

**Ж.Р. ПАНОСЯН, А.Ж. ХАЧАТРИАН, Г.П. ВАРДАНИЯН,  
Е.В. ЕНГИБАРЯН, Г.Г. ТОРОСЯН**

**ОСОБЕННОСТИ АЛМАЗОПОДОБНОЙ УГЛЕРОДНОЙ ПЛЕНКИ В  
ДИАПАЗОНЕ ИНФРАКРАСНОГО СПЕКТРА**

Алмазоподобные углеродные пленки (АУП) выращены на поверхности различных подложек при разложении газов аргона, азота и паров углеродных соединений с помощью плазменного ионного источника постоянного тока 60...180 ВТ. В области инфракрасного диапазона спектра исследованы коэффициенты отражений выращенных пленок.

**Ключевые слова:** алмазоподобные углеродные пленки, инфракрасный спектр, очень маленькие и большие коэффициенты отражения.

**ZH.R. PANOSYAN, A.ZH. KHACHATRIAN, G.P.VARDANYAN,  
Y.V. YENGIBARYAN, G.G. TOROSYAN**

**PROPERTIES OF THE DIAMOND-LIKE CARBON FILM IN  
THE INFRARED RANGE OF THE SPECTRUM**

Diamond-like carbon films (DLC) are grown on the surface of various substrates during the decomposition of gases argon, nitrogen and vapors of carbon compounds, using a direct current plasma ion source of 60...180 W. In the infrared range of the spectrum, the reflection coefficients of the grown films have been studied.

**Keywords:** UAP, IR spectrum, very small and large reflection coefficients.

ՀՏԴ 532.535.567

**Ա.Մ. ՍԵՂԻՐԱԿՅԱՆ, Ն.Ջ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Դ.Հ. ՀՈՒՍԻԿՅԱՆ**

**ԼՈՒՅՍԻ ԲԵՎԵՈՒՑՈՒՄ: ՄԱԼՅՈՒՍԻ ՕՐԵՆՔԻ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ՏԵՍՔԸ**

Դպրոցական և բուհական դասագրքերում լույսի բևեռացման երևույթի ուսումնասիրությանը նվիրված աշխատանքներում հաշվի չի առնվել բյուրեղի անհամասեռությունը, և Մալյուսի օրենքը գրվել է իդեալական բյուրեղի համար: Այս աշխատանքում նպատակահարմար է նշված հարցերը քննարկել որոշակի մանրամասնությամբ: Հաշվի առնելով բյուրեղի անհամասեռությունը՝ առաջարկվել է Մալյուսի օրենքի ընդհանուր կամ հավանական տեսքը:

**Առանցքային բառեր.** լույսի բևեռացում, բյուրեղի անհամասեռությունը, Մալյուսի օրենքի հավանական տեսք, հավանականային ինտեգրալ, բաշխման ֆունկցիա:

**Ներածություն. Բնական և բևեռացած լույս: Մալյուսի օրենքը:** Դեռևս 17-րդ դարասկզբին բազմաթիվ գիտնականների կողմից կան հիշատակումներ լույսի բևեռացման երևույթի մասին: Բևեռացված լուսային ալիքների հայտնա-

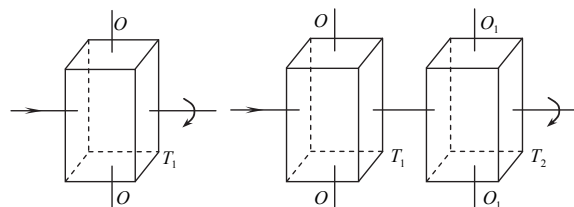
բերման մասին տեղեկությունները նախորդել են շատ գիտնականների աշխատանքներում: 1669 թվականին դանիացի գիտնական Ռասմուս Բարթոլինը զեկուցեց կրաքարի սպար բյուրեղներով ( $\text{CaCO}_3$ ) իր փորձերի մասին, առավել հաճախ՝ սովորական ռոմբոեդրոնի տեսքով, որոնք բերում էին Իսլանդիայից վերադարձող նավաստիները: Նա զարմացավ, երբ պարզեց, որ լույսի շողը, բյուրեղի միջով անցնելիս, բաժանվում է երկու ճառագայթների (դրանք կոչվում են սովորական և արտասովոր): Բարտոլինը մանրակրկիտ ուսումնասիրություններ է անցկացրել իր կողմից հայտնաբերված երկճեղքման ֆենոմենի վերաբերյալ, բայց նա չի կարողացել բացատրել այդ երևույթը:

Բարթոլինի փորձերից քսան տարի անց նրա հայտնագործությունը գրավել է հոլանդացի գիտնական Քրիստիան Հյուգենսի ուշադրությունը: Նա սկսեց ուսումնասիրել իսլանդական շպատի բյուրեղների հատկությունները և լույսի ավիքային իր տեսության հիման վրա բացատրություն տվեց երկբեկման երեւույթին: Միննույն ժամանակ, ներկայացրեց բյուրեղի օպտիկական առանցքի կարևոր գաղափարը, որի շուրջ պտտվելիս չկա բյուրեղի հատկությունների անիզոտրոպիա, այսինքն՝ դրանց կախվածությունը ուղղությունից (հիարկե, ոչ բոլոր բյուրեղներն ունեն այդպիսի առանցք):

Իր փորձերի ընթացքում Հյուգենսը [1,2] (և նշված աշխատանքներում օգտագործած գրականության հեղինակները) ավելի հեռուն գնաց, քան Բարթոլինը՝ անցկացնելով իսլանդական սպարի բյուրեղից դուրս եկած երկու ճառագայթները նույն տեսակի երկրորդ բյուրեղի միջով: Պարզվեց, որ եթե երկու բյուրեղների օպտիկական առանցքները զուգահեռ են, ապա այդ ճառագայթների հետագա մասերի բաժանում այլևս տեղի չի ունենում:

Պարզվել է նաև, որ սովորական և արտասովոր ճառագայթների ինտենսիվությունը փոխվում է՝ կախված բյուրեղների օպտիկական առանցքների միջև ընկած անկյունից:

Դիտարկենք հետևյալ փորձը (նկ.1): Լույսն ուղղենք տուրմալինի  $T_1$  բյուրեղի մակերևույթին ուղղահայաց, որը կտրված է, այսպես կոչված,  $OO$  օպտիկական առանցքին զուգահեռ:



Նկ. 1. Լույսի անցումը փորմալինի  $T_1, T_2$  բյուրեղում

Պտտելով  $T_1$  բյուրեղը ճառագայթի առանցքի շուրջը՝ հետևենք նրանով անցնող լույսի փոփոխությանը: Ինչպես ցույց է տալիս փորձը, բյուրեղի այդպիսի պտույտն անցնող լույսի փոփոխությունն առաջ չի բերում: Եթե ճառագայթի ճանապարհին դրվի երկրորդ նույնատիպ և առաջինին զուգահեռ  $T_2$  տուրմալինի բյուրեղը, ապա նրանցից մեկի՝ ճառագայթի առանցքի շուրջը, այդ թիթեղներով անցած լույսի ինտենսիվությունը, կախված բյուրեղների  $OO$  և  $O_1O_1$  առանցքների միջև կազմած  $\varphi$  անկյունից, փոխվում է՝ համաձայն Մալյուսի կողմից սահմանված փորձնական օրենքի՝

$$I = I_0 \cos^2 \varphi : \quad (1)$$

Մալյուսի օրենքի այս տեսքը ճիշտ է իդեալական բյուրեղի համար: Բայց ցանկացած օպտիկական բյուրեղ ունի անհամասեռություն (խոսքը և՛ արհեստական, և՛ բնական բյուրեղների մասին), որի հետևանքով  $\varphi = 90^\circ$  -ի դեպքում (1) հավասարումը խախտվում է:

Աշխատանքի նպատակն է տալ Մալյուսի օրենքի հավանական տեսքը ոչ իդեալական օպտիկական բյուրեղի համար՝ հաշվի առնելով նաև բյուրեղի ֆիզիկական վիճակը:

**Մալյուսի օրենքի ընդհանուր տեսքը** (հավանական տեսքը): Բյուրեղի անհամասեռությունը կամ էլիպտականությունը հաշվի առնելով՝ Մալյուսի օրենքն այդ ընդհանուր դեպքի համար ենթադրում է, որ կարելի է ներկայացնել հետևյալ տեսքով՝

$$I = I_0 (\cos^2 \alpha + K \sin^2 \alpha), \quad (2)$$

որտեղ  $K$ -ն բնորոշում է բյուրեղի անհամասեռության չափը ( $K=0$  դեպքը համապատասխանում է իդեալական բյուրեղին, իսկ  $K \neq 0$ ՝ Մալյուսի օրենքն է ոչ իդեալական բյուրեղի համար):

$$\frac{I}{I_0} = K,$$

որտեղ  $K$ -ն բյուրեղի անհամասեռությունը նկարագրող անչափ ֆիզիկական մեծություն է, որին վերագրում ենք պատահական (հավանական) արժեք, քանի որ չունենք փորձնական արդյունքներ:

**Մեթոդիկայի հիմնավորումը և հետազոտության արդյունքները.** Ինդրի լուծման համար ենթադրվում է, որ  $K$  -ն ունի պատահական «հավանական» բնույթ [3,4], քանի որ բյուրեղում կառուցվածքային շեղումներն ունեն պատահա-

կան տեսք: Ենթադրենք՝ բյուրեղի հաստությունն անվերջ է կամ շատ անգամ գերազանցում է նրա երկարությունից և լայնությունից, ապա միջին հաշվով կարելի է ենթադրել, որ բյուրեղը իդեալական է, բայց հասկանալի է, որ այդպես չէ: Ժամանակակից տեխնոլոգիան թույլ է տալիս ստանալ բարակ թաղանթներ, որոնց հաստությունը մի քանի միկրոնից մինչև մի քանի նանոմետր է: Այդ դեպքում ցանկացած բյուրեղային ցանցի շեղում դառնում է խիստ զգայուն, և բյուրեղի հաստությունը դառնում է  $K$ -ի համար գործող արժեք [5]:

$$\overline{K} = \frac{\int_{K_0-\Delta K}^{K_0+\Delta K} \rho(K) K dK}{\int_{K_0-\Delta K}^{K_0+\Delta K} \rho(K) dK}, \quad (3)$$

Այսպես կոչված՝ բյուրեղային անհամասեռություն հասկացությունը պայմանավորված է բյուրեղում ատոմների կառուցվածքային շեղումներով, որոնք կամ արդեն գոյություն ունեն, կամ էլ կարող են առաջանալ արտաքին գործոններից. հիմնականում նմանատիպ գործոններ են ջերմային փոփոխությունները, արտաքին և ներքին մեխանիկական ազդեցությունները և այլն: Նշենք, որ այդ գործոնները կարող են ունենալ տարբեր ազդեցություններ՝ կախված ազդեցության ժամանակահատվածից, գործող ֆիզիկական մեծության լայնության արժեքից՝ ուժգնությունից: Թվարկած բոլոր դեպքերից յուրաքանչյուրը պահանջում է առանձին ուսումնասիրություն, բայց այստեղ նման խնդիր չենք դրել:

Կախված նյութի տեսակից՝ ատոմների կամ մոլեկուլների միջև հեռավորությունը և կառուցվածքը նույնպես տարբեր են, հետևաբար՝ վերը նշված ազդեցությունները տարբեր նյութերի դեպքում կարող են տարբեր լինել: Հետևաբար՝ կարելի է օգտագործել պատահական բնույթ տերմինը:

$(K)$  – ն բաշխման հավանականային ֆունկցիան է, իսկ (2) արտահայտության մեջ  $K$  –ի փոխարեն կօգտագործենք  $K - \bar{K}$ ,  $K_0 - \bar{K}$ , և  $K$  –ի միջին արժեքը, որի տեսքը կձևավորվի բյուրեղի տվյալ հաստության համար,  $\Delta K$ -ն հնարավոր շեղումն է: (2) ներկայացումը հնարավորություն է տալիս գնահատելու այն հավանական շեղումները  $K - \bar{K}$  –ի դեպքում, որոնք կարող են առաջանալ փորձ կատարելիս:

Բերենք մեկ պարզ օրինակ: Ենթադրենք՝ բաշխման ֆունկցիան ունի հետևյալ տեսքը՝

$$\rho = K \frac{\rho_0}{\Delta K} + \rho_0 \left(1 - \frac{K_0}{\Delta K}\right), \quad (4)$$

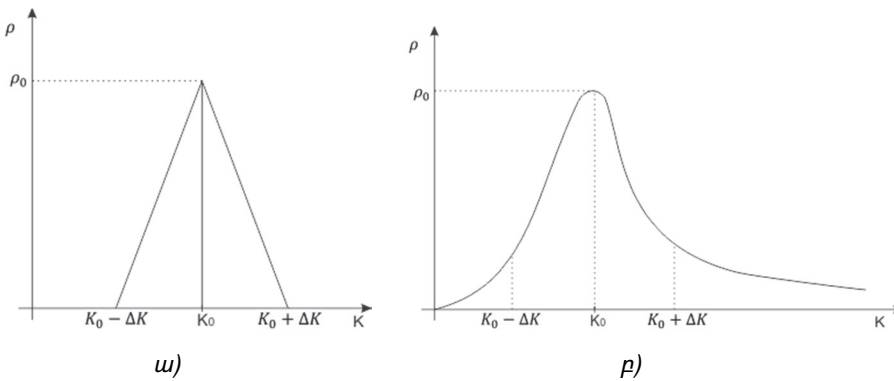
որտեղ  $\rho_0$ -ն բաշխման ֆունկցիայի արժեքն է, երբ շեղումը բացակայում է:

Կստանանք՝

$$K = \frac{2}{3}(K_0 + \Delta K): \quad (5)$$

Իրականում բաշխման խտության տեսքը ամեն մի կոնկրետ դեպքի կամ փորձի համար տարբեր է և ավելի բարդ: Բայց այստեղ խնդիր չի դրվել քննարկել բոլոր հնարավոր հավանական տեսքերը, այդ իսկ պատճառով կսահմանափակվենք ստորև բերված օրինակով:

Հարկ է նշել, որ տրված հավասարման (2) տեսքը հնարավորություն է տալիս որոշել  $K$  -ի արժեքը, երբ հայտնի է  $\rho$  բաշխման ֆունկցիայի տեսքը [4]: Բաշխման ֆունկցիայի տեսքը կարևոր է, քանի որ այն կանխորոշում է  $K$  -ի արժեքը: (4)-ում ստացված արտահայտության համար բաշխման ֆունկցիան ունի նկ. 2(ա) պատկերված տեսքը, որը քիչ հավանական է: Առավել հավանական է նկ.2-ում բերված  $\rho$  ֆունկցիայի տեսքը, որը նպատակահարմար է օգտագործել գործնական խնդիրներում:



Նկ. 2. Բաշխման  $\rho(K)$  ֆունկցիայի հավանական տեսքի գրաֆիկներ.

ա) երբ բաշխման ֆունկցիան ներկայացվում է (4) բանաձևով (Սիմպսոնի եռանկյուն բաշխում), բ) երբ բաշխման ֆունկցիան ներկայացվում է (5) բանաձևով (նորմալ բաշխում)

Այդ դեպքի համար բաշխման ֆունկցիան ունի նկ.2(բ)-ում պատկերված գրաֆիկի տեսքը:

$$\rho = \frac{\Delta K^2 - (K - K_0)^2}{\Delta K^2} \rho_0 \cdot e^{-a(K - K_0)^2} \quad (5)$$

Այդպիսի տեսքը պայմանավորված է նրանով, որ երբ թաղանթը չունի հաստություն, ապա այդ դեպքում խոսել Մայլուսի օրենքի մասին անիմաստ է, և  $K \neq 0$ , իսկ  $K$  -ի առավելագույն արժեքը կարող է ձևավորվել ամեն մի նյութի կամ բյուրեղի որոշակի հաստության դեպքում մասնավորապես, եթե բյուրեղի հաստությունը ձգտի անվերջության,  $K$  -ն կձգտի զրոի, կստացվի Մայլուսի օրենքը իդեալական բյուրեղի համար:

## ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Сивухин Д.В.** Общий курс физики. Оптика.- Т.4.- М.: Наука, 2005.
2. **Савельев И.В.** Курс общей физики. Волны. Оптика.- М.: Астрель. АСТ, 2005.
3. **Шалимов В.А.** Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования / Учебное пособие <http://cat.convdocs.org/docs/index-12711.html?page=6>.
4. **Прудников А.П., Брычков Ю.А., Маричев О.И.** Интегралы и ряды: элементарные функции. – М.: Наука, 1984.- 788 с.
5. Проектирование электрических аппаратов / Под ред. **Г.Н. Александрова.**– Л.: Энергоатомиздат, 1985.- 448 с.

**А.М. СЕДРАКЯН, Н.З. ГРИГОРЯН, Д.О. УСИКЯН**

### **ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА. ОБЩИЙ ВИД ЗАКОНА МАЛЮСА**

При изучении рассеяния света в школьных учебниках не учитывалась неоднородность кристалла, и закон Малиуса был написан для идеального кристалла. В данной статье показана целесообразность более подробного изучения упомянутых вопросов. Учитывая неоднородность кристалла, предлагается общая или вероятностная форма закона Малиуса.

**Ключевые слова:** поляризация света, неоднородность кристалла, вероятностная форма закона Малиуса, интеграл вероятности, функция распределения.

**A.M. SEDRAKYAN, N.Z. GRIGORYAN, D.H. HUSIKYAN**

### **LIGHT POLARIZATION. THE GENERAL FORM OF MALUS'S LAW**

The study of light scattering in school textbooks did not take into account the heterogeneity of the crystal, and Malus's law was written for the ideal crystal. In this paper, the expediency of studying the mentioned issues more thoroughly is shown. Given the heterogeneity of the crystal, the general or probabilistic form of Malus's law is proposed.

**Keywords:** light polarization, crystal inhomogeneity, possible appearance of Malus's law, possibility integral, distribution function.