

(HgTe)_{1-x}(GeSe₂)_x BƏRK MƏHLULLARINDA FOTOKEÇİRİCİLİK VƏ FOTOMAQNİTOELEKTRİK EFFEKTİ

A.Ç.Mirzəyev

Azərbaycan Milli EA-nın Kimya Problemləri İnstitutu

İlk dəfə olaraq HgTe-GeSe₂ sistemi öyrənilmiş, onun hal diaqramı qurulmuş və HgTe əsasında əmələ gələn 17 mol% bərk məhlulların fiziki xassələri tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, (HgTe)_{1-x}(GeSe₂)_x tərkibli bərk məhlulları qadağan olunmuş zolağının eni ΔE=0,2–0,4 eV olan fətohəssas materiallardır.

Məlumdur ki, sink yarımqrupu elementlərinin xalkogenidləri, o cümlədən HgTe qısa zolaqlı yarımkəçirici kimi geniş tətbiq sahəsinə malkidir [1,2], GeSe₂ isə geniş qadağan olunmuş zolağa malik yarımkəçirici olub, yüksək fətohəssaslığı ilə fərqlənir [3,4]. HgTe və GeSe₂ müvafiq olaraq 943 və 1013 K temperaturda parçalanmadan əriyirlər.

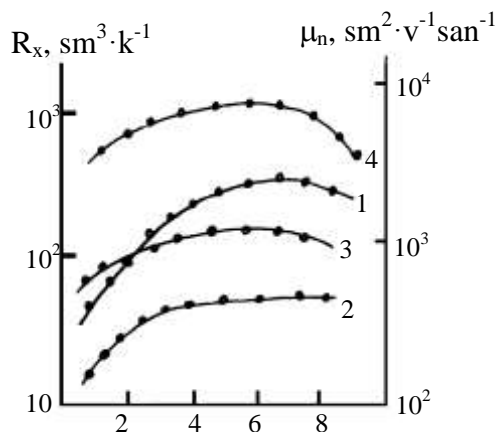
İşin məqsədi HgTe-GeSe₂ sistemində HgTe əsasında əmələ gələn bərk məhlulların fiziki xassələrinin tədqiqindən ibarətdir. (HgTe)_{1-x}(GeSe₂)_x ərintiləri binar HgTe və GeSe₂ birləşmələrindən istifadə etməklə havası çıxarılmış kvarts ampulalarda sintez olunmuşdur. Sintezi başa çatdıqdan sonra ərintilər 400 K-də bir həftə homogenləşdirilmişdir.

HgTe-GeSe₂ sisteminin hal diaqramından görüldüyü kimi [5], sistemdə HgTe əsasında 17 mol%, GeSe₂ əsasında isə 10 mol% bərk məhlul əmələ gəlir. HgTe əsasında

bərk məhlulların kiçik qadağan olunmuş zolağa malik material kimi geniş tətbiq sahəsinə nəzərə alıb, (HgTe)_{1-x}(GeSe₂)_x bərk məhlullarının fətokeçiriciliyinin tədqiqini vacib hesab edirik. Qeyd etmək lazımdır ki, bütün optiki tədqiqat işləri Bricman-Stokbarger metodu ilə alınmış monokristal üzərində aparılmışdır. Bu məqsədlə tərkibi x=0.02; 0.05; 0.07 və 0.12 olan tərkiblərin istiqamətlənmiş kristallaşma metodu ilə monokristalları alınmışdır. Monokristalların hamısı kubik quruluşlu (sfalerit tipli) olmuşdur.

Bərk məhlulların Holl effektinin R_x və sərbəst elektronların Holl yürüklüyünün μ_n tipik temperatur asılılığı 1-ci şəkildə (müvafiq olaraq 1-ci və 2-ci əyrilər) göstərilmişdir.

Homogenləşmədən sonra Holl effektinin və yürüklüyünün temperatur asılılıqları da şək.1-də (müvafiq olaraq 3 və 4-cü əyrilər) göstərilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi, homogenləşdirmə sərbəst elektronların yükdaşıyıcılarının qiymətinə təsir edir (≥30 dəfə).

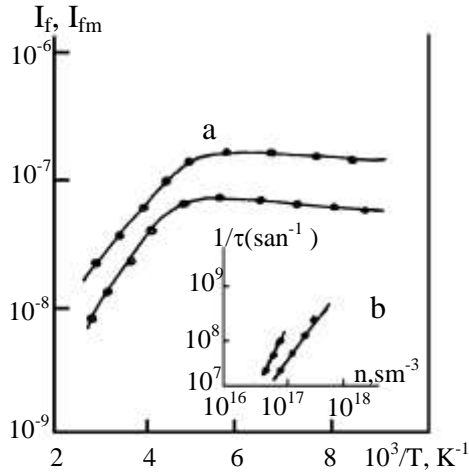


Şəkil 1. (HgTe)_{1-x}(GeSe₂)_x bərk məhlullarının homogenləşməyə qədər (1,2) və ondan sonra (3,4) Holl effektinin və yürüklüyün temperatur asılılığı.

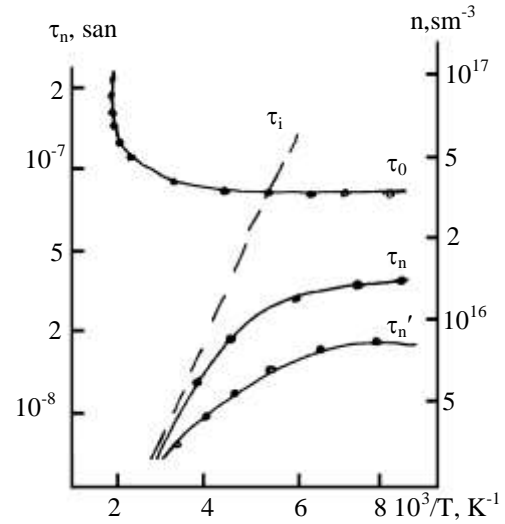
Fotocərəyanın spektral paylanmasının maksimumu (T_{mak}) 2–9 intervalında yerləşir. Fətohəssaslığın maksimumunda (ölçmələr helium-neon lazeri ilə həyəcanlandırmaqla aparılmışdır) 10–100 mV/vt intervalında dəyişir. Fətokeçiriciliyin maksimumunun λ_{max} vəziyyəti

temperatur asılılığında (HgTe)_{1-x}(GeSe₂)_x bərk məhlulları üçün tg≅0.2 eV olub, 1.5·10⁻⁴ eV/dərəcə əmsalı ilə təyin olunur.

(HgTe)_{1-x}(GeSe₂)_x bərk məhlulları üçün fətokeçiriciliyin və fotomaqnit effektinin tipik temperatur asılılıqları şəkil 2-də verilmişdir.



Şəkil 2. I_f və I_{fm} -nin temperatur asılılığı (a) və $1/\tau$ -nin yükdaşıyıcıların qatılığında məxsusi keçiricilik sahəsində asılılığı (b).



Şəkil 3. n_0 və τ_n -nin temperatur asılılıqları (təcrübi): n və τ_i -nin (HgTe)_{1-x}(GeSe₂)_x bərk məhlulları üçün nəzəri hesablanmış qiymətləri.

Şəkildən göründüyü kimi $x=0.002$ tərkibli monokristalda (HgTe)_{0.98}(GeSe₂)_{0.02} ($E_g\tau = 0.2$ eV) fotokeçiriciliyin və fotomaqnit effektlərin qiymətləri məxsusi keçiricilik sahəsində temperaturdan asılı olaraq kəskin dəyişir. Bunu biz yükdaşıyıcıların n_0 və onların yaşama müddətinin τ_n nəzəri və təcrübi qiymətlərini $x=0.002$ monokristalların məxsusi keçiricilik sahəsində temperatur asılılıqları ilə də sübut edirik (şəkil.3). Qeyd etmək lazımdır ki, fotokeçiriciliyin və fotomaqnit effektinin işıq xarakteristikaları həmişə xətti xarakterli olmuşdur, əksinə, həyəcanlanma səviyyəsi isə aşağı olmuşdur. 300 K temperaturda sərbəst elektronların yaşama müddəti n_0 -nin qiymətindən asılı olaraq adətən $10^{-7} \div 10$ san intervalında yerləşir.

Çox kiçik qadağan olunmuş zolağa malik yarımkeçiricilərdə ($\Delta E_g < 0.3$ eV) 300 K temperaturla yaxın temperaturda yükdaşıyıcıların ən mümkün rekombinasiya mexanizmi şüalanma və zonalar arası zərbə rekombinasiyası, həmçinin də lokal mərkəzlərdə zərbə rekombinasiyası təşkil edir. Bu mexanizmlərdən hər birinin yükdaşıyıcıların temperaturdan və həyəcanlanma dərəcəsiindən asılı olaraq özünə məxsus xüsusiyyətləri vardır. Təcrübi alınmış məlumatlara görə 300 K temperaturda (HgTe)_{1-x}(GeSe₂)_x ($x=0.02$) materialında məxsusi keçiricilik üçün τ_n nəzəri hesablamaya yaxın olub 10^{-8} san təşkil edir.

Qeyd etmək lazımdır ki, fotomaqnit effektinin analizi üçün nümunənin qalınlığını,

ekranlaşdırma effektinin uzunluğunu (I_e), diffuziyanın (I_d) effektin uzunluğunu və işığın udulma dərinliyini ($1/K$: K – udulma əmsalını göstərir) bilmək zəruridir. Bu qiymətləri (HgTe)_{0.98}(GeSe₂)_{0.02} monokristalı üçün göstərək. I_e kəmiyyəti yükdaşıyıcıların $n_0 \cong 10^{17}$ sm⁻³ qiymətində 10^{-6} sm keçir, məxsusi keçiricilik sahəsində k kəmiyyəti $\approx 10^4$ sm⁻¹, bipolyar yaxınlaşmada $\mu_p = 10^2$ sm²/V san və $\tau_n = \tau_p = 10^{-8}$ san olduqda $I_d = 10^{-4}$ sm təşkil edir, başqa sözlə, $I_d = d$ və $k d \approx 1$ olur. Sonuncu nisbət hər hansı dəqiq miqdarı hesablamalar aparmağa imkan vermir, bu halda söhbət yalnız keyfiyyət qanuna uyğunluqlardan gedə bilər.

1) $I_d > d$ nisbəti ödənilir; səth rekombinasiyasının sürəti böyük olub, yükdaşıyıcılarının stasionar yaşama müddətinin τ_{ef} qiymətini təyin edir. Əgər bu belədirsə, onda nümunənin boyu izafi qatılığın paylanması qaranlıq səthdə əsasən paylanma sürəti ilə təyin olunur. S -in qiymətini tapmaq üçün yükdaşıyıcıların effektiv yaşama müddəti və fotomaqnit effektini fotokeçiriciliyin kompensasiyasına nisbətində əsasən tapmaq olar:

$$\frac{I}{\tau_{ef}} = \frac{I}{\tau_n} + \frac{2S}{d} \square \frac{2S}{d}$$

$$\frac{I_{fml}}{\sum_{fk}} = I \frac{H}{C} S$$

burada τ_n – yükdaşıyıcıların həcmi yaşama müddətini; \sum_{fk} – fotokeçiriciliyi; I_{fml} – fotomaqnit effektini, I – nümunənin uzunluğunu; H

– maqnit sahəsinin gərginliyini; C – vakuumba işığın sürətini göstərir.

Yuxarıdakı düsturla təyin olunmuş S kəmiyyətinin qiyməti müvafiq olaraq $5 \cdot 10^3$ və $10^5 - 10^6$ sm/san təşkil edir. S -in qiymətində belə böyük kənarçıxmalar təcrübədə 1-ci müddəanın özünü doğrultmadığını göstərir.

2) $Id < d$ diffuziya uzunluğu, səth rekombinasiyasının sürəti ciddi rol oynamır. Bu hal daha real hesab oluna bilər. Yükdəyiçicilərin rekombinasiyasının analizi $x=0.02$ tərkibli bərk məhlul üçün daha ətraflı analiz olunmuşdur. Fotokeçiricilik və fotomaqnit effekti üzrə təcrübələrin nəticələri rekombinasiyanın zonalarası zərbə mexanizmi ilə ətraflı i haz oluna bilər. Bu halda:

a) fotokeçiricilik bipolyardır, $\tau_n = \tau_p$; fotokeçiricilik və fotomaqnit effektinin temperatur asılılıqları identik olmalıdır (şək. 2 a).

1) elektronların yaşama müddəti $\tau_n \sim n_0^{-x}$; burada $a \geq 2$. Belə asılılıq həqiqətən məxsusi keçiricilik oblastunda ödənilir (şək. 2 b, 1-ci əyri); c) aşağı həyəcanlanma səviyyəsində lüks-ampere xarakteristika xətti xarakterlidir.

2) τ_n -nin qiyməti məxsusi oblastda müxtəlif tərkiblər üçün uyğun gəlir.

Beləliklə, ilk dəfə olaraq $(\text{HgTe})_{1-x}(\text{GeSe}_2)_x$ tərkibli bərk məhlulların fotokeçiriciliyinin spektral asılılıqları öyrənilmiş və onların yüksək fotohəssaslığa malik olmaları müəyyən edilmişdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Абрикосов Н.Х., Шелимова Л.Е. Полупроводниковые материалы на основе соединений $A^{IV}B^{VI}$. М.: Наука, 1975. 195 с.
2. Баранский П.И., Клечков В.П., Потикевич И.В. Полупроводниковая электроника. Киев: Наукова Думка. 1975. С.555.
3. Виноградова Г.З., Далтовский С.А., Савкова И.Б. // Журнал неорганической химии. 1998. т. 13. № 9. С. 2029.
4. Карбанов С.Г., Статнова Е.А., Зломанов В.П. и др. // Вестник МГУ. Химия. 1972. т. 13. № 6. С. 531.
5. Асадов М.М., Мирзоев А.Ч., Алиев О.М. // Азерб. хим. жур. 2006. № 2. С. 77.

ФОТОПРОВОДИМОСТЬ И ФОТОМАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В ТВЕРДЫХ РАСТВОРАХ $(\text{HgTe})_{1-x}(\text{GeSe}_2)_x$

А.Ч.Мирзоев

Впервые изучено фазовое равновесие и построена диаграмма состояния системы $\text{HgTe}-\text{GeSe}_2$. Установлено образование твердых растворов на основе HgTe 17 мол.%. Изучение электрофизических свойств твердых растворов $(\text{HgTe})_{1-x}(\text{GeSe}_2)_x$ показало, что они являются фоточувствительными материалами с шириной запрещенной зоны $\Delta E = 0,2-0,4$ эВ.

PHOTOCONDUCTIVITY AND PHOTOMAGNETIC ELECTRICAL EFFECT IN SOLID SOLUTIONS $(\text{HgTe})_{1-x}(\text{GeSe}_2)_x$

A.Ch.Mirzoyev

For the first time a phase equilibrium has been studied and a state diagram of $\text{HgTe}-\text{GeSe}_2$ system plotted. Formation of solid solvents established on the basis of HgTe 17 mol%. Research into electrophysical properties of solid solvents $(\text{HgTe})_{1-x}(\text{GeSe}_2)_x$ showed that they are photosensitive materials with the width of prohibited zone as $\Delta E = 0,2-0,4$ eV.