

DOI: <https://doi.org/10.36719/2789-6919/57/227-230>

Aysel Nəsirova

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

<https://orcid.org/0009-0008-4480-7451>

aysel.nasirova@asoju.edu.az

Elektrofiziki xassələrin və optik şüalanmanın polimer Nano-Selen əsaslı kompozitə təsiri

Xülasə

Müasir elektronikanın ən aparıcı sahələri olan optoelektronikanın və fotoelektronikanın əsas işlək hissələri sayılan işıq qəbuledicilərinin və işıq enerjisini elektrik enerjinə çevirən elementlərin hazırlanmasındakı uğurlar ilk növbədə həmin elementlərin hazırlanması üçün istifadə olunan yeni materialların yaradılması ilə təyin olunur. İndiki dövrdə artıq bu tip materialların çeşidi çox genişdir və onların sırasına mövcud olan yarımkeçiricilər əsasında yaradılmış yeni fotohəssas materiallar; müxtəlif funksiyalı polimerlər əsasında maraqlı fotoelektrik xassələrə malik olan yeni üzvi materiallar; üzvi matrisalı (polimer matrisalı) və işıqəhəssas yarımkeçirici fazalı kompozitlər), müxtəlif matrisalardan ibarət nanostrukturulu kompozitlər və sair daxildir.

Bu istiqamətdə aparılan tədqiqat işlərində əldə olunan nəticələrin təhlili göstərir ki, son zamanlar müxtəlif komponentli (fazalı) və heterogen struktura malik olan fotohəssas polimer kompozitlərə, o cümlədən, nano ölçülü qatqıları olan kompozitlərə maraq xüsusilə artmışdır.

Məqalədə müxtəlif polimer materiallardan matrisası və fotohəssas nano yarımkeçiricilərdən qatqısı olan polimer-nano yarımkeçirici kompozitlərin elektrik keçiriciliyinə işığın təsiri tədqiq edilib. Alınmış təcrübi nəticələrin müqayisəli təhlili nəticəsində müşahidə olunan asılılıqların fiziki mahiyyəti aydınlaşdırılıb.

Açar sözlər: kompozit, polimer, nanomaterial, yarımkeçirici

Aysel Nasirova

Azerbaijan State Oil and Industry University

<https://orcid.org/0009-0008-4480-7451>

aysel.nasirova@asoju.edu.az

Effect of Electrophysical Properties and Optical Radiation on a Polymer Nano-Selenium-Based Composite

Abstract

Success in the development of light detectors and elements that convert light energy into electrical energy – the core working components of optoelectronics and photoelectronics, the leading fields of modern electronics – is primarily determined by the creation of new materials used for their fabrication. At present, the range of such materials is very wide, and includes new photosensitive materials created on the basis of existing semiconductors; new organic materials with interesting photoelectric properties based on polar polymers with various functionalities; organic-matrix (polymer-matrix) and light-sensitive semiconductor-phase composites, nanostructured composites consisting of various matrices, and so on.

An analysis of the results obtained in research in this area shows that recently, interest has particularly increased in photosensitive polymer composites with multi-component (multiphase) and heterogeneous structures, including those with nanoscale fillers.

This article investigates the effect of light on the electrical conductivity of polymer-nano semiconductor composites, which have matrices of various polymer materials and are doped with photosensitive nano semiconductors. The physical nature of the observed dependencies was clarified through a comparative analysis of the experimental results obtained.

Keywords: composite, polymer, nanomaterial, semiconductor

Giriş

Üzvi və qeyri-üzvi materiallarda olduğu kimi, polimer-nano yarımkeçirici kompozitlərdə də elektrik keçiriciliyinin yaranmasında həlledici rol oynayan əsas amil materialın növündən asılı olmayaraq müxtəlif tip elektron keçidləri hesabına materialın keçirici zonasında sərbəst elektronların əmələ gəlməsidir. Ona görə də polimer əsaslı və ftohəssas yarımkeçirici qatqılı müxtəlif kompozitlərdə elektrik hadisələrinin başvermə mexanizmini müəyyənəlmək üçün həmin materialların müxtəlif şəraitlərdə elektrik xassələrinə işığın və injeksiyanın təsirini ətraflı tədqiq etmək məqsədəuyğundur. Təqdim olunan bu işdə polimer-nano Se kompozitində müxtəlif xarici şəraitlərdə elektrik keçiriciliyinə işığın təsirinin xüsusiyyətlərinin eksperimental tədqiqi zamanı bizim tərəfimizdən alınmış nəticələr və onların keyfiyyətcə elmi müzakirəsi təqdim olunur (Abramov və b., 1987).

Tədqiq etdiyimiz kompozitlərdə matrisa olaraq üç müxtəlif polimer materialdan- yüksək sıxlıqlı polietilendən (YSPE), polipropilendən (PP) və polivinilidənftoriddən (PVDF) istifadə edilmişdir. Polimer fazasının (matrisanın) hər üçünün qadağan olunmuş zonasının eninin qiyməti kifayət qədər böyük olduğu üçün ($\geq 10\text{eV}$) həmin kompozitlərin hər biri elektrik keçiriciliyi yüksək olmayan (çox böyük xüsusi elektrik müqavimətinə malik olan) materiallardır.

Tədqiqat

Tədqiqat obyektii olaraq polipropilen (PP), yüksək (YSPE) və alçaq (ASPE) sıxlıqlı polietilendən (matrisa) və nano ftohəssas selenlə indium–selendən ibarət kompozitlər götürülmüşdür.

Bu polimerlərin elektrik keçiriciliyi onlarda sərbəst yükdaşıyıcıların (elektronların) müxtəlif yolla sərbəstləşməsi-valent zonadan keçirici zonaya, kvazi-qadağan olunmuş zonadakı lokal enerji səviyyələrindən keçirici zonaya və valent zonadan kvaziqadağan olunmuş zonadakı boş lokal enerji səviyyələrinə keçməsi, eləcə də müxtəlif xarici təsirlərlə yaradılmış müxtəlif tip (sərbəst və ya bağlı) eksitonların dissosiasiyası hesabına yaranır. Təcrübi olaraq hər bir polimer–nano Se kompozitinin qaranlıqda və işıqlandırıldığı haldakı volt–amper xarakteristikaları ölçülmüşdür.

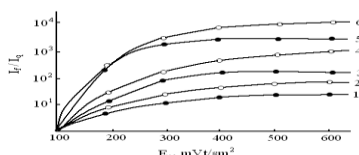
Aydınlıq üçün qeyd etmək lazımdır ki, tədqiq olunan kompozitlərin hər birinin volt–amper xarakteristikasını öyrənərkən aşağıdakı parametrlər optimallaşdırılmışdır:

- ftohəssas yarımkeçiricinin (Se – in) kompozitdəki həcmi payı (Φ , %);
- kompozitin polyarlaşıma müddəti (t_p ,saat);
- polyarlaşıma şəraitində kompozitə tətbiq olunmuş xarici elektrik gərginliyi (U_p ,V);
- polyarlaşıma zamanı nümunənin səthinə düşən işığın intensivliyi (E_i , mVt/sm^2).

Ölçmələrdən alınmış nəticələrinin təhlili əsasında müəyyənəlməmişdir ki, həmin bu kəmiyyətlərin optimal qiymətləri uyğun olaraq aşağıdakı kimidir:

$$\Phi=(30 - 60) \% \text{ həcmi}; t_p=(0,25 - 0,5)\text{saat}; U_p=(20 - 150)\text{V}; E_i=(200 - 400) \text{mVt}/\text{sm}^2.$$

İşığın təsiri davam etdiyi şəraitdə tədqiq etdiyimiz nümunələrin volt – amper xarakteristikalarının ölçülməsi və onun (nümunənin üzərinə düşən işıq dəstəsinin) intensivliyinin optimal qiymətinin seçilməsi üçün $I_f / I_q = f(E_i)$ asılılığı qurulmuş və bu asılılığın qurulmuş qrafikinə əsasən aşkar edilmişdir ki, I_f / I_q nisbəti E_i -dən asılı olaraq əvvəlcə kəskin artır, sonra isə ($E_i \geq 400\text{mVt}/\text{sm}^2$ olduqda) tədricən sabitləşməyə başlayır (Akimov və b., 1980; Rouz, 1966). (şək.1).



Şəkil 1. Müxtəlif kompozitlərdə I_f / I_q nisbətini işığın intensivliyindən asılılığı.

1. YSPE – Se; 2. PP – Se; 3. PP – Se; 4. PVDF – InSe ; 5. F42 – InSe; 6. F42 – Se; U=10V T=300K.

Kompozitdəki işıqəhəssas yarımkeçirici fazanın (Se-nin) optimal həcmi payını seçərkən isə $I_f/I_q=f(\Phi)$ asılılığı nəzərə alınmışdır. Əldə olunan nəticələr göstərmişdir ki, PVDF – nano Se kompozitləri üçün Φ – in optimal qiyməti 30-60% həcmi intervalında dəyişir. Müqayisə üçün PVDF matrisalı və fətoəhəssas nano-ZnS qatqılı kompozitdə də eyni ölçmələr aparılmışdır. Bu təcrübə ölçmələrdən alınmış nəticələr göstərmişdir ki, $I_f/I_q=f(\Phi)$ asılılıqlarında müşahidə olunan maksimum, kompozitin tərkibindəki fətoəhəssas yarımkeçirici fazanın materialından da əhəmiyyətli dərəcədə asılıdır. İlk yanaşmada belə bir nəticəyə gəlmək olar ki, tədqiq olunan kompozitlərdəki fazalararası potensial çəpərin hündürlüyü I_f/I_q -nin qiymətinə əhəmiyyətli dərəcə təsir göstərir (*Handbook of conducting polymers*, 1997; Gurtovnik et al., 2002; Simon və Andre, 1988).

Bu maraqlı və mürəkkəb mexanizminə malik olan asılılığın fiziki mahiyyətini müəyyənəşdirmək üçün polimer matrisa kimi dielektrik nüfuzluğu (ϵ), xüsusi həcmi elektrik müqaviməti (Rv) müxtəlif, lakin təbiətə bir–birinə yaxın olan polimerlərdən (YSPE, PP və PVDF –dən) istifadə edilmişdir. Aşkar edilmişdir ki, $I_f/I_q=f(\Phi)$ asılılığındakı maksimumlara uyğun gələn həcmi payı polimer matrisanın materialından asılı olaraq kəskin dəyişir. Deməli, həm qeyri-üzvi, yəni yarımkeçirici faza və həm də polimer matrisa I_f/I_q parametrinə kəskin təsir edir. Belə ki, polimer matrisanın dielektrik nüfuzluğunun qiyməti böyük olduqca I_f/I_q parametri qiymətə yüksək, həcmi pay baxımından isə kiçik olur. Apardığımız ölçmələrdən əldə olunmuş eksperimental nəticələrin müqayisəli təhlili göstərir ki, $I_f/I_q=f(U)$ asılılığı eksterimal xarakterlidir. Bu asılılığın eksterimal qiymətə uyğun gərginliyinin qiyməti isə kompozitin tərkibindəki Se-nin həcmi payından asılıdır və Se-nin həcmi payı artdıqca $I_f/I_q=f(U)$ asılılığının maksimal qiymətə uyğun gərginliyi kiçik qiymətlərə tərəf dəyişir. Eyni zamanda, bu tədqiqatlar zamanı həm də aşkar edilmişdir ki, qeyri-üzvi fətoəhəssas nano yarımkeçirici qatqı və polimer matrisadan ibarət kompozit materiallar müəyyən rejimdə yalnız temperaturun təsiri şəraitində kristallaşarsa, onda həmin kompozit materialların fətokeçiriciliyi (eləcə də digər fətoelektrik xassələri) kəskin fərqlənir. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi polimer – selen kompozitində yaranan anormal effektlər ola bilər ki, fazalararası sərhəddə həm polimer fazada, həm də seləndə yaranan lokal səviyələr tərəfindən sərbəst yük daşıyıcılarının tutulması ilə izah oluna bilər (*Promyshlennye polimernye kompozitsionnye materialy*, 1980). Bu onu göstərir ki, polimer–selen sərhədində struktur baxımından yeni fazalararası təbəqə formalaşır və təbəqədəki polimer fazanın kvaziqadağan zonasında kompozitin keçiriciliyində aparıcı rol oynaya biləcək sərbəst yük daşıyıcılarını lokallaşdırır. Fazalararası kontaktda formalaşan keçid təbəqənin qalınlığı, adətən, ferrosenin və polimer fazaların polyarlığından asılıdır. Keçid təbəqənin qalınlığı nə qədər böyükdürsə, bir o qədər də fazaların (polimer və selen) polyarlığı arasında fərq kiçikdir, yəni komponentlərin kogeziya enerjisi arasında fərq azdır (Ramazanov, 2009; Kohlman et al., 1996; Suleymanov et al., 2010). Kompozitdə belə təbəqənin yaranması və bu təbəqənin bilavasitə yaxınlığında polimerin molekulyarüstü quruluşunun formalaşmasında müəyyən məhdudiyətlər yaranması ilə nəticələnir. Tətbiq olunan xarici elektrik sahəsinin təsiri şəraitində fotogenerasiya olunmuş elektrik yük daşıyıcıları həm fazaların həcmi ilə, həm də keçid təbəqəsi ilə hərəkət edirlər. Keçid təbəqədə polimerin və selenin elektron və kimyəvi strukturunun dəyişməsi nəticəsində fazalar işığın və elektrik sahəsinin təsirinə daha həssas olurlar. Ona görə də əlavə sərhəd mərkəzlərin yaranması üçün daha əlverişli şərait yaranır, elektrik sahəsinin və işığın birgə təsiri şəraitində elektrik yük daşıyıcıların dönən xarakterli stabilləşməsinə təmin edir.

Nəticə

Tədqiq olunan polimer matrisalı nano Selen (və ya InSe) işıqəhəssas komponentli kompozitlərdə fətoəhəssas effektinin yaranmasının başlıca səbəbi daxili fətoeffekt (fətokeçiricilik) nəticəsində yaranmış sərbəst yükdaşıyıcılarının tətbiq olunan elektrik sahəsinin və fazalararası sərhəddəki potensialın birgə təsiri şəraitində köçürülməsidir.

Polimer – fətoəhəssas nano yarımkeçirici (Selen və ya InSe) kompozitində xarici elektrik sahəsinin və işığın birgə təsiri şəraitində meydana gələn potensiallar fərqi tətbiq olunan xarici gərginliyi kompensasiya edərək elektrikkeçiriciliyinin optik sönməsini yarada bilər. Müxtəlif polimer matrisalı

(YSPE, ASPE, PP, PVDF) və işığahəssas nano yarımkeçirici (Selen və ya İnSe) fazalı kompozitlərdə fotovoltaiq effektinin yaranmasının başlıca səbəbi həmin kompozitlərin fazalararası sərhədində yaranmış daxili potensialın təsiri altında tarazlıqda olmayan sərbəst yük daşıyıcılarının bir-birindən fəzaca ayrılmasıdır (Volnyanskii və b., 2005; Vannikov, 2001).

Poliolefin–fotohəssas yarımkeçirici (Se və ya İnSe) kompozitlərində elektrikkeçiriciliyinin dönən xarakterli optik sönməsi hadisəsinin baş verməsi işığın təsiri altında fotohəssas yarımkeçirici fazada çoxyüküklü mərkəzlərin və dipol momentinin yaranması hesabına istiqamətcə xarici sahənin əksinə yönəlmiş daxili lokal elektrik sahəsinin yaranmasıdır (Kawai et al., 1999).

Ədəbiyyat

1. Abramov, V.N., Pozhidaev, E.D., Tyutnev, A.P., Saenko, V.S., Vannikov, A.V. (1987). Podvizhnost' nositelei zaryada v polimerakh. *Vysokomolekulyarnye Soedineniya A*, 29(2), 260–264.
2. Akimov, I.A., Cherkasov, Yu.A., Cherkashin, M.I. (1980). *Sensibilizirovanniy fotoeffekt*. Nauka.
3. *Handbook of conducting polymers*. (1997). N.Y.: Marcel Dekker.
4. Kawai, T., Yamaue, T., Onoda, M., Yoshino, K. (1999). Photoinduced charge separation in multilayered heterostructures of conducting polymers and their doping effects. *Synthetic Metals*, 102(1–3), 971–972.
5. Kohlman, R.S., Joo, J., Epstein, A.J. (1996). Physical properties of polymers handbook. *American Institute of Physics Press*, 34, 453.
6. Gurtovnik, I.G., Sokolov, V.I., Trofimov, N.N., Shalgunov, S.G. (2002). *Radioprozrachnyye izdeliya iz stekloplastikov*. Mir.
7. *Promyshlennyye polimernyye kompozitsionnyye materialy*. (1980). Pod red. M. Richardsona: per. s angl. Khimiya.
8. Ramazanov, M.A. (2009). *Rol' mezhfaznykh yavlenii v formirovaniy struktury i svoystv aktivnykh polimernykh mikro – i nanokompozitov*. Avtoref. dis. dok. f. – m. nauk. BGU.
9. Rouz, A. (1966). *Osnovy teorii fotoprovodimosti*. Per. s angl. Mir.
10. Simon, Zh., Andre, Zh. Zh. (1988). *Molekulyarnyye poluprovodniki*. Mir.
11. Suleymanov, G.Z., Safarov, N.A., Gochuyeva, A.F., Kurbanov, M.A., Bayramov, A.A., Orujov, I.N., Jafarova, E.A. (2010). Effect of electrical photo quenching in polymer – ferrocene. *Azerbaijan journal of Physics*, 16(2), 378–380.
12. Vannikov, A.V. (2001). Organicheskie polimernyye svetoizluchayushchie ustroystva. *Rossiiskiy khimicheskii zhurnal*, 65(5–6), 41–50.
13. Volnyanskii, M.D., Kudzin, A.Yu., Plyaka, S.N., Balasme, Z.A. (2005). Fotoindu-tsiro-vannaya dielektricheskaya pronitsaemost' v molibdate svintsa. *FTT*, 47(10), 1783–1787.

Daxil oldu: 07.01.2026

Qəbul edildi: 09.04.2026