

Sn_{0,99}Sm_{0,01}Te BƏRK MƏHLULUNUN QALVANOMAQNİT XASSƏLƏRİ

İ.M. MƏMMƏDOV, G.K. MƏMMƏDOVA, Q.Ə. ŞAHSUVAROVA

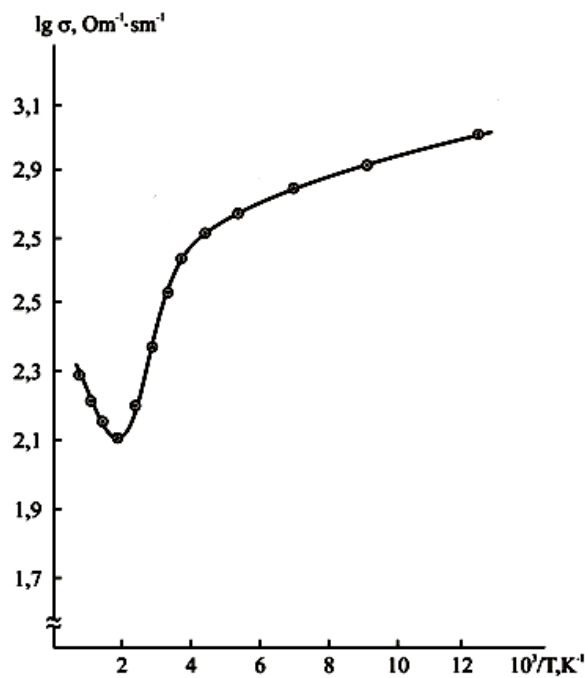
Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

Bakı, Üzeyir Hacıbəyli küçəsi, 34.

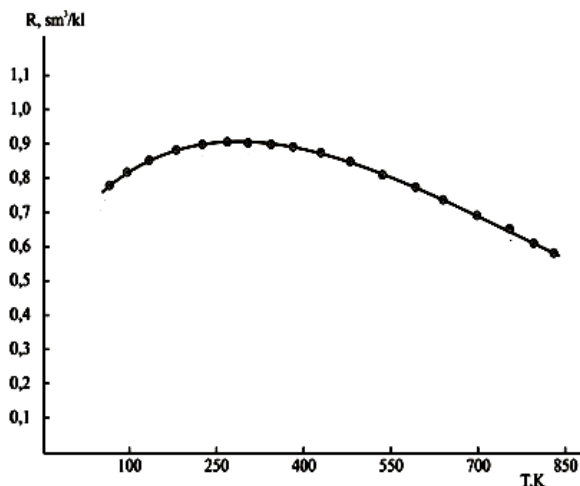
Tədqiqat işində Sn_{0,99}Sm_{0,01}Te bərk məhlulunun 100-900K temperatur intervalında qalvanomaqnit xassələri öyrənilmişdir. Bütövlükdə, σ , R , α və μ -nün temperatur asılılıqları bir-biri ilə yaxşı uzlaşır.

Acar sözlər: qalvanomaqnit, elektrik keçiriciliyi, konsentrasiya, kristal.
UOT: 538.93

Tədqiqat işində Sn_{0,99}Sm_{0,01}Te kristalının qalvanomaqnit xassələrinin tədqiqini aparmışıq. Mövcud parametrlərin ölçülməsi [1] işində təsvir olunan üsulla aparılmışdır.



Şəkil 1. Sn_{0,99}Sm_{0,01}Te bərk məhlulunun xüsusi elektrik keçiriciliyinin temperatur asılılığı



Şəkil 2. Sn_{0,99}Sm_{0,01}Te bərk məhlulunun Holl əmsalının temperatur asılılığı.

Şəkil-1 və 2-də Sn_{0,99}Sm_{0,01}Te məhlulunun xüsusi elektrik keçiriciliyinin və Holl əmsalının 100-900K intervalında temperatur asılılığının eksperimental tədqiqinin nəticələri verilmişdir. Şəkil 2-dən görüldüyü kimi, temperaturun 80-250K intervalında dəyişməsi zamanı tədqiq olunan kristal üçün xüsusi elektrik keçiriciliyi azalır. Bu temperaturdan etibarən tədqiq olunan nümunənin elektrik keçiriciliyi, temperaturun 500K-ə qədər artması ilə kəskin azalır. 500K temperaturdan başlayaraq məxsusi keçiriciliyin başlanması ilə keçiricilik artır. Bunun səbəbi valent zonasındaki məxsusi elektronların qadağan olunmuş zonanın eninə bərabər və ondan böyük enerji udaraq keçiricilik zonasına keçməsidir. $lq\sigma = f\left(\frac{10^3}{T}\right)$ asılılıqlarının

yüksək temperaturlu mailliyinə əsasən təyin olunmuş qadağan olunmuş zonanın eni, SnTe qəfəsində Sn – atomlarının Sm atomları ilə əvəz olunması və Sm-un miqdarının artması istiqamətində azalır. Tərkibdə Sm-un miqdarının 1 mol % qiymətində qadağan olunmuş zonanın eni 0,15eV təşkil edir, yəni 0,05 eV azalmış olur.

Bunun səbəbi SnTe qəfəsində ion radiusu 1 \AA olan Sm atomlarının ion radiusu 0.67 \AA olan Sn–atomlarını əvəz etməsidir. Nəzərə alınmalıdır ki, elektrik keçiriciliyinin temperatur asılılığına əsasən təyin edilmiş qadağan olunmuş zonanın eni $T=0 \text{ K}$ -ə müvafiqdir, yəni qadağan olunmuş zonanın eni temperaturdan asılıdır. Bu asılılıq

$$\Delta E(T) = \Delta E_0(T=0) + \beta T$$

kimi ifadə edilir. Təbiidir ki, qadağan olunmuş zonanın eninin elektrik keçiriciliyinə görə təyin olunmuş qiyməti optik ölçmələr əsasında təyin olunmuş qiyməti ilə yaxşı uzlaşır.

Qeyd edək ki, elektrik keçiriciliyinin aşağı temperaturlarda azalması, həmin temperatur intervalında aşqarların konsentrasiyasının azalmasının nəticəsidir. 300-500K temperatur intervalllarında σ -nın kəskin azalması yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının sabit qalması və yürüklüyün, əsasən, qəfəslərin istilik rəqslərindən səpilməsinin nəticəsidir. Temperaturun sonrakı artması ilə məxsusi elektronlar valent zonasından keçirici zonaya keçir. Bu keçid eksponensial qanunla baş verdiyindən, aşqar keçiricilikdən məxsusi keçiriciliyə keçid çox dar intervalda baş verir.

Şəkil 2-də Sn_{0,99}Sm_{0,01}Te kristalının Holl əmsalının temperatur asılılıqları verilmişdir. Tədqiqatlar 80-900K

temperatur intervalında aparılmışdır. Şəkil 2-dən görün-
düyü kimi, temperaturun 80K-dən 250K-ə qədər artması
halında Holl əmsalı anomal olaraq artır. 250-400K tempe-
ratur intervalında isə tədqiq olunan kristalın Holl əmsalı
sabit qalır, $\approx 400\text{K}$ -dən sonra isə məxsusi keçiriciliyin
başlanması ilə azalır. Bu tip asılılıq baza birləşməsi olan
SnTe və onun struktur analoglarında da aşkar edilib və
səbəbi həmin birləşmələrin mürəkkəb zona quruluşlarına
malik olmaları ilə əlaqələndirilmişdir.

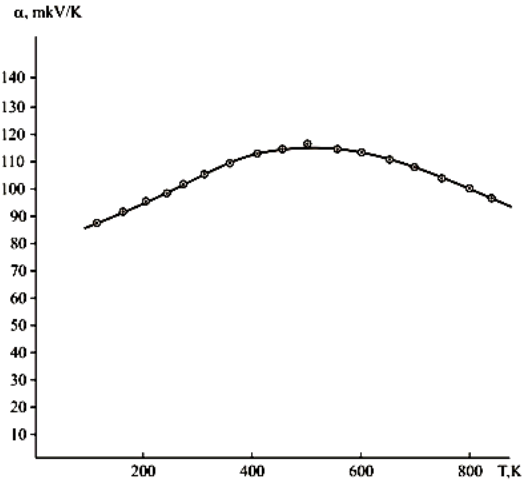
Şəkil 1 və 2-dən görüldüyü kimi, elektrik keçiricili-
yinin və Holl əmsalının temperatur asılılığının dəyişmə
xarakteri tədqiq olunan kristalların hamısı üçün eynidir.
Yəni, $\text{Sn}_{0,99}\text{Sm}_{0,01}\text{Te}$ bərk məhlullarının tərkibində Sm-
un miqdarı artdıqca, Holl əmsalı azalır, xüsusi elektrik ke-
çiriciliyi isə artır. Qeyd edək ki, qadağan olunmuş zona-
nın eninin Holl əmsalına əsasən təyin edilmiş qiymətləri
ilə elektrik keçiriciliyinə əsasən təyin olunmuş qiymətləri
bir-biri ilə yaxşı uzlaşır. Şəkil 3-də $\text{Sn}_{0,99}\text{Sm}_{0,01}\text{Te}$
kristalının termo-e.h.q. əmsalının temperatur asılılıqları-
nın 80-900K temperatur intervalında ölçülməsinin nəticə-
si verilmişdir. Görüldüyü kimi, aşağı temperaturlarda, yə-
ni 80-400K temperatur intervalında, termo-e.h.q. əmsalı
artır, 450K-dən sonra isə məxsusi keçiriciliyin başlaması
səbəbindən azalır. Analoji asılılıqlar SnTe və GeTe birləş-
mələrində, habelə mürəkkəb zona quruluşuna malik olan
digər yarımkeçiricilərdə də müşahidə edilmişdir. Nəzərə
alaq ki, istər $\sigma(T)$, istər $R(T)$, istərsə də $\alpha(T)$ asılılıqları-
nın xarakteri öyrənilən bərk məhlulların hamısında eyni
olmuşdur. Bu onunla bağlıdır ki, həm baza birləşməsi
SnTe, həm də onun əsasında $\text{Sn}_{0,99}\text{Sm}_{0,01}\text{Te}$ bərk məh-
lulları eyni kubik sinqoniyada kristallaşır.

$\text{Sn}_{0,99}\text{Sm}_{0,01}\text{Te}$ bərk məhlulunun Holl yüüklüyünün
temperatur asılılıqları şəkil 4-də verilmişdir. Həmin şəkil-
dən görüldüyü kimi, aşağı temperaturlarda yüüklük
temperaturdan asılı olaraq nisbətən zəif, yüksək temperaturlar-
da isə kəskin azalır. Bu onunla bağlıdır ki, aşağı tempe-
raturlarda yükdaşıyıcıların defektlərdən və aşqar ionların-
dan səpilməsi üstünlük təşkil etsə də, yüksək temperaturlar-
da onların uzununa akustik fononlardan səpilməsi üs-
tünlük təşkil edir.

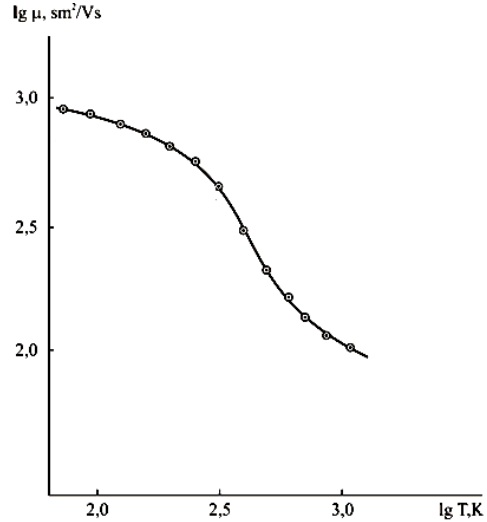
Qeyd olunanlara onu əlavə etmək olar ki, SnTe bir-
ləşməsinin kinetik parametrlərinin temperatur asılılıqları-
nda meydana çıxan mürəkkəbliklərin izah edilməsinə
cəhd, bu birləşmənin zona quruluşuna əsasən edilsə də
tam dəqiq izahat verilə bilməmişdir.

Bunun izahı, SnTe-un struktur analogları olan PbTe və
GeTe birləşmələrində rezonans hallarının olması ilə
əlaqədar aparıldığından, belə mühakimə yürütmək olar ki,
SnTe və onun əsasında bərk məhullarda aşqar və selektiv
defektlər, həmçinin, rezonans səviyyələri əmələ gətirir.
Səpilmədə onların payı selektiv xarakter daşdığından, bu
özünü kinetik parametrlərin dəyişməsinə büruzə verir.
Şəkil 3-də $\text{Sn}_{0,99}\text{Sm}_{0,01}\text{Te}$ və bərk məhlulunun termo-
e.h.q. əmsallarının, şəkil 4-də Holl yüüklüyünün tem-
peratur asılılığı verilmişdir. Şəkil 3-dən görüldüyü kimi,
bu kristalın termo-e.h.q. əmsalı temperaturun 300 dən-
400K-ə qədər dəyişməsi halında 85mkV/dər-dən artaraq
150mkV/dər qiymətini alır. Bu kristalların Holl
yüüklüyünün temperatur asılılıqları şəkil 4-də verilmiş-
dir. Həmin asılılıqlardan görüldüyü kimi, $\mu(T)$ asılılığı
aşqar yarımkeçiricilərə xas olan formadadır. Yəni, tempe-
raturun 100K-dən 200K-ə qədər artması halında yükdaşı-
yıcıların aşqar ionlarından səpilməsi səbəbindən yüüklü-

yün zəif azalması, daha sonra isə temperaturun 300K qiymətindən etibarən dəyişməsi halında, yükdaşıyıcıların
atomların istilik rəqslərindən səpilməsi ilə əlaqədar nisbətən kəskin azalması baş verir. Otaq temperaturunda yü-
rüklüyün orta qiyməti $\approx 200\text{sm}^2/\text{V}$ -san təşkil edir. Xüsusi elektrik keçiriciliyinin, Holl, termo-elektrik hərəkət qüv-
vəsinin temperatur asılılıqlarının analizi göstərir ki, tədqiq olunan kristal üçün aşqar keçiricilik oblastında temperatur
artdıqca σ -nın azalması, məxsusi keçiriciliyin başlanması, yəni, valent zonasından keçiricilik zonasına məxsusi elek-
tronların keçməsi səbəbindən artması baş verir. Bu kristal-
larda Holl əmsalının və qismən də termoelektrik hərəkət qüvvəsinin əmsalının temperatur asılılıqlarında mürəkkəb zona
quruluşlu maddələrə xas olan anomaliyalar, R -in və α -
nın artması müşahidə edilir.



Şəkil 3. $\text{Sn}_{0,99}\text{Sm}_{0,01}\text{Te}$ bərk məhlulunun termo-e.h.q. əmsalının temperatur asılılığı.



Şəkil 4. $\text{Sn}_{0,99}\text{Sm}_{0,01}\text{Te}$ bərk məhlulunun Holl yüüklüyünün temperatur asılılığı.

Bu artma tədqiq olunan kristalların mürəkkəb zona quruluşuna, yəni valent zonasının ağır və yüngül deşiklərinin əmələ gətirdiyi iki əlavə zonadan təşkil olunması mülahizəsinə əsasən izah oluna bilər.

Ağır deşiklərin mövcud olduğu halda, Holl əmsalı

$$R = \frac{A}{ec_o} \cdot \frac{p_1\mu_1^2 + p_2\mu_2^2}{(p_1\mu_1 + p_2\mu_2)^2} = R_0 \frac{(1 + p_2/p_1)[1 + (p_2/p_1)b']^2}{[1 + (p_2/p_1)b']^2} \quad (1)$$

$$b' = \mu_2 / \mu_1$$

kimi təyin edilir. Burada, $R_0 = \frac{A}{pec_o}$ -aşağı tempera-

turlarda Holl sabiti, $p = p_1 + p_2$, p_1 və p_2 müvafiq olaraq ağır və yüngül dəşiklərin konsentrasiyalarıdır.

Qeyd edək ki, R_{max} / R_0 yalnız zonalardakı yürüklüklərin nisbətindən asılı olub, onların enerji fərqiindən asılı olmur. Əgər $b' = \frac{\mu_2}{\mu_1}$ temperaturdan zəif asılıdırsa,

Holl sabiti, əsasən, valent zonasını təşkil edən əlavə zonalarda yük daşıyıcıların paylanmasıdan asılı olur. İkinci zonaladakı dəşiklərin yürüklüklərinin çox kiçik olması $\mu_2 < \mu_1 \ll 1$, Holl effektinə az təsir edir və dəşiklərin ikinci zonaya keçməsi üzündən sərbəst yükdaşıyıcıların konsentrasiyası

$$R = \frac{A}{ecp_2} \quad (2)$$

azalır və, beləliklə də, Holl sabiti kəskin artır. Holl sabiti özünün maksimal qiymətini $p_1=p_2$ -də aldığı üçün

$$R_{max} = R_0 \frac{4b'^2}{(1+b')^2} \quad (3)$$

münasibəti iki zonalı modelə əsasən asanlıqla alınır.

Tədqiq etdiyimiz maddələrin mürəkkəb zona quruluşuna malik olmaları, onların termo e.h.q. əmsallarının tədqiqində də özünü büruzə verir. Belə ki, Sn_{0.99}Sm_{0.01}Te kristalları üçün temperaturun artması ilə əvvəlcə termo e.h.q.-nin artması, sonra isə azalması baş verir. Bu asılılığı aşağıdakı kimi izah etmək olar. İki zonalı modelə görə termo e.h.q. əmsalı aşağıdakı kimi təyin olunur.

$$\alpha = \frac{\alpha_{p_1} \cdot b' \cdot p_1 + \alpha_{p_2}}{b'p_1 + p_2} \quad (4)$$

α_{p_1} və α_{p_2} müvafiq olaraq bir yüngül, bir də ağır dəşik zonalarının olması ilə əlaqədar yaranan termo-e.h.q. əmsallarıdır. Əgər ağır dəşiklərin elektrik keçiricilikləri yüngül dəşiklərinkindən kiçikdirsə, (5) ifadəsində kəsrin məxrəcindəki p_2 -ni atmaq olar. Bundan əlavə, əgər $\alpha_{p_2} \cdot p_2 \ll \alpha_{p_1} \cdot p_1 \cdot b'$ olarsa, onda tam termo e.h.q. əmsalı yüngül dəşiklərin termo e.h.q. əmsalına bərabər olar ($\alpha \approx \alpha_{p_1}$).

Sadə parabolik zona quruluşu üçün termo-e.h.q. əmsalı

$$\alpha = \frac{k}{e} \left[\frac{(r+2)F_{r+2}(\eta^*)}{(r+1)F_r(\eta^*)} - \eta^* \right] \quad (5)$$

Burada $F_r(\eta^*)$ və $F_{r+2}(\eta^*)$ Fermi inteqrallarıdır [4].

$$F_r(\eta^*) = \int_0^\infty \frac{x^r dx}{e^{x-\eta^*} + 1}$$

Cırılşmamış elektron qazı üçün ($\eta^* < -2$) (49) düsturu sadələşərək aşağıdakı şəkllə düşür.

$$\alpha = \frac{k}{e} \left[r + 2 + \ln \frac{2(2\pi mkT)^{3/2}}{h^3 n} \right] \quad (6)$$

burada

$$m = N^{2/3} (m_1 \cdot m_2 \cdot m_3)^{1/3}$$

Hal sıxlıqlarının effektiv kütləsi, N -ellipsoidlərin sayı, m_1 , m_2 , m_3 effektiv kütlə tenzorunun baş qiymətləridir. (5) Fermi enerjisinin funksiyası olub, ağır dəşiklərin zonaların təpəsinə qədər çatmış olduğu ana qədər artır, bundan sonra isə sabit qalır. Bu da öz növbəsində termo e.h.q. əmsalının sabit qalmasına səbəb olur.

Əgər $\alpha_{p_2} \cdot p_2$, $\alpha_{p_1} \cdot p_1 \cdot b'$ -lə müqayisə olunan tərtibdədirsə, onda $p_2 \ll p_1 \cdot b'$ olur (çünki ağır dəşiklərin yürüklüyü çox kiçikdir) və termo-e.h.q. əmsalı

$$\alpha = \alpha_{p_1} \left(1 + \frac{\alpha_{p_2} \cdot p_2}{\alpha_{p_1} p_1 b'} \right) \quad (7)$$

kimi təyin edilir. Bu kəmiyyət α_{p_1} -dən böyükdür, ikinci hədd konsentrasiya artdıqca artdığından, onun böyük qiymətlərində tam termo-e.h.q. əmsalının artması, ağır dəşiklərin konsentrasiyasının sonrakı artması ilə termo-e.h.q. əmsalının azalması bas verir.

Yürüklüyün temperaturdan asılı olaraq dəyişməsinə görəndüyü kimi, aşqar keçiricilik oblastında yükdaşıyıcıların aşqar ionlardan səpilməsi nəticəsində μ -nün 250K-ə qədər artması, səpilmənin istilik rəqslərindən səpilməsi halında isə azalması bas verir.

- [1] *Б.М. Аскеров.* Кинетические эффекты в полупроводниках. Ленинград: Наука 1971, 302 с.
- [2] *Ф. Блат.* Физика электронной проводимости в твердых телах. Москва: Мир, 1957, 567 с.
- [3] *С.А.Немов, Ю.И.Равич, В.И.Прошин, Т.Г. Абайдулина.* Журнал ФТП, 1998, т.32, в.3, с.311
- [4] *Б.Ф. Ормонт.* Введение в физическую химию и кристаллохимию полупроводников. Москва: Высшая школа, 1973, 655 с.

I.M. Mammadov, G.K. Mammadova, Q.Ə. Sahsuvarova

GALVANOMAGNETIC PROPERTIES OF SOLID SOLUTION $\text{Sn}_{0,99}\text{Sm}_{0,01}\text{Te}$

Galvanomagnetic properties have been studied of solid solution $\text{Sn}_{0,99}\text{Sm}_{0,01}\text{Te}$ in the temperature interval 100-900K are investigated. Temperature dependences of the mark as a whole σ , R , α , μ are consistent with each other.

И.М. Мамедов, Г.К. Мамедова, Г.А. Шахсуварова

ГАЛЬВАНОМАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ТВЁРДЫХ РАСТВОРОВ $\text{Sn}_{0,99}\text{Sm}_{0,01}\text{Te}$

В данной работе исследованы гальваномагнитные свойства твёрдых растворов $\text{Sn}_{0,99}\text{Sm}_{0,01}\text{Te}$ в интервале температур 100-900К. В общем, температурные зависимости σ , R , α , μ -достаточно хорошо согласуются между собой.

Qəbul olunma tarixi: 02.02.2015