

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**

1 (299)

**ҚАҢТАР – АҚПАН 2015 ж.
ЯНВАРЬ – ФЕВРАЛЬ 2015 г.
JANUARY – FEBRUARY 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 **Байғұнчечков 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 1, Number 299 (2015), 39 – 43

**THE THEORY OF DISTRIBUTION
OF ELECTROMAGNETIC WAVES THROUGH
TWO-COMPONENT CRYSTAL OPTICAL LENSES****A. U. Umbetov**

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

E-mail: umbetov.a@mail.ru

Key words: hertzian waves, double-base lenses, anisotropic, theory of Maxwell, method of calculation, paraxial approximating.

Abstract. Calculations for distribution the electromagnetic waves in the anisotropic environments (monoaxial and biaxial crystals) with application of the electromagnetic theory of Maxwell have certain difficulties. Within this theory by means of a covariant method various characteristics of reflected and broken waves on the boundary of the section of monoaxial and two-axis crystals in isotropic environment were considered. However the covariant method brings to difficult general aspects, and its use in a task of finding the direction of transfer of energy relating to the two-component crystal optical systems is presented as difficult or not amenable to the analytical decision. In this work the new method of calculation of distribution of electromagnetic waves through the two-component crystal optical systems is developed.

УДК 533.09.01

**ЭЛЕКТРОМАГНИТТІ ТОЛҚЫНДАРДЫҢ
ЕКІ ҚҰРАМДЫ КРИСТАЛДЫ ОПТИКАЛЫҚ
ЛИНЗАЛАРДАН ӨТУ ТЕОРИЯСЫ****А. У. Умбетов**

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

Тірек сөздер: электромагниттік толқындар, екікомпонентті линзалар, анизотропты, Максвелл теориясы, ковариантты әдіс, есептеу әдісі, параксиалды жуықтау.

Аннотация. Анизотропты (бір және екі ості кристалдар) ортада электромагнитті толқындардың таралуын есептеуге Максвелдің электромагнитті теориясын қолдану күрделі болып келеді. Осы теория шеңберінде ковариантты әдістің көмегімен бір және екі ості кристалдардың біртекті ортамен шекарасында шағылған және сынған толқындардың әр түрлі сипаттамалары үлкен қызығушылық туғызады. Соңғы кездері анизотропты ортада жарықтың таралуын талдауға қатысты әдіске жаңа қадамдар жасалынауда. Дегенмен де ковариантты әдіс күрделі өрнектерге алып келеді, олардағы энергияның тасымалдану бағытын екі құрамды кристалды оптикалық жүйелер үшін қолдану қиындық туғызады немесе аналитикалық шешуге мүмкіндік бермейді. Берілген жұмыста қойылған максаттарға жету үшін ең қарапайым және жеткілікті дәрежеде жалпылама болып келетін параксиалды жуықтау әдісі қолданылады.

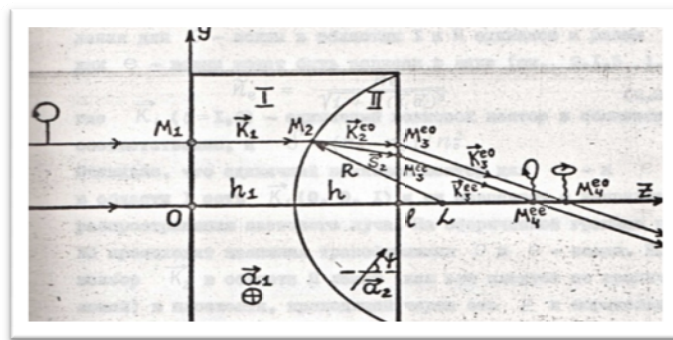
Анизотропты кристалдардан жасалынған оптикалық жүйелерді талдау және біріктіру теориялық түрде жеке қызығушылық тудырумен қатар оптикалық-электронды қондырғыларды құрудағы практикалық қызығушылықты да тудырады. Құрастырылған оптикалық лазерлік өлшеуіш құралдар мәліметтерді жеткізуде, тасымалдауда және өңдеуде маңызды орын алады.

Кристалды оптикалық жүйелер жиілікті–модуляцияланған жарықты түрлендіруге, оптикалық екі өлшемді сигналдарды өңдеу үшін қажетті оптикалық сүзгіні құрастыруға мүмкіндік береді [1]. Анизотропты (бір және екі ості кристалдар) ортада электромагнитті толқындардың таралуын есептеуге Максвеллдің электромагнитті теориясын қолдану күрделі болатындығы көптеген жұмыстарда айтылған [2,3,4]. Осы теория шеңберінде ковариантты әдістің көмегімен [5] бір және екі ості кристалдардың біртекті ортамен шекарасында шағылған және сынған толқындардың әртүрлі сипаттамалары нақтылы қарастырылған. Анизотропты орта электродинамикасының сұрақтары (бір өлшемді толқындық теңдеулерді құру және оны шешудің матрицалы әдісі) [6] жұмыста талқыланған. Соңғы кездері анизотропты ортада жарықтың таралуын талдауға қатысты әдіске жаңа қадамдар жасалынды. Дәлірек айтқанда, де-Бройлдың корпускулалы толқындық қатынасы. Бұл қатынасты бөлшектің энергиясы мен қозғалыс мөлшерін оның жиілігі және толқынның толқындық векторымен байланыстырады. Осы жағдай энергияның тасымалдану бағыты мен толқынның таралу бағыты параллель болмаған кезде қолданылған [7]. Ковариантты әдіс күрделі өрнектерге алып келеді, ал оларды энергияның тасымалдану бағытын екі құрамды кристалды оптикалық жүйелер үшін қолдану қиындық туғызады немесе аналитикалық шешуге мүмкіндік бермейді.

Ең қарапайым және жеткілікті дәрежеде жалпылама болып келетін параксиалды жуықтау әдісі. Бұл әдіс келесі жолмен шешіледі. БЛ линза арқылы z осі бағытымен циркулярлы поляризацияланған жарық таралынсын (1-сурет). Түскен толқынның поляризациясының осындай күйде таңдап алынуы, поляризация векторының БЛ линзаның кірісінде кристалдың оптикалық осімен байланыста болуы маңызды болмайды. Бұл жағдай БЛ линзалар үшін құрылатын теорияларды біріктіруге мүмкіндік береді. $z = 0$ және $z = l$ БЛ линзаның сәйкес сол және оң қабырғалары болсын. Ал бөліктердің сферасық шекарасы келесі теңдеумен беріледі:

$$x^2 + y^2 + (z - \delta)^2 = R^2, \tag{1}$$

мұндағы δ - координаттар жүйесінің басынан БЛ-дің сфералық бетіне дейінгі қашықтық. $z=0$ және сфералық бет арасындағы бөлікті I цифрымен, ал қалған бөлігін II цифрымен (1-сурет) белгілейміз. Шекараның дөңестік бағыты δ шамасының таңбасымен анықталады. I және II бөліктердің оптикалық остерінің бағыттары сәйкес келесі бірлік векторлармен беріледі; $\vec{a}_1 = (1,0,0)$ және $\vec{a}_2 = (0, \sin\psi, \cos\psi)$. Мұндағы ψ бұрышы \vec{a}_2 векторының z осімен арасындағы бұрыш (1-сурет). БЛ-дің сол қабырғасында еркін алынған M_1 нүктесіне z осінің бағытымен жарықтың параллель сәулесі түссін. M_1 нүктесінің координатасы $(d \cos \varphi, d \sin \varphi, 0)$ болсын. Мұндағы φ X осі мен d-радиус-векторының арасындағы бұрыш. d- радиус-векторы координаттар басынан $z=0$ M_1 нүктесіне дейінгі қашықтық.



1-сурет – CaCO₃ бір ості кристалдан жасалынған екі құрамды кристалды линзадан (БЛ) электромагнитті толқынның таралуы

Кейіннен $d \ll R$ деп есептейміз, мұндағы R- БЛ сфералық шекарасының қыйсықтық радиусы. $(\frac{d}{R})^2$ шамасын ескермеуге болатын аз шама деп қарастырамыз. Кристалдың негізгі остеріндегі ди-электриктік өтімділік тензоры диагоналды және (2) қатынасымен беріледі. о-толқын (кәдімгі) үшін I және II бөліктерде сыну көрсеткіші бірдей және n_0 –ға тең, ал е-толқын(кәдімгі емес) үшін келесі түрде жазылады:

$$\tilde{n}_e = \frac{n_e}{\sqrt{1+\delta(\vec{k}_i \vec{a}_i)^2}} \quad (2)$$

мұндағы \vec{K}_i ($i=1,2$) – сәйкес I және II бөліктердегі бірлік толқындық ве

$$\delta = (n_e^2 - n_0^2) / n_0^2. \quad (3)$$

о - және е – толқындар үшін бірлік толқындық вектор I бөлікте $\vec{K}_1(0,0,1)$ түрінде беріледі және ол жарық сәулесінің таралу бағытымен сәйкес келеді. БЛ бөлігінің сфералық шекарасында о- және е-толқындардың өзара түрленуі жүреді. II бөліктегі вектор \vec{K}_2 z осі арқылы өтетін жазықтықта жатады және φ бұрышымен анықталады және келесі түрде жазылады:

$$\vec{k}_2 = \{ \sin d_2 \cos \varphi; \sin d_2 \sin \varphi; \cos d_2 \}, \quad (4)$$

мұндағы $\alpha_2 - \vec{K}_2$ және z осінің арасындағы бұрыш.

Енді \vec{K}_2 векторымен α_2 бұрышына келесідей индекстер белгілейміз: (oo),(oe), (eo), және (ee). (oo) индексі о-толқынның поляризациясын сақтай сынуын көрсетеді, (oe) индексі түскен о толқынның сынған е толқынға түрленгенін көрсетеді, тағы сол сияқтылар. Барлығы төрт толқын сәйкес төрт шекті шарттар қарастырылуы тиіс.

$\alpha_2^{oo} = 0$ мәніне тең.

α_2^{oe} бұрышы сфералық беттегі сыну заңынан анықталады.

$$n_0^2 \left[1 - (\vec{k}, \vec{n}_1)^2 \right] = \frac{n_e^2}{1 + \delta(\vec{k}_2^{oe} \vec{a}_2)^2} \left[1 - (\vec{k}_2^{oe} \vec{n}_1)^2 \right], \quad (5)$$

мұндағы $\vec{n}_1 = \left\{ \frac{d}{R} \cos \varphi; \frac{d}{R} \sin \varphi; -\sqrt{1 - \frac{d^2}{R^2}} \right\}$ – нормалдағы бірлік вектор. Сәуленің сфералық шекарамен қиылысу нүктесі келесідей координаттарға ие болады ($d \cos \varphi, d \sin \varphi, \delta - \sqrt{R^2 - d^2}$). (5) өрнегіне $\vec{n}, \vec{k}_1, \vec{k}_2^{oe}$ және \vec{a}_2 векторлардың мәнін қойып, алатынымыз:

$$\frac{n_0^2}{n_e^2} \frac{d^2}{R^2} (1 + \delta \cos^2 \varphi) = (\sin d_2^{oe} = \frac{d}{R})^2$$

осыдан шығатыны

$$d_2^{oe} = \frac{d}{R} \left(\frac{n_0}{n_e} \sqrt{1 + \delta \cos^2 \varphi} - 1 \right) \quad (6)$$

eo- толқын үшін сфералық беттегі сыну заңы келесі түрде жазылады:

$$\frac{n_e^2}{1 + \delta(\vec{k}_1 \vec{a}_1)^2} \left[1 - (\vec{n}_1 \vec{k}_1)^2 \right] = \left[1 - (\vec{n}_1 \vec{k}_2^{oe})^2 \right] n_0^2 \quad (7)$$

(7) өрнектен алатынымыз

$$d_2^{eo} = \frac{d}{R} \left(\frac{n_e}{n_0} - 1 \right) \quad (8)$$

ee- толқын үшін сфералық беттегі сыну заңы келесі түрде жазылады:

$$\frac{n_e^2}{1 + \delta(\vec{k}_1 \vec{a}_1)^2} \left[1 - (\vec{n}_1 \vec{k}_1)^2 \right] = \left[1 - (\vec{n}_1 \vec{k}_2^{ee})^2 \right] \frac{n_e^2}{1 + \delta(\vec{k}_1 \vec{a}_1)^2} \quad (9)$$

осыдан $\vec{k}_1, \vec{n}_1, \vec{k}_2^{ee}, \vec{a}_2$ және \vec{a}_1 векторлардың мәндерін ескере отырып, алатынымыз :

$$d_2^{ee} = \frac{d}{R} (\sqrt{1 + \delta \cos^2 \varphi} - 1) \quad (10)$$

Енді БЛ линзадан шығатын сәуленің бірлік толқындық векторын келесі түрде жазамыз:

$$\vec{k}_3 = \{ \sin d_3 \cos \varphi; \sin d_3 \sin \varphi; \cos d_3 \} \quad (11)$$

oo- толқын үшін алатынымыз: $\alpha_2^{oo} = 0$.

eo- толқын үшін $z = \ell$ шекарада сыну заңы келесі түрде жазылады :

$$n_0^2 \left[1 - (\vec{n}_1 \vec{k}_2^{eo})^2 \right] = \left[1 - (\vec{n}_1 \vec{k}_3^{eo})^2 \right], \quad (12)$$

мұндағы $\vec{n}_2 = (0,0,1) - z = \ell$ жазықтыққа тұрғызылған нормаль.

(11) өрнектен алатынымыз:

$$d_2^{eo} = \frac{d}{R} (n_e - n_0) \quad (13)$$

ео- толқын үшін (1) шарты келесі түрде жазылады:

$$\frac{n_e^2}{1 + \delta(\overline{k_2^{oe} a_1})^2} \left[1 - (\overline{n_2 k_2^{oe}})^2 \right] = \left[1 - (\overline{n_2 k_3^{oo}})^2 \right] \quad (14)$$

бұдан алатынымыз:

$$\alpha_3^{oe} = \frac{d}{R} \left(n_0 - \frac{n_e}{\sqrt{1 + \delta \cos^2 \psi}} \right) \quad (15)$$

ее - толқын үшін шекарадағы сыну заңы келесі түрде жазылады:

$$\frac{n_e^2}{1 + \delta(\overline{k_2^{ee} a_2})^2} \left[1 - (\overline{n_2 k_2^{ee}})^2 \right] = \left[1 - (\overline{n_2 k_2^{ee}})^2 \right] \quad (16)$$

бұдан алатынымыз:

$$\alpha_3^{ee} = \frac{d}{R} n_e \left(1 - \frac{n_e}{\sqrt{1 + \delta \cos^2 \psi}} \right) \quad (17)$$

(15) - (16) формулалар сәулелердің траекторияларын анықтауға мүмкіндік береді.

II бөліктегі топтық жылдамдықтың бірлік векторын \vec{S} белгілей отырып, келесі қатынаспен өрнектейміз:

$$\vec{S} = \mu_1 \vec{a}_2 + \mu_2 \vec{k}_2; \quad [\vec{S}] = 1 \quad (18)$$

(11) өрнектен алатынымыз:

$$(\vec{s} a_2) = \frac{n_e^2 (\vec{k}_2 a_2)}{\sqrt{n_e^4 (\vec{k}_2 a_2)^2 + n_0^4 [1 - (\vec{k}_2 a_2)^2]}} \quad (19)$$

μ_1 және μ_2 коэффициенттерін келесі жолмен анықтаймыз. (18) теңдеуді квадраттаймыз:

$$\mu_1^2 + \mu_2^2 + 2\mu_1 \mu_2 (\vec{k}_2 a_2) = 1 \quad (20)$$

(18) және (19) өрнектерден алатынымыз:

$$(\vec{s} a_2) = \mu_1 + \mu_2 (\vec{k}_2 a_2) = \frac{n_e^2 (\vec{k}_2 a_2)}{\sqrt{n_e^4 (\vec{k}_2 a_2)^2 + n_0^4 [1 - (\vec{k}_2 a_2)^2]}} \quad (21)$$

бұдан

$$(\vec{s} a_2)^2 = \mu_1^2 + 2\mu_1 \mu_2 (\vec{k}_2 a_2) + \mu_2^2 (\vec{k}_2 a_2)^2 = \frac{n_e^2 (\vec{k}_2 a_2)}{\sqrt{n_e^4 (\vec{k}_2 a_2)^2 + n_0^4 [1 - (\vec{k}_2 a_2)^2]}} \quad (22)$$

(20) өрнекті ескере отырып,

$$\mu_2 = \frac{n_e^2}{\sqrt{n_e^4 (\vec{k}_2 a_2)^2 + n_0^4 [1 - (\vec{k}_2 a_2)^2]}} \quad (23)$$

және (21) өрнегінің көмегімен алатынымыз:

$$\mu_1 = \frac{(n_e^2 - n_0^2) (\vec{k}_2 a_2)}{\sqrt{n_e^4 (\vec{k}_2 a_2)^2 + n_0^4 [1 - (\vec{k}_2 a_2)^2]}} \quad (24)$$

(23) және (24) өрнектерді (18) өрнекке қоя отырып, алатынымыз:

$$\vec{S} = \frac{[(n_e^2 - n_0^2) (\vec{k}_2 a_2) a_2 + n_0^2 \vec{k}_2]}{\sqrt{n_e^4 (\vec{k}_2 a_2)^2 + n_0^4 [1 - (\vec{k}_2 a_2)^2]}} \quad (25)$$

(25) өрнек БЛ линзадағы е-сәулелің траекториясын анықтау үшін қажет.

Бір ості исланд шпаты үшін $(\text{CaCO}_3)n_0 > n_e$, олай болса (15) өрнектен $\Psi = \frac{\pi}{2}$ болғанда $\alpha_3^{oe} > 0$ мәнін аламыз. Бұл дегеніміз о-сәулесі БЛ шыққан кезде Z осінен алшақтайды. Сондықтан БЛ линзаға түсетін параллель сәулелер берілген поляризацияда шашырайтын болады. ео- және ее- толқындар үшін (13) өрнектен және $\psi = 0$ болғанда (17) өрнектен $\alpha_3^{eo} < 0, \alpha_3^{ee} < 0$ мәндерін аламыз. Бұл дегеніміз ео- және ее- толқындар Z осін екі нүктеде қияды. Сонымен БЛ лизаның көмегімен жазық толқынды кеңістікте екі сфералық толқындарға бөле аламыз. Бұл сфералық толқындардың Z осіндегі фокустары әр түрлі болады. Бұл құбылыстың практикада үлкен маңызы бар.

ӘДЕБИЕТ

- [1] Герке Р.Р., Денисюк Ю.Н., Локшин В.И. Методы контроля когерентности излучения ОКГ, применяемых в голографии // ОМП. – 1968. – № 7. – С. 22.
- [2] Федоров Ф.И., Филиппов В.В. Отражение и преломление света прозрачными кристаллами. – Минск: Наука, 1976.
- [3] Федоров Ф.И., Филиппов В.В. Об отражении и преломлении необыкновенных лучей в одноосного кристаллах // Кристаллография. – 1971. – Т. 16. – С. 36.
- [4] Федоров Ф.И., Филиппов В.В. Отражение света на границе одноосного кристалла с изотропная средой // Ж. прикл. спектроскопии. – 1968. – Т. 9. – С. 1031.
- [5] Статеселько Д.И., Денисюк Ю.Н. О влиянии структуры поперечных мод источника излучения на изображение, создаваемые голограммой // Оптика и спектроскопия. – 1970. – Т. 28. – С. 373.
- [6] Аракелян С.М., Ахманов С.А., Тункин В.Г., Чиркин А.С. Естественная спонтанным излучением // Пимьмо ЖЭТФ. – 1974. – Т. 19. – С. 57.

REFERENCES

- [1] Janossy M., Csilled L., Kantor K., phys. Lett., 19656, vol. 6, p. 106.
- [2] Gerke R.R., Denisyuk Yu.N., Lokshin V.I. Methods of controlling of JAG radiation coherence, used in holography. OMP, 1968, N 7, p. 22.
- [3] Fedorov F.I., Filippov V.V. Reflection and refraction of light by transparent crystals. Minsk: Science, 1976.
- [4] Fedorov F.I., Filippov V.V. About reflection and breaking of extraordinary rays in uniaxial crystals. Crystallography, 1971, vol. 16, p. 36.
- [5] Fedorov F.I., Filippov V.V. Reflection of light on the edge of a uniaxial crystal with isotropic environment. Zh., applied spectroscopy, 1968, vol. 9, p. 1031.
- [6] Stateselko D. I., Denisyuk Yu.N. About an impact of structures of transverse modes of the radiation source to the images created by hologram. Optics and spectroscopy, 1970, vol. 28, p. 373.
- [7] Akhmanov S.A., Arakelyan S., Tunkin V.G., Chirkin A.S. Natural spontaneous radiation. Lletter to JETP, 1974, vol. 19, p. 57

**ТЕОРИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН
ЧЕРЕЗ ДВУХКОМПОНЕНТНЫЕ КРИСТАЛЛООПТИЧЕСКИЕ ЛИНЗЫ****А. У. Умбетов**

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

Ключевые слова: электромагнитные волны, двухкомпонентные линзы, анизотропные, теория Максвелла, метод расчета, параксиальное приближение.

Аннотация. Расчеты по распространению электромагнитных волн в анизотропных средах (одноосных и двуосных кристаллах) с применением электромагнитной теории Максвелла имеют определенные трудности. В рамках этой теории с помощью ковариантного метода были рассмотрены различные характеристики отраженных и преломленных волн на границе раздела одноосных и двуосных кристаллов в изотропной среде. Однако ковариантный метод приводит к сложным общим выражениям, а его использование в задаче нахождения направления переноса энергии применительно к двухкомпонентным кристаллооптическим системам представляется затруднительным или не поддающимся аналитическому решению. В данной работе разработан новый метод расчета распространения электромагнитных волн через двухкомпонентных кристаллооптических систем.

Поступила 27.01.2015 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 10.02.2015.

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

4,7 п.л. Тираж 300. Заказ 1.