

Kineskopo elektroninės optikos katodų padėties sekos sistemos tyrimai

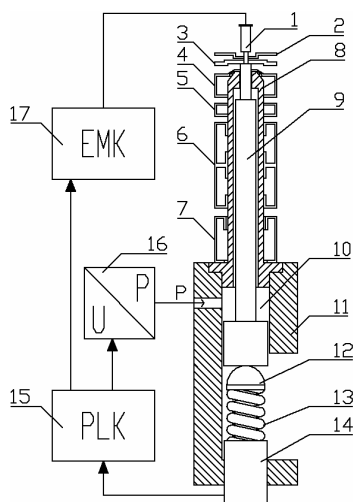
T. Jukna, V. Sinkevičius, L. Šumskienė, D. Viržonis

Elektros inžinerijos katedra, KTU Panevėžio institutas,

S. Daukanto g. 12, LT-35212 Panevėžys, Lietuva, tel. +370 45 434247, el. p. elekatedra@midi.ppf.ktu.lt

Įvadas

Kineskopų elektroninės optinės sistemos (EOS) surinkimo metu katodai privirinami tokiu atstumu nuo modulatoriaus, kad visų katodų užtvarinės įtampos būtų tarpusavyje vienodos ir reikiamo dydžio. Šis atstumas kiekvienai EOS yra skirtingas ir priklauso nuo surinktos EOS atskirų elementų realių geometrinių parametrų bei tarpusavio orientacijos ir atstumų. Kineskopų gamyboje katodų pastatymą reikiamoje padėtyje siekiama visiškai automatizuoti. Tai gali atlikti katodų padėties sekos sistema (1 pav.), kuri išmatuoja atstumą tarp modulatoriaus ir greitinančiojo elektrodo, apskaičiuoja katodo priekinio paviršiaus padėtį ir pastato katodą reikiamoje padėtyje.



1 pav. Katodų padėties sekos sistema: 1 – katodas, 2 – modulatorius, 3 – greitinantis elektrodas, 4, 5, 6, 7 – elektrodai, 8 – pagrindinis cilindras, ant kurio užmaunama EOS, 9 – katodo padėties matavimo strypas, 10 – pneumokamera, 11 – matavimo mazgo korpusas, 12 – jutiklio liestukas, 13 – jutiklio spyruoklė, 14 – induktyvusis padėties jutiklis, 15 – sekos sistemą valdantis įtasis, 16 – elektropneumatinis keitiklis, 17 – elektromechaninis keitiklis, pastatantis katodą į reikiamą padėtį

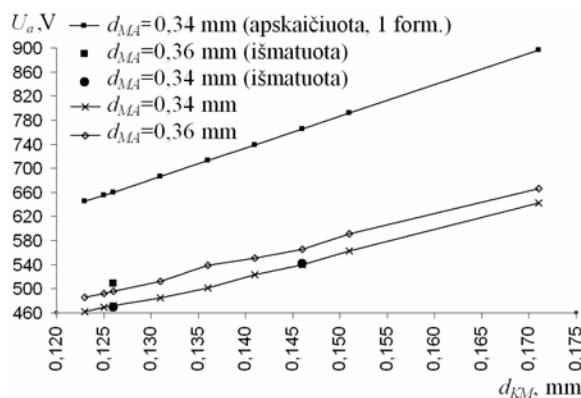
Katodų įtvirtinimo operaciją apsunkina šie veiksniai: visas surinkimo ciklas turi trukti ne ilgiau kaip 10–12 s, lengvai pažeidžiamas katodo priekinis paviršius ir dideli reikalavimai katodo padėties tikslumui.

EOS užtvarinės įtampos skaičiavimas

EOS užtvarinė įtampa priklauso nuo modulatoriaus kiaurymės skersmens D_M , modulatoriaus storio kiaurymės vietoje δ , atstumo tarp katodo ir modulatoriaus d_{KM} bei atstumo tarp modulatoriaus ir greitinančiojo elektrodo d_{MA} . Ji gali būti apskaičiuojama pagal formulę [1]:

$$U_{uzd} \approx 0,034U_a \frac{(D_M - \delta)^2}{d_{KM}d_{MA}}; \quad (1)$$

čia U_a – greitinančiojo elektrodo įtampa. Iš (1) formulės buvo apskaičiuota įtampa U_a , keičiant atstumą d_{KM} , o potencialų skirtumą tarp modulatoriaus ir katodo U_{uzd} bei atstumą d_{MA} laikant pastovų. Gauti rezultatai pateikti 2 pav. Kaip matome iš grafiko, gautos vertės gerokai skiriasi nuo išmatuotų.

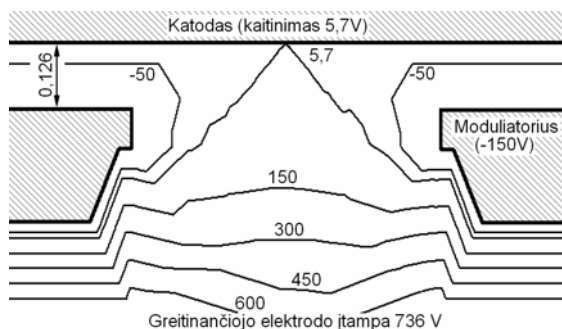


2 pav. EOS greitinančiojo elektrodo įtampos, kuriai esant užtveriamas centrinis katodas, priklausomybės nuo atstumų d_{KM} ir d_{MA}

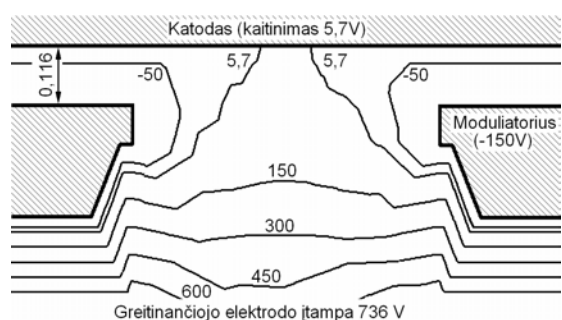
Tikslesni skaičiavimai atlikti baigtinių elementų metodu programų paketu ANSYS, apskaičiuojant kiekvieno elektrodo įtakos funkcijas ir ieškant potencialų skirtumo prie katodo, įvertinus elektronų pradinį greitį atitinkantį potencialų skirtumą $\Delta U_0 = \frac{kT}{e}$; čia k –

Bolcmano konstanta, T – katodo temperatūra, e – elektrono krūvis. Taigi įtampa U_a apskaičiuota, keičiant atstumus d_{KM} , d_{MA} konkrečiai EOS konstrukcijai. Gauti rezultatai pateikti 2 pav.

3 ir 4 pav. pateiktas baigtinių elementų metodu apskaičiuotas potencialo pasiskirstymas prie katodo, neįvertinus pradinio elektronų greičio, keičiant atstumą d_{KM} , o greitinančiojo įtampai esant pastoviai.



3 pav. Potencialo pasiskirstymas prie katodo, esant greitinančiojo elektrodo įtampai, kai užtvėriamas centrinis katodas (neįvertinus pradinio elektronų greičio)

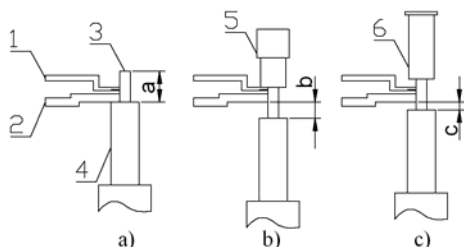


4 pav. Potencialo pasiskirstymas prie katodo, priartinus katodą prie modulatoriaus 10 μ m, esant tai pačiai greitinančiojo elektrodo įtampai

Remiantis atliktų skaičiavimų rezultatais, galima teigti, kad, atstumui tarp katodo ir modulatoriaus pakitus 1 μ m, greitinančiojo elektrodo įtampa, kuriai esant užtvėriamas katodas, pakinta apie 3,7V, o pakitus atstumui tarp modulatoriaus ir greitinančiojo elektrodo – 1,4V.

Katodo padėties matavimo etapai

Katodo padėtis modulatoriaus atžvilgiu apskaičiuojama prieš tai išmatavus atstumą tarp modulatoriaus ir greitinančiojo elektrodo. Matavimas atliekamas trimis etapais (5 pav.).



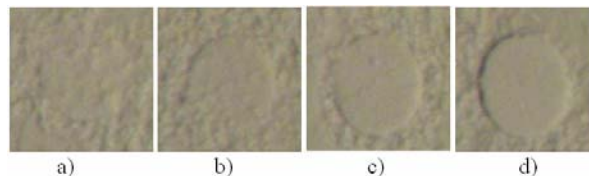
5 pav. Katodo pastatymo etapai: 1 – modulatorius, 2 – greitinantis elektrodo, 3 – kalibruoto ilgio antgalis, 4 – matavimo strypas, 5 – prispaudžiantysis cilindras, 6 – katodas

Pirmojo metu matavimo strypas 4 atsiremia į greitinantįjį elektrodą 2 (5 pav., a). Prispaudimo jėga – apie 60 G. Ši matavimo strypo padėtis išmatuojama ir atsimenama. Antrajame etape iš viršaus nuleidžiamas

cilindras 5, kuris prispaudžia prie modulatoriaus 1 ir, veikdamas kalibruoto a ilgio antgalį 3, išstumia žemyn matavimo strypą atstumu b (5 pav., b). Šis atstumas ir yra lygus atstumui tarp modulatoriaus ir greitinančiojo elektrodo išorinių plokštumų. Vidinis atstumas apskaičiuojamas įvertinant elektrodo plokštelių storį. Trečiojo etapo metu cilindras 5 atitraukiamas ir vietoj jo matavimo strypo antgalį savo priekiniu paviršiumi stumia katodas 6 (5 pav., c). Katodas stumiamas žemyn tol, kol strypo poslinkis pasieks dydį c . Tačiau strypą spaudžiančios spyruoklės jėga 60 G yra per didelė ir kalibruoto antgalio galas, esant šiai jėgai, pažeidžia katodo paviršių. Matavimo mazge įrengta pneumokamera (1 pav.). Joje esantis slėgis kompensuoja prispaudimo spyruoklės jėgą katodo padėties matavimo metu.

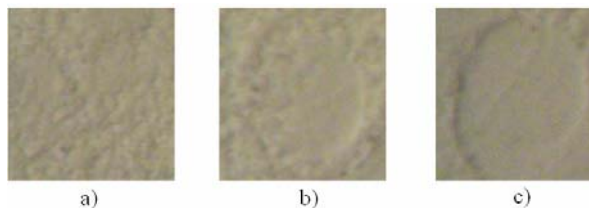
Poveikio į katodo paviršių tyrimas

Katodo paviršius matavimo metu negali būti pažeistas ir jame neturi likti mechaninio kontakto su liestuku pėdsako. Todėl buvo atlikti bandymai, paveikiant katodo paviršių įvairaus dydžio statine vienkartinė jėga (6 pav.).



6 pav. Pėdsakas katodo paviršiuje, paliekamas jutiklio (dėmės skersmuo 0,5 mm): a – 40 G, b – 50 G, c – 70 G, d – 100 G

Statinės vienkartinės jėgos, mažesnės kaip 40 G, poveikis nepalieka matomų pėdsakų katodų paviršiuje. Tačiau padėties sekos sistema, nepavykus katodo pastatyti į reikiamą vietą, atitraukia katodą ir iš naujo jį stumia žemyn. Šitai katodo paviršius gali būti paveiktas ne viena, o kelis kartus. Atlikti eksperimentai (7 pav.), 10 kartų paveikiant katodo paviršių ta pačia jėga ir panaudojant 0,3 bar kompensuojantį slėgį, parodė, jog jėgos, mažesnės kaip 20 G, pėdsako jau nepalieka.

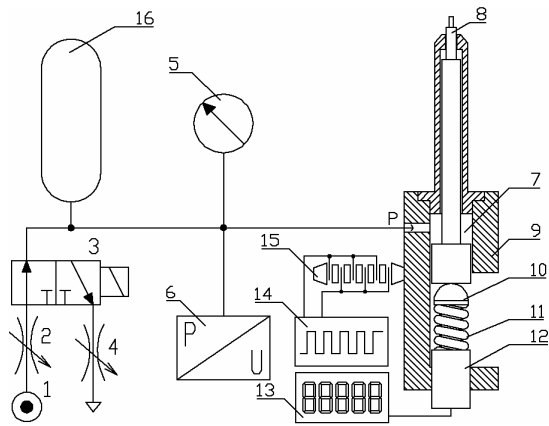


7 pav. Daugkartinio poveikio pėdsakas katodo paviršiuje, paliekamas jutiklio (dėmės skersmuo 0,5 mm): a – 20 G, b – 30 G, c – 50 G

Taigi pneumatinis jėgos kompensavimas garantuoja stabilų jutiklio liestuko kontaktą ir gana mažą kontakto jėgą.

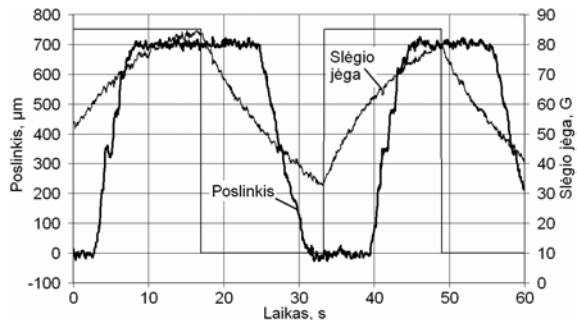
Matavimo strypo lėto judesio tyrimas

Sekos sistema, pastatanti katodą 1 μ m paklaida, juda gana lėtai ir šiam judesiui didelę įtaką turi rimties trintis. Atlikti tyrimai, stumiant liestuką jėga, kurios didėjimo greitis buvo nuo 1 iki 3 G/s. Eksperimento schema pateikta 8 pav.



8 pav. Lėto judesio trinties jėgų tyrimo schema: 1 – suslėgto oro tiekimo šaltinis; 2 – įėjimo droselis; 3 – skirstytuvai; 4 – išmetimo droselis; 5 – manometras; 6 – pneumoelektrinis keitiklis; 7 – slėgio kamera; 8 – matavimo strypas; 9 – matavimo mazgo korpusas; 10 – padėties jutiklio antgalis; 11 – padėties jutiklio spyruoklė; 12 – induktyvusis padėties jutiklis; 13 – jutiklio signalo keitiklis; 14 – stačiakampių impulsų generatorius; 15 – pjezoelementų mazgas; 16 – pneumatinis kondensatorius

Lėtai kintanti jėga, kuri veikia strypą, gaunama panaudojus didelės talpos pneumatinių kondensatorių. Skirstytuvai 3 per drošelį 2 užpildo kondensatorių 16. Oras iš kondensatoriaus 16, išjungus skirstytuvą 3, per drošelį 4 išmetamas į atmosferą. Taip gaunamos lėtai didėjančios ir mažėjančios slėgio sukurtos jėgos (9 pav.).



9 pav. Slėgio kitimo sukeltos jėgos ir matavimo strypo poslinkio priklausomybės nuo laiko

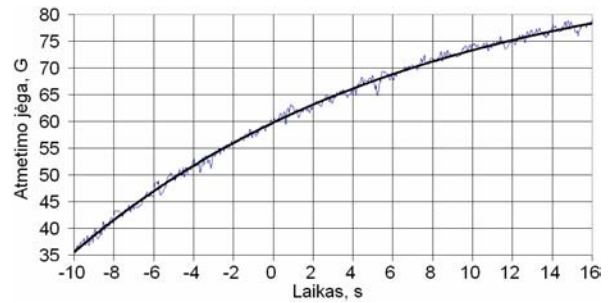
Jėgos kitimas laikui bėgant yra netiesinis, kadangi slėgis kinta eksponentiškai mažėjančiu greičiu. Kiekvieno eksperimento jėgos kitimas buvo aproksimuotas tokia funkcija:

$$F = k \cdot p_m \cdot \left(1 - e^{-\frac{t+t_0}{T}} \right). \quad (2)$$

Jėgos funkcija (2) perstumta taip, kad laiko ašies 0 sutaptų su atmetimo jėga, lygia 60 G; tada prasideda matavimo strypo judesys (10 pav.). Šis laiko perstūmimas atliktas tam, kad būtų galima tarpusavyje palyginti jėgos kitimo greitį matavimo strypo pajudėjimo metu.

Jėgos kitimo greitis, įvertinus (2) išraišką, apskaičiuojamas taip:

$$\frac{dF}{dt} = \frac{k \cdot p_m}{T} \cdot e^{-\frac{t+t_0}{T}}. \quad (3)$$



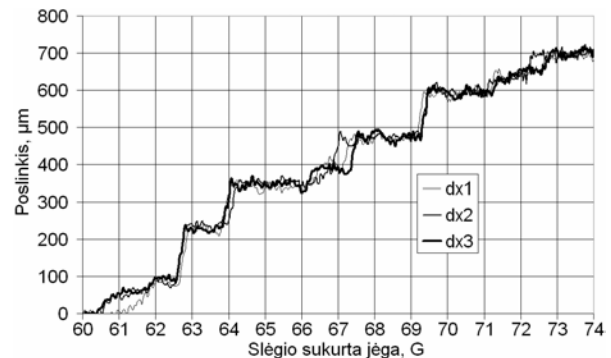
10 pav. Slėgio sukurtos jėgos kitimo priklausomybė nuo laiko

Matavimo strypo judesio pabaigoje slėgio sukurtą jėgą pasiekia 72 G ir po to strypas atsiremia į atramą. Judėjimo pabaigoje slėgio sukurtos jėgos didėjimo greitis yra mažesnis. Atramos priklausomai nuo naudojamos EOS gali būti perkeltos į kitą vietą ir kartu pasikeis jėga. Laikas, per kurį slėgio sukurtą jėgą pasiekia dydį F , apskaičiuojamas taip:

$$t = t_0 - T \cdot \ln \left(1 - \frac{F}{k \cdot p_m} \right). \quad (4)$$

Iš (3, 4) lygčių apskaičiuota, kad eksperimentinio tyrimo metu judesio pradžioje vidutinis jėgos kitimo greitis buvo 1,77 G/s, o pabaigoje – 1,05 G/s. Keli eksperimentai buvo atlikti lėčiau ir sparčiau keičiant jėgą. Jų metu vidutiniai jėgos kitimo greičiai buvo 1,105–0,53 G/s ir 3,22–2,02 G/s.

Kameroje 7 lėtai didėjantis slėgis (8 pav.) didina jėgą, kuri veikė priešpriešiais jutiklį spaudžiančiai spyruoklei. Eksperimento metu buvo nustatyta, kad matavimo strypo judesys netolygus, turintis pasikartojančių sustojimų, kuriuos sukelia rimties trintis (11 pav.). Rimties trinties vertės buvo nuo 1 iki 4 G. Matavimo strypas, sukauptus pneumokameroje pakankamai jėgos rimties trinčiai nugalėti, pajudėdavo ir šio šuolio dydis siekė 50–150 μm. Toks netolygus matavimo strypo judesys praktiškai neleidžia matavimo metu keisti spyruoklės jėgą kompensuojančio slėgio.

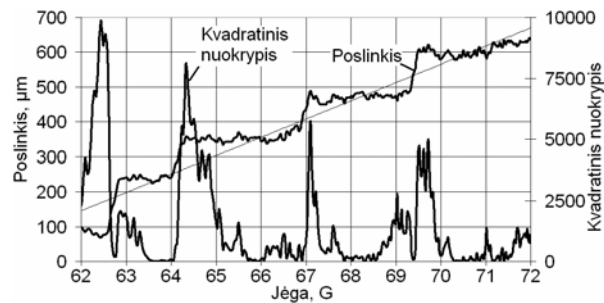


11 pav. Matavimo strypo poslinkio priklausomybės nuo lėtai kintančios jėgos

Rimties trinčiai sumažinti buvo panaudotas pjezo vibratorius 15 (8 pav.), kurio sukelti virpesiai gerokai sumažino rimties trintį [2, 3]. Judesio tolygumui įvertinti, tiriant pjezo vibratoriaus įvairių dažnių įtaką, buvo panaudota tokia integralinio kvadratinio nuokrypio išraiška:

$$\sigma = \sum_{i=1}^m (y_s - k \cdot F - a)^2 \quad (5)$$

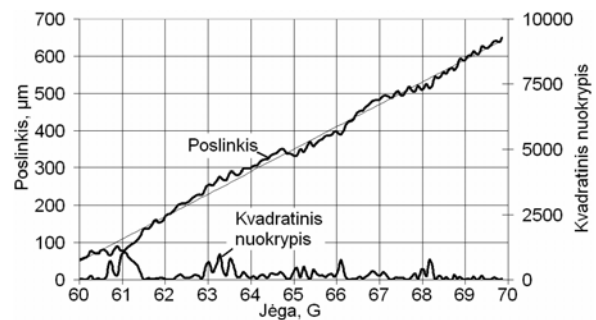
Lygtyje (5) koeficientai k ir a yra spyruoklės pasipriešinimo jėgos parametrai, y_s – matavimo strypo poslinkis i -ojo matavimo metu, esant jėgai F . Kvadratinis nuokrypis ir matavimo strypo judesys be papildomų vibracijų pateiktas 12 pav.



12 pav. Matavimo strypo poslinkio priklausomybės nuo lėtai kintančios jėgos be papildomų vibracijų

Matavimo strypo lėtaeigio judesio tolygumas, veikiant matavimo mazgą papildomomis vibracijomis, gerokai tolygesnis (13 pav.).

Buvo ištirta judesio tolygumo priklausomybė nuo pjezovibratoriaus dažnio, keičiant jį nuo 1 iki 29 kHz. Pastebėta, kad yra keletas dažnių sričių, kuriose integralinio kvadratinio nuokrypio skaitinės vertės labai mažos, o judesys gana tolygus.



13 pav. Matavimo strypo poslinkio priklausomybės nuo lėtai kintančios jėgos

Išvados

1. Katodų padėties sekos sistema, panaudojant jutiklio spyruoklės jėgos pneumatinę kompensavimo sistemą, užtikrina pakankamą jutiklio kontaktą su katodo paviršiumi ir jo nepažeidžia.
2. Matavimo sistemos rimties trintis gali būti sumažinta, panaudojant pjezovibratorių.

Literatūra

1. Силадьи М. Электронная и ионная оптика. – Москва: Мир, 1990. – 639 с.
2. Kurosawa M., Takhashi M., Higuchi T. Ultrasonic linear motor using surface acoustic waves // IEEE Trans. on UFFC. – 1996. – Vol. 43, no. 5. – P.901–906
3. Chiba M, Takahashi M., Kurosawa M., Higuchi T. Evaluation of a surface acoustic wave motor output force // MEMS '97. – P. 250–255.

Pateikta spaudai 2005 02 10

T. Jukna, V. Sinkevičius, L. Šumskienė, D. Virzonis. Kineskopo elektroninės optikos katodų padėties sekos sistemos tyrimai // Elektronika ir elektrotechnika. – Kaunas: Technologija, 2005. – Nr. 5(61). – P. 48–51.

Kineskopų elektroninės optinės sistemos (EOS) surinkimo metu katodai privirinami tokiu atstumu nuo modulatoriaus, kad visų katodų užtvarinės įtampos būtų tarpusavyje vienodos ir reikiamo dydžio. Modeliuojant ANSYS terpėje nustatyta, kad atstumui tarp katodo ir modulatoriaus pakitus 1 μm, greitinančiojo elektrodo įtampa, kuriai esant užtveriamas katodas, pakinta apie 3,7V, o pakitus atstumui tarp modulatoriaus ir greitinančiojo elektrodo – 1,4V. Skaičiavimo rezultatai praktiškai sutampa su išmatuotais. Kineskopų gamyboje katodų pastatymą reikiamoje padėtyje siekiama visiškai automatizuoti. Tai gali atlikti katodų padėties sekos sistema. Kineskopo elektroninės optinės sistemos (EOS) katodų padėties sekos sistema išmatuoja atstumą tarp modulatoriaus ir greitinančiojo elektrodo, apskaičiuoja katodo paviršiaus atstumą nuo modulatoriaus paviršiaus. Katodo pastatymo metu matavimo strypą veikia slėgio sukuriama kompensuojanti jėga, kuri sumažina slėgį į katodo paviršį ir taip apsaugo jį nuo pažeidimų. Nustatyta, kad rimties trinties vertės, veikiant matavimo strypą besikeičiančia 1,05 – 3,22 G/s jėga, buvo nuo 1 iki 4 G. Rimties trinties sumažinti panaudotas pjezovibratorius. Buvo ištirta judesio tolygumo priklausomybė nuo pjezovibratoriaus dažnio, keičiant jį nuo 1 iki 29 kHz. Il. 13, bibl. 3 (lietuvių kalba; santraukos lietuvių, anglų ir rusų k.).

T. Jukna, V. Sinkevicius, L. Sumskiene, D. Virzonis. Research of the Electron Gun Cathode Tracking System // Electronics and Electrical Engineering. – Kaunas: Technologija, 2005. – No. 5(61). – P. 48–51.

The electron gun cathode tracking system measures the distance between the modulator and accelerating electrode, calculates the distance between the surface of the cathode and the modulator so, that the cut-off voltages of all three electron beams are equal. The cathode position is measured by the means of mechanically contacting probe. During the measurement process the compensational force, produced by the compressed air, is being applied to the probe in order to avoid the damage of the surface of the cathode. An additional source of mechanical vibrations is used to reduce the still friction force. Ill. 13, bibl. 3 (in Lithuanian; abstracts in Lithuanian, English and Russian).

T. Юкна, В. Синкявичюс, Л. Шумскене, Д. Виржонис. Исследование системы слежения положения катодов в электронной оптике кинескопа // Электроника и электротехника. – Каунас: Технология, 2005. – № 5(61). – С. 48–51.

Система слежения положения катодов в электронной оптике кинескопа измеряет расстояние между модулятором и ускоряющим электродом, вычисляет расстояние поверхности катода от поверхности модулятора. Во время позиционирования катода давлением воздуха создается компенсирующая сила, которая уменьшает давление на поверхность катода и так предохраняет его от повреждений. Силы трения покоя уменьшены применением пьезовибратора. Ил. 13, библи. 3 (на литовском языке; рефераты на литовском, английском, русском яз.).