

## طراحی و شبیه‌سازی لنز استوانه‌ای پنج المانی در مد غیر کانونی

مقبل‌الحسین، مجتبی<sup>۱</sup>؛ هادیان‌پور، زینب<sup>۱</sup>؛ قلمبر دزفولی، عبدالمحمد<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup>گروه فیزیک دانشگاه شهید چمران، بلوار گلستان، اهواز

### چکیده

در این کار یک لنز استوانه‌ای پنج المانی در مد غیر کانونی که در آن پرتوهایی که به صورت موازی وارد شده‌اند در انتهای لنز نیز به صورت موازی از آن خارج می‌شوند طراحی و توسط نرم‌افزار EBS 2.00 شبیه‌سازی شده است. در این لنز تصویرسازی مورد بررسی قرار گرفته است. مقایسه‌ی مقادیر بزرگنمایی حاصل از مدل شبیه‌سازی شده و تئوری، توافق خوبی را نشان می‌دهد.

## Design and Simulation of a Five Element Cylindrical Lens in Afocal Mode

Mogbelalhossein, Mojtaba<sup>1</sup>; Hadianpoor, Zeinab<sup>1</sup>; Ghalambor Dezfuli, Abdolmohammad<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Shahid Chamran University, Ahwaz

### Abstract

A five element cylindrical lens in afocal mode in which beam entrancing parallel to the axis leaves it parallel at the end too has been designed and simulated by EBS 2.00 software in this paper. Imaging has been investigated in this lens. Comparison between magnification values obtained from simulated model and theoretical computation shows good agreement.

PACS No.

می‌شوند. از آنجاییکه محدود کردن میدان‌های مغناطیسی در فضا تا حدی غیرممکن است هنگام کار با پرتوهای با انرژی پایین که به شدت تحت تأثیر هر میدان خارجی قرار می‌گیرند، از لنزهای الکتروستاتیک استفاده می‌شود.

### تئوری

لنزهای الکتروستاتیک از نظر شکل هندسی در دو دسته‌ی لنزهای استوانه‌ای و روزنه‌ای جای می‌گیرند. این لنزها معمولاً از چند المان تشکیل می‌شوند که تعداد المان‌های هر لنز کرائی لنز را تعیین می‌کند. در لنزهای بالاتر از سه المان علاوه بر اینکه مکان تشکیل تصویر ثابت است بزرگنمایی یا قطر نهایی پرتوها نیز مستقل از نسبت انرژی نهایی به اولیه‌ی پرتوها است که به چنین لنزهایی زوم لنز گفته می‌شوند. لنزهای پنج المانی علاوه بر مد زوم لنز در مد غیر کانونی هم عمل می‌کنند. در چنین لنزهای پرتوهایی که

### مقدمه

امروزه تفنگ الکترونی گرمایونی ابزاری مهم و کلیدی در تکنولوژی‌های جدید از جمله لیزرهای الکترون آزاد و شتاب‌دهنده‌های خطی بشمار می‌رود. به علاوه در فیزیک اتمی و مولکولی و سطح نیز نقش مهمی ایفا می‌کنند. در بسیاری از کاربردهای صنعتی از جمله جوشکاری، برشکاری، دریل کاری و اصلاح سطحی هم مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱ و ۲]. از آنجایی که ذرات باردار برای انتقال به محیط خلأ نیاز دارند تمامی این فرآیندها در شرایط خلأ انجام می‌شوند.

لنزها از مهمترین اجزاء تفنگ‌های الکترونی و به کلی سامانه‌های اپتیکی به‌شمار می‌روند. فواصل کانونی، بزرگنمایی و مکان شیء و حتی انرژی پرتوهای ذرات باردار توسط این ابزارها کنترل می‌شوند که به دو دسته‌ی کلی الکتروستاتیک و مغناطیسی تقسیم

برای  $L/D \geq 4$  و  $A/D = 0.5$  نسبت برای  $L/D \geq 4$

در این لنز  $A/D = 1$ ]. در این لنز  $A$  طول المان‌های مرکزی هر لنز سه

المانی و  $L$  طول المان مرکزی لنز پنج المانی است که بر حسب  $D$  قطر استوانه بیان می‌شوند.

هدل در سال ۱۹۷۱ نشان داد که اگر دو لنز کاملاً یکسان باشند شرایط فوق برقرار شده و بزرگنمایی به صورت

$M = (V_2/V_1)^{-1/4}$  محاسبه می‌شود. همچنین او ثابت کرد که

فاصله‌ی میان شیء و تصویر در این لنز برابر با  $2(F_2 - F_1)$  و

فاصله‌ی میان صفحات مرکزی دو لنز یکسان  $(F_2 - F_1)$  است و با

توجه به یکسان بودن لنزها خواهیم داشت  $V_2/V_1 = \sqrt{V_2/V_1}$

[۷]

### طراحی و شبیه‌سازی

در این تحقیق شبیه‌سازی طراحی‌ها توسط نرم افزار شبیه‌سازی

EBS 2.00 انجام شده است. محاسبات در این نرم‌افزار بر اساس

روش تفاضل توزیع صورت می‌گیرد.

برای شبیه‌سازی این لنز نسبت‌های پتانسیل در لنزهای سه

المانی یکسان  $V_2/V_1 = 8$  و  $V_3/V_1 = 0.7$  در نظر گرفته

شد. برای چنین ترکیبی با توجه به داده‌های ارائه شده توسط

هارتینگ رید، فواصل کانونی اول و دوم به ترتیب برابر با

$F_1 = 0.94D$  و  $F_2 = 2.66D$  هستند [۷]. فواصل میان صفحات

مرکزی دو لنز استوانه‌ای یکسان برابر با  $F_2 - F_1$  در نظر گرفته

می‌شود که در اینجا با توجه به مقدار قطر استوانه یعنی

$D = 2 \text{ mm}$  برابر با ۷۲ میلی‌متر است.

تصویر سازی در این لنز نیز در انرژی ۴۰ الکترون ولت شبیه‌سازی

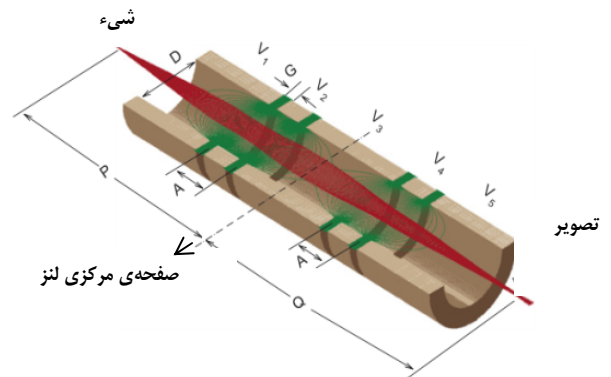
شده که در شکل (۳) نشان داده شده است. در این تصویرسازی از

یک چشمه‌ی نقطه‌ای استفاده شده است. به منظور حذف ابیراهی در

این لنز فقط از یک زاویه‌ی گسیل مشخص در چشمه استفاده شده

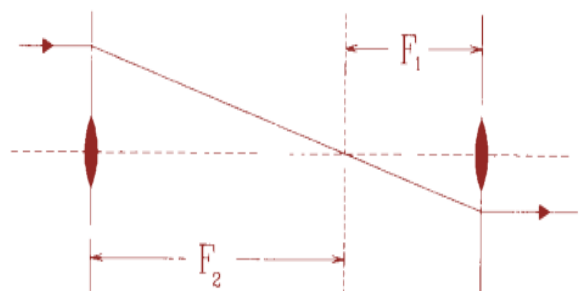
به صورت موازی وارد می‌شوند بصورت موازی نیز خارج می‌شوند.

از آنجایی که ابیراهی‌ها در لنزهای استوانه‌ای نسبت به لنزهای روزنه‌ای کمتر است این لنزها بسیار متداول‌تر و پرکاربردتر هستند [۳]. ساختار لنز پنج المانی غیر کانونی در شکل زیر نشان داده شده است.



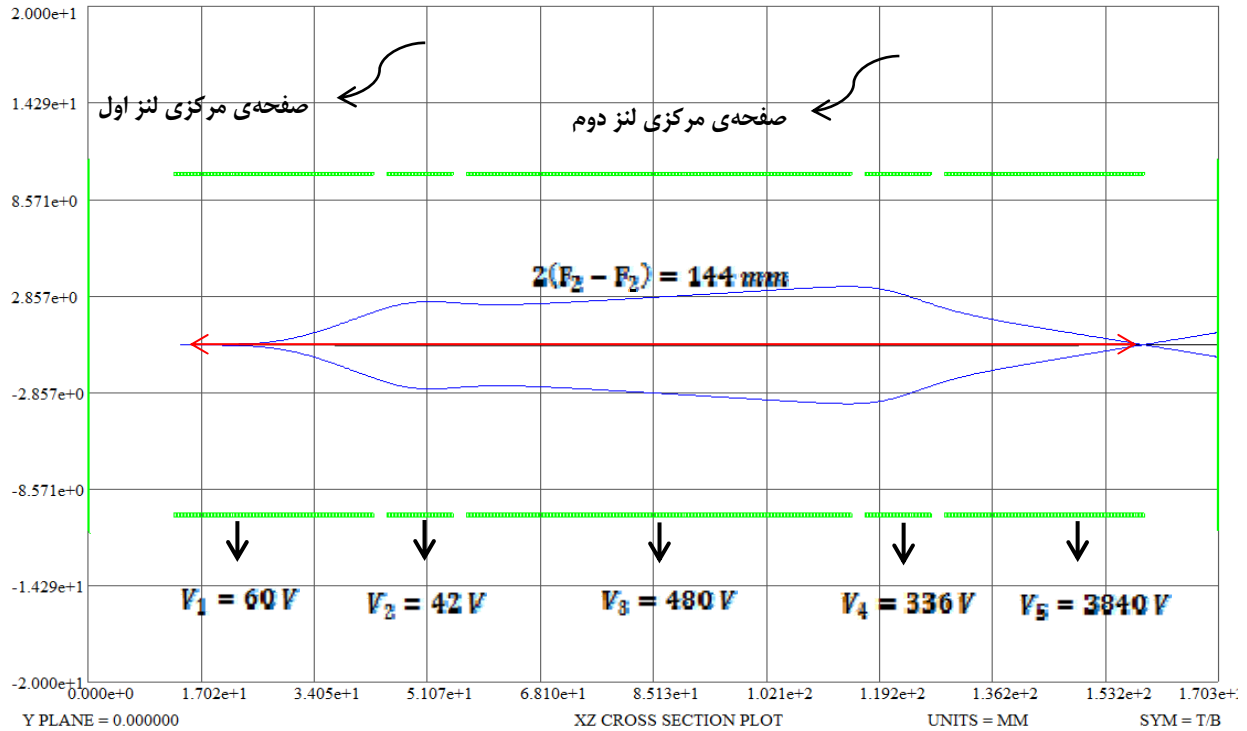
شکل ۱: لنز استوانه‌ای پنج المانی غیر کانونی و سطوح هم‌پتانسیل و چگونگی تمرکز پرتو در آن [۴]

این لنزها شامل دو لنز سه المانی هستند که به گونه‌ای طراحی می‌شوند که نقطه‌ی کانونی دوم لنز اول بر نقطه‌ی کانونی اول لنز دوم منطبق می‌شود. بنابراین پرتوهایی که موازی وارد لنز می‌شوند همانطور که در شکل زیر می‌بینیم در نهایت نیز به صورت موازی از آن خارج می‌شوند [۴].

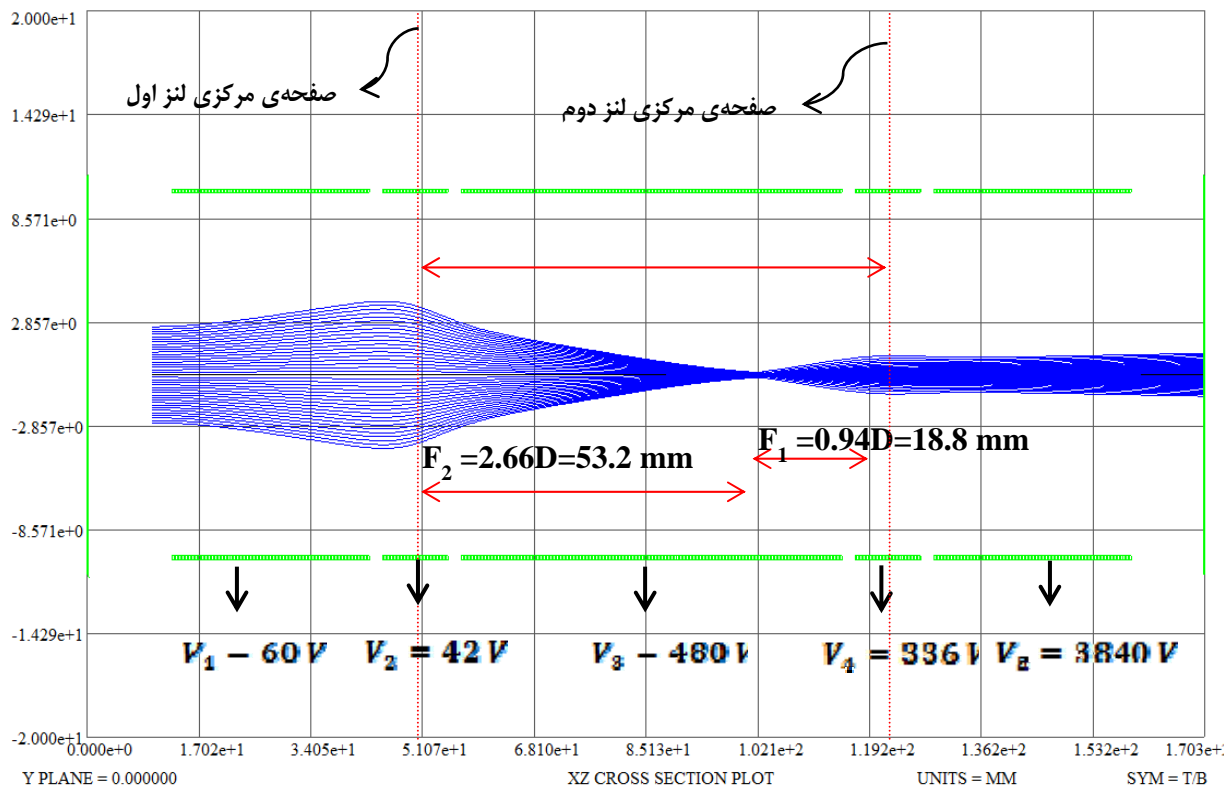


شکل ۲: شرایط لازم برای یک لنز غیر کانونی [۵]

از طرفی این دو لنز باید به طور مستقل بر پرتو اثر کنند بنابراین المان مرکزی مشترک باید به اندازه‌ی کافی طویل باشد (۳)



شکل ۳: شبیه‌سازی تصویرسازی در لنز استوانه‌ای پنج المانی غیر کانونی توسط نرم‌افزار EBS 2.00



شکل ۴: شبیه‌سازی لنز استوانه‌ای پنج المانی در مد غیر کانونی توسط نرم‌افزار EBS 2.00

### نتیجه گیری

در این کار توانستیم یک لنز استوانه‌ای پنج المانی در مد غیر کانونی طراحی و توسط نرم افزار EBS 2.00 شبیه سازی کنیم و مشاهده شد که پرتوهای که موازی وارد لنز شدند در نهایت نیز به صورت موازی از لنز خارج شدند. قطر پرتوهای الکترونی در صفحه‌ی تصویر در مدل شبیه سازی در توافق خوبی با مقدار قطر حاصل از محاسبات تئوری است. همچنین در این لنز تصویر سازی نیز مورد بررسی قرار گرفت.

### منابع

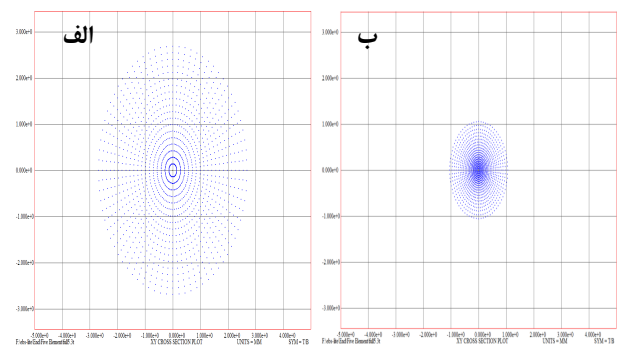
- [1] M. Ulu, O. Sise and M. Dogan; "Optimizing the performance of an electron gun design followed by lenses and apertures"; *Radiation Physics and Chemistry* **76** (2007) 636-641.
- [2] M. Iqbal, M. Ayub, Z. Majeed and H. M. Akram; "Optimal welding parameters with 10 keV point source electron gun" *Vacuum* **85**(2011) 654-656.
- [3] O. sise and N. Okumus, "Computer simulation of electrostatic aperture lens systems for electron spectroscopy," *Electron Spectroscopy and Related Phenomena*, **175**, (2009) 76-86.
- [4] O. Sise et al., "Characterization and modeling of multi-element electrostatic lens systems," *Radiation Physics and Chemistry*, **76**, (2007) 593-598.
- [5] D. Heddle and S. M. Kay, "The zoom afocal lens," *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, **298**, (1990) 291-294.
- [6] K.-H. Leitz et al., "Numerical Simulation of Drilling with Pulsed Beams," *Physics Procedia*, **39**, (2012) 881-892.
- [7] E. Harting et al., "Electrostatic lenses," Elsevier Scientific Pub.(1976).

است. مقدار این زاویه توسط نرم افزار بهینه سازی شده است. فاصله‌ی میان شیء و تصویر در این لنز با مشخصات ذکر شده برابر با ۱۴۴ میلی متر است.

برای مشاهده اثر غیرکانونی در این لنز نیز از یک چشمه‌ی الکترونی موازی استفاده شده است. این اثر در شکل (۴) شبیه سازی شده است.

### داده‌ها و نتایج

برای بزرگنمایی در این لنز داشتیم  $M = (v_2/v_1)^{1/4}$  در شبیه سازی انجام شده قطر اولیه‌ی باریکه‌ی الکترونی ۵/۳ میلی متر در نظر گرفته شده است. طبق رابطه‌ی فوق در این طراحی  $M = ۰.۳۵۳$  است یعنی در صفحه‌ی تصویر یا در فاصله‌ی ۱۴۴ میلی متری از شیء این قطر باید برابر با ۱/۸ میلی متر باشد. در شکل زیر سطح مقطع پرتوها در صفحه‌ی شیء و تصویر را برای این لنز مشاهده می کنیم.



شکل ۵: سطح مقطع باریکه‌ی الکترونی در الف) صفحه‌ی شیء و ب) صفحه‌ی تصویر برای لنز پنج المانی شبیه سازی شده در مد غیرکانونی

در مدل شبیه سازی شده قطر باریکه در صفحه‌ی تصویر برابر با ۲/۰۷ میلی متر بدست آمد که این اختلاف از مقدار حاصل از محاسبات تئوری (۱/۸ میلی متر) که ناشی از ایراهی است در مقایسه با قطر لنز مورد استفاده ناچیز است.