

ОПТИМИЗАЦИЈА РАДА ЕЛЕКТРОНСКОГ ТОПА У ОПСЕГУ ЕНЕРГИЈА 1-1000 eV

М. Љ. Ранковић¹⁾, М. Челикић²⁾ и А. Р. Милосављевић^{1)*}

1) *Лабораторија за физику атомских сударних процеса, Институт за физику, Универзитет у Београду, Прегревица 118, 11080 Београд*

2) *Faculty of Physics, University of Vienna, Strudlhofgasse 4, 1090 Vienna, Austria*

**e-mail: vraz@ipb.ac.rs*

Апстракт. У овом раду су представљени резултати испитивања и оптимизације рада комерцијалног електронског топа помоћу програма SIMION. Урађена је симулација и снимање путања електрона, за различите комбинације напона на електродама топа, у континуалном режиму рада. Такође је испитивана могућност одржавања константног положаја фокуса при промени енергије електрона у опсегу од 1 eV до 1000 eV, променом напона на само једној од електрода.

1. УВОД

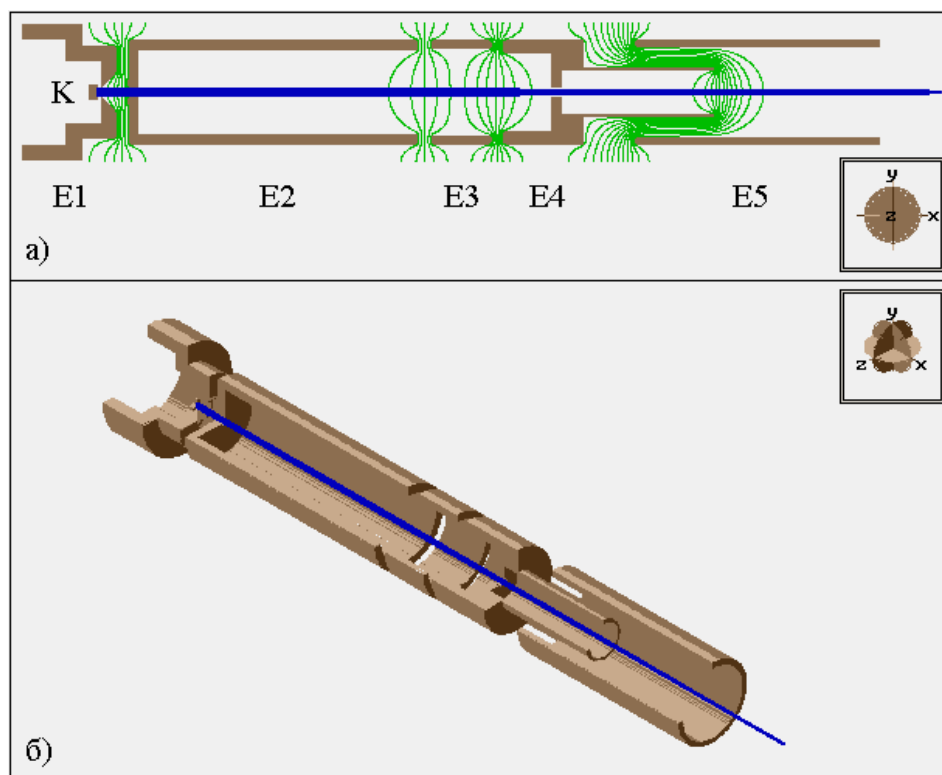
У експериментима са укрштеним млазевима у физици атомских судара, у којима се као пројектили користе електрони, веома је важно имати енергијски и геометријски добро дефинисан млаз електрона. Уколико истраживање не захтева веома малу неодређеност енергије упадних електрона, као извор електронског млаза се користи електронски топ. Уобичајено, конструкција електронског топа подразумева катоду (равну или у облику укоснице) која ослобађа електроне термоелектронском емисијом, и неколико додатних цилиндричних електрода које омогућују формирање геометријски добро дефинисаног млаза задате енергије и његово фокусирање на жељену позицију. Енергија електрона у млазу је дефинисана разликом потенцијала катодe и последње електроде, а енергијска резолуција је одређена термалном расподелом електрона које емитује катода и реда је 0.5 eV.

У овом раду је описан комерцијални електронски топ А5516 и презентовани су резултати симулације рада овог топа, као и оптимизације вредности напона на електродама које омогућују одржавање константне позиције фокуса при промени енергије електрона у опсегу од 1 eV до 1000 eV.

2. ИЗРАДА МОДЕЛА И СИМУЛАЦИЈА РАДА ЕЛЕКТРОНСКОГ ТОПА

За израду модела и симулацију рада електронског топа је коришћен програм SIMION8 [1]. Најпре је потребно дефинисати геометрију електрода у посебном геометријском фајлу. Затим се рад овог програма заснива на израчунавању електричног поља у простору између електрода решавањем Лапласове једначине методом коначних разлика. Након тога, програм решава диференцијалне једначине кретања задатих наелектрисаних честица у овако добијеном електричном пољу и исцртава њихове трајекторије.

Електронски топ који се разматра у нашем раду се састоји од укупно шест електрода, од којих једна представља катоду. На слици 1 су представљени уздужни попречни пресек и изометријски приказ модела електронског топа направљеног у програму SIMION8. Све електроде имају цилиндричну симетрију и на сваку је доведен сталан напон. При дефинисању геометрије електрода, искоришћена је аксијална симетрија, што доста упрошћава израду модела и повећава брзину симулација. Дужина електронског топа износи $l=122\text{mm}$, док је полупречник највеће електроде $r=9,7\text{mm}$.



Слика 1. Модел електронског топа урађеног у програму SIMION8 [1]: а) попречни пресек у равни XY, са електронским млазом (плава) и линијама сила електричног поља (зелена), б) 3Д изометријски приказ електронског топа.

Излазна енергија електронског млаза одређена је само разликом потенцијала између последње електроде E5 и катоде K. Све остале електроде имају улогу да усмере и фокусирају млаз електрона, без утицаја на њихову излазну енергију. Однос потенцијала између електрода дефинише особине електронског сочива које оне формирају, а погодним избором тог односа се добија жељена позиција фокуса и геометријске карактеристике електронског млаза.

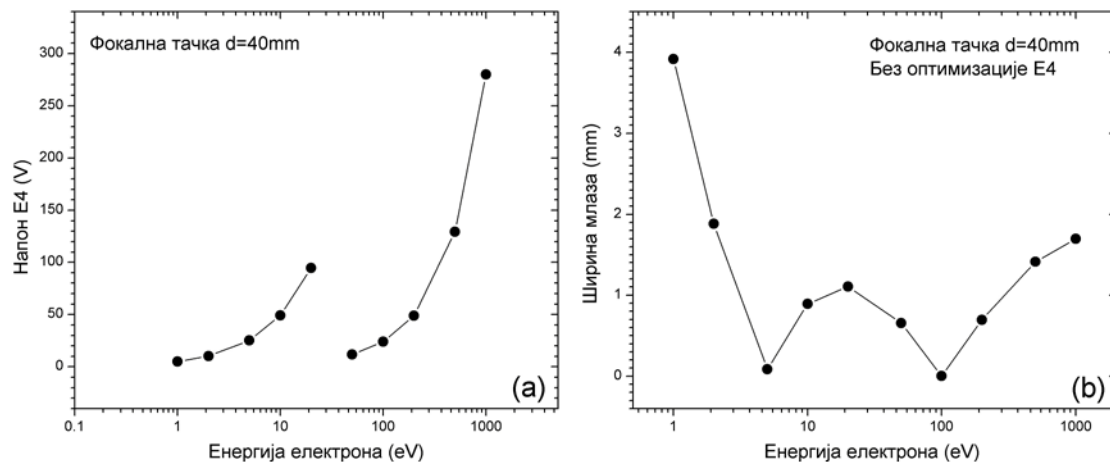
У реалним експериментима се најчешће последња електрода топа, као и интеракциона запремина и цела експериментална комора, постављају на нулти потенцијал, тј. на масу. Катода је на негативном потенцијалу који одређује енергију електрона. Сви остали напони на електродама су «пливајући» у односу на потенцијал катоде. На тај начин се постиже да се променом потенцијала катоде у односу на масу (дакле, променом енергије електрона који излазе из топа), задржавају исти односи потенцијала свих осталих електрода. То онда значи да ће електронско сочиво у почетном делу топа, које врши примарну екстракцију електрона са катоде, задржати оптималне особине при промени енергије излазног електронског млаза. Међутим, да би излазни електронски млаз био на приближно исти начин фокусиран при промени енергије у великом опсегу, потребне су корекције напона на бар једној од крајњих електрода. У овој симулацији су потенцијали електрода дефинисани на исти начин као и у реалном експерименту.

3. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

У оквиру програма SIMION8 [1], написан је допунски програм користећи «LUA» програмски језик, који омогућује аутоматску промену напона на једној од електрода и снимање потребних параметара сочива и електронског млаза у функцији овог напона. Потенцијал се мења итеративним поступком, тако да свака следећа итерација има за последицу асимптотско смањење полупречника електронског млаза на растојању $d=40\text{mm}$ од излазног отвора последње електроде топа, које је изабрано као жељено место фокуса. На овај начин су симулацијом рада електронског топа добијене вредности потенцијала електроде E4 у функцији излазне енергије електрона (тј. потенцијала катоде) које обезбеђују константно место фокуса. У симулацији је унапред подешено да електрони настају истовремено на површини катоде унутар круга полупречника $0,5\text{mm}$, са насумичном нормалном расподелом и почетном енергијом од $0,1\text{eV}$. Добијена зависност је представљена на слици 2а. Може се видети да постоје два режима рада топа у зависности од жељеног опсега енергије електрона. Симулације показују могућност одржавања константног фокуса унутар веома великог опсега енергије електрона, али је важно урадити и реалнију карактеризацију електронског млаза за наведене параметре.

На слици 2б је приказана зависност Y координате (радијална компонента) путање електрона у фокалној равни од енергије електрона. Симулација је урађена праћењем путање једног електрона, који полази са катоде на малом

растојању од осе електронског топа (мала радијална координата) и паралелно овој оси. Добијена зависност апроксимативно одговара релативној промени пречника електронског млаза у фокалној равни у зависности од енергије електрона. Резултати јасно показују да без одговарајућег подешавања потенцијала, пречник млаза значајно варира са променом енергије, што би реално представљало проблем у експерименталном раду.



Слика 2. а) Зависност напона E4 од енергије, тако оптимизованог да се увек добије фокално растојање $d=40\text{mm}$. б) Зависност ширине електронског млаза од енергије на фокалном растојању $d=40\text{mm}$ од последње електроде електронског топа, без оптимизације напона на електроди E4.

ЗАХВАЛНИЦА

Овај рад је спроведен уз подршку Министарства за просвету, науку и технолошки развој Републике Србије, у оквиру пројекта ОИ 171020, као и билатералног пројекта научне сарадње између Србије и Француске „Павле Савић“ (680-00-132/2012-09/06).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] D. J. Manura and D. A. Dahl, SIMION Version 8.0, User Manual, Scientific Instruments Services, Inc. (2007)