

ELEKTRON MATERIALŞÜNASLIĞINDA YENİ TENDENSİYALAR

VÜQAR ƏMİR OĞLU ƏLİYEV

Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyinin Fizika İnstitutu

Texnikanın inkişafı müxtəlif təyinatlı funksional cihazların yaradılması üçün xüsusi xassələrə malik materialların yaradılmasını aktuallaşdırır. Bir qayda olaraq mövcud kimyəvi birləşmələrin, o cümlədən kristalları mövcud, məlum xassələrinin müəyyən üsullarla modifikasiyasına üstünlük verilir. Belə kristalların polikristallarının alınması və monokristallarının yetişdirilməsi texnologiyası işlənmiş olduğundan bunların əsas fiziki xassələrinin modifikasiyasına, idarə olunmasına yönəlməli işlərə üstünlük verilir.

İzomorf əvəzləmələrlə bərk məhlulların alınması

Bu gün respublikamızda bərk cisimlər fizikası və yarımqeçiricilər fizikasında geniş tədqiq olunan materialardan biri laylı və zəncirvari, tallium əsaslı üçqat $TIA^{III}B_2^{VI}$ ($A=In, Ga; B=S, Se, Te$) kristallarıdır.

Ötən əsrin 60-cı illərindən başlamış günümüzünə qədər tədqiq olunan $TIA^{III}B_2^{VI}$ kristallarında bir çox maraqlı elmi nəticələr alınmışdır. Bu dövrdə ən əlçatan modifikasiya üsulu kimi eyni sinifdən olan iki kristal arasında ($TIA^{III}B_2^{VI} - TIA^{III}B_2^{VI}$) bərk məhlulların alınmasıdır. Burada bərk məhlullar həm kation ($B = S, Se, Te$) alt sistemi, həm də anion ($A = In, Ga$) alt-sistemi əsasında alınmışdır.

Bəs bərk məhlul nədir? Onu mexaniki qarışıqdan, konqlomeratdan fərqləndirən cəhətlər hansıdır?

Əgər iki və daha çox komponent maye halında bir-birində istənilən qədər həll olaraq, bircinsli maye məhlul əmələ gətirirsə və kristallaşmadan sonra da, bu bircinsliyi bərk fazada saxlayırsa, belə maddələrə - bərk məhlul deyilir.

Bərk məhlulun kimyəvi tərkibi spektral analiz ilə, quruluşu isə rentgenstruktur analizi ilə sübut olunur. Bərk məhlulun massiv kristalları eynicinsli dənələrdən ibarət olsa da, onu təşkil edən komponentlərin xassələrindən fərqlənir.

Hazırkı dövrə qədər bu birləşmələr arasında demək olar ki, bütün sistemlər tədqiq edilmişdir. Bu sistemlər, əsasən, üçqat birləşmənin ya anion alt-qəfəsində, ya da kation alt-qəfəsində izomorf əvəzləmələrlə alınır. Belə sistemlərdə gözlənilən bərk məhlulların xassələrini müəyyən dərəcədə proqnozlaşdırmaq olur.

Fərqli fəza qruplu sistemlərdə bərk məhlullar

Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, $TIA^{III}B_2^{VI}$ ($A=In, Ga; B=S, Se, Te$) kristalları iki fərqli fəza simmetriya qrupuna bölünür: laylı kristallar ($TlGaSe_2, TlGaS_2$ və $TlInS_2$) və zəncirvari (iynəvari) kristallar ($TlInSe_2, TlGaTe_2$ və $TlInTe_2$). Birinci qrup kristallar monoklin struktura, ikinci qrup kristallar isə tetraqonal struktura malikdirlər.

Belə qruplar arasında bərk məhlullar anionun və ya kationun müəyyən həllolma limitinə qədər bir fəza qrupunda, həmin limitdən sonra isə ikinci fəza qrupunda kristallaşır.

Aparılan ədəbiyyat təhlillərinin nəticəsinə əsasən demək olar ki, anion-anion, kation-kation əvəzləmələri olan sistemlərdən fərqli olaraq, anion-kation ikili

əvəzləməsi baş verən sistemlərdə fiziki xassələrin daha ciddi dəyişməsinə gözləmək olar.

İnterkalyasiya ilə tərkib və xassə modifikasiyası

Laylı və zəncirvari kristallarda atomlar arasında güclü kovalent əlaqə ilə yanaşı, laylar və zəncirlər (iynələr) zəif Van-der-Vaals rabitəsi mövcuddur. Bu laylararası məsafələr imkan verir ki, elektrik sahəsi tətbiq etməklə müəyyən ionları, məsələn litium ionlarını bu layların arasına dartmaq, daxil etmək olar. Bu prosesə interkalyasiya deyilir. İnterkalyasiya nəticəsində kristalın fiziki xassələr dəyişir.

AMEA Fizika İnstitutunun Kristallofizika laboratoriyasında 1985-ci ildən başlayaraq üçqat laylı-zəncirvari kristalların interkalyasiyası istiqamətində tədqiqatlar aparılır. $TlInSe_2$ kristallarını Li^+ ionları ilə interkalyasiya etdikdən sonra onun fotoelektrik xassələrini tədqiq edilmişdir [1]. İnterkalyasiya nəticəsində kristalın fotohəssaslığının iki tərtib artması müşahidə olunmuşdur.

İnterkalyasiya prosesi $TIA^{III}B_2^{VI}$ kristallarının fotovoltaiq spektrlərinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir edir [2]. Fotovoltaiq signalın amplitudu 5-6 dəfə artmaqla yanaşı, fotocərəyanın spektrində həm də, yeni incə struktur yaranır.

İnterkalyasiyanın laylı kristalların elektrik, fotoelektrik və optik xassələrinə təsiri üzrə işləri yekunlaşdıraraq, qeyd etmək olar ki, interkalyasiyadan istifadə etməklə bu materialların işçi xarakteristikalarını idarə etmək imkanı yaranır.

Kristalları legirləməklə fiziki xassələrin modifikasiyası

Elmi-texniki ədəbiyyatın təhlili göstərir ki, müxtəlif tədqiqatçılar $TIA^{III}B_2^{VI}$ kristallarını ayrı-ayrı kimyəvi elementlərlə legirləməklə onun fiziki xassələrini modifikasiya etməyə böyük cəhdlər göstərmişlər. Belə tədqiqatlardan nümunə qismində $TlGaS_2$ kristallarının sürmə (Sb), gümüş (Ag), keçid metallarından kobalt (Co), xrom (Cr), dəmir (Fe), manqan (Mn), nadir torpaq elementlərindən erbiyum (Er), itterbiyum Yb və s. elementlərlə legirlənməsi hallarını qeyd etmək olar.

Kristalların elektrokimyəvi modifikasiyası

$TIA^{III}B_2^{VI}$ kristallarının unikal elektron strukturu bu kristallarda eyni zamanda həm elektron keçiriciliyi, həm də ion keçiriciliyi mövcuddur.

TlA^{III}B₂^{VI} kristallarının ion keçiriciliyi onun xassələrinin dəyişdirilməsinə imkan verir. Modifikasiya kristaldan elektrik cərəyanı keçirilərək həyata keçirilir. Cərəyanın axını kristal boyunca mobil ionların yenedən paylanması ilə müşayiət olunur ki, bu da onun xüsusiyyətlərinin dəyişməsinə səbəb olur. Bənzər bir təsir elektrokimyəvi interkalasiya yolu ilə əldə edilir. Bu zaman kristal strukturunda tallium ionları qismən litium, natrium və ya gümüş ionları ilə əvəz olunur.

Bu qrupun materiallarını dəyişdirmək üçün ikinci yanaşma materialın 2D təbəqələrə bölünməsinə əsaslanır. Məlumdur ki, kristalların kvazi-ikiözlü təbəqələ-

rə parçalanması kristalın xassələrini keyfiyyətcə dəyişir. Parçalanma zamanı materialın xassələrinin çevrilməsinin parlaq nümunəsi qrafitdən onun ikiözlü analoq qrafeninə keçiddir. Kristal parçalanmasının onun xassələrinə təsir etməsi faktı TlGaSe₂ üçün də təsdiq edilmişdir. Beləliklə, Pekin Universiteti və Arizona Dövlət Universitetinin müəllifləri mikromexaniki üsulla ultra nazik TlGaSe₂ təbəqələrini əldə etməyə nail olmuş və materialın qalınlığının azaldılmasının materialın spektral xüsusiyyətlərini keyfiyyətcə dəyişdiyini və onların əsasında fotosensorların işini əhəmiyyətli dərəcədə artırdığını göstərmişlər [3].

- [1] *G.D. Guseinov, S.N. Mustafæva, E.F. Bagirzade, E.G. Abdullaev, S.G. Guseinov.* Photoelectrical properties of lithium-intercalated TlInSe₂ chain crystals. Solid State Communication, 1985, v.55, № 11, pp.991-992.
- [2] *S.N. Mustafæva, M.M. Asadov, V.A. Aliyev, V.A. Ramazanade.* Influence of lithium intercalation on photovoltaic spectra of TlInSe₂ and TlGaSe₂ single crystals. In/

Materials of 12th International Conference on ternary and multinary compounds (ISTMC-12), Hsin Chu, Taiwan, 1999, p.1-56.

- [3] *Shengxue Yang, Minghui Wu, Hui Wang, Hui Cai, Li Huang, Chengbao Jiang, Sefaatin Tongay.* Ultrathin Ternary Semiconductor TlGaSe₂ Phototransistors with Broad-Spectral Response. 2D Materials, 2017. V4. № 2.