در این روش لایه نشانی از ماده فلزی Mg، که دمای ذوب پایین تری دارند، از بوته های حرارتی همراه با کنترل بهتر میزان تصعید اتم ها اتفاق می افتد. از این نظر ساز و کار جدیدی برای امکان دمیدن اکسیژن خالص به درون بخار اشعه اتم ها (در اینجا Mg) در نزدیکی زیر لایه طراحی و ساخته شد، که با نصب آن در درون خلاء امکان ایجاد محیط اکسیژن کافی در نزدیکی زیر لایه بدون شکست خلاء $10^{-6} torr$ ممکن می گردد.

¹ Quartz thickness monitoring

² Ultrasonic cleaning

³ Ion cleaning

همان طوری که از نمودار شکل ۴ مشاهده می شود، ضریب تکثیر در هر دو حالت ابتداء افزایش یافته و به مقدار بیشینه خود می رسد. منحنی ضریب تکثیر نمودار بالایی (بیشینه جریان) در تمام نقاط مطابق انتظار بزرگتر از ضریب تکثیر نمودار پایینی (ولتاژ نصف) قرار داشته و مقدار بیشینه آنها به ترتیب ۲/۴۶ و ۳/۷۱ بدست آمدند، که ضریب تکثیر خوبی برای لایه MgO با توجه به امکانات محدود موجود می باشد.

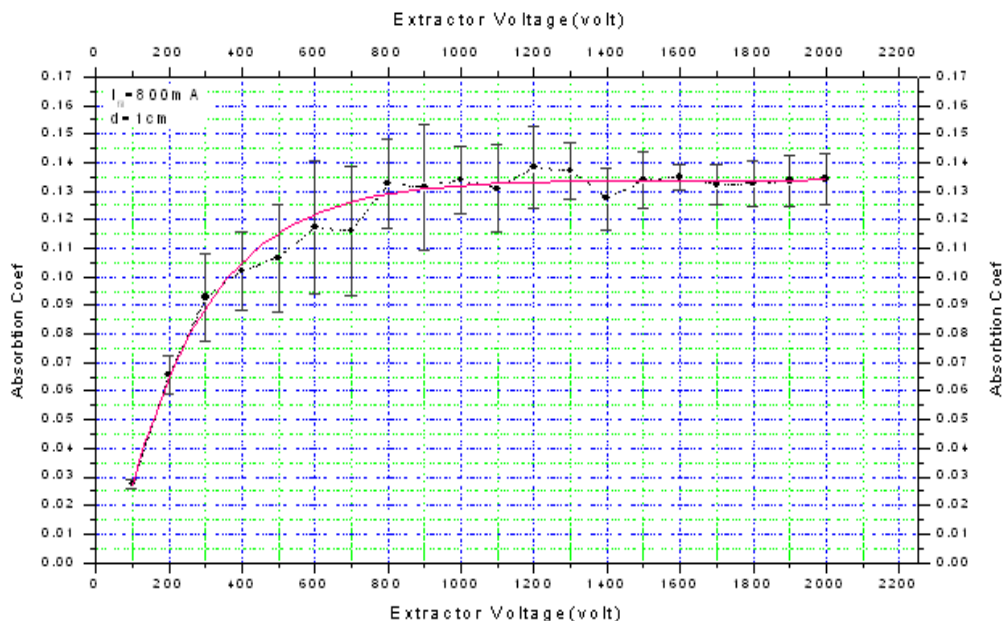
پیشنهادها:

۱. برای لایه نشانی پودرهای فلزی و اکسیده ای آنها باید مواد مزبور را ابتداء برای جلوگیری از پراکنده شدن مواد با عملیات حرارتی در خلاء به قرص تبدیل کرده و سپس لایه نشانی از قرص های پرس شده را انجام داد.
۲. برای لایه نشانی دایودهای لامپ EM و PM باید از مواد با خلوص بالا استفاده کرده و در تمیزی محیط کار و زیر لایه ها دقت کرد. در غیر این صورت لایه چسبندگی مناسبی نداشته و یا تحت تأثیر بمباران الکترون ها آسیب می بیند.

تقویت و پردازش توسط نرم افزار Origin به صورت نمودارهای زیر رسم گردید. شکل ۳ منحنی نقاط اندازه گرفته شده ضریب جذب الکترون ها بر حسب ولتاژ شتاب دهنده اولیه چشمه الکترونی بین صفر تا ۲۰۰۰ ولت را با تولرانس آن ها نشان می دهد. با توجه به نمودار به دست آمده مشاهده می شود، که میزان جذب دایودها با افزایش ولتاژ استخراج کننده تا حدود ۶۰۰ ولت به شدت افزایش یافته و تولرانس آن حول منحنی فیت شده زیاد است. از آنجا تا حدود ۹۰۰ ولت شیب آن کند شده و تولرانس آنها بیشتر می شود. اما بالاتر از حدود ۱۰۰۰ ولت ضریب جذب به مقدار اشباع خود در حدود ۰/۱۳۴ می رسد و نوسانات داده ها حول این مقدار نیز کمینه می شوند.

برای دستیابی به ضریب تکثیر دایودها اندازه گیری در دو مرحله انجام شد:

- ۱- ولتاژ اعمال شده به دایوده را نصف ولتاژ استخراج کننده الکترون قرار دادیم (منحنی پائینی a در شکل ۴).
- ۲- ولتاژ دایوده اول را طوری انتخاب کردیم، که جریان در دایوده دوم بیشینه شود (منحنی بالایی b در شکل ۴).



شکل ۳. نمودار ضریب جذب بر حسب ولتاژ استخراج کننده

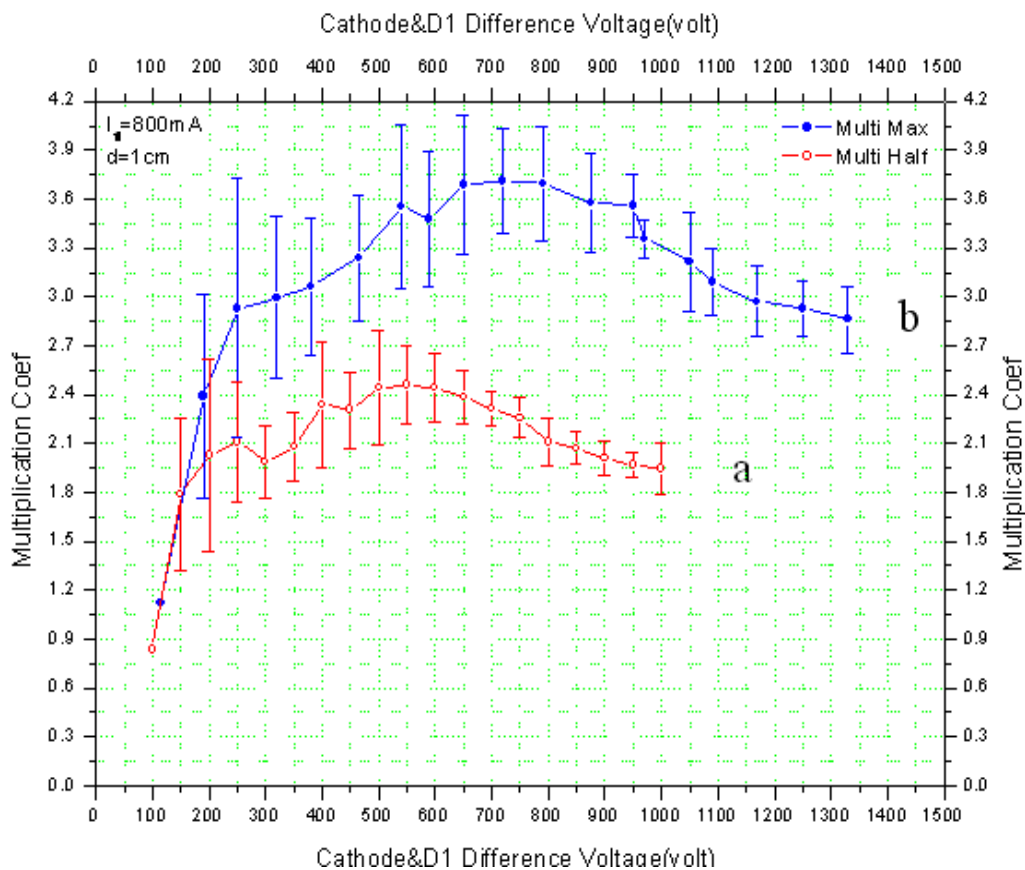
تشکر و قدردانی

تدوین کنندگان این مقاله وظیفه خود می دانند که از همکاری های دانشگاه علم و صنعت ایران، مرکز فن آوری های نوین وزارت دفاع و همچنین از مساعدت های مرکز تحقیقات سازمان انرژی اتمی در کرج و مرکز تحقیقات واقع در بناب و آزمایشگاه مرکزی دانشگاه اصفهان برای تهیه XRD نمونه ها و آنالیز آن ها کمال تشکر را بنمایند.

۳. از تفنگ الکترونی لامپ تصویر تلویزیون ها می توان به جای فوتوکاتد لامپ های PM استفاده کرد.

۴. با افزایش اختلاف پتانسیل بین داینود استخراج کننده (آخرین داینود) و داینود اول، ضریب جذب افزایش می یابد تا در مقدار اصلی خود به حالت اشباع رسیده و ثابت شود.

۵. برای دستیابی به راندمان بهتر بایستی داینودها با توجه به قوانین اپتیک ذرات باردار فرم داده شده و تنظیم گردد.



شکل ۴. نمودار ضریب تکثیر بر حسب اختلاف پتانسیل استخراج کننده در داینود اول

منابع

1. W.E. Mott, R.B. Sutton , "Scintillation and Čerenkov Counters , Photomultiplier types and characteristics " , In nuclear instrumentation II, Encyclopedia of Physics XLV Ed. by Creutz , Springer Verlag , Berlin , Heiderberg 1958.
2. RCA Photomultiplier Manual. Technical Series PT-61 , RCA Solid State Division
3. C. Gerthsen . " Physik ,Ein Lehrbuch zum Gebrauch neben Vorlesungen", Springer-Verlag Berlin , Goettingen , Heideleg, New York. 8.Edition 1964, & D. Meschede, C. Gerthsen 22. Edition , Springer-Verlag , Heideleg 2004.

4. A. Pipko ,V.Plislovsky , B. Korosev , V. Kuznetsov " *Fundamental of Vacuum Techniques*" Mir Publishers , Moscow 1984M.
5. Reiser, " *Theory and Design of Charged Particle Beam* ", John Wiley & Sons , New York , chi Chester , Brisbane , Toronto, Singapore, 1994.
6. M. Sedlaček , " *Electron Physics of Vacuum and Gaseous devices* " , John Wiley & Sons , New York , chi Chester , Brisbane , Toronto, Singapore , 1996.
7. L. Reimer , " *Elektronenmikroskopische Untersuchungs-und Praeparationsmethoden* ", second edition , Springer-Verlag , Berlin , Heidelberg, New York , Tokyo 1967.
8. L. Reimer , " *Transmission Electron Microscopy* " Springer-Verlag , Berlin , Heidelberg New York , 1984.
9. H. Wollnik , " *Optics of Charged Particles* " Academic Press ING , Orlando , San Diego,New York , Austin , London , 1987.
10. A. Zhigarev, " *Electron optics and Electron- Beam Devices* ", Mir Publishers Moscow, 1975.
11. V.W. Hughs & H.L. Schultz , " *Methods of Experimental Physics ,Volume 4 – Part A , Atomic Sources and Detectors* " Academic Press . New York & London. First Edition 1967.
12. R. E. Simon and B. F. Williams, " *Secondary–Electron Emission* ", IEEE Trans. Nucl. Sci., Vol. NS- 15, (1968), PP. 166-170.
13. L. Eckertova , " *Physics of Thin Films* " , Plenum Press ING , Orlando San Diego New York , Austin , London , 1987.
14. T.Sandor, *Nucl. Instrum. Meth.* 78, 8 (1970).
15. Bosshard et al., *IEEE Trans. Nucl. Sci.* NS-19(3), 107 (1972).
16. L. I. Maissel & R. Glang " *Hand Book of Thin film Technology* " , Mc Grew Hill Publisher , 1970.