

İFRAT NAZİK IrSi və PtSi TƏBƏQƏLƏRİNİN OPTİK XASSƏLƏRİ

E.Ə. KƏRİMOV, S.N. MUSAYEVA*

Milli Aerokosmik Agentliyi, Təbii Ehtiyatların Kosmik Tədqiqi İnstitutu,

S.S. Axundov küç. 1, AZ 1115

Azərbaycan Texniki Universiteti, H. Cavid pros. 25, AZ 1073*

E-mail: E.Kerimov.fizik@mail.ru

Tədqiqatlar zamanı müəyyən edilmişdir ki, maksimum udulma PtSi-nin 100Å qalınlığında müşahidə olunub 0,34 qiymətini alır. Qeyd etməliyik ki, İQ şüalanmanın udulması SiO_x və SiO₂ -nin qalınlığından da asılı olub, uyğun olaraq, 0,56 və 0,75 mkm qiymətlərini alır. Alınan nəticələr əsasında IrSi və PtSi təbəqələrinin optik xassələri öyrənilmişdir.

Açar sözlər: ifrat nazik təbəqə, monoxromatik, interforometriya, rezonans-tezlik metodu, interferensiya zolaqları.

UOT: 535.317

PACS: 72.10.-d

Nazik təbəqələrin optik xassələrini tədqiq edərkən onların optik sabitlərinin qiymətləri haqqında ətraflı və düzgün məlumat almaq üçün metalın qalınlığını dəqiq ölçmək lazımdır. 600<d<1500Å qalınlığın ölçülməsi çoxşüalı interforometriya və rezonans-tezlik metodları ilə aparılmışdır. Ölçmədən əvvəl fotolitoqrafiya metodu ilə altlıqda təbəqənin kəskin yan sərhəddini alırlar. Mİİ – 4 mikroiinterferometri vasitəsi ilə hər-hansı müəyyən zolağın sürüşməsinə ölçərkən, təbəqənin qalınlığını aşağıdakı formul üzrə təyin edirlər:

$$d = \frac{\lambda l}{2L}$$

burada, λ – monoxromatik işıq dalğa uzunluğu, $L = \lambda/2$ – qonşu interferensiya zolaqları arasındakı addım, l – interferensiya zolağının sürüşməsidir. Bu metodla təbəqənin qalınlığının ölçülməsinin dəqiqliyi 15-30 nm təşkil edir. Metal təbəqəsinin qalınlığının rezonans-tezlik metodu ilə ölçülməsi zamanı verici qismində tezlik generatoru konturuna qoşulmuş kvarts element istifadə edilmişdir. Kvarts vericinin işləmə prinsipi generasiya olunan siqnalların tezliyinin kvarts elementin səthinə təbəqənin çəkilməsi zamanı kütləsinin dəyişməsindən asılılığına əsaslanır [1-3]. Kvarts elementin kütləsinin artması ilə onun rezonans tezliyi azalır. Tezliyin çəkilən təbəqənin kütləsindən asılılığının xətti hissəsi üçün aşağıdakı nisbət doğrudur:

$$\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{\Delta m}{m_0}$$

burada, m_0 və f_0 – kvarts elementin kütlə və rezonans tezliyidir. Δm və Δf – isə təbəqə çəkildikdən sonra kütlə və rezonans telinin dəyişməsidir. Kvarts elementin həndəsi ölçülərini və çəkilən təbəqənin kütləsini nəzərə alsaq aşağıdakı formulu istifadə edərək qalınlığı ölçmək mümkündür:

$$d = \frac{m_0 \Delta f}{\rho S f_0}$$

burada, S – çəkilən maddə ilə örtülmüş kvarts kristalın sahəsi, ρ – çəkilən təbəqənin sıxlığıdır. 100Å-dən 5mkm-ə kimi intervalda nazik metal təbəqələrin qalınlığının ölçülməsinin dəqiqliyi $\pm 10\%$ təşkil edir. <500Å oblastında metal təbəqəsinin qalınlığını təyin etmək üçün işıq udulmasının metal təbəqənin qalınlığından hesablanmış asılılıq əyrisindən istifadə edilir. 1 – cədvəldə müxtəlif dalğa uzunluqlarında udulmanın PtSi-nin qalınlığından asılılığının ədədi qiymətləri verilmişdir.

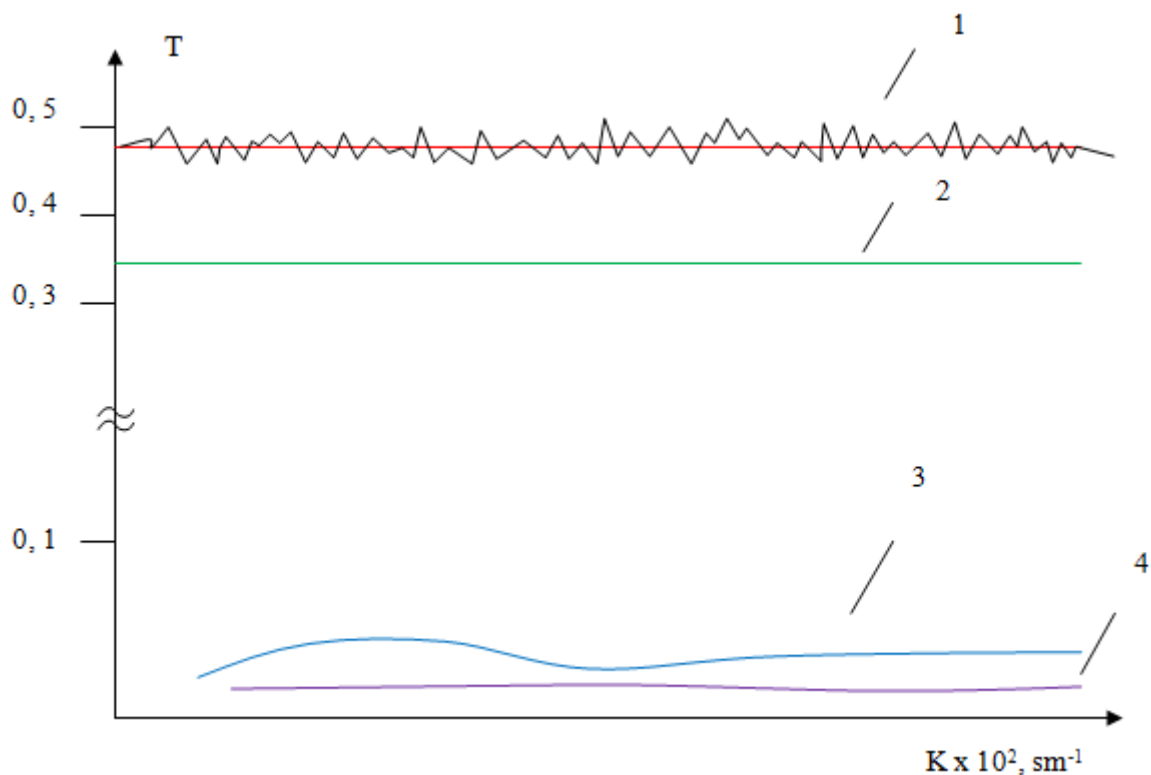
PtSi nümunələrinin buraxma spektri (şəkil 1) 1–5mkm dalğa uzunluqlu diapazonda İKS–14A spektrofotometri vasitəsi ilə çəkilmişdir.

Altlığın təsiri onun udulmasının ikişüalı sxem (birinci kanalda - təbəqə altlığın üzərində və ikinci kanalda isə - yalnız altlıq) üzrə kompensasiyası ilə istisna edilir. Spektirin bu oblastında əksolunma əmsalının dalğa uzunluğundan asılılığı verilmiş tip spektrofotometr üçün hazırlanmış əksətmə qurğusu ilə ölçülmüşdür (şəkil 2).

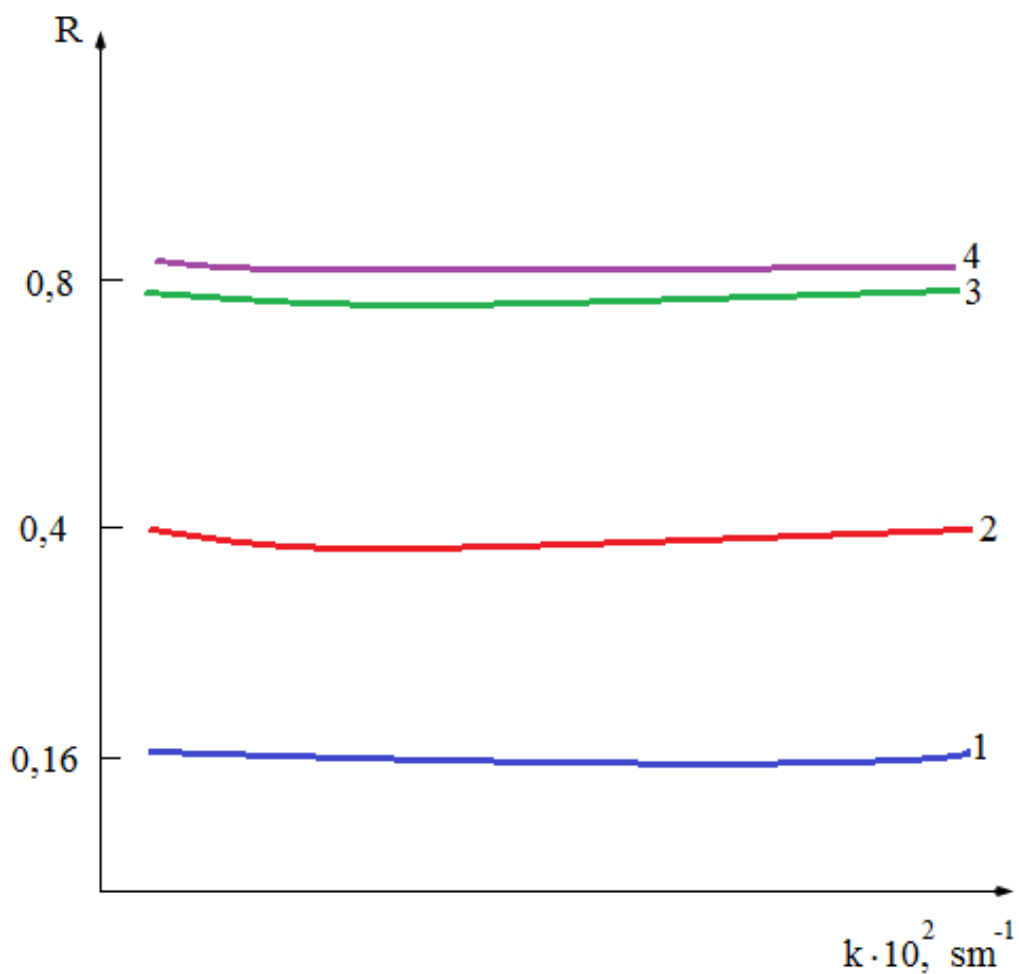
Cədvəl 1.

Udulmanın PtSi-nin qalınlığından asılılığının ədədi qiymətləri.

Qalınlıq, Å	Udulma			
	$\lambda=3\text{mkm}$	$\lambda=3,5\text{mkm}$	$\lambda=4\text{mkm}$	$\lambda=5\text{mkm}$
80	37,5	38,4	39,04	39,72
120	34,52	35,94	36,96	38,26
160	31,01	33,04	34,52	36,49
200	27,45	29,99	31,90	34,52
240	24,04	26,96	29,22	32,43
280	20,85	24,04	26,58	30,29
300	19,37	22,64	25,29	29,22
320	17,97	21,29	24,04	28,16
360	16,64	20,00	22,81	27,10
380	15,39	18,76	21,62	26,04
400	14,22	17,58	20,48	25,04
420	13,12	16,46	19,37	24,04
440	12,10	15,39	18,31	23,05
460	11,15	14,38	17,29	22,09
480	10,27	13,43	16,32	21,16
500	9,46	12,53	15,39	20,25



Şəkil 1. Müxtəlif qalınlıqlı PtSi təbəqələrinin buraxma spektri: 1– 160Å, 2– 210Å, 3– 620Å, 4– 1000Å. $T = 300^\circ\text{K}$.



Şəkil 2. Müxtəlif qalınlıqlı PtSi təbəqələrinin əksətmə spektri: 1– 160Å, 2– 210Å, 3– 620Å, 4– 1000Å. $T = 300^\circ\text{K}$.

Düşən işıq üçün əksolunma əmsalı:

$$R_n = \left| \frac{(n_i - n_m)}{(n_i + n_m)} - \frac{4n_i n_m}{(n_i + n_m)^2} \cdot \frac{(n_f - n_m)}{(n_f + n_m)} \frac{t^2}{1 - \Phi} \right|^2 \quad (1)$$

$$A = A_d + 8|t|^2 n_i \left(\frac{n}{k^2} \right) \left(1 + \frac{2k\omega d}{c} + 0(t)^4 \right) \quad (5)$$

$$|t| = \exp\left(-\frac{\omega k d}{c}\right) \quad (6)$$

burada;

$$t = \exp\left(\frac{in_m \omega d}{c}\right), \quad \Phi = t^2 \frac{(n_i - n_m)(n_f - n_m)}{(n_i + n_m)(n_f + n_m)} \quad (2)$$

n_i və n_m – uyğun olaraq Si və Pt üçün sınıma əmsalıdır. Nazik təbəqələr üçün buraxma

$$T = 16n_i \frac{|t^2|}{k^2} [1 + 0(t^2)] \quad (3)$$

Qalın təbəqələr üçün udulma aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$A_d = 1 - R_d = 1 - \left| \frac{(n_i - n_m)}{(n_i + n_m)} \right|^2 \quad (4)$$

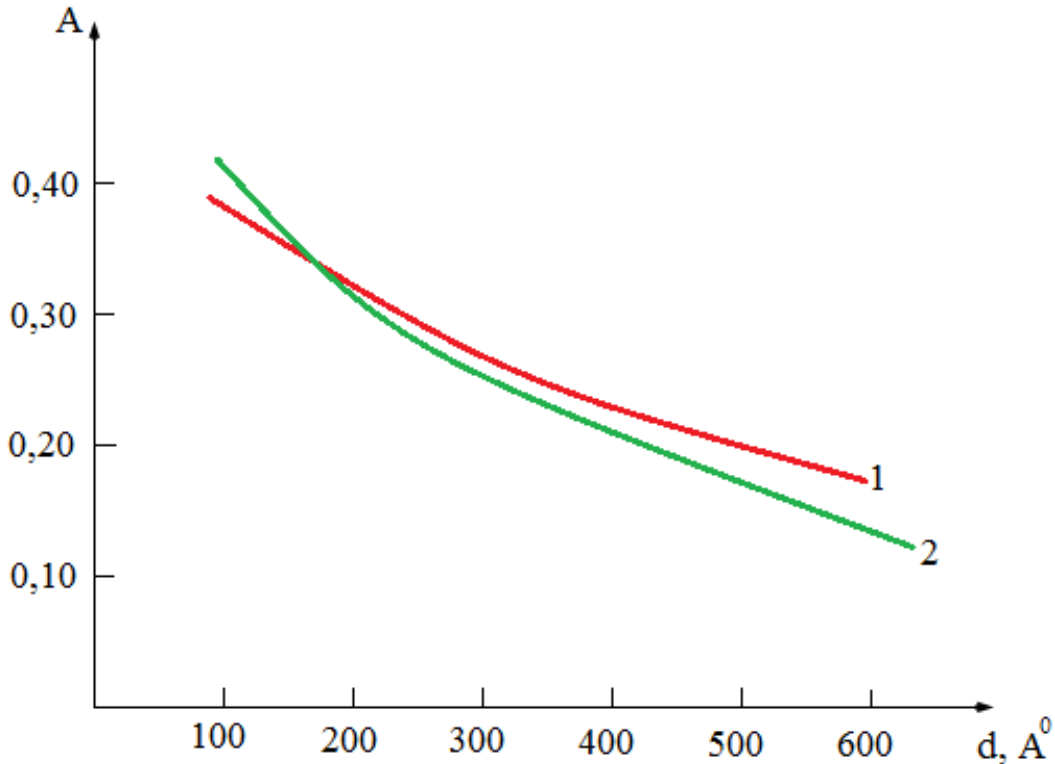
Nazik təbəqələrin udmasını t^2 üzrə üstlü sıra şəklində vermək olar [106]:

PtSi təbəqəsində İQ – udulma təbəqənin qalınlığı azaldıqca artır ki, bu da klassik optikanın mülahizələri (Drude modeli) ilə uzlaşır. Drude modelində $(n/k)^2$ və $(k\omega/c)$ vuruqları tezlikdən asılı deyil, ona görə də (5) – də ikinci hədd İQ – oblastda tezlikdən asılı deyil. (5) formulundan görünür ki, d -nin kiçilməsi ilə udulma artacaq. Fotohəssas PtSi–Si strukturunda şüalanmanın udulma dərəcəsi həm PtSi-nin və həm də dielektrikin qalınlığından asılıdır. Frenel formullarına görə buraxma əmsalı sınıma əmsalları ilə aşağıdakı münasibətlə bağlıdır:

$$T = \frac{4n_s}{(1 + n_s)^2 + (n^2 - 1) \left[1 - \left(\frac{n_s}{n} \right)^2 \right]} \sin^2 k_0 n d \quad (7)$$

$1 < n < n_s$ olduğundan məxrəcdəki ikinci hədd həmişə mənfiydir. T -nin maksimal olması üçün ikinci hədd minimal olmalıdır yəni, $\sin k_0 n d$ maksimal olmalıdır.

Şəkil 3-də PtSi-nin qalınlığından asılı olaraq udulmanın nəzəri və eksperimental ayrılırları göstərilmişdir.



Şəkil 3. PtSi təbəqəsinin udma ayrılırları: 1- nəzəri, 2- ekperimental.

Maksimum udulma PtSi-nin 100Å qalınlığında müşahidə olunub 0,34 qiymətini alır. Qeyd etməliyik ki, İQ – şüalanmanın udulması həm də SiO_x və SiO₂ -nin qalınlığından da asılı olub, uyğun olaraq, 0,56 və 0,75 mkm qiymətlərini alır. Təkcə bir təbəqənin çəkilməsi ilə ideal aydınlaşdırıcı örtük almaq olmaz, lakin ona yaxşı yaxınlaşma mümkündür [4,5]. Əgər qalınlıq və sınıma əmsalı aşağıdakı tələblərə cavab verirsə, örtüklü PtSi təbəqələri ideal əksolunmazdır:

$$nd = \frac{\lambda}{4}, \quad n = \sqrt{n_s}$$

Cədvəl 2-də udulmanın müxtəlif dalğa uzunluqlarında IrSi-nin qalınlığından asılılığının ədədi qiymətləri verilmişdir.

Cədvəl 2. Udulmanın müxtəlif dalğa uzunluqlarında IrSi-nin qalınlığından asılılığının ədədi qiymətləri.

Qalınlı, Å	Udulma			
	λ=3mkm	λ=3,5mkm	λ=4mkm	λ=5 mkm
80	35,73	36,31	37,15	37,84
100	35,14	35,84	36,91	36,98
120	34,84	35,62	36,48	36,51
140	33,71	34,55	35,34	36,47
160	32,24	34,50	34,33	35,61
180	31,58	34,43	33,73	35,04
200	29,83	33,77	32,98	35,23
220	28,35	32,85	32,85	34,66
240	27,21	31,94	31,97	33,76
260	2658	31,87	30,99	33,67
280	25,46	30,10	30,43	32,41
300	24,93	29,31	29,87	31,44
320	23,23	28,45	28,67	31,55
360	22,64	27,63	27,94	30,50
380	21,57	26,79	26,90	29,28
400	20,51	25,89	25,91	28,36
420	19,47	24,99	24,88	27,75
440	18,43	23,87	23,91	26,83
460	16,56	20,76	21,86	25,39
480	15,66	19,49	20,78	24,49
500	15,79	18,38	19,67	23,21

- [1] E. Tutov, A. Baev, E. Bormontov. WO₃/Si based structures for sensors U/Abstr. Int. Conf. on Electrotechnical Materials and Components ICEMC-95. Krym. 1995, p. 49-179.
- [2] M. Twigg, R. Stahlbush, M. Fatemi. et al. Appl. Phys. Lett. 2004, v. 84, No 23, p. 4816-4821.
- [3] C. Wang, B. Muller, K. Hofmann. Nanotechnology. 2003, v.14, p. 1192-1196.
- [4] T. Weis, R. Lipperheide, U. Wille. Appl J. Phys. 2002, v. 92, p. 1411..
- [5] S. Yamauchi, M. Hirai, M. Kusaka. et al. J. Appl. Phys., 1993, v. 32, No7, p. 3237-3246.

E.A. Kerimov, S.N. Musaeva

OPTICAL PROPERTIES OF ULTRA THIN FILMS IrSi and PtSi

During the research, it was found that the maximal absorption is observed at PtSi thickness of 100Å. It should be noted that the absorption of IR radiation also depends on the thickness of SiO_x and SiO₂ which are equal to 0.56 and 0.75 μm correspondingly. Optical properties of films IrSi and PtSi are interpritationed on the base of obtained results.

Э.А. Керимов, С.Н. Мусаева

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВЕРХТОНКИХ ПЛЕНОК IrSi и PtSi

В ходе исследований выяснилось, что максимальное поглощение наблюдается при толщине PtSi в 100Å. Надо заметить, что поглощение ИК излучения зависит также от толщины SiO_x и SiO₂, которые, соответственно, равны 0,56 и 0,75 мкм. На основе полученных результатов интерпретированы оптические свойства пленок IrSi и PtSi.

Qəbul olunma tarixi: 18.07.2017