

## KIÇİK ÖLÇÜLÜ SPEKTRAL CİHAZLAR ÜÇÜN YÜKSƏK AYIRDETMƏ QABİLİYYƏTLİ OPTİK SİSTEM

T.H. DİLBAZOV, N.Y. YAQUBZADƏ

Elmi Tədqiqat Aerokosmik İnformatika İnstitutu, AMAKA  
AZ 1106, Bakı Azadlıq prospekti, 159

Kiçik diametrlilik silindrik güzgü daxil edilmiş yüksək ayırdetmə qabiliyyətli optik sistem təklif olunur. Güzgünün diametrini dəyişməklə cihazın ölçü və çəkisini artırmadan sistemin ayırdetmə qabiliyyətini artırmaq olur.

Müasir sənayenin ətraf mühitə təsiri elə təhlükəli həddə çatmışdır ki, təxirəsalınmaz tədbirlər həyata keçirilməsi üçün ekoloji vəziyyətə daimi nəzarət tələb olunur. Ekoloji vəziyyətə daha operativ nəzarət isə elektromaqnit şüalanmasının optik və radio diapazonlarında Yerini və onun aftosferinin məsafədən zondlanması ilə aparılır. Optik dalğaların mühitlə qarşılıqlı təsir effektlərinin yüksək informativliyi səbəbindən ətraf mühitin çirklənməsinə məsafədən nəzarət üsullarından optik üsul daha əhəmiyyətli sayılır [1].

Ətraf mühitin öyrənilməsi, xüsusən də aerokosmik tədqiqatlar, spektral xarakteristikaların ölçülməsi ilə aparıldığından klassik spektrometrik cihazların parametrlərinin yaxşılaşdırılması optik cihazqayırmanın inkişaf istiqamətlərindən biri kimi öz aktuallığını saxlayır [2].

Spektral cihazların əsas spektroskopik parametrləri dispersiya, ayırdetmə qabiliyyəti (AQ) və işıq gücüdür.

Məqalədə yüksək AQ-li spektral cihazların yaradılmasına həsr olunmuş tədqiqatlar şərh edilir.

Spektrin dispersiyası və AQ-nin artırılması cihazın çıxışında şüaların monoxromatikliyinin artması deməkdir ki, bu da əsasən iki istiqamətdə aparılır: dispersiyaetdirici elementin sayının çoxaldılması və sistemin aberrasiyalarının azaldılması yolu ilə. Ədəbiyyatdan məlumdur ki, [3] aberrasiyaları azaltmaqla AQ-ni ən çoxu 30%, dispersiyaetdirici elementlərin sayını artırmaqla 2,8 dəfə çoxaltmaq olur. İkinci halda cihazın ölçü-çəki parametrləri əhəmiyyətli dərəcədə dəyişir ki, bu da ümumiyyətlə optik cihazqayırma zamanı, xüsusən də aerokosmik tədqiqatlar zamanı arzuolunan deyil.

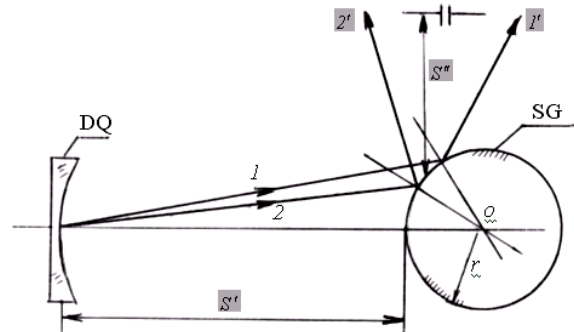
Optik sistemə silindrik güzgü daxil etməklə spektrometrik cihazın çıxışında şüaların monoxromatikliyini artırmağın effektiv üsulu [4,5] işlərdə təklif edilmişdir.

Spektrdə dispersiyanın qiymətinin məlum olması hələ iki bir-birinə yaxın xəttin ayrılıqda qeyd, yaxud müşahidə oluna bilməsinə təminat vermir. Ona görə də AQ anlayışı daxil edilir. Spektrdə iki xəttin ayırıldıqla bilməsi Reley kriteriyası ilə müəyyən edilir [6]. Bu kriteriyaya görə aberrasiyasız sistemlər üçün eyni intensivlikli iki spektral xətt o zaman ayırdetmə həddindədir ki, xətlərdən birinin difraksiyon xəyalının əsas maksimumu o biri xəttin xəyalının birinci minimumuna uyğun olsun. Bu halda xətlər arasındakı ümumi intensivliyin cəmi əsas maksimumdakı intensivliyin təxminən 80%-ni təşkil edir.

Dispersiyaetdirici elementin formalaşdırdığı iki monoxromatik spektral xəttin ayrılıqda müşahidə edilməsi cihazın çıxış obyektivinin fokus məsafəsindən asılıdır. Spektrdə daha yaxın xətləri müşahidə etmək üçün fokus məsafəsini artırmaq lazım gəlir. Bu səbəbdən də AQ yüksək olan klassik spektral cihazların ölçü-çəki parametrləri çox böyükdür [7]

Şəkil 1-də silindrik güzgü daxil edilmiş optik sistemdə çökük difraksiya qəfəsinin ayırd etdiyi iki şüanın yolu

göstərilmişdir. Qəfəsin (DQ) ayırd etdiyi 1 və 2 şüaları güzgüyə (SG) qədər olan məsafədə ayrılıqda müşahidə edilmir. Buna səbəb «ideal» monoxromatik şüanın da intensivliyin spektrə görə paylanma əyrisi ilə xarakterizə olunmasıdır [2]. Bu məsafədə hər iki şüanın paylanma əyrisi birləşərək bir əyri əmələ gətirir. Güzgüdən əks olunduqdan sonra şüaların (1',2') bucaq ayırdetməsi artdığından hər iki şüa ayrılıqda müşahidə oluna və potensiometrə yazıla bilər.



Şəkil 1. Silindrik güzgü daxil edilmiş optik sistemdə şüaların yolu.

Çökük difraksiya qəfəslilik optik sistemə silindrik güzgü daxil edildikdə və AQ üçün alınan ifadələr [8] ilkin hesablamalarda istifadə edilə bilər. Belə sistemin bucaq dispersiyası

$$\frac{d\varphi}{d\lambda} \approx \left[ 3 - 2 \frac{s'}{r} \right] \cdot \left( \frac{d\varphi}{d\lambda} \right)_q \quad (1)$$

xətti dispersiyası isə

$$\frac{dl}{d\lambda} = \left[ 3 - 2 \frac{s'}{r} \right] \cdot \left( \frac{d\varphi}{d\lambda} \right)_q \cdot S'' \quad (2)$$

şəklindədir.

Burada  $\varphi$  - işıq şüasının qəfəs üzərinə düşmə bucağı,  $d\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$  - interferensiya edən iki spektral xəttin dalğa uzunluğu,  $S'$  - qəfəslilik güzgü arasındakı məsafə,  $r$  - güzgünün radiusu,  $S''$  - güzgü ilə çıxış yarığı arasındakı məsafədir.

$\left( \frac{d\varphi}{d\lambda} \right)_q$  - qəfəsin dispersiyasıdır.

Məlumdur ki, [9] şüalanmanın dispersiyaetdirici elementdən keçdiyi hal üçün ideal spektral cihazın dispersiyası, AQ və işıq gücü arasındakı asılılıq

$$\delta\lambda = \delta\varphi \cdot \frac{d\lambda}{d\varphi} = \lambda / D \cdot \frac{d\lambda}{d\varphi} \dots \quad (3)$$

şəklindədir.

Bucaq və xətti dispersiya arasındakı  $\frac{dl}{d\lambda} = f / \cos \psi \cdot \frac{d\varphi}{d\lambda}$  asılılığını nəzərə alıb  $A=D/f$ -nisbi dəşik anlayışını daxil etsək

$$\lambda / \delta\lambda = A / \cos \psi \cdot \frac{dl}{d\lambda} \quad (4)$$

alırıq. Burada  $D$ -diafraqmanın eni,  $f$ -giriş obyektivinin fokus məsafəsi,  $\psi$  - spektrin səthinə çəkilən normala işıq dəstəsinin orta şüası arasındakı bucaqdır.

(3)-ifadəsindən

$$\frac{\lambda}{\delta\lambda} = D \cdot \frac{d\varphi}{d\lambda} \quad (5)$$

(4) və (5) –dən cihazın AQ-nin xətti və bucaq dispersiya ilə ifadəsini alırıq

$$\frac{\lambda}{\delta\lambda} = \frac{A}{\cos \varphi} \cdot \frac{dl}{d\lambda} = D \cdot \frac{d\varphi}{d\lambda} \quad (6)$$

AQ-nin tərs qiyməti  $\frac{\delta\lambda}{\lambda}$  - cihazın ayırdetməsinin nisbi hüdudu adlanır və spektrdə ayrılıqda müşahidə edilə bilən  $\lambda_1$  və  $\lambda_2$  şüaları arasındakı ən kiçik spektral məsafədir [10].

(4) və (5)-ifadələrində bucaq və xətti dispersiyanın (1)-və (2) ifadəsini nəzərə almaqla silindrik güzgü daxil edilmiş sistemlərin AQ-nin dispersiya ilə ifadə etmiş olarıq.

$$\frac{\lambda}{\delta\lambda} = D \cdot \left[ 3 - 2 \frac{s'}{r} \right] \cdot \left( \frac{d\varphi}{d\lambda} \right)_q = \frac{A \cdot D \cdot S''}{\cos \psi} \left[ 3 - 2 \frac{s'}{r} \right] \cdot \left( \frac{d\varphi}{d\lambda} \right)_q \quad (7)$$

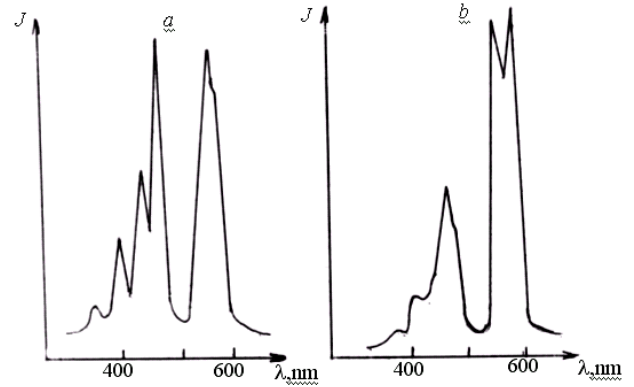
(7) ifadəsindən görünür ki, cihazın AQ-nin qiymətini difraksiya qəfəsinin AQ-nin qiymətinə yaxınlaşdırmaq, klassik optik sistemlərdə olduğu kimi çıxış obyektivinin fokus məsafəsini (baxılan halda  $S'$ ) artırmaqdan başqa, silindrik güzgünün diametrini kiçiltməklə də mümkündür. Güzgünü şüaların yolunda yerləşdirməklə şüaların istiqamətini cihazın daxili hissəsinə çevirməklə onun ölçülərini (həm də çəkisini) artırmamaq mümkündür. Belə xüsusiyyətlər cihazı konstruktiv cəhətdən münasib, məsafədən tədqiqatlar üçün əlverişli edir.

Civə lampasının spektral xətləri arasındakı məsafənin artmasını vizual müşahidə edib silindrik güzgü daxil edilmiş sistemdə xətti dispersiyanın artmasını təyin etmişdik [3]. Bu işdə spektrin görünən oblastında civə lampasının spektrində xətlər arasındakı məsafənin dəyişməsinə instrumental yolla araşdırmaqla silindrik güzgü daxil edilmiş optik sistemin AQ-nin artması tədqiq edilir.

İşıq mənbəi kimi DRŞ-250 tipli civə lampasından, dispersiyaetdirici element kimi səthinin hər mm-ində 600 ştrix çəkilmiş çökük difraksiya qəfəsindən istifadə edilmişdir. Çökük difraksiya qəfəsindən istifadə olunmasına səbəb giriş və çıxış obyektivlərindən istifadə etməyə ehtiyac olmadığından sistemin xeyli sadələşməsidir. Spektrin skanlanması qəfəsin səthinə paralel, mərkəzindən keçən şaquli ox ətrafında fırlanması ilə aparılır. Qəfəsin

formalaşdırdığı xətti spektr diametri 40-mm olan silindrik güzgünün səthinə, səthdən əks olunan şüa çıxış yarığına, oradan da FGU-85 tipli fotoqəbuledicinin katoduna düşür. Alınan signal gücləndirilərək özüyə uzun KSP-4 tipli cihaz vasitəsi ilə intensivliyin dalğa uzunluğundan asılılığı şəklində yazılır. Fotoqəbuledici BNV 2-95 tipli mənəbdən qidalandırılır. Difraksiya qəfəsinin əyrilik radiusu 250 mm, diametri 20 mm-dir. Ölçmələr aparılan maketin ölçüləri 400x250x200mm, güzgü ilə çıxış yarığı arasındakı məsafə 36-mm-dir.

Çökük difraksiya qəfəsinin fokal müstəvisində bir dəfə müstəvi, o biri dəfə silindrik güzgü yerləşdirilib civə lampasının görünən oblastdakı spektrin yazırmaq. Şəkil 2a-dan görünür ki, müstəvi güzgüdə əks olunan halda spektrdə göy və yaşıl xətlər aydın müşahidə olunur. Qoşa sarı xəttin (sarı dublet) müşahidə olunmamasına səbəb həmin oblastda fotoqəbuledicinin həssaslığına kəskin azalmasıdır. Sarı dubleti tədqiq etmək üçün vismut-gümüş-seziyum fotokatodlu qəbuledicidən istifadə etmək lazımdır [11] Spektrin  $\lambda = 400,0-450,0$  nm oblastındakı göy xətlər hər iki halda müxtəlif intensivliklərlə müşahidə olunur. Tədqiqat işində məqsəd sistemin AQ-nin araşdırılması olduğundan, intensivliyin belə dəyişməsinin səbəbinə baxılmamışdır.



Şəkil 2. Fokal müstəvidə yerləşdirilmiş müstəvi (a) və silindrik (b) güzgüdə əks olunan civə xətlərinin spektri.

Silindrik güzgü daxil edilmiş sistemin AQ-nin artması spektrin yaşıl oblastında aydın görünür (şək., 2b). Ədəbiyyatda dalğa uzunluğu  $\lambda = 546,1$ nm kimi göstərilən yaşıl xəttin yüksək AQ-li spektral cihazlarla incə strukturuna baxıldıqda həmin xətdən  $37A^0$  qısa dalğalı tərəfdə təxminən həmin intensivlikli daha bir xəttin olduğu məlumdur [7]. Müşahidə olunan qoşa xətlərin həmin xətlər olduğu şübhə doğurmur.

Təbii sərvətlərin məsafədən tədqiqi məsələləri üçün aparılan spektral ölçmələr zamanı

- tədqiq olunan obyektin şüalanma spektri haqda eyni vaxtda bir neçə spektral diapazonda yüksək ayırdetməli ölçmələrin olması;
- şüalanmanın spektrin orta və uzun dalğalı infraqırmızı oblastında ölçmələr aparılması;
- istismar göstəriciləri (konstruksiyanın stabilliyi və möhkəmliyi, ölçü-çəki parametrlərinin və enerji gücünün az olması) önəmli sayılır.

Silindrik güzgü daxil edilmiş optik sistemli spektral cihazların bu tələblərə cavab verdiyini araşdırmaq.

Müasir texnologiya çox yüksək AQ olan difraksiya qəfəsi hazırlamağa imkan verir. Belə qəfədən silindrik güzgü daxil edilmiş optik sistemdə istifadə etməklə kiçik ölçülü, yüksək AQ-li bir- və çoxkanallı spektrometrlərin

## KİÇİK ÖLÇÜLÜ SPEKTRAL CİHAZLAR ÜÇÜN YÜKSƏK AYIRDETMƏ QABİLİYYƏTLİ OPTİK SİSTEM

yaradılması kimi vacib məsələ optimal həllini tapa bilər. Spekrin başqa oblastında da ölçmələr aparmaq üçün uyğun qəfəs və fotoqəbuledici seçməklə yanaşı spektrin lazım olan oblastında əksətdirmə əmsalı yüksək olan maddə [12] ilə səthi örtülmüş güzgüdən istifadə etmək lazımdır.

### Nəticələr

Təbii sərvətlərin tədqiqi üçün yüksək AQ-li, kiçik ölçülü spektral cihazlar yaradılması zamanı silindrik güzgü daxil edilmiş optik sistemlərdən istifadə etmək konstruktiv

cəhətdən sadə, iqtisadi cəhətdən sərfəlidir. Belə cihazların işlənməsində klassik cihazlarda olduğu kimi cihazın ölçülərinin artmasına səbəb olan obyektivin fokus məsafəsinin böyüdülməsindən deyil, güzgünün diametrinin kiçildilməsindən istifadə edilir.

Uyğun dispersiyaetdirici element, güzgü, və fotoqəbuledici seçməklə təklif olunan optik sistemdən optik diapazonun başqa oblastlarında da istifadə etməklə bir- və çoxkanallı difraksiyon spektral cihazlar yaratmaq olar.

Spekrin kiçik diapazonlarında yüksək AQ-li xüsusi təyinatlı cihazlar yaratmaq da mümkündür.

- 
- [1] Optiko-elektronnie sistemi ekologicheskogo monitoringa prirodnoy sredy. Pod red. V.N.Rojdestvina. izd. MQTU im. N.G. Baumana, 2002 s.5.
- [2] *I.V. Skokov.* Opticheskie spektralnie pribori. Moskva «Mashinostroenie»,1984, s.8, 33
- [3] *N.Y.Yaqubzadə, R.B.Abbasova, S.A. Süleymanova, T.H.Dilbazov.* AMAKA-nın xəbərləri, 8, 2, 2005, s.73
- [4] Avt. svid. SSSR №1453187.
- [5] Avt. svid. SSSR №1589732.
- [6] Vichislitelnaya optika. Spravochnik. Leningrad, «Mashinostroenie» 1984, s. 273.
- [7] *I.M. Nagibina, V.K. Prokofyev.* Spektralnie pribori i texnika spektroskopii. Leningrad, «Mashinostroenie» 1984, s. 278.
- [8] *N.Y. Yaqubzadə, T.H. Dilbazov.* AMAKA-nın xəbərləri, 2006 (Çapa verilmişdir).
- [9] Proektirovanie spektralnoy apparaturi. Leningrad, «Mashinostroenie»,1980,1,11.
- [10] *F.A.Korolev.* Teoreticheskaya optika Moskva, «Visshaya shkola» 1966,104b, 467.
- [11] *M.D. Aksenenko, M.L.Baranochnikov.* Priemniki opticheskogo izlucheniya. Spravochnik Moskva, Radio i svyaz», 2, 17.
- [12] *L.Z. Kriksunov.* Spravochnik po osnovam infrakrasnoy tekhniki. Moskva, «Sovetskoe radio»1978, 4, 147.

**T.H. Dilbazov, N.Y. Yagubzade**

## OPTICAL SYSTEM WITH HIGH RESOLUTION FOR SMALL-SIZED SPECTRAL DEVICES

The optical system with high thin-bed vertical resolution for compact spectral devices in which the special cylindrical mirror of small diameters is included, is supposed. It's shown that decrease of cylindrical mirror diameter allows to increase device thin-bed vertical resolution without increase of its weight and overall parameters.

**Т.Г. Дилбазов, Н.Я. Ягубзаде**

## ОПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА С ВЫСОКОЙ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ ДЛЯ МАЛОГАБАРИТНЫХ СПЕКТРАЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Предлагается оптическая система с высокой разрешающей способностью для малогабаритных спектральных приборов, в которую включено специальное цилиндрическое зеркало малого диаметра. Показано, что уменьшение диаметра цилиндрического зеркала позволяет увеличить разрешающую способность прибора, без увеличения его веса и габаритных параметров.

*Received: 19.12.06*