



TlSe_{1-x}S_x (x=0; 0,2; 0,4) BƏRK MƏHLULLARININ AC- KEÇİRİCİLİYİ

Ramil Azad oğlu Məmmədov

Radiasiya Problemləri İnstitutu

E-mail: ramil.m.azadoglu@gmail.com

TlSe_{1-x}S_x (x=0; 0,2; 0,4) sistemli bərk məhlullarında $25 \div 10^6$ Hz tezlik intervalında yükdaşıma prosesləri impedans spektroskopiyaya metodu ilə tədqiq olunmuşdur. TlSe_{1-x}S_x (x=0; 0,2; 0,4) bərk məhlullarının dielektrik ölçmələri $25 \div 10^6$ Hz tezlik intervalında aparılmışdır və dielektrik nüfuzluğunun həqiqi (ϵ') və xəyali (ϵ'') hissələrinin tezlikdən asılılığında dispersiyanın olduğu müəyyən edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, aşağı temperaturlarda 10^5 Hz tezlik intervalında elektrikkeçiriciliyi $\sigma_{ac} \sim f^{0.8}$ qanununa tabe olur. Temperaturun sonrakı artması ilə elektrikkeçiriciliyinin tezlikdən asılılığında tərkibdən asılı olaraq keçiriciliyin və dispersiyanın əhəmiyyətli dərəcədə artdığını göstərir. Göstərilmişdir ki, tədqiq olunan bərk məhlullarda keçiriciliyinin bu davranışı ion komponentinin artması ilə bağlıdır.

Açar sözlər: dielektrik nüfuzluğu, ac- keçiriciliyi, yükdaşıyıcı, superion keçiriciliyi

GİRİŞ

TlSe_{1-x}S_x (x=0-1,0) sistemli bərk məhlullarının əmələ gəldiyi TlS və TlSe monokristalları A³B⁶ tip yarımkəçirici birləşmələr sinifinə aid olub zəncirvari (tetraqonal) modifikasiyada kristallaşır. TlS monokristal TlSe- ilə izostrukturdu və tetraqonal simetriyada kristallaşır. TlSe üçün qəfəs parametrləri $a = b = 8,020 \text{ Å}$, $c = 6,7910 \text{ Å}$, $Z = 4$, TlS kristalı üçün isə $a=b=7,785 \text{ Å}$, $c=6,802 \text{ Å}$, $Z=8$. [1-4].

Həcmə mərkəzləşmiş zəncirvari strukturlu tetraqonal sinqoniyalı TlS və TlSe kristallarının əsas xüsusiyyətlərindən biri ondan ibarətdir ki, strukturda Tl atomları bir və üç valentli hallarda və iki kristalloqrafik vəziyyətlərdə olur. Ona görə də bu birləşmələrinin formulunu $Tl^{1+}Tl^{3+}(S^{2-})_2$ və $Tl^{1+}Tl^{3+}(Se^{2-})_2$ şəkildə də yazmaq olar. Üçvalentli və bir valentli tallium ionları iki qeyri-ekvivalent kristalloqrafik yeri tutur. Tl^{3+} kationları kovalent (sp^3) Tl-Se rabitələri yaradır və $Tl^{3+}Se_4^{2-}$ tetraedrinin mərkəzlərində yerləşir ki, onlar ümumi tillər ilə bağlıdır və “c”-oxu boyunca xətti zəncirlər yaradırlar.

A³B⁶ əsaslı bərk məhlulların tədqiqinə son illər müşahidə edilən marağın artması bu materialların istifadə perspektivləri ilə bağlıdır. Bu kristalların tədqiqinə artan maraq həm də otaq temperaturuna yaxın temperaturda onlarda ion keçiriciliyinin aşkarlanması ilə əlaqədardır. Ədəbiyyat nəticələrinə əsasən TlSe və TlS kristallarında 300 K-dən aşağı temperaturda keçiriciliyin elektron komponenti üstünlük təşkil edir, temperaturun artması ilə (350 K-dən yuxarı) keçiriciliyin kəskin artması müşahidə olunur ki, bu da ion keçiriciliyin yaranması ilə əlaqədardır [5].

Təqdim olunan işdə, TlSe_{1-x}S_x (x=0; 0,2; 0,4) bərk məhlul nümunələrində müxtəlif temperaturlarda dielektrik sabitinin, ac-keçiriciliyinin tezlikdən asılılığı və ion daşınmasının xüsusiyyətləri araşdırılmışdır.



MATERIAL VƏ METODLAR

Bərk məhlul nümunələri, vakuumlaşdırılmış kvarts ampulada ilkin komponentlərin (təmizlik dərəcəsi 99.999%) ərintilərindən sintez edilmiş və onların monokristalları Bricmen metodu ilə yetişdirilmişdir. Tədqiqat üçün nümunələr kristalın "c" oxuna perpendikulyar istiqamətdə düzbucaqlı formada kəsilmişdir. $\text{TiSe}_{1-x}\text{S}_x$ ($x=0; 0,2; 0,4$) bərk məhlul kristal nümunələrinin elektrik keçiriciliyinin temperaturdan asılılığını ölçmək üçün tədqiq olunan materiallardan kondensator hazırlanmışdır. $\text{TiSe}_{1-x}\text{S}_x$ ($x=0; 0,2; 0,4$) bərk məhlul nümunələrinin elektrikkeçiriciliyi $25 \div 10^6$ Hs tezlik intervalında impedans spektroskopiyası metodu ilə tədqiq edilmişdir. Elektrikkeçiriciliyinin tədqiqatları E7-25 rəqəmsal immittas ölçü cihazında aparılmışdır, ölçmənin dəqiqliyi 0,1 % -dir.

NƏTİCƏLƏR VƏ ONLARIN MÜZAKİRƏSİ

a) $\text{TiSe}_{1-x}\text{S}_x$ ($x=0; 0,2; 0,4$) bərk məhlullarının ϵ' və ϵ'' tezlik asılılıqları

Nizamsız struktura malik birləşmələrə zəif dəyişən elektrik sahəsi tətbiq etdikdə, müxtəlif temperatur və tezlik intervalında baş verən üç fərqli yükdaşınma mexanizminin mövcudluğu nəzərə alınmalıdır. Delokalizə olunmuş hallarda yükdaşınması yüksək tezliklərdə baş verir.

Lokallaşmış hallar üzərində keçiricilik halında keçiriciliyin tezlikdən asılılığı aşağıdakı qanunla dəyişir: $\text{Re } \sigma(\omega) \sim \omega^s$, $0,7 < s < 1$ və nizamsız sistemlərdə yükdaşınma mexanizmi sıçrayışlı xarakter daşıyır [6].

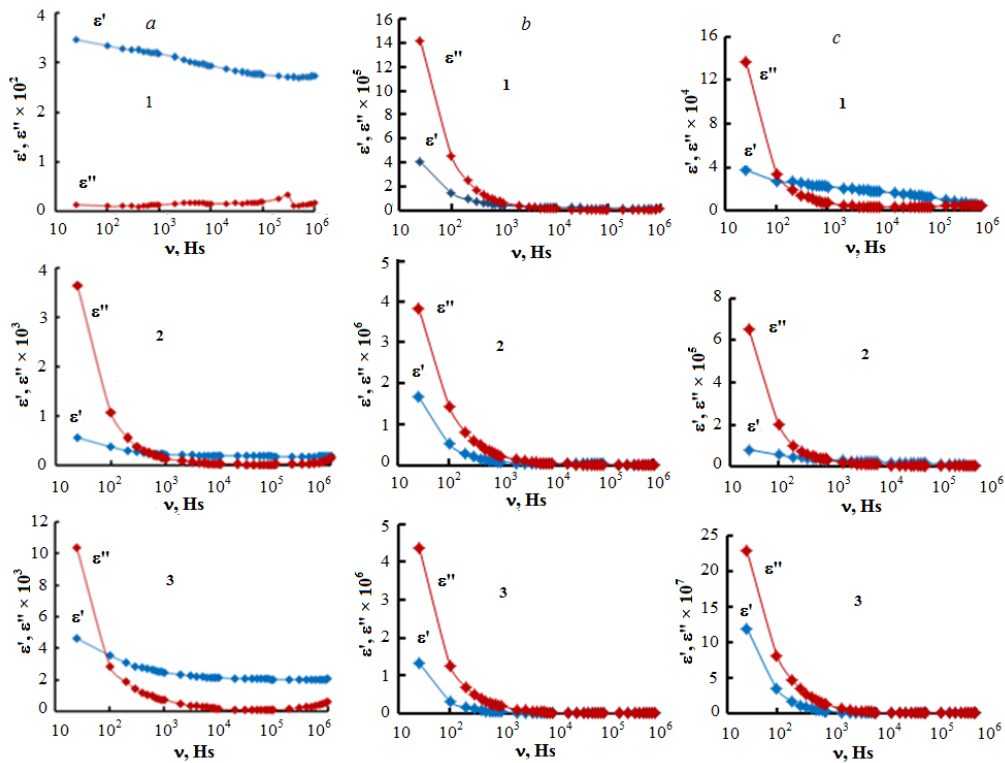
Bərk cisimlərin dielektrik parametrlərini ölçərkən impedans spektroskopiyaya metodundan istifadə olunur. Bu üsul bizə tədqiq olunan obyektlərin qalınlığı və sərhəddəki keçiricilik xüsusiyyətləri haqqında tam məlumat əldə etməyə imkan verir. Ölçmə zamanı nümunəyə 1 V gərginlik tətbiq edilmişdir. Dielektrik sabitinin həqiqi (ϵ') və xəyali (ϵ'') hissələri aşağıda ifadələr əsasında hesablanır:

$$\epsilon' = \frac{Cd}{\epsilon_0 S}, \quad \epsilon'' = \text{tg } \delta \epsilon'$$

$\text{TiSe}_{1-x}\text{S}_x$ ($x=0; 0,2; 0,4$) bərk məhlullarının dielektrik nüfuzluluğunun həqiqi (ϵ') və xəyali (ϵ'') hissələrinin müxtəlif temperaturlarda tezlikdən asılılıq əyriləri şəkil 1-də verilmişdir. Qeyd edək ki, ölçmələr temperaturun $T = 300, 350$ və 400 K qiymətlərində aparılmışdır.

Şəkildə ϵ' -in əyrilərində 25 Hs –dən 10^6 Hs –dək artan tezliklərdə ϵ' zəif azalır və nisbətən aşağı tezliklərdə kəskin aşağı düşür, yüksək tezliklərdə ($\nu > 10^3$ Hs) ϵ' ν -dən zəif asılı olduğu və 10^6 Hs tezliklərində $\sim 25,0$ qiymətini aldığı göstərilmişdir. Eyni tezliklərdə dielektrik sabitinin xəyali hissəsinin tezlikdən asılılığında daha güclü bir dispersiya müşahidə olunur.

Qeyd etmək lazımdır ki, temperaturun 300 K temperaturda tezlikdən asılılığın gedişinə az təsir edir, temperaturun artması ilə eyni zamanda ϵ' və ϵ'' -in mütləq qiymətlərində kəskin artım müşahidə olunur. TiS kristalları üçün dielektrik sabitinin qiymətləri optik dielektrik sabitinin qiymətləri ilə eynidir. Elektrik sahəsinin tezliyinin artması ilə (ϵ') və (ϵ'') qiymətlərində azalma dispersiyanın mövcud olduğunu göstərir.



Şəkil 1. $\text{TlSe}_{1-x}\text{S}_x$ ($x=0; 0,2; 0,4$) bərk məhlullarının kompleks dielektrik nüfuzluğunun həqiqi (ϵ') və xəyali (ϵ'') hissələrinin tezlikdən asılılığı. Burada $a - x = 0$; $b - x = 0,2$; $c - x = 0,4$ bərk məhlulun tərkibləri və 1 – 300 K, 2 – 350 K, 3 – 400 K isə müxtəlif temperaturlardır

b) $\text{TlSe}_{1-x}\text{S}_x$ ($x=0; 0,2; 0,4$) bərk məhlullarının ac- keçiriciliyi

$\text{TlSe}_{1-x}\text{S}_x$ ($x=0; 0,2; 0,4$) bərk məhlullarının $T = 300, 350$ və 400 K temperaturlarda keçiriciliyin tezlikdən asılılıqları şəkil 2-də verilmişdir.

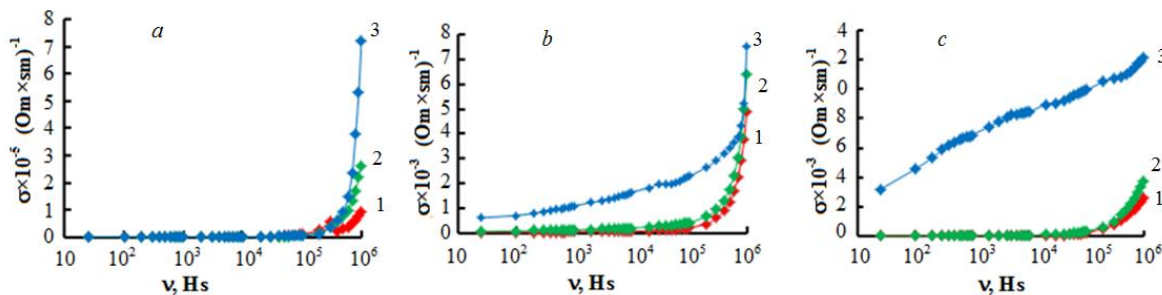
Şəkillərdən görüldüyü kimi, $\text{TlSe}_{1-x}\text{S}_x$ ($x=0; 0,2; 0,4$) bərk məhlullarının tərkibdən asılı olaraq təcrübi nəticələrdən alınmış $\sigma(\text{lgv})$ ayrılıqları iki hissəyə bölmək olar: aşağı temperaturda (300 və 350 K) və aşağı tezliklər $\nu < 10^3$ Hz. Bu zaman keçiriciliyin tezlik asılılığında zəif artma müşahidə edilir. $\nu > 10^5$ Hz -dən yuxarı tezliklərdə isə əhəmiyyətli dərəcədə dispersiya müşahidə olunur.

Məlumdur ki, A^3B^6 və $\text{A}^3\text{B}^3\text{C}^6_2$ qrup kristallarda keçiricilik Fermi səviyyəsi yaxınlığında lokallaşmış halların, fononların iştirakı ilə və dəyişən uzunluqlu sıçrayışın köməyi ilə otürülür [6]. Dəyişən elektrik sahəsində və otaq temperaturunda $\text{TlSe}_{1-x}\text{S}_x$ ($x=0; 0,2; 0,4$) bərk məhlulların keçiricilik mexanizminin öyrənilməsi maraq kəsb edir. $T=300\text{K}$ -də $\text{TlSe}_{1-x}\text{S}_x$ ($x=0; 0,2; 0,4$) bərk məhlulların elektrikkeçiriciliyinin tezlikdən asılılığında zəif dispersiya müşahidə olunur. verilmişdir. $\sigma_{ac}(\nu)$ asılılığının xarakterik xüsusiyyətindən görünür ki, $\nu \sim 10^5$ Hz olduqda, bu asılılıq $\sigma_{ac} \sim f^{0.8}$ qanununa tabedir. [6] işdə bu cür asılılıq Fermi səviyyəsi yaxınlığında lokallaşmış halların keçirilməsi ilə əlaqədardır.

$\text{TlSe}_{1-x}\text{S}_x$ ($x=0; 0,2; 0,4$) bərk məhlullarının yüksək temperaturlarda (350 K, 400 K temperaturlarda) elektrikkeçiriciliyinin tezlikdən asılılığında tərkibdən asılı olaraq (şəkil 2-də ayrı 3) keçiriciliyin və dispersiyanın əhəmiyyətli dərəcədə artdığını göstərir. $\text{TlSe}_{1-x}\text{S}_x$ ($x=0; 0,2; 0,4$) bərk məhlullarının keçiriciliyinin bu davranışı ion komponentinin artması ilə bağlıdır. Bu da, fikrimizcə, tədqiq olunan bərk məhlullarda tərkibin dəyişməsi ilə 400 K temperaturda kristallarda superior hala faza keçidi ilə əlaqədardır.

Məlum olduğu kimi, həm sıçrayışlı keçiricilik, həm də ion yükdaşınması ilə əlaqəli olan keçiricilik kristal qəfəsin deffekti ilə əlaqədardır [7,8]. Tədqiq etdiyimiz bərk məhlullar nizamsız sistemlərə aiddir belə ki, bu cür sistemlərdə qəfəsin düyünlərində periodiklik pozulur, lakin traslyasiya invariantlığı qalır. Yuxarı temperaturda dəyişən sahədə yükdaşınma mexanizminə aşağıdakı xarici amillər təsir edir:

- tədqiq olunan bərk məhlullarında translasiya nizamsızlığının olması və nöqtəvi defektlərin varlığı;
- tezlik dispersiyasının mövcudluğu
- elektrik keçiriciliyinin mexanizmi, delokallaşmış hallarda sərbəst-fononlardan fononların iştirakı ilə lokallaşmış hallarda sıçrayışlı keçiricilik halına keçə bilən temperatur faktorunun olması;
- yüksək temperaturlarda elektrik daşınmasının təbiətinə təsir edən bloklayıcı kontaktların olması, yəni elektrik keçiriciliyindəki ion keçiriciliyinin əhəmiyyətli rol oynamağa başlayanda.



Şəkil 2. $\text{TlSe}_{1-x}\text{S}_x$ ($x=0; 0,2; 0,4$) bərk məhlullarının keçiriciliyinin temperaturdan asılılığı Burada $a - x = 0$; $b - x = 0,2$; $c - x = 0,4$ bərk məhlulun tərkibləri və 1 – 300 K, 2 – 350 K, 3 – 400 K isə müxtəlif temperaturlardır

$\text{TlSe}_{1-x}\text{S}_x$ ($x=0; 0,2; 0,4$) kristalının yüksək temperaturlarda (350 K, 400 K temperaturlarda) elektrik keçiriciliyinin tezlikdən asılılığında tərkibdən aslı olaraq keçiriciliyin və dispersiyanın əhəmiyyətli dərəcədə artdığını göstərir. Tədqiq etdiyimiz bərk məhlul kristalında keçiriciliyinin bu davranışı ion komponentinin artması ilə bağlıdır ki, bu da 400 K temperaturda kristalda superior hala faza keçidi ilə əlaqədardır. $\text{TlSe}_{1-x}\text{S}_x$ ($x=0; 0,2; 0,4$) kristalında müşahidə olunan bu dəyişmə quruluşda Tl^+ alt qəfəsinin nizamsızlaşması ilə (alt qəfəsin əriməsi) müşayiyyət olunan faza keçidi nəticəsində baş verir.

YEKUN NƏTİCƏ

$\text{TlSe}_{1-x}\text{S}_x$ ($x=0,2$) bərk məhlulunda $25 \div 10^6$ Hs tezlik intervalında yükdaşıma prosesləri impedans spektroskopiyaya metodu ilə tədqiq olunmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, aşağı temperaturlarda 10^5 Hs tezlik intervalında elektrik keçiriciliyi $\sigma_{ac} \sim f^{0,8}$ qanununa tabe olur. Tezliyin sonrakı artması ilə elektrik keçiriciliyinin tezlikdən asılılığında tərkibdən aslı olaraq keçiriciliyin əhəmiyyətli dərəcədə artdığını göstərir. Göstərilmişdir ki, tədqiq olunan bərk məhlullarda keçiriciliyinin bu davranışı ion komponentinin artması ilə bağlıdır.

ƏDƏBİYYAT

1. Hahn H. Röntgenographische beitrage zu den systemen Thallium- Selen and Thallium -Tellur. / H. Hahn, W. Kleingler // Zeitseh. Anorg chem., -1949. -260, -p.110-119.
2. Kaksida S. Ferroelectric phase transition in monoclinic TlS / S.Kaksida, K.Nakamura, S.Katayama // SolidSt. Commun., -1992. -82, -p.127-130.
3. Kasida S. An X-Ray Study of the Polimorphism in Thallium Monosulfide: The structure of Two Tetragonal Forms./ S. Kasida, K.Nakamura // J. Solid State Chemistry. -1994. -110, -p. 264-269.
4. Nakamura K. X-ray Stady of the Room Temperature structure in monoclinic TlS / K. Nakamura, S. Kasida. // J.of the Phys Soc. Japan, -1993. -62, -p.3135-3141.
5. Sardarly Rauf. Phase Transition in TlS, TlSe and TlInS₂ Crystals Caused by Nanoscale Defects./ Rauf Sardarly, Arzu Sardarli, Famin Salmanov [et al.]. // International Journal of Theoretical and



Applied Nanoscience and Nanotechnology. -2018. 6, -p. 5-10

6. Мотт Н.Ф. Электронные процессы в некристаллических веществах / Н.Ф. Мотт, Э.А. Девис // Мир. М., 1974. -р.472.

7. Sardarly R. Phase Transition in TlS, TlSe and TlInS₂ Crystals Caused by Nanoscale Defects /R.Sardarly, A. Sardarli, F. Salmanov, [et al.] // International Journal of Theoretical and Applied Nanotechnology (IJTAN), -2018. -6, -p. 5-10.

8. Sardarly R.M. Conductivity on the localized states of (TlInSe₂)_{1-x}(TlGaTe₂)_x solid solutions / R.M. Sardarly, O.A. Samedov, N.A. Aliyeva [et al.]. // FTP, -2015. 49 (12), -p. 1704-1709.

AC CONDUCTIVITY OF TlSe_{1-x}S_x (x=0; 0.2; 0.4) SOLID SOLUTIONS

R.A. Mammadov

Charge transport processes in TlSe_{1-x}S_x (x=0; 0.2; 0.4) system solid solutions in the frequency range of $25 \div 10^6$ Hz were studied by impedance spectroscopy method. Dielectric measurements of TlSe_{1-x}S_x (x=0; 0.2; 0.4) solid solutions were carried out in the frequency range of $25 \div 10^6$ Hz, and it was determined that the real (ϵ') and imaginary (ϵ'') parts of the dielectric permittivity have a dispersion in the frequency dependence. Certain It was found that at low temperatures, the electrical conductivity in the frequency interval of 10^5 Hz obeys the law of $\sigma_{ac} \sim f^{0.8}$. With the subsequent increase in temperature, it shows that the conductivity and dispersion of the electrical conductivity increases significantly depending on the composition depending on the frequency. It is shown that this behavior of the conductivity in the studied solid solutions increases with the increase of the ionic component is connected.

Keywords: *dielectric constant, ac- conductivity, carries, superionic conductivity*

АС ПРОВОДИМОСТЬ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ TlSe_{1-x}S_x (x=0; 0,2; 0,4)

Р.М. Маммадов

Методом импедансной спектроскопии исследованы процессы переноса заряда в твердых растворах системы TlSe_{1-x}S_x (x=0; 0,2; 0,4) в диапазоне частот $25 \div 10^6$ Гц. Диэлектрические измерения твердых растворов TlSe_{1-x}S_x (x=0; 0,2; 0,4) были проведены в диапазоне частот $25 \div 10^6$ Гц и установлено, что действительная (ϵ') и мнимая (ϵ'') части диэлектрическая проницаемость имеют дисперсию в частотной зависимости. Определенное Установлено, что при низких температурах электропроводность в интервале частот 10^5 Гс подчиняется закону $\sigma_{ac} \sim f^{0.8}$. При последующем увеличении температуры он показывает, что проводимость а дисперсия электропроводности существенно возрастает в зависимости от состава в зависимости от частоты. Показано, что такое поведение электропроводности в исследованных твердых растворах усиливается с увеличением ионной составляющей..

Ключевые слова: *диэлектрическая постоянная, ак- проводимость, носители заряда, суперионная проводимость*