

ISSN 1991-346X

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА
СЕРИЯСЫ**



СЕРИЯ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ



**PHYSICO-MATHEMATICAL
SERIES**

3 (301)

МАМЫР – МАУСЫМ 2015 ж.

МАЙ – ИЮНЬ 2015 г.

MAY – JUNE 2015

1963 ЖЫЛДЫҢ ҚАҢТАР АЙЫНАН ШЫҒА БАСТАҒАН

ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1963 ГОДА

PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ

ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА
АЛМАТЫ, НАН РК
ALMATY, NAS RK

Б а с р е д а к т о р

ҚР ҰҒА академигі,

Мұтанов Г. М.

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әшімов А.А.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Байғұнчекөв Ж.Ж.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Жұмаділдаев А.С.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Қалменов Т.Ш.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Мұқашев Б.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Өтелбаев М.О.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Тәкібаев Н.Ж.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Харин С.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбішев М.Е.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Жантаев Ж.Ш.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Қалимолдаев М.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Косов В.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Мұсабаев Т.А.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Ойнаров Р.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Рамазанов Т.С.** (бас редактордың орынбасары); физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Темірбеков Н.М.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Өмірбаев У.У.**

Р е д а к ц и я к ең е с і:

Украинаның ҰҒА академигі **И.Н. Вишневский** (Украина); Украинаның ҰҒА академигі **А.М. Ковалев** (Украина); Беларусь Республикасының ҰҒА академигі **А.А. Михалевич** (Беларусь); Әзірбайжан ҰҒА академигі **А. Пашаев** (Әзірбайжан); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **И. Тигиняну** (Молдова); мед. ғ. докторы, проф. **Иозеф Банас** (Польша)

Главный редактор

академик НАН РК

Г. М. Мутанов

Редакционная коллегия:

доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **А.А. Ашимов**; доктор техн. наук, проф., академик НАН РК **Ж.Ж. Байгунчеков**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **А.С. Джумадильдаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Т.Ш. Кальменов**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Б.Н. Мукашев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **М.О. Отелбаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Н.Ж. Такибаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **С.Н. Харин**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Е. Абишев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Ж.Ш. Жантаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Н. Калимолдаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **В.Н. Косов**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.А. Мусабаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Р. Ойнаров**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.С. Рамазанов** (заместитель главного редактора); доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Н.М. Темирбеков**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **У.У. Умирбаев**

Редакционный совет:

академик НАН Украины **И.Н. Вишневский** (Украина); академик НАН Украины **А.М. Ковалев** (Украина); академик НАН Республики Беларусь **А.А. Михалевич** (Беларусь); академик НАН Азербайджанской Республики **А. Пашаев** (Азербайджан); академик НАН Республики Молдова **И. Тигиняну** (Молдова); д. мед. н., проф. **Иозеф Банас** (Польша)

«Известия НАН РК. Серия физико-математическая». ISSN 1991-346X

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5543-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,

www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2015

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

Editor in chief

G. M. Mutanov,
academician of NAS RK

Editorial board:

A.A. Ashimov, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **Zh.Zh. Baigunchekov**, dr. eng. sc., prof., academician of NAS RK; **A.S. Dzhumadildayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **T.S. Kalmenov**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **B.N. Mukhashev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **M.O. Otelbayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **N.Zh. Takibayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **S.N. Kharin**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **M.Ye. Abishev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Zh.Sh. Zhantayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.N. Kalimoldayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **V.N. Kosov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **T.A. Mussabayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **R. Oinarov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **T.S. Ramazanov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK (deputy editor); **N.M. Temirbekov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **U.U. Umirbayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK

Editorial staff:

I.N. Vishnievski, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.M. Kovalev**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.A. Mikhalevich**, NAS Belarus academician (Belarus); **A. Pashayev**, NAS Azerbaijan academician (Azerbaijan); **I. Tighineanu**, NAS Moldova academician (Moldova); **Joseph Banas**, prof. (Poland).

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Physical-mathematical series.
ISSN 1991-346X

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of information and archives of the Ministry of culture and information of the Republic of Kazakhstan N 5543-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2015

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 3, Number 301 (2015), 216 – 222

**POSSIBILITIES OF THE USE BIPOLYARIZATOR MADE
FROM ICELANDIC SPAR**

A. U. Umbetov

Arkalyk state pedagogical institute after I. Altynsarin, Arkalyk, Kazakhstan.

E-mail: umbetov.a@mail.ru

Key words: hertzian waves, crystal, quantum electronics, interference, laser, polarization, interferometer.

Abstract. The theory of cooperation of hertzian waves with substances in fundamental research presents both theoretical and practical interest. An analysis and synthesis of the optical systems from monaxonic crystals show the important value of their application in the optical-electronic devices of transmission, distribution and treatment of information. One of interesting on the functional possibilities of the crystal optical systems is bipolarizator (BP). In the real work the method of calculation of motion of hertzian waves is shown in bipolarizator and feature of origin of interference pictures on the exit of bipolarizator . Using bipolarizator in a laser radiation, by means of interference of the hertzian waves formed to them on an exit it is possible with greater exactness to define locations small longitudinal displacement and corner of turns of objects. Thus on a base bipolarizator it is possible to create a number of laser polarization interferometric devices using in various directions coherent optics.

УДК 533.09.01

**ИСЛАНД ШПАТЫНАН ЖАСАЛЫНҒАН
БИПОЛЯРИЗАТОРДЫҢ ҚОЛДАНЫЛУ МҮМКІНДІКТЕРІ**

A. У. Умбетов

Ы. Алтынсарин атындағы арқалық мемлекеттік педагогикалық институты, Арқалық, Қазақстан

Тірек сөздер: электромагнитті толқындар, бір осьті кристалдар, квантты электроника, интерференция, лазер, поляризация, интерферометр.

Аннотация. Электромагнитті толқындардың заттармен әсерлесу теориясы іргелі зерттеулердегі теориялық және тәжірибелік жағынан маңызды мәселелердің бірі. Әртүрлі бағыттар бойынша ерекшеленетін оптикалық жүйелердегі электромагнитті толқындардың таралуы және маңызды құбылыстар береді. Бір осьті кристалдарды әртүрлі үлгіде қарастыра отырып, квантты электроникаға қажетті элементтер аламыз. Солардың бірі биполяризатор (БП). Мақалада биполяризатордың құрлысы және одан электромагнитті толқындардың таралуы, өткен сәулелердің ерекшеліктері және интерференция құбылысының алыну тәртібі қарастырылады. Осындай жүйелерді лазер сәулесінде қолдана отырып, денелердің кеңістіктегі орнын, аз ығысу шамасы мен бұрылу бұрышын өте үлкен дәлдікпен анықтай аламыз. Сонымен бірге кристалды оптикалық жүйелердің негізінде әртүрлі мақсатта қолданылатын лазерлік поляризациялық интерферометрлер құрастыруға мүмкіндіктер туады.

Квантты электроника мен когерентті оптиканың дамуына байланысты әртүрлі кристалды оптикалық жүйелердің ғылыми техникалығы және өндірістік құрылымдарда қолданылуы кең түрде артты. Кристалды оптикалық қондырғылардың көмегімен лазер сәулелерін басқару, амплитудасын, жиілігін, фазасын және поляризациясын басқару сәтті шешіледі. Сонымен бірге жарық сәулесін үздікті және үздіксіз сканірлеу, сапасын модуляциялау және оптикалық резонатордың модтарын бөліп алу, оптикалық сәулелердің ұзақтылығы мен түрін басқару сәтті шешіледі [1, 2].

Кристалды оптикалық жүйелер, сонымен қатар кеңістіктік кодировкалау және декодировкалау үшін, басқармалы кеңістіктік сүзгіштерді құру үшін қажет [3]. Кристалды оптикалық жүйелер негізінде көптеген поляризациялық интерферометрлік қондырғылар жасалынған [4]. Олардың көмегімен үлкен дәлдікпен оптикалық денелерді өңдеу, сапасын анықтауға [5], лазер сәулелерінің геометриялық параметрлерін, лазер сәулесінің өрісінің кеңістіктік корреляциялық функциясын және когеренттік дәрежесін анықтай аламыз [6].

Электромагнитті толқындардың анизотропты кристалдардағы таралуының теориясы, орталардың бөліну шекарасындағы шағылу және сыну заңдары жеткілікті дәрежеде жақсы зерттелінген [7]. Алайда бірнеше анизотропты кристалдардан тұратын жүйелердегі лазерлердің жолын қатаң түрде есептеу үлкен, инженерлік есептеулерге жарамсыз өрнектерге алып келеді. Және кристалды оптикалық жүйелердің жалпы қасиеттерін зерттеуге мүмкіндік бермейді.

Оқулықтарда белгілі қосарланып сындырғыш призманың сәулелердің жолын есептеу [8, 9] призманың кіріс қабырғасының жарықтың нормаль түсіуімен шектеледі және әр бір жеке призмаға бөлек есептелінеді. Қосарланып сындыратын айнымалы екілену бұрышты призмалардағы (КСАЕБП) жолдарын есептеу әдістемесі белгілі [10]. Және Дове түріндегі призмалардағы есептеу әдістемесі де белгілі [11].

Берілген жұмыста биполяризацияларды теориялық және тәжірибе жүзінде толығырақ зерттеу мақсат етіп қойылды. Жүйенің құрамдарындағы кристалдалдардың оптикалық осьтері әр түрлі бағытталады.

Жұмыста келесі міндеттер орындалды.

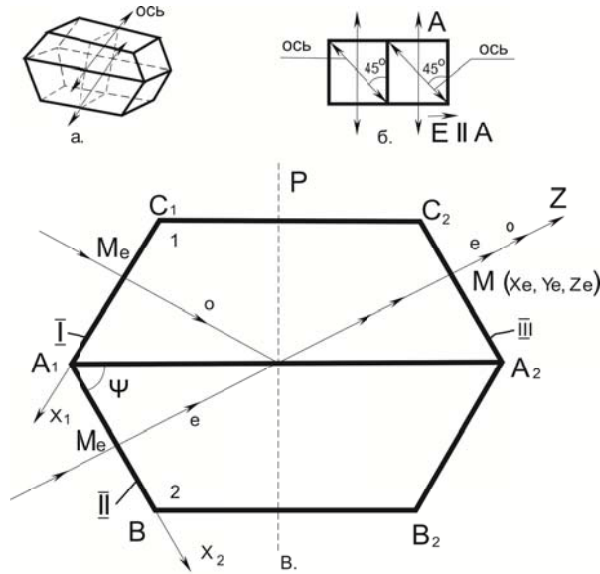
1. Биполяризациядан электромагнитті толқындардың өтіуінің жалпы есептеу әдістемесін жасау. Бұл әдіс айтылған жүйелердің қасиеттерін талдауға ыңғайлы және инженерлік есептеулерге тиімді.

2. Биполяризацияда поляризациялық сәулелерді жіктеу режимінде олардың арасындағы интерференция құбылысын зерттеу.

3. Бифокалды линзалар мен биполяризациядың жаңа лазерлік өлшегіш құралдарды құру үшін қолданылу мүмкіндіктерін зерттеу.

Биполяризатор. Инновациялық технологиялардың ғылым мен өндірістегі алатын орнының ерекшелігіне сәйкес іргелі зерттеулерді дамыту маңызды. Солардың ішінде электромагнитті толқындардың құрылымдары әртүрлі оптикалық жүйелерден өту теориясының практикалық маңызы зор. Кристалды оптикалық жүйелер негізінде әртүрлі бағыттар мен мақсаттар үшін қолданылатын лазерлі поляризациялық интерферометрлер алуға болады. Сондай оптикалық жүйелердің бірі – биполяризатор (БП).

Биполяризатор (БП) (1, а.б-сурет) көрсетілгендей құрылым түрінде болады. Исланд штатынан жасалған призма көлденең қимасы теңбүйірлі трапеция түрінде (Дове призмасы) үлкен негізі бойынша канадтық бальзаммен желімделінеді. CaCO_3 жасалынған Дове призмасы жұмыста қарастырылған. Бұл жұмыста қарастырылған құрылымның айырмашылығы оптикалық остердің бағыттарына байланысты. Дове призмасындағы төменгі және жоғарғы бөліктерінде оптикалық остерінің бағыттталынуы келесідей. Остер вертикалді жазықтықта орналасқан. Өзара паралель және желімделіну жазықтығымен $\frac{\pi}{4}$ бұрыш құрайды (1б-сурет). Остердің бағыттарының осылай таңдап алынуы БП лазер сәулелерімен жұмыс істегенде ыңғайлы болады. Лазер сәулелерінің электр өрісінің кернеулі \vec{E} вертикал бағыттталған. БП формасын параметрлерімен белгілейік. Жалпы негізінің ұзындығы $A_1A_2=2a$ бүйір қабырғасының ұзындығы $A_1B_1=l$, $L(A_2A_1B_1)=\varphi$ (54 в-сурет). φ бұрышы шеңберлі поляризацияланған сәуле қабырғаға аз бұрышпен түскен кезде БП-да (о) кәдімгі (е) кәдімгі емес сәулелерге бөлінетіндей етіп таңдап алынады. е-сәуле желімнің қабаты арқылы өтеді (желім келесі шартты қанағаттандырады $n_e < n_{k.b} < n_o$), ал о- сәуле желімделген бөлікте A_1A_2 толық ішкі шағылуа ұшырайды және A_2C_2 қабырға арқылы шығады. Дәл осылай шеңберлі поляризацияланған сәуле A_1B_1 қабырғасына нормаль түсе отырып, о- сәулеге бөлінеді. Ол желімденген бөліктен AA толық ішкі шағылуға ұшырайды, ал е- сәуле желім қабаты арқылы өтіп, БП-дан AC қабырғасы арқылы шығады. $\varphi=65^\circ$ бұрыш қойылған талаптарды қанағаттандырады [12].



1-сурет – а. Биполяризатордың (БП) аксиометриялық түрі, б – Р қоймадағы БП түрі, в – БП-ғы о- және е-толқындардың таралуы

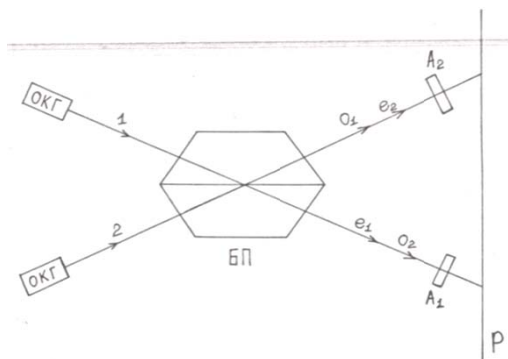
БП шағысында о-және е сәулелер анализатормен біріктіріледі. Анализатор БП қабырғасына перпендикуляр қойылған, осыдан интерференциялық сурет пайда болады. Интерференциялық сурет A_1C_1 және A_1B_1 қабырғаладағы сәулелердің пайда болу шартымен анықталады.

БП интерференциялық режимдық жұмысы келесідей; 1 лазер сәулесі (2-сурет) БП кіріс қабырғасына кіре отырып, екі ортогоналды поляризацияланған сәулелерге бөлінеді: o_1 – кәдімгі және e_1 – кәдімгі емес. БП-ғы екі Дове призмасындағы бас остер өзара паралель және БП негізімен бұйырлы қабырғасына перпендикуляр жазықтықта жатады және Дове призмасының негізімен 45° бұрыш құрайды. Бұл жағдай лазер сәулелерімен жұмыс істегенде ыңғайлы болады. Себебі лазер сәулесі вертикаль жазықтықта поляризацияланған және БП-ға түсетін жарық сәулесінің электрлік тербеліс векторы БП қабырғасына паралель. Сонымен о- және е-сәулелердің интенсивтіліктерін бірдей болуына қажетті шарттар туады. Осы шарттың негізінде контрастілігі максималды интерференциялық сурет аламыз. о-кәдімгі сәуле БП-дан Дове призмалары желімделген негіздерінен толық ішкі шағылуға ұшырап шығады. Желімдеу канадтық бальзаммен жүргізілген. Себебі канадтық бальзамның сыну көрсеткіші аралық мәнге ие болады

$$n_e < n_{к.б} < n_0.$$

е – кәдімгі емес сәуле БП ауытқымай шығады.

λ лазер сәулесі (2-сурет) БП теріс қабырғасына келіп түскен соң ол да ортаганалды поляризацияланған екі сәулеге жіктеледі: o_2 және e_2 . Сонымен БП шығысында төрт поляризацияланған сәулелер болады: o_1 , e_1 , o_2 , e_2 .



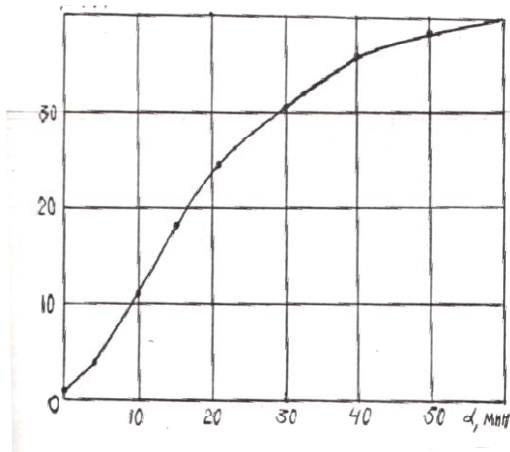
2-сурет – БП-поляризатордың жұмыс режимі

e_1, e_2, e_1, e_2 сәулелер арасында және екі өлшегіш жолдар бойында A_1 анализатордың көмегімен фотобірігу жүргізіледі. Интерференциялық сурет БП бүйір қабырғасына параллель, қалыңдықтары бірдей жолақтар түрінде болады.

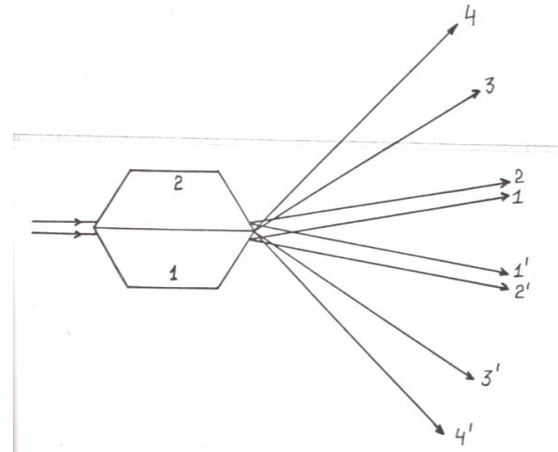
БП-ды сәл бұрғанның өзінде схеманың екі жолы бойынша да интерференциялық жолақтардың өз ара ығысуы жүреді. Тәжірибе негізінде БП-ның кіріс қабырғаларына жарықтың түсу бұрышына интерференциялық растрлердің кеңістіктік жиілігінің тәуелділігі зерттелінеді. Тәжірибенің нәтижелері 3-суретте келтірілген. Тәжірибенің көрсетуі бойынша өлшенетін бұрыштар аралығы $\alpha = \pm 70^\circ$ шамада болатындығы анықталды. 3-суретте БП-дың “лазер сәулесін жіктегіш” режиміндегі жұмыс схемасы көрсетілген. Көлденең қыймасының диаметрі ~ 5 мм коллимерленген лазер сәулесі Дове призмасының желімделген негізі арқылы өтеді. Осыдан БП-нің шығысында сегіз поляризацияланған, төртеуден ортогональді жазықтықтардағы сәулелер пайда болады. 1, 2, 4 және 4'-кәдімгі сәулелер болады, ал 1', 2', 3' және 3-кәдімгі емес толқындар болады. 1 және 2, сонымен бірге 1 және 2 сәулелер өз ара параллель бағытта тарайды (3-суретте көрсетілгендей).

БП соңғы режимі оның негізгі сипаттамаларына жатпайды. Бірақ кейбір жағдайларда лазер сәулесін сегіз каналдар бойынша мультипликациялау үшін қолданылуы мүмкін. БП-ның негізгі жұмыс режимі ол екі каналді режим. Әрбір канал бойынша интерференция аламыз, одан соң екі каналді өз ара қосып, фототіркеудің нәтижесінде қорытынды сигналді аламыз. Бұл жағдай қондырғының сезімталдығын өте үлкен шамаға дейін арттырады.

БП осындай күйде лазер сәулесін жіктейтін қондырғылар есебінде триангулярлы түрдегі лазер гираскопында қолдануға мүмкіндік береді.



3-сурет – БП-ғы интерференциялық жолақтарының кеңістіктік жиілігінің α бұрылу бұрышына тәуелділігі



4-сурет – БП-биполяризатордың “лазер сәулесін жіктегіш” режиміндегі жұмысы (1,2,4,4')-сәулелер, (1', 2', 3', 3)-е-сәулелер

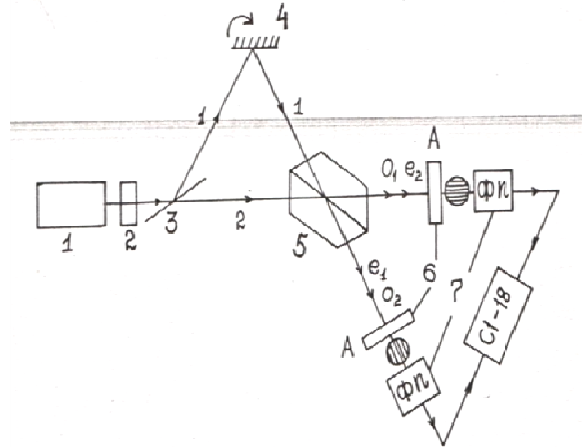
БП жасалынған теориясының негізінде онының қолданылуымен жасалынған поляризациялық интерферометр ұсынылады. $\Delta x = \frac{\lambda}{2\alpha}$ өрнектен шығатыны БП шығысындағы интерференциялық суреттің кеңістіктік жиілігін оның кіріс қабырғасына түсетін лазер сәулесінің түсу бұрышына тәуелді болады. Бұл жағдай БП денелердің аз бұрышқа жілжуын өлшеуге және бақылау үшін қолдануға мүмкіндік береді.

Белгілі қондырғыларда айтылған максаттарді шешу үшін қосарланып сындырғыш пластинкалардың бір мезгілде немесе жеке бірнеше түрлері қолданылады. Бұл белгілі қондырғыларда объектілердің аз бұрыштық ығысуын өлшеу дәлдігі жоғары емес (бірнеше ондық бұрыштың секунд).

БП құрлысы объектілердің өте аз бұрыштық ығысуларын үлкен дәлдікпен өлшеуге мүмкіндік беретін схемаларды құруға мүмкіндік береді (оннан бір бұрыштық секунд).

Осындай мүмкін болатын схеманың бірі төменде көрсетілген.

Ұсынылған қондырғының функционалды схемасы 5-суретте көрсетілген. Қондырғы келесідей жұмыс істейді. Жарық ағыны поляризацияланған жарық көзінен 1,2 коллиматордың көмегімен кеңейтіліп, параллельді ағынға түрлендіргеннен кейін (ол микрообъективтен және онымен фокусы сәйкес орналасқан ұзын фокусты объективтен тұрады), 3 жарық бөлгіштен интенсивтіктері бірдей екі сәулеге бөлінеді. Бірінші сәуле 4 жазық айнаға бағытталуы, ол объектіде орналасқан және одан шағылып, 5 БП-ға түседі, ал екінші сәуле 2 жарық бөлгіштен өтіп, ол да БП-ға келіп түседі. Екі сәуле де БП кіріс қабырғаларына нормаль түседі.



5-сурет – Объектілердің аз бұрыштық ығысуларын өлшеуге арналан поляризациялық интерферометр

БП-ның кіріс қабырғасына түсетін әрбір ағын поляризациясы ортогоналды екі сәулеге бөлінеді: (о)-кәдімгі және (е)-кәдімгі емес (1-сурет). БП-ның жасалуы ерекшеліктеріне байланысты оның Дове призмаларындағы бас осьтері өзара параллель және БП-ның бүйірлі қабырғалары мен негізі жатқан жазықтыққа перпендикуляр және Дове призмасының негізімен 45° бұрыш құрайды. Бұл жағдай айтылып өткен жағдайға сәйкес лазер сәулелерімен жұмыста ыңғайлылық туғызады. Себебі лазер сәулесінің поляризациясы вертикальды жазықтықта болады, яғни БП-ға түсетін жарық ағынының электр векторының тебелісі БП қабырғасына параллель түседі.

Сонымен интенсивтіліктері бірдей о- және е- сәулелерін алу шарттары құрылады. Бұл шарт орындалған жағдайда алынған интерференциялық суреттің контрасттылығы максимал болады. (o₁ және o₂) кәдімгі сәулелер БП-дан Дове призмаларының желімделген негізінен толық ішкі шағылғаннан соң шығады. Желімдеу канад бальзаманың жұқа қабатымен жүргізіледі, себебі канад бальзамының сыну көрсеткіші келесідей аралық мәнге ие

$$n_e < n_{k.o} < n_o$$

(e₁, e₂) кәдімгі емес сәулелер БП – дан өткенде бағыттарын өзгертпейді. БП-дың шығысында o₁ e₂ және e₁ o₂ сәулелер арасында екі жол бойынша фотобірігу жүргізілуі қажет. Ол үшін интерферометрдің екі жолына 5 анализаторды қоямыз. Анализатор БП-ның қабырғасына перпендикуляр бағытталған. 6 фотоқабылдағыш екі жолдағы (каналдағы) сигналдарды тіркейді. 4 жазық айнаны кез келген аз бұрышқа бұраған кезде поляризациялық интерферометрдің екі жолындағы интерференциялық жолақтардың өзара ығысуы жүреді. 7 фотоқабылдағышпен қабылданатын сигналдар айырымы 4 жазық айнаның бұрыштық ығысуының өлшемі болып табылады. 4 жазық айна объектіге бекітілген.

Ұсынылған қондырғының сезімталдығын $\Delta x = \frac{\lambda}{2\alpha}$ өрнектің көмегімен сыйпаттауға болады. Интерферометр макетын алдын ала зерттеудің көрсеткеніндей өлшенетін бұрыштар аралығында $\alpha = \pm 70$ өлшеу дәлдігі бұрыштық секундты құрайды. Қондырғының дірілдерге орнықтылығын арттырған жағдайда интерференциялық суреттің ығысуын өлшеу $\frac{1}{10}$ жолақ дәлдігімен орындалуы мүмкін. Бұл объектінің бұрыштық ығысуын оннан бір бұрыштық секундқа ығысуына эквивалентті.

Ұсынылған қондырғының белгілі қондырғылармен салыстырғанда келесідей артықшылығы бар:

- 1) объектілердің өте аз бұрыштық ығысуының өлшеу дәлдігін арттырады.
- 2) интерферометрдің құрылымын жеңілдетеді.

БП-биполяризатор кристалды оптикалық жүйеде электромагнитті толқындардың таралуын есептеу әдісі жасалынды. БП қасиеттерін талдауға ыңғайлы өрнектер алынды.

БП-ның оның шығысындағы поляризациялық сәулелердің интерференциясы режиміндегі жұмысы қарастырылды. БП беретін интерференциялық жолақтардың кеңестіктік жиілігінің оның кіріс қабырғасына лазер сәулелерінің түсу бұрышына тәуелділігі алынды.

БП-нің поляризациялық интерферометрлерде объектілердің аз бұрыштық ығысуын өлшеу үшін қолданылу мүмкіндігі көрсетілді.

Қорытынды. Биполяризатор құрылымы ерекше поляризациялық призма. Одан өткен электромагниттердің өту жолын есептеу әдісі – аз параметр әдісі теориялық жағынан және инженерлік есептеулерге ыңғайлы нәтижелер береді. Биполяризатордың шығысындағы поляризациялық сәулелердің интерференциясының жолақтар айырымын есептеу өрнегі оны әртүрлі мақсаттарға қолдануға мүмкіндік береді. Соның бірі биполяризаторды қандай да бір зерттелінетін денемен біріктіре отырып, интерференциялық жолақтардың ығысу шамасын анықтау негізінде үлкен дәлдікпен денелердің өте аз шамаға ығысуын және бұрылу бұрышын анықтай аламыз.

ӘДЕБИЕТ

- [1] Осипов Ю.В. Пространственный мультипликатор сигналов // Изв. вузов. Радиофизика. – 1992. – Т. XV, № 12.
- [2] Батраков А.С., и др. Лазерные измерительные системы. – М.: Радио и связь, 1991.
- [3] Girard A. Nouveaux dispositifs de spectroscopie a grande luminosite. – Optica Acta. – 1990. – Vol. 7.
- [4] Franson M. Optical Interferometry – Academic Press, 1986. – P. VII.
- [5] Коломийцов Ю.В. Интерферометры. – Л.: Машиностроение, 1996.
- [6] Сороко Л.М. Основы когерентной оптики и голографии. – М.: Наука, 2004.
- [7] Федоров Ф.И., Филиппов В.В. Отражение и преломление света прозрачными кристаллами. – Минск: Наука, 1996.
- [8] Борн М., Вольф Э. Основы оптики. – М.: Наука, 2001.
- [9] Ландсберг. Ф.С. Оптика. – М.: Наука, 1996.
- [10] Запаский. Поляризационные приборы. – М., 2011.
- [11] Подкин И.А., Шитанов К.В. Сборник реферативных работ по курсу «Прикладная оптика». – Ижевск, 2008.
- [12] Барсуков К.А. и др. О двухпреломляющих призмах переменных угла двоения // Оптика и спектроскопия. – 1998. – Т. 48, вып. 3.

REFERENCES

- [1] Osipov Y. Spatial multiplier signals. Math. High schools Radio, 1992. T. V, № 12.
- [2] Batrakov AS, et al. Laser measuring systems. M.: Radio and communication. 1991.
- [3] Girard A. Nouveaux dispositifs de spectroscopie a grande luminosite. Optica Acta, 1990, Vol. 7.
- [4] Franson M. Optical Interferometry, Academic Press. 1986. P. VII.
- [5] Kolomiytsov Y. Interferometer. L.: Mechanical Engineering, 1996.
- [6] Soroko L.M. Basics of coherent optics and holography. M.: Science, 2004.
- [7] Fedorov F.I., Filippov V.V. Reflection and refraction of light transparent Crystals, Minsk: Science, 1996.
- [8] Born M., Wolf E. Principles of Optics. M.: Nauka, 2001.
- [9] Landsberg F.S. Optics. M.: Science, 1996.
- [10] Zapasskii. Polarizing devices. M., 2011.
- [11] Podkin I.A., Shitanov K.V. Collection of abstract works for the course "Applied Optics" Izhevsk, 2008.
- [12] Barsukov K.A. and others. On the variable angle prisms dvuhprelomlyayuschih ghosting. Optics and Spectroscopy. 1998. T. 48, vol. 3.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИПОЛЯРИЗАТОРА ИЗГОТОВЛЕННОГО ИЗ ИСЛАНДСКОГО ШПАТА

А. У. Умбетов

Аркалыкский государственный педагогический институт им. И. Алтынсарина, Аркалык, Казахстан

Ключевые слова: электромагнитные волны, кристалл, квантовая электроника, биполяризатор, интерференция, лазер, поляризация, интерферометр. электромагнитные волны, кристалл, квантовая электроника, интерференция, лазер, поляризация, интерферометр.

Аннотация. Теория взаимодействия электромагнитных волн с веществами в фундаментальном исследовании представляет как теоретический, так и практический интерес. Анализ и синтез оптических систем из одноосных кристаллов показывает важное значение их применения в оптико-электронных устройствах передачи, распределения и обработки информации. Одной из интересных по своим функциональным возможностям кристаллооптических систем является биполяризатор (БП). В настоящей работе показан оригинальный метод расчета хода электромагнитных волн в биполяризаторе и особенности возникновения интерференционных картин на выходе биполяризатора. Используя биполяризатор в лазерном излучении, с помощью интерференции электромагнитных волн, сформированных им на выходе можно с большей точностью определить местоположения малых продольных смещений и угла поворотов объектов. Таким образом на базе биполяризатора можно создать целый ряд лазерных поляризационных интерферометрических устройств, использующих в разных направлениях когерентной оптики.

Поступила 25.02.2015 г.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

physics-mathematics.kz

Редактор *М. С. Ахметова*

Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 9.06.2015.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

15,7 п.л. Тираж 300. Заказ 3.