

Ln₂GeS₄ (Ln=La, Ce, Pr, Nd, Sm) TIPLİ BİRLƏŞMƏLƏRİN ELEKTROFİZİKİ XASSƏLƏRİNİN TƏDQIQI

H.R. QURBANOV, A.Ə. NƏBİYEV

*Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti
Bakı, Üz.Hajibəyov 34.*

La₂GeS₄ (La, Ce, Pr, Nd, Sm) tipli birləşmələr alınmış, onların elektrofiziki xassələri: elektrikeçirməsi, termo e.h.q. yükdaşıyıcıların yürüklüyü 300÷1000 K temperatur intervalında tədqiq edilmişdir.

Elektrikeçirmənin temperaturdan asılılıq qrafikdən məxsusi oblastda qadağan olunmuş zolağın eni hesablanmış və $\Delta E_T=1,83-2,01\text{eV}$ qiymətlər aldığı müəyyən edilmişdir. Termo e.h.q.temperaturdan asılı olaraq azalır və bütün temperatur intervalında p-tip keçiriciliyə malik olduğu göstərilmişdir. $\mu=\sigma P_x$ ifadəsindən yürüklüyün temperaturdan asılılığı öyrənilmiş və səpilmə mexanizmi təyin edilmişdir.

La₂GeS₄, Ce₂GeS₄, Pr₂GeS₄, Nd₂GeS₄ və Sm₂GeS₄ üçlü birləşmələri komponentlərin 1:1-ə nisbətində sintez olunmuşdur. Bu birləşmələr üçün xarakterik xüsusiyyət heksoqonal sinqoniyada kristallaşması və La-dan Sm-a keçdikdə (La→Ce→Pr→Nd→Sm) qəfəs sabitlərin azalmasıdır ($a=9,95\div 9,80\text{Å}$; $c=6,14\div 5,57\text{Å}$). Eyni zamanda mikroberkliyin qiyməti də həmin birləşmələrdə ardıcıl

olaraq artır.

Yuxarıda göstərilən birləşmələrin yarımkəçiricilər olmasını müəyyən etmək məqsədi ilə, onların elektrofiziki xassələri geniş temperatur intervalında tədqiq olunmuşdur. Tədqiq olunmuş birləşmələrin otaq temperaturunda fiziki xassələri cədvəl 1-də verilmişdir.

Cədvəl 1.

Ln₂GeS₄ (Ln=La, Ce, Pr, Nd, Sm) tipli birləşmələrin 300 K-də bəzi fiziki xassələri

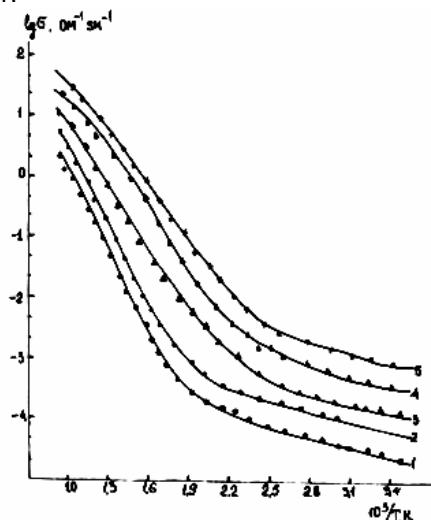
Birləşmə	Elektrik keçirmə, σ , $\text{om}^{-1}, \text{sm}^{-1}$	Termo-e.h.q. α , MkV/K	Yükdaşıyıcıların yürüklüyü, μ , $\text{sm}^2/\text{V}\cdot\text{san}$	Yükdaşıyıcıların konsentrasiyası, p , sm^{-3}	Qadağan olunmuş zolağın eni, ΔE_T , eV	Keçiriciliyin tipi n, P
La ₂ GeS ₄	$2,4 \cdot 10^{-5}$	390	12,4	$8,6 \cdot 10^{16}$	1,83	P
Ce ₂ GeS ₄	$7,8 \cdot 10^{-5}$	386	8,42	$9,4 \cdot 10^{16}$	1,87	P
Pr ₂ GeS ₄	$2,3 \cdot 10^{-4}$	371	7,44	$4,8 \cdot 10^{17}$	1,94	P
Nd ₂ GeS ₄	$6,6 \cdot 10^{-4}$	360	5,70	$6,3 \cdot 10^{17}$	1,97	P
Sm ₂ GeS ₄	$8,5 \cdot 10^{-4}$	326	2,62	$7,6 \cdot 10^{17}$	2,01	P

Cədvəldən görüldüyü kimi Ln₂GeS₄-dən Sm₂GeS₄-ə keçdikdə (La÷Sm) elektrikeçirmənin qiyməti artdığı halda, termo e.h.q.-nin qiyməti azalır. Bu zaman yükdaşıyıcıların yürüklüyü təxminən dörd dəfədən çox azalır. Otaq temperaturunda birləşmələrin fiziki parametrlərinin belə dəyişməsi La÷Sm sırasında yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının dəyişməsi ilə əlaqələndirilə bilər. Göstərilən halda isə qadağan olunmuş zolağın eni artır. Belə ki, La₂GeS₄ birləşməsi üçün $\Delta E_T=1,83\text{eV}$ olduğu halda, Sm₂GeS₄ üçün $\Delta E_T=2,01\text{eV}$ qiymətini alır.

Qeyd edək ki, tədqiq olunan birləşmələr sırasında əsasən nadir torpaq elementləri (La, Ce, Pr, Nd, Sm) dəyişir. Bu elementlərin ion radiusları ($r_{La^{+3}}=1,061$; $r_{Ce^{+3}}=1,034$; $r_{Pr^{+3}}=1,013$; $r_{Nd^{+3}}=0,995$; $r_{Sm^{+3}}=0,964\text{Å}$;) La÷Sm sırasında azalır. Eyni zamanda birləşmələrin kristal qəfəsinin sabitləri də azalır. Göstərilən parametrlərin bu cür dəyişməsi tədqiq olunan birləşmələrdə qadağan olunmuş zolağın eninin artmasına səbəb olur. Həmçinin qadağan olunmuş zolağın eninin dəyişməsi birləşmələrdə nadir torpaq elementlərində (La÷Sm) valent elektronlarının lokallaşmasının artması və bununla da keçiricilik zonasında elektronların sayının azalması ilə izah etmək olar.

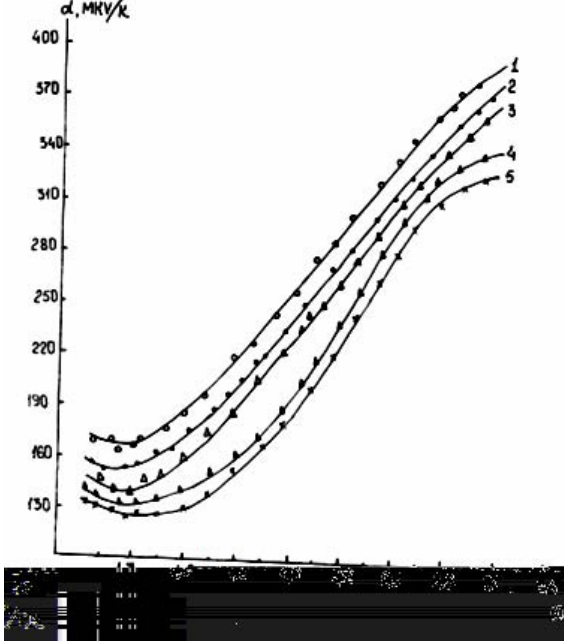
Fiziki xassələrinin öyrənilməsi gedişində müəyyən olunmuşdur ki, birləşmələrin beşi də 300 K-də P-tip keçiriciliyə malikdir.

La₂GeS₄, Ce₂GeS₄, Pr₂GeS₄, Nd₂GeS₄ və Sm₂GeS₄ birləşmələrinin elektrikeçirməsi və termo e.h.q.-si 300÷1000K temperatur intervalında ölçülmüş, alınmış nəticələr isə uyğun olaraq şəkil 1 və 2-də verilmişdir. Elektrikeçirmənin və termo e.h.q.-nin temperaturun artması ilə dəyişməsi, $\lg \sigma \sim f(10^3/T)$ və $\alpha \sim f(10^3/T)$ asılılıq qrafikindən görüldüyü kimi yarımkəçiricilər üçün xarakterikdir.



Şəkil 1. Ln₂GeS₄-(Ln=La, Ce, Pr, Nd, Sm) tipli birləşmələrin temperaturdan asılılıq qrafiki: 1-Sm₂GeS₄; 2-Nd₂GeS₄; 3 - Pr₂GeS₄; 4 - Ce₂GeS₄, 5- La₂GeS₄.

Tədqiq olunan birləşmələrin 5-də də elektrikkeçirən qiyməti 300÷1000K temperatur intervalında artır. $\sim T \leq 450\text{K}$ temperatur intervalında elektrikkeçirmə nisbətən az dəyişir və bu aşqar keçiricilik oblastına uyğun gəlir. $\sim T \leq 500\text{K}$ temperatur intervalında isə elektrikeçirmə temperaturdan asılı olaraq kəskin dəyişir. Bu isə məxsusi keçiricilik oblastına uyğun gəlir.



Şəkil 2. Ln_2GeS_4 -(La, Ce, Pr, Nd, Sm) tipli birləşmələrin termo e.h.q.-nin temperaturdan asılılıq qrafiki: 1- La_2GeS_4 ; 2- Ce_2GeS_4 ; 3 - Pr_2GeS_4 ; 4 - Nd_2GeS_4 ; 5- Sm_2GeS_4 .

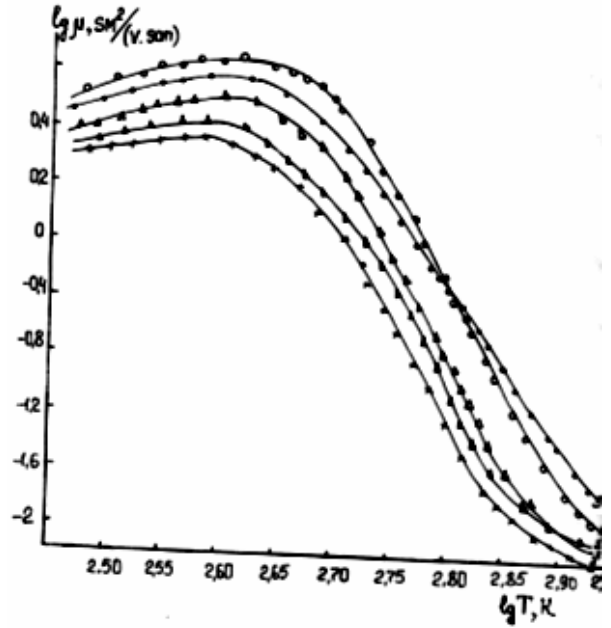
Qeyd edək ki, aşqar keçiricilikdən, məxsusi keçiricilik oblastına keçid temperaturu La_2GeS_4 -dən Sm_2GeS_4 -istiqamətində (La→Ce→Pr→Nd→Sm) aşağı temperaturaya doğru sürüşür (490→460). Aşağı temperatur intervalında (aşqar keçiricilik oblastı) birləşmələrin aktivləşmə enerjisinin qiymətləri hesablanmış və $\Delta E_0 = 0,22 \div 0,30\text{eV}$ olduğu müəyyən edilmişdir. Yuxarı temperatur intervalında isə (məxsusi keçiricilik oblastı) birləşmələrin qadağan olunmuş zolağın eni $E_T = 1,83 \div 2,01\text{eV}$ qiymətləri almışdır.

Termo e.h.q.-nin qiyməti isə birləşmələrin hamısında temperaturun artması ilə azalır (300÷1000 K temperatur intervalında) Nd_2GeS_4 və Sm_2GeS_4 birləşmələrinin termo e.h.q.-si otaq temperaturuna yaxın temperaturda ($\sim T \leq 350\text{K}$) nisbətən az dəyişir.

Tədqiq olunan birləşmələrin hamısında termo e.h.q.-si $\sim T = 750 \div 800\text{K}$ -dən temperaturun artması ilə kəskin azalır. Temperaturun $\sim T \geq 860\text{K}$ qiymətində isə birləşmələrin termo e.h.q.-nin qiymətinin az da olsa artması hiss olunur.

Termo e.h.q.-nin işarəsinin dəyişməsinə görə keçiriciliyin tipi təyin edilmiş və müəyyən olunmuşdur ki,

tədqiq olunan temperatur intervalında birləşmələrin hamısı P-tip keçiriciliyə malikdirlər.



Şəkil 3. Ln_2GeS_4 -(Ln=La, Ce, Pr, Nd, Sm) tipli birləşmələrinin yürüklüyünün temperaturdan asılılıq qrafiki: 1- La_2GeS_4 ; 2- Ce_2GeS_4 ; 3 - Pr_2GeS_4 ; 4 - Nd_2GeS_4 ; 5- Sm_2GeS_4 .

Yükdaşıyıcıların yürüklüyü ($\mu = \sigma R_H$) və konsentrasiyasını hesablamaq üçün La_2GeS_4 , Ce_2GeS_4 , Pr_2GeS_4 , Nd_2GeS_4 və Sm_2GeS_4 birləşmələrinin Hall effekti ölçülmüşdür (300÷1000K temperatur intervalında). Yükdaşıyıcıların yürüklüyünün temperatur asılılığı ($T = 300 \div 1000\text{K}$ temperatur intervalında) şəkil 3-də qrafik olaraq verilmişdir $\ln \mu \sim f(\ln T)$ qrafikindən yürüklüyün temperaturdan asılı olaraq dəyişmə dərəcəsinə ($\mu \sim T^{\pm K}$) hesablamaq olur. Burada «K» müsbət və mənfi qiymətlər almaqla, μ -nün temperaturdan asılı olaraq dəyişmə dərəcəsinə göstərir. Temperaturun $\sim T \leq 350\text{K}$ intervalında $K \approx 0,11 \div 0,18$ $T \approx 400 \div 490\text{K}$ temperatur intervalında isə $K \approx (0,52 \div 0,61)$ qiymətləri almışdır. $\sim T \geq 500\text{K}$ temperatur intervalında isə $K = -(1,5 \div 2,1)$ qiymətlər almışdır. Göründüyü kimi birinci və ikinci temperatur intervalında K-nisbətən kiçik qiymətlər alır və bu baxımdan səpilmə mexanizminin akustik olduğunu demək olar. Yuxarı temperatur intervalında isə «K»-nın böyük qiymətlər alması səpilmə mexanizminin həm akustik və həm də optiki olduğunu göstərir.

Elektrikeçirmə və termo e.h.q.-nin temperaturdan asılı olaraq dəyişmə xarakterini, bilavasitə yükdaşıyıcıların yürüklüyünün temperaturdan asılı olaraq dəyişməsi ilə izah oluna bilər. Bu isə yürüklüyün və digər parametrlərin (σ, α) tədqiq olunan kristallarda yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının dəyişməsi ilə əlaqələndirilə bilər.

[1] A.F. İoffe. Fizika poluprovodnikov. M. L. AN SSSR. 1957.

[2] İ.M. Carskiy, Q.İ. Novikov. Fiziçeskie metodi

issledovanie i neorganicheskoj ximii. M., Vis. Şkola, 1988.

H.R. QURBANOV, A.Ə. NƏBİYEV

H.R. Gurbanov, A.A. Nabiyev

**THE INVESTIGATION OF ELECTROPHYSICAL PROPERTIES
OF Ln_2GeS_4 (Ln=La, Ce, Pr, Nd, Sm) COMPOUNDS**

The compounds of type of Ln_2GeS_4 (Ln=La, Ce, Pr, Nd, Sm) are obtained and at the temperature range of 300-1000 K their electrophysical properties such as electrical conductivity, thermo-e.m.f. and charge carrier mobility are studied.

On temperature dependence of electrical conductivity in intrinsic range of conductivity the band gap energy is determined. It is shown, that at given temperature range with increasing of temperature the thermo-e.m.f decreases and in these compounds appears p-type of conductivity.

On $\mu=\sigma R_x$ relation are determined the temperature dependence of mobility and scattering mechanism.

Г.Р. Гурбанов, Ф.Ф. Набиев

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СОЕДИНЕНИЙ
ТИПА Ln_2GeS_4 (Ln=La, Ce, Pr, Nd, Sm)**

Получены соединения типа Ln_2GeS_4 (Ln=La, Ce, Pr, Nd, Sm) и в интервале температур 300÷1000 К, изучены их электрофизические свойства: электропроводность, термо – э.д.с. и подвижность носителей заряда.

Из температурной зависимости электропроводности в собственной области определена ширина запрещенной зоны, где $\Delta E_m=1,83\div 2,01$ эВ.

Показано, что в изученном температурном интервале с ростом температуры термо – э.д.с. уменьшается и данные соединения проявляют р-тип проводимости.

Из соотношения $\mu=\sigma R_x$ определена температурная зависимость подвижности и определён механизм рассеяния.

Received: 24.05.2003