EAN 93
31. konference o experimentální analýze napětí
25.–27.5.1993 Měřín ČESKÁ REPUBLIKA

ANALYSIS OF MOTION MICROSCOPIC PARTICLE IN SMALL INTETFEROMETRIC FORMATION

ANALÝZA POHYBU MIKROSKOPICKÉ ČÁSTICE V MALÉM INTERFERENČNÍM ÚTVARU

Hrabovský M.

SUMMARY: The paper deals with analysis of motion of a microscopic particle in a define interference field. Mathematic-physical analoque (simulator) of particle transit throug interference formation and method of statistics evaluation of output signal are described. There is possible to obtain velocity characteristics of particle motion by analysis of output signal.

1. Úvod

Dostatečně malá částice umístěná v proudícím mediu charakterizuje lokální vlastnosti proudění tohoto média, stejně tak podobná částice umístěná na povrchu chvějícího se tělesa charakterizuje lokální vlastnosti chvění tohoto tělesa apod. Optika nabízí několik možných přístupů k bezkontaktní analýze těchto problémů. Jedním z nich je analýza interakce definovaného optického pole s touto částicí.

Referát se zabývá interakcí definovaného interferenčního pole s částicí nebo několika částicemi, které se v tomto poli pohybují. Statistická analýza výstupního signálu umožnuje pak popsat kinematické vlastnosti pohybu částice. Vzhledem k omezenému rozsahu je uveden pouze stručný popis a základní příklady.

2.Model interakce interferenčního pole s částicí

Interferenční pole je definováno průnikem dvou svazků z jednoho koherentního zdroje s gaussovským průběhem intenzity každého z nich. Zvolme dva stejně lineárně polarizované rovnoběžné úzké svazky z laseru, které jsou objektivem fokusovány do jeho ohniska - obr.1a. V oblasti průniku obou svazků /sedla svazků/ vzniká prostorový interferenční útvar charakterizovaný /v tomto případě/ ekvidistantními interferenčními rovinami - obr.1b. Jde o tzv. diferenční uspořádání známé např. z laserové anemometrie. V takto definovaném útvaru lze přesně popsat intenzitu v každém bodě pole. Obecně však lze definovat interferenční útvar i jiným vhodným způsobem.

Průchod nebo pohyb částice /pohyb je charakterizován vektorem rychlosti v=v(x,y,z,t) / v tomto interferenčním útvaru lze popsat pomocí odezvy na kvadratickém detektoru - obr.1a /umístění detektoru není závazné/, kde fotoproud je úměrný lokální intenzitě interferenčního pole. Pohybuje-li se částice nebo shluk částic v takto definovaném prostředí, pak časový průběh výstupního signálu je úměrný lokální intenzitě odpovídající časovému průběhu dráhy částice. Takto definovaný fyzikálně matematický model umožnuje popsat odezvu jakéhokoliv pohybu částice nebo shluku částic. Jednoduchým příkladem je pohyb přímočarý rovnoměrný /bezgradientní/ jedné částice. Částice se pohybuje v rovině nákresny kolmo na osu úhlu svazků - obr.1b. Časový průběh intenzity odpovídající takto definovanímu pohybu částice je na obr.2a. Signál obsahuje nízkofrekvenční a vysokofrekvenční složku. Průběh druhé složky odpovídá průchodům částice interferenčními rovinami, přičemž lokální amplituda signálu odpovídá lokální intenzitě interferenčního pole.

V případě shluku částic je výstupní signál superpozicí signálů od jednotlivých částic.

Posuzujeme-li takto získaný signál jako náhodný ergodický děj, můžeme aplikací metod matematické statistiky provést analýzu tohoto signálu a získat tak parametry pohybu částice a to z jedinné realizace, tj. z průchdu jedinné částice interferenčním polem. V případě signálu od shluku částic, kdy poloha částice je nezávislá na poloze jiných částic a částice jsou časově rozloženy

do delšího úseku - tok optoimpulsů od jednotlivých částic, můžeme předpokládat, že jejich rozmístění má poissonovské rozdělení a tudíš rozdělení toku optoimpulsů na časové ose je také poissonovské.

Korelační analýza získaného signálu umožnuje pak žádané posouzení signálu v poměrně širokém rozsahu. Např. na obr.2b je funkce spektrální výkonové hustoty získaná rozborem signálu z obr.2a. Maximum funkce odpovídá frekvenci průchodů částice interferenčními rovinami, takže při známé vzdálenosti interferenčních rovin můžeme určit rychlost částice. V případech složitějších průběhů rychlostí odpovídá i funkce spektrální výkonové hustoty. Např. na obr.3 jsou tři průběhy funkce spektrální výkonové hustoty pro pohyb částice přímočarý rovnoměrně zrychlený. Šířka spektra může tedy být mírou zrychlení pohybu. Analogocky lze postupovat při analýze jiných typů pohybů částice respektive shluku částic.

3.Literatura.

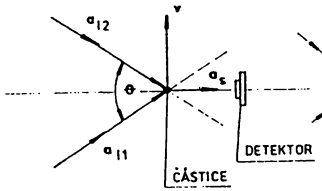
(1) Durst,F.-Melling,A.-Whitelaw,J.H.:Principles and practice of laser doppler anemometry. Academic Press,London,1981

(2) Born,M.-Wolf,E.: Principles of optics. Pergamon Press, New York,1986

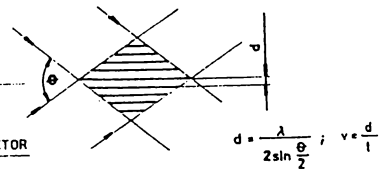
(3) Anděl,J.:Ststistická analýza časových řad. SNTL,Praha,1976

(4) Kropáč,O.:Metody experimentálního výzkumu. ČVUT,Praha,1980

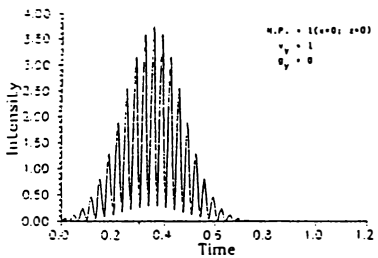
Miroslav Hrabovský,RNDr,CSc
Společná laboratoř optiky UP a FzÚ AVČR, 772 07 Olomouc, tř.17.listopadu 50
Telefon: (068)25241,23936
FAX: (068)25262,23936



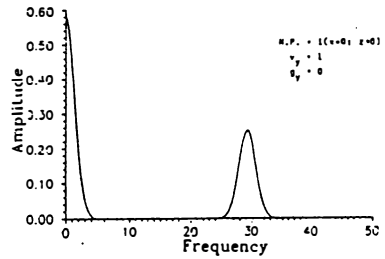
Obr. 1a



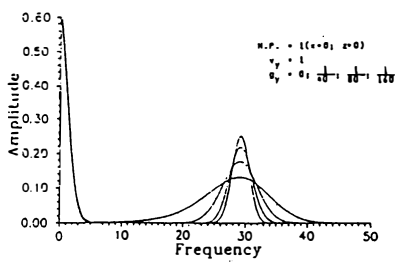
Obr. 1b



Obr. 2a



Obr. 2b



Obr. 3