

MƏXSUSİ VƏ QALAYLA AŞQARLANMIŞ Bi_{0,84}Sb_{0,16} ƏRİNTİLƏRİNDƏ VALENT ZONASI

X.Ə. HƏSƏNOVA

*Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının H.M. Abdullayev adına Fizika İnstitutu
AZ -1143, Azərbaycan, Bakı, H. Cavid pr. 131.*

0,1at% Sn qalayla aşqarlanmış Bi_{0,84}Sb_{0,16} nümunələrinin elektrik müqaviməti, Holl əmsalı və maqnit müqavimətinin komponentləri maye azot temperaturunda tədqiq edilmişdir. Bütün qalvanomaqnit əmsallarının hesablamada nəticələri göstərir ki, dəşik ellipsoidlərinin meyletməsi böyükdür və qalayla aşqarlama yolu ilə birzonalı vəziyyətə nail olmaq mümkündür. Növbəti maraqlı fakt ondan ibarətdir ki, dəşik ellipsoidləri yüngül dəşik və elektron ellipsoidlərindən daha az anizotropdurlar. Belə ki, elektronların yürlük nisbəti $\mu_2/\mu_1=0,009$ ağır dəşiklərin yürlük nisbəti isə $v_2/v_1=0,05$ bərabərdir. Qeyd edək ki, parsial yürlüklər arasında belə nisbət L , H və T ekstremumlarına xarakterik deyildir. Buna görə də hesab edilir ki, tədqiq olunan ərintidə valent zonasının ekstremumu Brillüen zonasının Σ nöqtəsində yerləşir.

Açar sözlər: Bi-Sb ərintiləri, qalvanomaqnit xassələri, kinetik parametrlər, Brillüen zonası, aşqarlama

PACS: 71.20.Nr, 72.20.My, 72.20.Fr, 73.50.Jt

1. GİRİŞ.

Yarımmetalların və onların bərk məhlullarının donor və akseptor tipli aşqarlarla aşqarlanması onlarda yükdaşıyıcıların enerji spektrinin öyrənilməsi üçün geniş istifadə edilir. Çünki, bu bizə kimyəvi potensialın səviyyəsini dəyişdirərək, spektrin dəyişməsinə izləməyə imkan verir. Bəzən aşqarlama yolu ilə birzonalı vəziyyətə keçməklə, spektrin parametrlərinin hesablamalarını əhəmiyyətli dərəcədə sadələşdirmək mümkündür.

Bi_{1-x}Sb_x ərintisinin yükdaşıyıcılarının enerji spektrinin stibiumun konsentrasiyasından asılılığı sxemindən [1] belə nəticəyə gəlmək mümkündür ki, $0,15 < x < 0,22$ tərkibli yarımqeçirici ərintilər üçün minimal enerji yarığı L_a və Σ termləri ilə təyin olunur. Bununla belə, məxsusi ərintilərdə L_a elektronlarının qalvanomaqnit effektlərə təsirinin böyük olması, valent zonasının strukturunu öyrənmək məsələsini mürəkkəbləşdirir. Məxsusi, və ya donor və akseptor aşqarları ilə aşqarlanmış, tərkibində cüzi miqdarda stibium olan Bi_{1-x}Sb_x ərintilərinə həsr edilmiş elmi işlərin sayı çoxdur [2-5]. Buna görə də, stibium tərkibini və qalay aşqarının konsentrasiyasını yuxarıda qeyd edilmiş intervaldan seçməklə Brillüen zonasının Σ nöqtəsində yerləşən valent zonanın strukturu haqqında məlumat əldə etmək mümkündür. Bu səbəbdən də, hazırkı işdə Bi_{0,84}Sb_{0,16}+0,1at%Sn ərintisində 77K temperaturda bütün qeyri-asılı qalvanomaqnit əmsallarının hesablamaları aparılmışdır.

2. TƏCRÜBƏ HİSSƏSİ

Bi_{0,84}Sb_{0,16} və Bi_{0,84}Sb_{0,16}+0,1 at % Sn mono-kristal ərintilərində $T=77$ K temperaturda ρ_{11} , ρ_{33} xüsusi müqavimətin, R_{231} , R_{123} Holl əmsallarının və $\rho_{11,11}$, $\rho_{11,22}$, $\rho_{11,33}$, $\rho_{33,33}$ maqnit müqavimətinin tenzor komponentləri ölçülmüşdür. Təcrübə zamanı Bi tipli kristallar üçün maqnit sahəsində elektrik keçiriciliyinin müvafiq komponentləri ilə əlaqəli olan maqnit müqavimətinin komponentləri maqnit sahəsində ölçülmüşdür [6].

Cədvəl 1.

Sn ilə aşqarlanmış Bi_{0,84}Sb_{0,16} ərintisinin 77K temperaturda izotermik qalvanomaqnit əmsalları: (ρ_{11} , ρ_{33} -3%, ρ_{123} , ρ_{231} -5%, $\rho_{11,22}$ -10%, $\rho_{11,11}$ və $\rho_{33,11}$ -15%, $\rho_{11,33}$ və $\rho_{33,33}$ -20% dəqiqliklə ölçülmüşdür; ölçmə: σ_{ij} -Om⁻¹sm⁻¹, σ_{ijk} - sm³ Kl⁻¹Om⁻², σ_{ijkl} -sm³Kl⁻²Om⁻³).

at % Sn	0 ölç.	hes.	0.1 ölç.	hes.
σ_{11}	5,15 (3)	4,87 (3)	4,12 (2)	4,00 (2)
σ_{33}	5,70 (3)	6,10 (3)	3,52 (2)	3,40 (2)
σ_{231}	2,00 (9)	2,06 (9)	2,48 (5)	2,36 (5)
σ_{123}	0,68 (8)	0,60 (8)	0,74 (5)	0,81 (5)
$\sigma_{11,33}$	34,00 (12)	39,00 (12)	0,69 (8)	0,58 (8)
$\sigma_{33,1}$	10,70 (14)	14,30 (14)	1,72 (8)	1,43 (8)
$\sigma_{11,11}$	5,84 (14)	5,10 (14)	0,86 (8)	0,74 (8)
$\sigma_{11,22}$	14,20 (14)	15,60 (14)	1,98 (8)	2,33 (8)
$\sigma_{33,33}$	19,30 (14)	20,00 (14)	0,21 (8)	0,18 (8)

Təcrübə nəticələrinin kəmiyyətə şərh olunması üçün qalvanomaqnit əmsallarının tenzorlarının komponentləri ilə kinetik parametrlər arasındakı əlaqədən istifadə edilmişdir [7]. Belə bir interpretasiya, bir tərəfdən, təcrübədən alınmış və hesablanmış qiymətlər arasındakı uzlaşmaya əsasən, enerji spektri modelinin seçilməsinin düzgünlüyünə və digər tərəfdən spektrin parametrlərinin dəyişməsinin xarakterinə dair fikir söyləməyə imkan verir.

3. MÜZAKİRƏLƏR VƏ İNTERPRETASIYA

Bi_{0,84}Sb_{0,16} və Bi_{0,84}Sb_{0,16}+0,1 at % Sn ərintilərinin qalvanomaqnit xassələrinin interpretasiyası üçün bu işdə Brillüen zonasının L nöqtəsində yerləşən, triqonal ox istiqamətinə nisbətən yüngülcə meyl edən və

bu oxun ətrafında 120° dönən, bir-birinə keçən ümumi tip üç ellipsoid ilə elektronların Fermi səth modelini təsvir edən model qəbul olunmuşdur. Deşiklərin Fermi səthi Brillüen zonasının Σ və H nöqtələrində yerləşən triqonal oxla nisbətən meyl edən ümumi tip üç və ya altı ellipsoid ilə təsvir olunur.

Beləliklə, ümumi halda bu model L_a elektronları üçün yürüklüyünün üç komponenti (μ_1, μ_2, μ_3), L_s , Σ , H -dəki deşiklərin üç komponenti (ν_1, ν_2, ν_3), elektron və deşik ellipsoidlərinin meyletmə bucaqları (φ_e, φ_d), N_e, N_d konsentrasiyaları, eləcə də T və $\Gamma-T$ zonalarındakı deşiklərin yürüklüyü və konsentrasiyası vasitəsilə təsvir edilə bilər.

Enerji spektrinin yuxarıda sadalanan parametrləri və qalvanomaqnit əmsalları arasında nisbət müxtəlif növ daşıyıcıların ümumi yükə qatqılarından qeyri-asiylığı haqqında ehtimaldan təyin edilə bilər.

[7]-də müvafiq nisbətlər verilmişdir. Cədvəl 1-də $\text{Bi}_{0,84}\text{Sb}_{0,16}$, və $\text{Bi}_{0,84}\text{Sb}_{0,16}$, +0,1 at % Sn tərkibli ərintilər üçün $T=77$ K temperaturda qalvanomaqnit əmsallarının təcrübədən alınmış və hesablanmış qiymətləri verilmişdir.

Cədvəl 1-dən görünür ki, müqavimətin anizotropiyası $A = \frac{\rho_{33}}{\rho_{11}} = 1,18$, Holl əmsalının anizotropiyası

$C = \frac{R_{123}}{R_{321}} = 0,34$ və maqnit müqavimətinin anizotropiyası $K = \frac{\rho_{33,11}}{\rho_{11,33}} = 2,47$ $\text{Bi}_{0,84}\text{Sb}_{0,16}$, +0,1 at % Sn tərkibli

ərinti üçün ciddi şəkildə digər tədqiq edilən nümunələrdən fərqlənir. Aşqarlanmamış $\text{Bi}_{0,84}\text{Sb}_{0,16}$ ərintiləri üçün $A = 0,9$, $C=0,035$ və $K=31$. Qeyd edək ki, yekun nəticə bütün aşqarlanmamış yarımkeçirici $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ ərinti tərkibləri üçün xarakterikdir. Bu deşik ellipsoidlərinin elektron ellipsoidlərindən daha az anizotrop olmasını hesab etməyə əsas verir. Çünki, aşqarlanmamış ərintilərdə daşınma hadisələrində əsas rolu elektronlar oynayır. Lakin, anizotropiya dərəcəsi və "birzonalı" vəziyyətin əldə olunması daha öncəkinə analoji olaraq, daşıyıcıların konsentrasiyalarının və zona parametrlərinin müvafiq hesablamalarını apardıqdan sonra təyin olunmalıdır. Parametrlərin hesablaması nəticələri cədvəl 2-də verilmişdir.

Cədvəldə N_e və N_d - müvafiq olaraq elektron və deşiklərin konsentrasiyası sm^{-3} vahidi ilə ifadə olunmuşdur. μ_i və ν_i - müvafiq olaraq elektron və deşiklərin

yürüklüklərinin tenzor komponentləridir $\text{sm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ vahidi ilə verilmişdir. φ_e və φ_d - müvafiq olaraq elektron və deşik ellipsoidlərinin meyletmə bucaqlarıdır.

Cədvəl 2.

Sn ilə aşqarlanmış $\text{Bi}_{0,84}\text{Sb}_{0,16}$ ərintisinin 77K temperaturda kinetik parametrləri

at % Sn	0	0,1
φ_e	5°	16°
μ_1	16°	
μ_2	9,00 (5)	
μ_3	8,10 (3)	
ν_1	3,00 (5)	1,32 (3)
ν_2	1,50 (4)	6,60 (1)
ν_3	1,50 (5) 1,50 (5)	6,60 (2)
N_e	4,95 (16)	
N_d	4,95 (16)	3,50 (18)

Zona parametrlərinin alınmış nəticələrinin təhlili, bu faktları müəyyənləşdirməyə imkan verir: qalayla aşqarlamaq yolu ilə birzonalı vəziyyətin əldə olunması, həmçinin, deşik ellipsoidlərinin meyletməsi elektron ellipsoidlərinin meyletməsindən kifayət qədər çoxdur.

Növbəti maraqlı nəticə ondan ibarətdir ki, deşik ellipsoidləri elektron ellipsoidlərindən daha az anizotropdurlar. Beləki, elektronların yürüklüklərinin nisbəti $\mu_2/\mu_1=0,009$, deşiklərin isə $\nu_2/\nu_1=0,05$ -ə bərabərdir. Qeyd edək ki, izotrop relaksasiya müddəti ehtimalında yürüklüyün tərs qiyməti elektron və deşiklərin izoenergetik səth formasını xarakterizə edir. Qalvanomaqnit əmsalları və parsial yürüklük arasında nisbət Brillüen zonasının nə T , nə də L ekstremumlarına xarakterik deyil. Buna görə də, ehtimal olunur ki, tədqiq olunan ərinti üçün valent zonasının ekstremumu Brillüen zonasının Σ nöqtəsində yerləşir.

[1] 1. Н.Б.Брандт, Б.А.Корчак, А.М.Чесноков, С. М.Чудинов. ФТТ, 1977, т. 19, в. 7, с.2107- 2116.
 [2] Г.А.Иванов, Г.Н. Коллачников, И.И.Фадеева. Электрические и гальваномагнитные свойства висмута и его сплавов с сурьмой, легированных оловом. Уч. Зап. ЛГПИ. им.А.И. Герцена, 1968, т. 384, в.4, Полуметаллы, с.45-53.
 [3] В.С.Волошин, Г.А.Иванов, В.А.Куликов, Ю.Н.Сараев. ФТТ, 1969, т.2, в.7, с.1876.
 [4] Г.А.Иванов, Г.Д.Копосов. Электрические свойства чистого висмута и его сплавов с оловом в широком температурном интервале. Вопросы кристаллизации и физики твердого

тела. Уч. Зап. ЛГПИ. им. А.И. Герцена, 1965, т.265, с.205-213.
 [5] Б.А.Тауров. Дисперсия электромагнитных магнитоплазменных волн и гальваномагнитные эффекты в сплавах $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$. Дисс. на звание док. физ. – мат. наук, Баку 1995.
 [6] Н.И. Jurtschke Symmetry of galvanomagnetic effect in antimony. Acta Crystallog., 1955, v.8, n.11, p.716-722.
 [7] А.Ш. Мехмиев, Б.А Тауров, М.Г. Шахматинский. Методология кинетических параметров в твердых телах со сложной зонной структурой. АМЕА Fizika İnstitutunun 60 illiyinə həsr olunmuş «Məqalələr toplusu» Fizika 2005, iyun N 7-9, s.282-292.

Х.Ә. НӘСӘНОВА

Х.А. Гасанова

ВАЛЕНТНАЯ ЗОНА ЧИСТЫХ И ЛЕГИРОВАННЫХ ОЛОВОМ СПЛАВОВ $\text{Bi}_{0,84}\text{Sb}_{0,16}$

Было проведено исследование компонентов удельного сопротивления, коэффициента Холла и магнитосопротивления образцов $\text{Bi}_{0,84}\text{Sb}_{0,16}$, легированные 0,1 при% Sn в количестве 0,1 при% при температуре жидкого азота.

Анализ полученных результатов для зонных параметров, прежде всего, устанавливает факты: достижение однозонного состояния путем легирования оловом, а также, что наклон дырочных эллипсоидов значительно больше, чем электронных эллипсоидов.

Следующим интересным выводом является то, что дырочные эллипсоиды оказались менее анизотропные, чем электронные, так как отношение подвижностей электронов $\mu_2/\mu_1=0,009$, а дырок $v_2/v_1= 0,05$. Отметим, что в предположении изотропности времени релаксации, обратные значения подвижности характеризуют форму изоэнергетических поверхностей электронов и дырок. Заметим, что такие соотношения между гальваномагнитными коэффициентами и парциальными подвижностями не свойственны ни L и ни T экстремумам зоны Бриллюэна. Поэтому предполагается, что экстремум валентной зоны для исследованного сплава находится в Σ точке зоны Бриллюэна.

Kh.A. Hasanova

VALENCE BAND IN THE PURE AND ALLOYED WITH TIN $\text{Bi}_{0,84}\text{Sb}_{0,16}$ ALLOYS.

The investigation of components of resistivity, Hall coefficient and magnetoresistance of $\text{Bi}_{0,84}\text{Sb}_{0,16}$ samples, doped by Sn of in amount 0,1 at% at the temperature of liquid nitrogen has been carried out. The calculation results on all galvanomagnetic coefficients show that the one-band state is achieved by doping with Sn and inclination of hole ellipsoids is essentially bigger than electron ones. Another interesting fact is that hole ellipsoids are less anisotropic, than easy hole and electron ones, i.e. the relation of electron mobility $\mu_2/\mu_1=0,009$, and relation of hard holes $v_2/v_1= 0,05$. We note that such relations between partial mobilities are not peculiar to either L , H or T extremums. Therefore it is supposed that extremum of valence band for investigated alloy is in point Σ of Brillouin zone.