

## Spinduolio ultragarsiniams matavimams atlikti kryptingumo charakteristikos modeliavimas

V. Minialga, S. Sajauskas, A. Petrauskas

Prof. K. Barđausko ultragarso mokslo centras

Kauno technologijos universitetas

### Ávadas

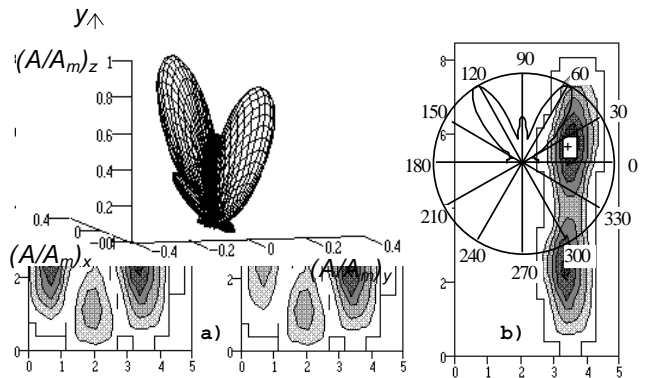
Virpesiø pasiskirstymo spinduolio pavirðiuje matavimø holografinës interferometrijos metodais rezultatai leidpia apskaiëiuoti spinduliuojamo akustinio lauko parametrus bet kuriame erdvës taðke [1], taigi ir akustiná lauká artimoje bei tolimoje srityse. Paprastai ávairiems matavimo tikslams turi bûti suformuotos skirtingos spinduolio kryptingumo charakteristikos. Naudojantis eksperimentinio spinduolio virpesiø holografinio matavimo rezultatais parodyta, kaip galima formuoti kryptingumo charakteristiká, keiëiant spinduolio virpesiø pasiskirstymá.

### Virpesiø pasiskirstymo spinduolio pavirðiuje keitimas

Kaip parodyta [2], skaliarinis akustinio lauko amplitudþiø potencialas, esant iðtisiniam spinduliavimui, apskaiëiuojamas pagal Huiigenso ir Frenelio principá, ávertinant kiekvieno matavimo taðko spinduolio pavirðiuje koordinates, fazæ ir amplitudæ. Atlikdami ðiuos apraðomus tyrimus, kryptingumo charakteristikai formuoti keitimè tik virpesiø amplitudës pasiskirstymá spinduolio pavirðiuje. Tuo tikslu iðmatuotame pasiskirstyme buvo keiëiama atskirø pûpsniø amplitudë. Spinduolio gamyboje tai atliekama úpdengiant atitinkamus pûpsnius iðdalies sugerianëiais sluoksniais arba visiðkai nelaidþiais akustiniais ekranais. Modeliavimui panaudotas lankstymo virpesiø spinduolis, virpantis ore 21 kHz dþpniu.

### Kryptingumo charakteristikos asimetriðkumo ávertinimas

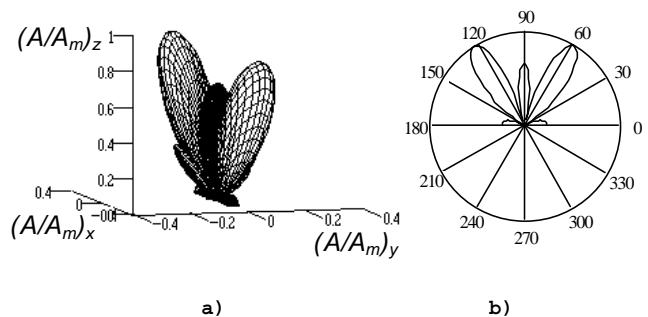
Iðmatuotas spinduolio virpesiø pasiskirstymas parodytas 1 pav., a. Jis yra gana simetriðkas, todël kryptingumo charakteristika tolimoje srityje (2 m nuotoliu) daugialapë, bet simetriðka (2 pav.). 2 pav. pavaizduota spinduolio kryptingumo charakteristika yra jo akustinio lauko tolimoje srityje



3 pav. a - kryptingumo charakteristika 1 pav., b, c) jos pjûvis iðilgai x aðies

1 pav. Holografiniu interferometrinu metodu iðmatuotas virpesiø pasiskirstymas (a) spinduolio pavirðiuje ir jo keitimasis modeliavimo metu (b, c)

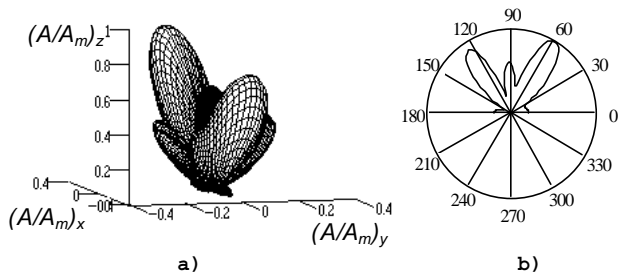
normuotos virpesiø amplitudës  $A/A_m$



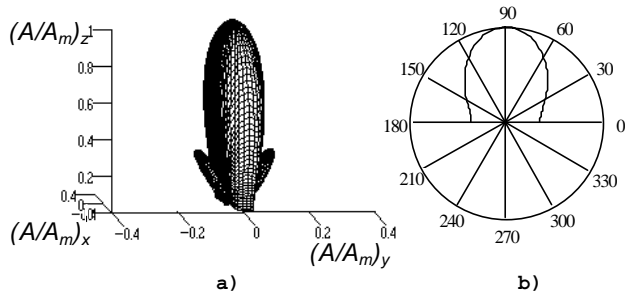
2 pav. a - spinduolio eksperimentinë kryptingumo charakteristika tolimoje srityje ( $r = 2$  m), esant virpesiø pasiskirstymui, pavaizduotam 1 pav. a; b - jos pjûvis iðilgai x aðies

erdvinis kampinis pasiskirstymas.

Iðdalies sumápinus vieno ðoninio pûpsnio amplitudæ (1 pav., b), tikëtasi ðios kryptingumo charakteristikos asimetriðkumo, taëiau skaiëiavimo rezultatai parodë, kad tolimoje srityje asimetriðkumas, neiðeinantis úp skaiëiavimø paklaidø ribø, nepastebimas (3 pav.). Lauko potencialo skirtumas simetriðkai spinduolio pavirðiaus centro normaliai ávertinamas dydþiu



4 pav. a - akustinis laukas spinduolio artimoje srityje, esant 1 pav. b, pavaizduotam virpesiø pasiskirstymui; b - jos pjûvis iðilgai x ašies



5 pav. a - kryptingumo charakteristika tolimoje srityje ( $r=2$  m), esant 1 pav., c, pavaizduotam virpesiø pasiskirstymui; b - jos pjûvis iðilgai x ašies

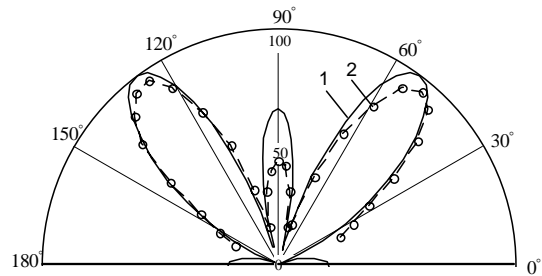
$$\delta\phi \approx d_p / r$$

čia  $d_p$  - atstumas tarp pûpsniø centro spinduolio pavirðiuje,  $r$  - nuotolis nuo spinduolio, kuriame skaičiuojama kryptingumo charakteristika. Ðiuo atveju  $\delta\phi \approx 1,5 \cdot 10^{-2}$ . Todël praktiðkai asimetrija pastebima tik artimoje srityje (4 pav.).

5 pav. parodyta kryptingumo charakteristika tolimoje srityje, pakeitus virpesiø pasiskirstymà spinduolio pavirðiuje, kaip parodyta 1 pav., c.

Taigi dël nevienodø pûpsnio matmenø skirtingomis aðimis realaus spinduolio pavirðiuje atsiranda kryptingumo charakteristikos ðoniniai lapeliai netgi palikus vienà pûpsnà. Ið dalies tai paaiðkinama tuo, kad pûpsnio skersiniai matmenys pavirðiuje didesni nei spinduliuojamos akustinës bangos ilgis ore. Be to, pûpsnis turi daugiau nei vienà maksimumà (ðiuo atveju du).

Lyginant skaiëiavimø rezultatus, gautus apdorojus holografiniø interferogramø duomenis, su eksperimentiðkai iðmatuotomis kryptingumo diagramomis (6 pav.), galima konstatuoti, kad diagramø formos ið esmës yra panaðios. Eksperimentinës kryptingumo diagramos asimetriðkumas paaiðkinamas akustinës matavimo kameros neidealumu.



6 pav. Ultragarso spinduolio normuotos kryptingumo diagramos ( $r=2$  m): 1 - apskaiëiuota pagal holografiniø interferometrijos bûdu iðmatuotà virpesiø pasiskirstymà spinduolio pavirðiuje (iðtisinë linija); 2 - iðmatuota "Brühl & Kjaer" firmos 1/4" mikrofonu (taðkai)

### Pabaiga

Matematinis modeliavimas, naudojantis holografiniø interferometriniø matavimø rezultatais, leidþia prognozuoti ultragarsinio spinduolio kryptingumo charakteristikos pokyèius dël virpesiø amplitudþiø ir fazio pasiskirstymø spinduliuojanèiame pavirðiuje kitimo. Ið pateiktø rezultatø matyti, kad net ir dideli virpesiø amplitudþiø reikðmiø keitiklio pavirðiuje pokyèiai, nekintant mazginiø linijø padëèiai, neturi esminës átakos spinduoliø kryptingumo charakteristikoms. Tokio modeliavimo rezultatai ypaè naudingi kuriant didelio nuotolio ultragarsiniams lokatoriams naujus daugiaelementus matavimo keitiklius su dviem simetrijos aðimis.

### Literatûra

1. Minialga V., Sajauskas S. Akustinio lauko apskaiëiavimas pagal spinduolio pavirðiaus holografiniø interferogramà // Ultragarsas. 1997. Nr1(27). P.41-44.
2. Hutchins D.A., Mair H.D., Puhach P.A., Osei A.J. Continuous-wave pressure fields of ultrasonic transducers, JASA, 1986. Vol. 80, No 1, pp.1-12.

V. Minialga, S. Sajauskas, A. Petrauskas

### Modeling of directivity pattern of transducer for ultrasonic measurements

#### Summary

The distribution of displacement amplitudes on ultrasonic transducer's surface measured by holographic interferometry method was used for calculation of vibration's amplitudes of the acoustic field. The distribution of vibrations on transducer was artificially changed. The deformations of directivity pattern are shown. Asymmetry of directivity pattern in case of nonsymmetrical distributions of vibrations is discussed. The results obtained can be exploited in design of ultrasonic transducers for measurements.