

Wzmacnianie mieszających się sygnałów interferometrycznych w bistabilnym laserze VCSEL poprzez rezonans wibracyjny

V.N. Chizhevsky, B.I. Stepanov

Institute of Physics, National Academy of Sciences of Belarus

2020

1920

1920-2020



100 LAT POLSKIEGO TOWARZYSTWA FIZYCZNEGO

Interferometria mieszająca sygnały, oparta na ponownym wprowadzeniu do wnęki laserowej rozproszonych lub odbitych wiązek jest podstawą laserowych czujników dopplerowskich. Charakteryzują się one wysoką wydajnością w bezkontaktowych pomiarach ruchów, prędkości, wibracji, wyznaczaniu kierunku ruchu obiektów itp. (patrz na przykład [1]). Lasery półprzewodnikowe pozwalają na budowę takich czujników o wysokiej czułości, niskim koszcie i niewielkich rozmiarach. Wykazano doświadczalnie, że zastosowanie przełączania polaryzacji w bistabilnym laserze VCSEL (laserze o emisji powierzchniowej z pionowym rezonatorem) indukowane przez promieniowanie rozproszone na poruszającym się obiekcie i wprowadzone z powrotem do rezonatora może znacznie zwiększyć sygnał w dopplerowskim pomiarze prędkości. [2]. Jest jednak ograniczenie, amplituda sygnału interferencyjnego pochodząca od rozproszonego składnika powinna być większa niż progę przełączania.

Aby obejść to ograniczenie, w pracy [3] zaproponowano kontrolę progę przełączania przez wykorzystanie zjawiska rezonansu wibracyjnego [4,5]. W szczególności wykazano, że wystarczająco duże wzmocnienie mieszających się sygnałów interferometrycznych pochodzących z mikrowibracji zwierciadła w schemacie optycznego sprzężenia zwrotnego można osiągnąć przez dodanie sygnału wysokiej częstotliwości o optymalnej amplitudzie [3].

Podejście to zostało rozszerzone na przypadek powierzchni odbijających światło, co jest ważne z praktycznego punktu widzenia. Wykazano, że zastosowanie rezonansu wibracyjnego w bistabilnym VCSEL może znacznie zwiększyć czułość interferometrycznego wykrywania wibracji powierzchni odbijających rozproszone w zakresie submikronowym. W niniejszej pracy pokazano, że dla amplitudy drgań mniejszej niż połowa długości fali lasera λ wzmocnienie sygnału interferometrycznego może osiągnąć 10-200 w zależności od początkowej amplitudy mikrowibracji w porównaniu do poprzednich pomiarów. Dla amplitud mikrowibracji znacznie większych niż $\lambda / 2$ sygnał interferometryczny ma złożoną postać czasową, niemniej odpowiedź lasera w reżimie przełączania między stanami polaryzacji zachowuje dokładną strukturę czasową wejściowego sygnału interferometrycznego. W szczególności współczynnik korelacji między widmami wejściowego sygnału autodynowego a widmem odpowiedzi w trybie bistabilnym może osiągnąć $\approx 0,9$ przy optymalnej amplitudzie dodatkowej modulacji prądu. W tym przypadku wzrost amplitudy sygnału homodynowego może być 10-20 razy większy niż w przypadku braku dodatkowej modulacji.

Literatura:

1. T. TAIMRE ET AL., ADV. OPT. PHOTON., 7(3), 570 (2015).
2. P.A. PORTA, D.P. CURTIN, AND J.G. MCINERNEY, IEEE PHOTON. TECHNOL. LETT, 14, 1719 (2002).
3. V.N. CHIZHEVSKY, TECH. PHYS. LETT., 44(1), 17 (2018).
4. P. S. LANDA AND P.V.E. MCCLINTOCK, J. PHYS. A: MATH. GEN., 33(45), L433 (2000).
5. V.N. CHIZHEVSKY, E. SMEU, AND G. GIACOMELLI, PHYS. REV. LETT. 91, 220602 (2003).

Słowa kluczowe: *interferometria składania fal, laser VCSEL, bistabilność polaryzacyjna, rezonanse wibracyjne*

