

Šviesolaidinės atspindžio sistemos parametru, įtakojančių jutiklio jautri, analitinės išraiškos

Vytautas KLEIZA (MII), Jonas VERKELIS (PFI)

el. paštas: vytautas.kleiza@ktl.mii.lt, jverk@midi.pfi.lt

Straipsnyje nagrinėjama šviesolaidinės atspindžio sistemos (ŠAS) pagrindu sukurto atstumo jutiklio jautrio priklausomybė nuo ŠAS konstrukcijos parametru: atstumo tarp šviesolaidžių aktyviųjų galų b_1 , šviesolaidžių skersmens $2a$, atstumo iki veidrodžio h ir kt. Gautos analitinės signalų šeimos absoliutinių maksimumų ir jos gaubiančiosios išraiškos. Šis tyrimas žada eilę prietaisų matuojančių tarpo vertę mikrometriniame diapazone ir nustatančių medžiagos fizines savybes. Darbe [1] aprašytas šviesolaidinis mikrometras stabilus išoriniams elektromagnetiniams triukšmams, šviesos lenkimui, šviesos šaltinio degradacijai ir fliktuacijoms bei veidrodžio atspindžio koeficiento pokyčiams. Mikrometro jautris priklauso tik nuo konstrukcijos parametru verčių ir gali išmatuoti absoliutinį atstumo pokytį. Mikrometras turi spinduliuojantį ir du priimančiuosius šviesolaidžius (visi vienoje plokštumoje). Darbe [2] buvo parodyta, kad šio mikrometro (slinkties sensoriaus) jautris gali būti ženkliai padidintas keičiant pastarojo konstrukciją (1 pav.). Darbe [3] buvo atliktas pusiau empirinis ir eksperimentinis sensoriaus jautrio tyrimas, pagrindinai pagal parametru h naudojant skaitmeninio diferencijavimo metodą.

Šiame darbe gautos analitinės signalų šeimos absoliutinių maksimumų ir jos gaubiančiosios išraiškos, kurios yra ženkliai tikslesnės už ankstesniuose darbuose gautas empirines (eksponentės tipo) formules, ką patvirtino eksperimentas.

Dvi priimančių šviesolaidžių A ir B signalų vertes pilnai nusako išraiškos

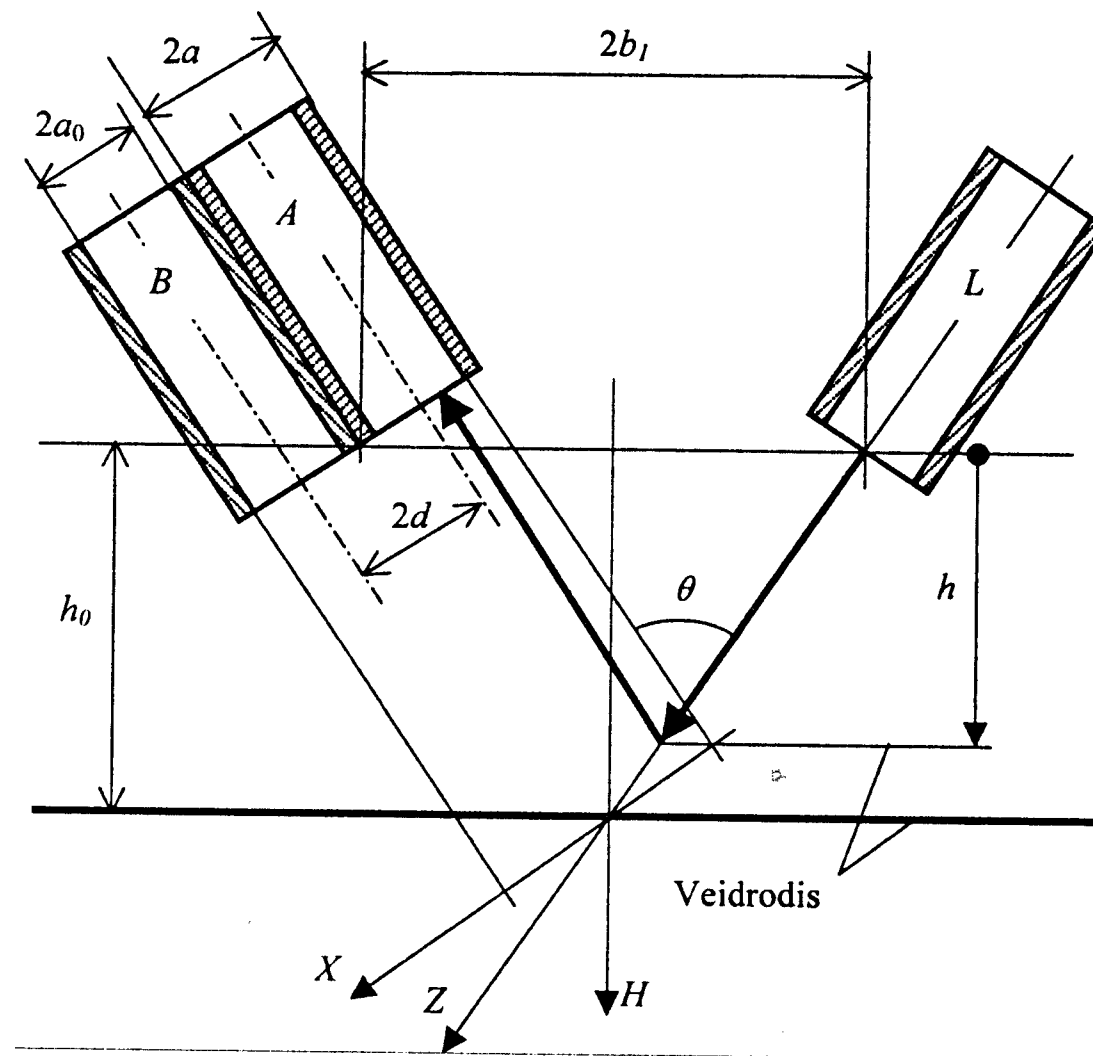
$$A(h, b_1) = \frac{C_0 P_A(h, b_1)}{\pi R^2(h)} \quad \text{ir} \quad B(h, b_1) = \frac{C_0 P_B(h, b_1)}{\pi R^2(h)}, \quad (1)$$

čia

$$P_A(h, b_1) = \exp \left\{ \left[\frac{U_A(b_1) + 2h \sin \theta}{\pi R(h)} \right]^2 \right\}, \quad P_B(h, b_1) = \exp \left\{ \left[\frac{U_B(b_1) + 2h \sin \theta}{\pi R(h)} \right]^2 \right\},$$

$U_A(b_1) = d - b_1 \cos \theta$, $U_B(b_1) = -d - b_1 \cos \theta$, $R(h) = a_0 + a_1 h$, $a_1 = \frac{2nktg\theta_c}{\cos \theta}$. Kiti parametrai nusakyti 1 pav. apraše.

Įrodyta, kad funkcijos (1) intervale $h \in (0, \infty)$ kiekvienai $b_1 > 0$ vertei turi tik po vieną maksimumą (globaliniai maksimumai) ir pastarieji $A_{\max}(b_1) = \max_h A(h, b_1)$



1 pav. Šviesolaidinė atspindžio sistema: h – atstumas iki veidrodžio, $2b_1$ – atstumas tarp šviesolaidžių aktyviųjų galų, L – šviesą emituojantis šviesolaidis, A ir B – šviesą priimantieji šviesolaidžiai, $2a$ – šviesolaidžių skersmuo, $2a_0$ – šviesolaidžių šerdies skersmuo, θ_c – šviesolaidžių kampinė apertūra, n – terpės lūžio rodiklis.

ir $B_{\max}(b_1) = \max_h B(h, b_1)$ mažėja pagal dėsnius

$$A_{\max}(b_1) = \max_h A(h, b_1) = A[h_A(b_1), b_1] \quad \text{ir}$$

$$B_{\max}(b_1) = \max_h B(h, b_1) = B[h_B(b_1), b_1], \quad (2)$$

čia $\arg \max_h A(h, b_1) = h_A(b_1)$ ir $\arg \max_h B(h, b_1) = h_B(b_1)$ – parametro h vertės, prie kurių pasiekiami maksimumai:

$$h_A(b_1) = -\frac{p_A(b_1)}{2} + \sqrt{\left(\frac{p_A(b_1)}{2}\right)^2 - q_A(b_1)},$$

$$h_B(b_1) = -\frac{p_B(b_1)}{2} + \sqrt{\left(\frac{p_B(b_1)}{2}\right)^2 - q_B(b_1)}, \quad (3)$$

čia

$$p_A(b_1) = 2 \frac{a_1 a_0^2 + [2a_0 \sin \theta - a_1 U_A(b_1)] \sin \theta}{a_1^3},$$

$$q_A(b_1) = \frac{a_0^2 a_1 + U_A(b_1) [2a_0 \sin \theta - a_1 U_A(b_1)]}{a_1^3},$$

$$p_B(b_1) = 2 \frac{a_1 a_0^2 + [2a_0 \sin \theta - a_1 U_B(b_1)] \sin \theta}{a_1^3},$$

$$q_B(b_1) = \frac{a_0^2 a_1 + U_B(b_1) [2a_0 \sin \theta - a_1 U_B(b_1)]}{a_1^3},$$

T.b. gautos kreivės einančios per signalų A ir B maksimumus parametrinės lygtys (2 pav.)

$$\begin{cases} h = h_A(b_1) \\ A_{\max} = A[h_A(b_1), b_1] \end{cases}, \quad \begin{cases} h = h_B(b_1) \\ B_{\max} = B[h_B(b_1), b_1] \end{cases}. \quad (4)$$

Įrodysime, kad abi kreivės (4) (kaip taškų aibės) sutampa. Tegul tiriami signalai (1) skirtingoms parametro b_1 vertėms, t.y. $A(h, b_A)$ ir $B(h, b_B)$ tada, kiekvieniems $b_A > 0$ ir $b_B > 0$, egzistuoja toks b_{AB} , o būtent,

$$b_{AB} = 2d / \cos \theta + b_B, \quad (5)$$

kad

$$A(h, b_{AB}) \equiv B(h, b_A). \quad (6)$$

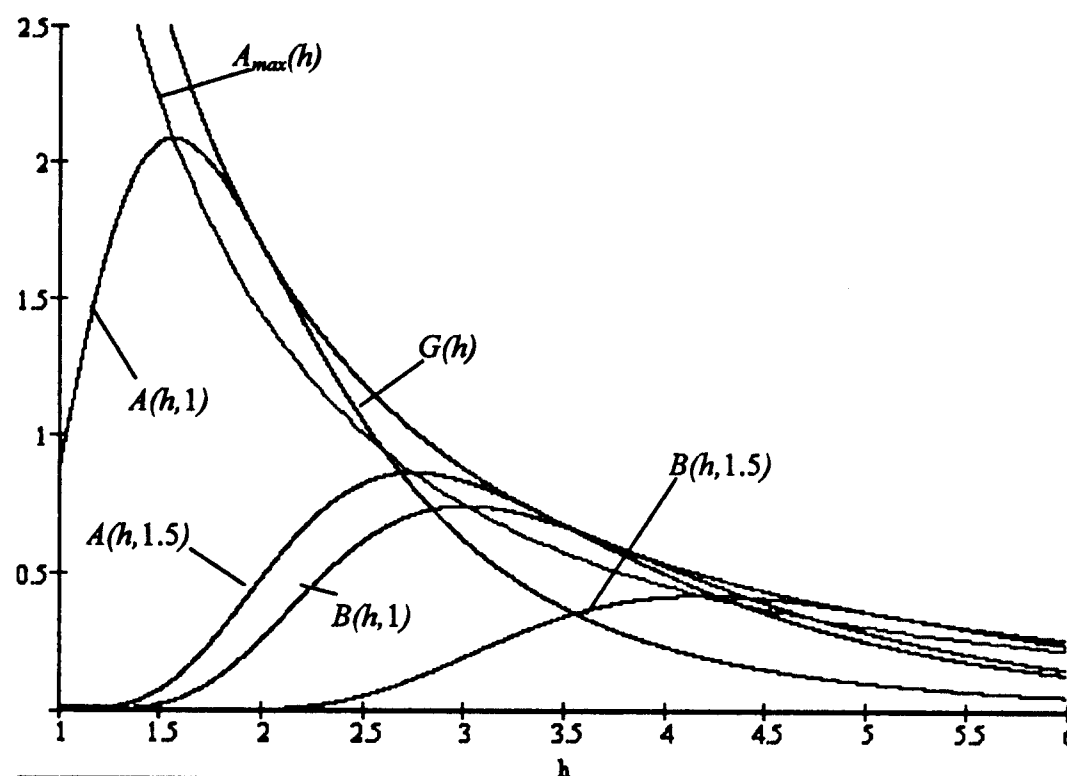
Todėl, kiekviena B -šeimės kreivė esti ir A -šeimės kreivė.

Tyrimams svarbu žinoti ir kreivių šeimų (1) gaubiančiųjų analitines išraiškas $G_A(h)$ ir $G_B(h)$, nes joms galioja įverčiai, t.y.

$$G_A(h) \geq A(h, b_1), \quad G_B(h) \geq B(h, b_1), \quad \forall b_1.$$

Eliminavus parametrą b_1 iš lygčių sistemos

$$\begin{cases} A(h, b_1) - A = 0, \\ \frac{\partial A(h, b_1)}{\partial b_1} = 0. \end{cases}$$



2 pav. Signalai $A(h, 1)$, $A(h, 1.5)$, $B(h, 1.0)$, $B(h, 1.5)$ ir jų bendros maksimumų $A_{\max}(h)$ bei gaubiančioji $G(h)$ kreivės.

Turime, kad A-šeimoms gaubiančiosios lygtis

$$G_A(h) = C_0/\pi R^2(h),$$

o iš (5) ir (6) seka, kad abi kreivių šeimos (1) turi bendrą gaubiančiąją 2 pav.

$$G(h) = G_A(h) = G_B(h).$$

Maksimumų ir gaubiančiųjų verčių skirtumas yra funkcionalo nusakančio ŠAS jautri argumentas, todėl pastarosios reikalingos optimizuojant aprašytą sistemą.

Literatūra

1. W.H. Ko, K.-M. Chang, G.-J. Hwang, A fiber-optic reflective displacement micrometer, *Sensors & Actuators*, A **49**, 51–55 (1995).
2. J. Verkelis, R. Jankevičius, R. Šarmaitis, Light transmission in reflection fiber system, *Lithuanian Journal of Physics*, **42**, 99–109 (2002).
3. V. Kleiza, J. Paukštė, J. Verkelis, Modelling light transmission in a fiber – optical reflection system, *Nonlinear Analysis: Modelling and Control*, **9**(2), 129–138 (2004).

SUMMARY

V. Kleiza, J. Verkelis. The analytic expressions of sensitivity parameters for fiber-optic reflective system

In this work the analytic expressions of absolute maxima and envelope for family of signals curves have found, which are more accurate than experimental data.

Keywords: fiber-optic reflective, sensitivity, absolute maxima, analytic expressions.