

DEH-X SERIYALI DONOR VA L8-Bo AKSEPTOR ASOSIDAGI FAOL QATLAMLARNING OPTIK XOSSALARI

Ro'ziyev Farid Murtoza o'g'li

Ion-plazma va lazer texnologiyalari instituti, , kichik ilmiy xodim

e-mail: roziyevf@iplt.uz

Tel: +998996301089

Annotatsiya. Hozirgi zamonda ekologik toza va barqaror energiya manbalarini rivojlantirish global muammolardan biri bo'lib kelmoqda. Ushbu tadqiqot organik quyosh elementlari (OQE)ning samaradorligini yanada oshirishga qaratilgan bo'lib, D18 va D18 donor polimeri asosida yangi sintez qilib olingan DEH-3, DEH-10, DEH-20 donor polimerlari va L8-Bo akseptori asosida kombinatsiya qilib xloroform eritmasi yordamida eritilib tayyorlab olingan faol qatlamlarning optik va fotovoltaiik xususiyatlarini o'rganish asosiy maqsadlarimizdan biri qilib belgiladik. Tadqiqot doirasida DEH-3, DEH-10 va DEH-20 polimerlarining yutilish spektri, yorug'likni o'rtacha o'tkazuvchanligi (AVT) shu bilan birga tashqi kvant samradorligi (TKS), energiya o'zgarish samradorligi (EO'S) tahlil qilindi. DEH-X donor materiallari yuqori yutilish koeffitsiyentiga ega. L8-Bo akseptori keng yutilish spektriga va yuqori elektron akseptorlik qobiliyatiga ega bo'lganligi sababli, EO'Sligini oshiradi.

Kalit so'zlar: YSH-OQE, EO'S, D18, AVT, TKS, samaradorlik, barqarorlik.

OPTICAL PROPERTIES OF ACTIVE LAYERS BASED ON DEH-X SERIES DONORS AND L8-BO ACCEPTORS

Ruziev Farid Murtoza ugli

Institute of Ion-Plasma and Laser Technologies, Junior Researcher

Abstract: Nowadays, the development of environmentally friendly and sustainable energy sources remains one of the global challenges. This study aims to further enhance the efficiency of organic solar cells (OSCs) by investigating the optical and photovoltaic properties of active layers prepared by combining newly synthesized DEH-3, DEH-10, and DEH-20 donor polymers based on the D18

donor polymer with the L8-Bo acceptor. These active layers were fabricated using chloroform as a solvent. One of our main goals is to analyze the absorption spectra, average visible transmittance (AVT), external quantum efficiency (EQE), and energy conversion efficiency (PCE) of the DEH-3, DEH-10, and DEH-20 polymers. The DEH-X donor materials demonstrate a high absorption coefficient, while the L8-Bo acceptor, with its broad absorption spectrum and high electron-accepting capability, contributes to improved PCE.

Keywords: ST-OSC, PCE, D18, AVT, EQE, efficiency, stability.

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АКТИВНЫХ СЛОЕВ НА ОСНОВЕ ДОНОРОВ СЕРИИ DEH-X И АКЦЕПТОРОВ L8-BO

Рузиев Фарид Муртоза угли

Институт ионно-плазменных и лазерных технологий, младший научный
сотрудник

Аннотация. В настоящее время развитие экологически чистых и устойчивых источников энергии остается одной из глобальных проблем. Данное исследование направлено на дальнейшее повышение эффективности органических солнечных элементов (ОСЭ) путем изучения оптических и фотоэлектрических свойств активных слоев, приготовленных путем комбинации вновь синтезированных донорных полимеров DEH-3, DEH-10 и DEH-20 на основе донорного полимера D18 с акцептором L8-Bo. Эти активные слои были изготовлены с использованием хлороформа в качестве растворителя. Одной из наших основных целей является анализ спектров поглощения, средней видимой пропускной способности (AVT), внешней квантовой эффективности (ВКЭ) и эффективности преобразования энергии (ЭПЭ) полимеров DEH-3, DEH-10 и DEH-20. Донорные материалы DEH-X демонстрируют высокий коэффициент поглощения, а акцептор L8-Bo, благодаря своему широкому спектру поглощения и высокой способности принимать электроны, способствует улучшению ЭПЭ.

Ключевые слова: ПОСЕ, ЭПЭ, D18, AVT, ВКЭ, эффективность, стабильность.

Kirish. Hozirgi zamon energetika sohasida muammolaridan biri bo'lgan barqaror va ekologik toza energiya manbalarini rivojlantirish hozirgi kunda dolzarb masalalardan hisoblanadi. Bu borada qayta tiklanadigan energiya manbalariga asoslangan texnologiyalar, xususan, quyosh energiyasini elektr va issiqlik energiyasiga aylantirish alohida e'tiborga loyiqdir. Quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantiruvchi qurilmalarning rivojlanishi muhim ahamiyatga ega bo'lib, organik quyosh elementlari (OQE) bu yo'nalishda istiqbolli sohalardan biri bo'lib kelmoqda. OQElari yengil, egiluvchan, ishlab chiqarish jarayoni soddaligi va arzon ishlab chiqarish texnologiyasiga ega bo'lganligi bilan an'anaviy kremniy asosidagi fotoelektr elementlardan farq qiladi[1]. Ushbu qurilmalarda foydalaniladigan donor va akseptor materiallarining optik va fotovoltaik xususiyatlarini yaxshilash orqali ularning energiya o'zgarish samaradorligi (EO'S) ligini oshirish muhim vazifalardan biri hisoblanadi. Shu nuqtai nazardan, DEH-X seriyali donor polimerlar va L8-Bo akseptor materiallariga asoslangan OQElarining faol qatlamlaridagi optik va fotovoltaik xossalarini tadqiq qilish alohida ahamiyatga ega. DEH-X seriyali donor materiallari, masalan, D18 va D18 asosida yangi siztez qilib olingan DEH-3, DEH-10 va DEH-20 polimerlari, ularning molekulyar tuzilishi va fotofizik xususiyatlariga ko'ra yuqori koeffitsiyentli yutilishga ega. Ushbu polimerlar donor sifatida L8-Bo kabi akseptor materiallar bilan kombinatsiyalanganida yuqori samarali quyosh elementlarini yaratish imkoniyatini beradi. L8-Bo akseptori o'zining yuqori elektron akseptorlik qobiliyati va keng polosali yutilish spektri bilan ajralib turadi, bu esa umumiy EO'Sligini oshiradi[2].

Faol qatlamdagi materiallarning optik xususiyatlari, masalan, yutilish spektri, yorug'lik o'tkazuvchanligi, EO'S, volt amper xarakteristikasi, fotoluminessensiya ko'rsatkichlari va (AVT) yarimshaffof quyosh elementining asosiy parametrlarini aniqlashda muhim o'rin tutadi[3]. Ushbu materiallarning spektral natijasi va optik o'tkazuvchanligi qurilmaning samaradorligi, shuningdek, yoritilgan sharoitda ishlash qobiliyatiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Ayniqsa, yarim

shaffof organik quyosh elementlari (YSH-OQE) uchun ushbu xususiyatlar o'ziga xos ahamiyatga ega bo'lib, (AVT) ko'rsatkichi orqali baholanadi.

D18 polimeri hamda D18 polimeri asosida turli strukturada tayyorlangan DEH-X seriyali ya'ni DEH-3, DEH-10 va DEH-20 nomli olingan polimerlarning optik va fotovoltaik xususiyatlari tadqiq qilindi. DEH-3, DEH-10 va DEH-20 polimerlarining L8-Bo akseptor bilan kombinatsiyasida hosil bo'ladigan faol qatlamlarning optik xususiyatlarini o'rganish maqsad qilib olingan. Bu yerda materiallarning yutilish spektri, yorug'likka nisbatan sezgirligi va fotonlar bilan o'zaro ta'siri qamrab olinadi. Bundan tashqari, ushbu xususiyatlarning quyosh elementlarining samaradorligiga ta'siri nazariy va eksperimental asosda tahlil qilinadi. Shu bilan birga, tadqiqot OQElarining amaliy qo'llanilishi va ularning tijoratlashtirishga o'zini ulkan hissasini qo'shishi mumkin bo'lgan yangi bilimlarni taqdim etadi. Ayniqsa, DEH-X donor polimerlarinining molekulyar modifikatsiyasi orqali ularning yutilish spektrini kengaytirish va EO'Sni oshirish imkoniyatlari ko'rib chiqiladi. Ushbu o'zgarishlar natijasida nafaqat energiya yutilishi yaxshilanadi, balki qurilmalarning ishlash barqarorligi ham oshadi[4].

Ushbu ishning ahamiyati shundaki, u DEH-X seriyali polimerlarga o'xshash yangi donor polimerlarni OQElarda qo'llanilish imkoniyatlarini ochib beradi. Shuningdek, ushbu donor va akseptor materiallarining kimyoviy tuzilishini modifikatsiya qilish orqali ularning optik va fotovoltaik xususiyatlarini yanada yaxshilash imkoniyatlarini o'rganish uchun ilmiy asos yaratadi. Tadqiqot natijalari nafaqat OQElari texnologiyasini rivojlantirishga, balki qayta tiklanadigan energiya manbalarini keng joriy qilishga ham sezilarli hissa qo'shadi.

Tadqiqot usullari.

D18 hamda DEH-3, DEH-10 va DEH-20 polimerlarini L8-Bo akseptor bilan aralashtirgan holda OQElar uchun faol qatlamlar tayyorlab olindi. Faol qatlamlar tayyorlash uchun D18, DEH-3, DEH-10 va DEH-20 hamda L8-Bo polimerlari har biri 10 mg miqdorida olinib, donor va akseptor massa ulushi 1:1 nisbatda olinib 0,5 ml xlorobenzol erituvchisi yordamida eritildi. Aralashma xona temperaturasida magnitli aralashtirgich yordamida eritma to'liq tayyor bo'lguniga qadar 5 soat

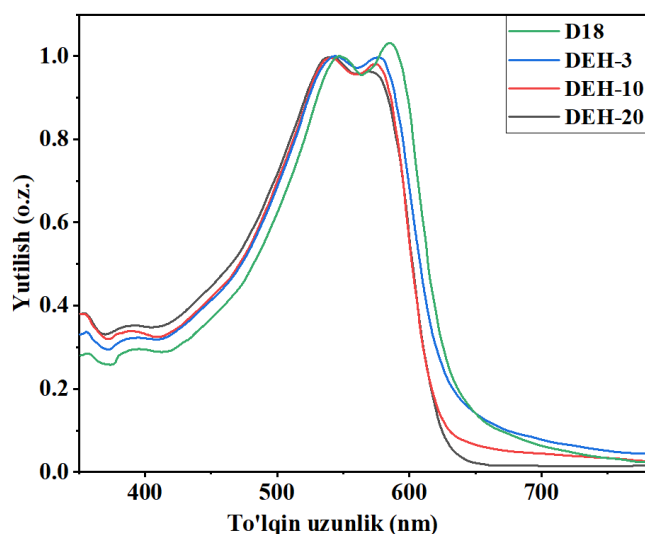
davomida qizdirmasdan xona haroratida aralashtirildi. Tayyor bo'lgan aralashmani "spin coating" usulida shisha/ITO ustiga yotqiziladi. Buning uchun shisha/ITO tagliklari ketma-ket uch bosqichda tozalab olinadi sababi OQELarida shisha/ITO (Indiy-qalay oksidi) elektrodining tozaligi juda muhim hisoblanadi, chunki bu qatlamning sirt holati va notozalik darajasi qurilmaning samaradorligi va takrorlanuvchanligiga bevosita salbiy ta'sir ko'rsatadi[5]. Shuning uchun har qanday tajribadan oldin tozalash jarayonlarini ehtiyotkorlik bilan bajarish talab etiladi. Dastlab ultratovushli vanna yordamida deionizatsiyalangan suvda, atseton hamda izopropil spirtida 10-15 minut vaqt davomida tozalab olinadi. Ultratovushli vannada tozalab olingandan so'ng tagliklar yuzasini azot gazi yordamida purkash usuli bilan shisha/ITOning har ikkila tomoni yaxshilab quritiladi. Tozalangan shisha/ITO tagliklar ustiga PEDOT:PSSni "spin coating" usuli yordamida 4000 ayl/daq. tezlikda 15 sekund davomida aylantirib qalinligi 40 nm atrofida bo'lgan PEDOT:PSS qatlam hosil qilindi. PEDOT:PSS ning vazifasi anodga faqat kovaklarni o'tqazib elektronlarni qaytarish uchun xizmat qiladi. Tayyor bo'lgan shisha/ITO/PEDOT:PSS tagliklar argon gazi bilan to'ldirilgan qo'lqopli maxsus qutiga joylashtiriladi va jarayon davom ettiriladi.

Shisha/ITO/PEDOT:PSS ustiga D18:L8-Bo, DEH-3:L8-Bo, DEH-10:L8-Bo, DEH-20:L8-Bo yupqa qatlamlar 4000 ayl/daq. tezlikda 15 sekund davomida aylantirib yotqizildi va tayyor bo'lgan yupqa qatlamlarning optik xossalari tadqiq qilindi. Tayyor bo'lgan shisha/ITO/PEDOT:PSS/faol qatlam ustiga PDINO qalinligi taxminan 40 nm 20 soniya davomida 6000 aylanish tezlikda aylantirilib qoplandi[6].

PDINO - elektron tashish qatlami sifatida ishlatiladi, ya'ni u quyosh elementidagi elektronlarni anod va katodga samarali ravishda yo'naltirish uchun yordam beradi. PDINO yotqizilib tayyor bo'lgach oxirgi bosqich yani, yupqa metall elektrod alyuminiy (Al) kontakti 2×10^{-4} Pa vakuumli kamerada bug'lantirish yordamida yotqizish orqali tayyorlandi.

Tadqiqot natijalari va muhokama

1-rasmda Xloroform eritmasi yordamida eritilib tayyorlangan D18, DEH-3, DEH-10 va DEH-20 donor polimerlarining yutilish spektrlari keltirilgan bo'lib, yutilish spektri 350-700 nm diapazon to'liq uzunligida keng yutilish poladasini



1-rasm. Xloroform eritmasi yordamida eritilib tayyorlangan D18, DEH-3, DEH-10 va DEH-20 donor polimerlarining yutilish spektrlari.

ko'rsatdi, bu yutilish spektrlari OQElarida samaradorlikka ta'sir qiluvchi xususiyatlarni ifodalaydi. Asosiy yutilish piki 560-600 nm to'liq uzunligiga to'g'ri kelganligini ko'rishimiz mumkin. Ushbu polimerning yorug'likni yutish xususiyati samarali ekanligini bildiradi. DEH qo'shilishi bilan yutilish intensivligi pasaygan va biroz qisqa to'liq uzunligiga spektral siljish kuzatilganini ko'rishimiz mumkin. D18 va D18 asosida yangi sintez qilib olingan DEH-3 bu namuna D18 bilan solishtirganda biroz past yutilish ko'rsatgan bo'lsada umumiy spektral shakl saqlanib qolganligini ko'rishimiz mumkin. Demak, DEH-3 qo'shilishi polimerning optik xususiyatlariga kichik bo'lsa ham samarali ta'sir qilganini ko'rishimiz mumkin. DEH-10 yutilish intensivligi D18 va DEH-3 bilan solishtirilganda esa biroz kamaygan. Bu DEH-10 miqdorining ortishi bilan D18 donor polimerining optik o'zaro ta'sirga tushishi natijasida bo'ladi. DEH-20 eng past yutilish intensivligi kuzatilgan. Bu DEH ning ko'proq miqdorda qo'shilishi natijasida D18 polimerining yutilish qobiliyati pasayganini ko'rsatgan. DEH-20 tarkibida ko'proq DEH mavjud bo'lganligi sababli, D18 strukturasi bilan yetarlicha aralashmasligi sababli, yutilish kamayishiga olib kelgan. Konjugatsiya uzunligining qisqarishi DEH ning qo'shilishi natijasida polimerning π elektron tizimini o'zgarishiga olib

keladi[7]. Bu esa yutilish intensivligining kamayishiga olib keladi. DEHning D18 tarkibida mavjudligi D18 ning yorug'lik yutilishi va energiya uzatish jarayonlariga ta'sir qilib, umumiy yutilish spektrini o'zgartiradi.

Xloroform yordamida eritilib tayyorlangan D18, DEH-3, DEH-10 va DEH-20 polimer eritmalarining 700 nm dan keyin yutilishining sezilarli darajada kamayganini ko'rsatadi, bu ularning uzun to'lqin uzunliklarida yutilish chegarasi yaxshi ekanligini bildiradi.

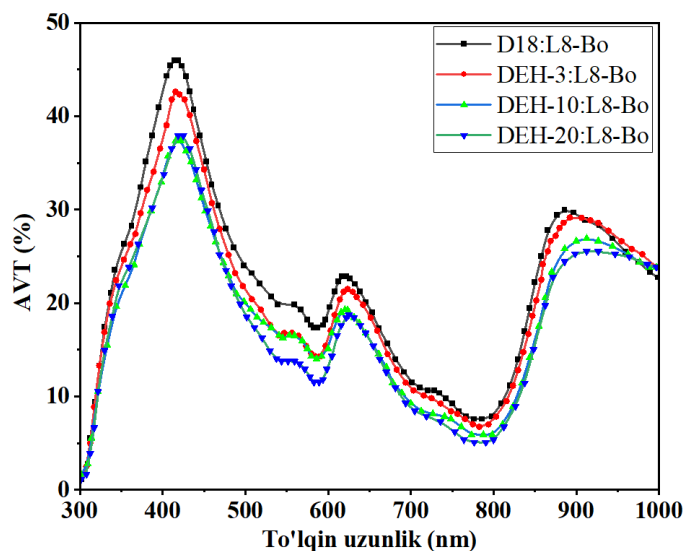
Jadval-1. HUMO/LUMO darajasi o'lchovidan o'lchangan qiymatlar

Polimerlar	HUMO (eV)	LUMO (eV)
L8-Bo	-5.71	-4.30
D18	-5.01	-3.04
DEH-3	-5.03	-3.06
DEH-10	-5.10	-3.13
DEH-20	-5.15	-3.19

1-jadvalda D18 va D18 donor polimeridan yangi sintez qilib olingan donorlarning energetik sathlariga bo'lgan ta'siri keltirilgan bo'lib, L8-Bo polimer akseptorning ham natijalari keltirilgan. HUMO va LUMO qiymatlar orasidagi farq asosan energetik bo'shliqni bildirgan bo'lsa D18 materiali uchun esa LUMO qiymati -3.04 eV va HUMO qiymati -5.01 eV ga teng ekanligini ko'rishimiz mumkin. DEH tarkibli donorlarining qo'shilishi quyidagicha natijani namoyish etdi: DEH-3%, DEH-10%, va DEH-20% konsentratsiyalari qo'shilganda, LUMO qiymatlari biroz pasaygan (-3.06 , -3.13 va -3.19 eV oralig'ida), bu esa elektron akseptor material sifatida LUMO darajasida kichik o'zgarishlarni ko'rsatadi[8]. HUMO qiymatlarida esa sezilarli o'zgarish kuzatilmagan, ular deyarli bir xil (-5.03, -5.10, -5.15 eV). L8-Bo bilan solishtirganimizda esa L8-Bo materialining LUMO qiymati ancha past (-4.30 eV), bu esa uning elektron akseptor sifatida yuqori samaradorlikka ega ekan. HUMO darajasi ham D18 va DEH materiallariga nisbatan pastroq (-5.71 eV) ekanligini ko'rishimiz mumkin.

Xulosa o'rnida D18 va D18 polimeridan yangi sintez qilib olingan DEH-X polimerlari LUMO va HUMO darajalariga biroz ta'sir ko'rsatadi. L8-Bo esa

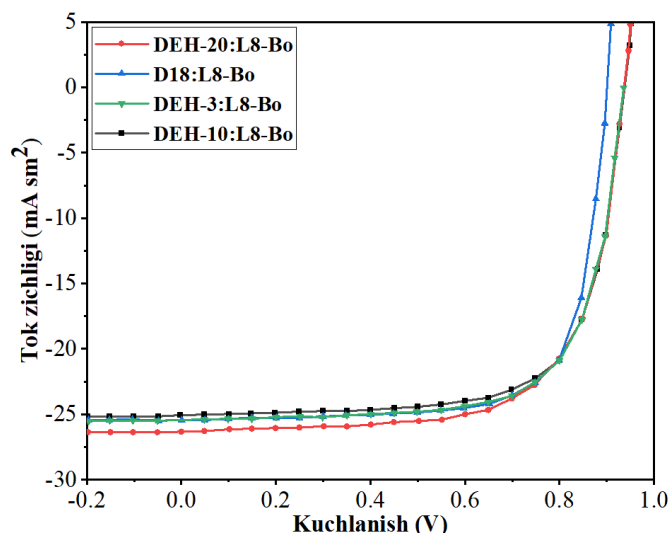
nisbatan chuqurroq energetik sathlar ko'rsatganini ko'rishimiz mumkin, bu uni samarali akseptor sifatida ajratib turadi. Ushbu natijalar quyosh elementlaridagi samaradorlikni yanada oshirish maqsadida turli donor va akseptor materiallar o'rtasidagi energetik sath mosliklarini o'rganish uchun muhim hisoblanadi.



2-rasm. Turli D18 va DEH modifikatsiyalari asosidagi faol qatlarning AVT ko'rsatgichlari.

2-rasmda Turli D18 va DEH modifikatsiyalari asosidagi faol qatlarning AVT ko'rsatgichlari keltirilgan bo'lib, barcha polimerlar D18 va DEH-3, DEH-10, DEH-20 asosida ishlangan donor polimerlarning AVT qiymati 300-1000 nm to'lqin uzunligi oralig'ida keltirilgan. Ko'rinib turibdiki, AVT qiymatlari ko'rinadigan yorug'lik diapazonida 400-700 nm yuqoriroq va infraqizil diapazonga o'tgan sari pasayib borganini kuzatishimiz mumkin. Bu shaffoflikni yorug'lik energiyasi spektrida qanday taqsimlanishini ko'rsatadi[9]. Asosiy yorug'lik yutish piklarga e'tibor beradigan bo'lsak, 410 nm da maksimum pikga ega ekanligini va 620 nm hamda 900 nm to'lqin uzunliklarda piklar hosil bo'lganligini ko'rishimiz mumkin. Bunga sabab shu maksimum pik nuqtalarda ko'rsatilgan to'lqin uzunliklarda yorug'likni yaxshi o'tqazayotganligini bildiradi. Yuqori o'tkazuvchanlik shuni ko'rsatadiki, materiallar nisbatan yaxshi optik xususiyatlarga ham ega. Ushbu hosil bo'lgan 3 ta pikning turli materiallar ya'ni (DEH-20:L8-Bo, DEH-10:L8-Bo, D18:L8-Bo, va DEH-3:L8-Bo) uchun farq qilishi materiallarning turli xil optik va strukturaviy xususiyatlari bilan izohlanadi. Bu farqlar materiallarning tarkibi,

qalinligi yoki tarkibidagi qo'shimcha komponentlarga bog'liq[10]. Xulosa o'rnida D18:L8-Bo materiali yarim shaffoflik va ko'rinadigan yorug'likni o'tkazish jihatidan eng yuqori samaradorlikka ega. DEH modifikatsiyalari bir biriga yaqin bo'lib, infraqizil yutilishi bilan samarali ishlashini ko'rsatadi.



3-rasm. Turli D18 va DEH modifikatsiyalari asosidagi OQElarning volt-ampere xarakteristikasi.

3-rasmda Ushbu grafikda turli polimerlar D18 va uning DEH-3, DEH-10, DEH-20 modifikatsiyalari hamda L8-Bo akseptor asosida ishlab chiqilgan OQElarning volt-ampere xarakteristikalari keltirilgan bo'lib, har bir materialning ishchi sohasidagi tok zichligi va maksimal kuchlanishdagi tokning o'zgarishi solishtirilgan. D18 va DEH polimerlarning J_{sc} qiymatlari bir biriga yaqin bo'lib, bu materiallar fotoaktiv qatlamda yorug'likni samarali yutishini ko'rsatadi. Eng yuqori J_{sc} qiymati esa D18:L8-Bo da kuzatilganligini ko'rishimiz mumkin. Materiallar o'rtasidagi farqlarni ko'radigan bo'lsak, barcha materiallar uchun V_{oc} taxminan 0.9 V ga yaqin bo'lib, bu DEH-3, DEH-10, DEH-20 va D18 asosidagi fotoaktiv qatlamlarning elektr kimyoviy xossalarini ko'rsatadi. D18 asosidagi donor material boshqa modifikatsiyalarga ya'ni DEH-3, DEH-10, DEH-20 nisbatan biroz yuqori samaradorlikni ko'rsatmoqda. DEH-20 esa boshqa DEH modifikatsiyalariga nisbatan biroz pastroq samaradorlik namoyish etdi. Xulosa qilib aytadigan bo'lsak, grafikdan ko'rinib turibdiki, barcha materiallar bir xil ishchi kuchlanish sohasida o'xshash natijalar ko'rsatmoqda, lekin D18 polimeri yuqori samaradorlikka ega. Bu D18 va L8-Bo materiallari o'rtasidagi optimal

energiya darajalari moslashuvi bilan bog'liq[11]. DEH modifikatsiya esa o'z kimyoviy strukturasidagi kichik farqlar tufayli bir oz kamroq samaradorlik ko'rsatmoqda.

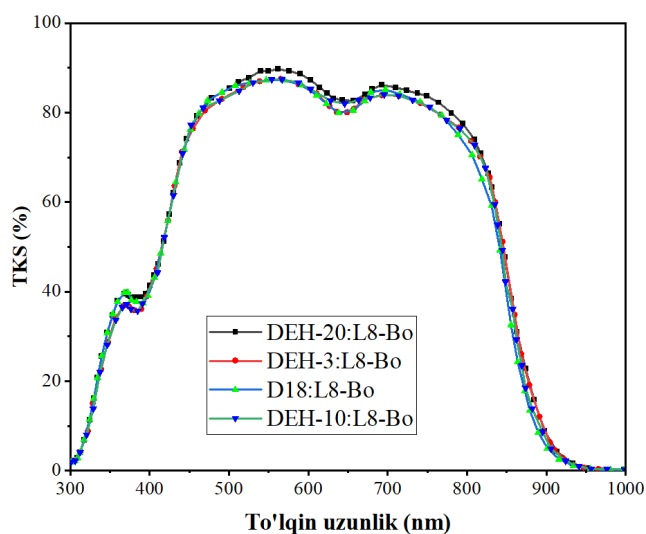
Ushbu natijalar DEH-X seriyasi donor modifikatsiyalari va materiallarning xususiyatlariga ta'sirini nomoyon qiladi. Bu OQElarini yanada samarali qilishda ilg'or qadam hisoblanadi.

2-Jadval. YSH-OQElarning fotovoltaik parametrlari.

Faol qatlam	J_{sc} (mA/sm ²)	V_{oc} (V)	FF (%)	EO'S (%)
D18:L8-Bo	25.50	0.90	74.2	17.1
DEH-3:L8-Bo	25.34	0.94	71.1	16.9
DEH-10:L8-Bo	25.11	0.94	71.0	16.7
DEH-20:L8-Bo	26.32	0.94	69.6	17.1

2-Jadvalda D18 va DEH polimerlari (DEH-3, DEH-10, DEH-20) asosidagi OQEning asosiy fotovoltaik parametrlari keltirilgan bo'lib, D18:L8-Bo polimer uchun qisqa tutashuv toki zichligi J_{sc} 25.50 mA/sm² tashkil etdi, J_{sc} quyosh elementlarining yorug'likni elektr energiyasiga aylantirish qobiliyatining muhim ko'rsatkichidir hamda J_{sc} asosan yorug'lik yutilishi va tashuvchi zaryadlarni (elektron va kovak) samarali ajratish va qabul qilish jarayoniga aks ettiradi. D18:L8-Bo uchun esa 25.50 mA/sm² dan boshlab, DEH-20:L8-Bo uchun 26.32 mA/sm² gacha oshganligini ko'rishimiz mumkin. Bu o'sish materiallar tarkibidagi o'zgarishlar tufayli yorug'likni yaxshi yutish va ko'proq fotogenerator hosil qilish bilan bog'liq. Ochik zanjir kuchlanishi V_{oc} qiymatlari 0,90 V dan 0,94 V gacha o'zgaradi. Bu qiymatlar pastdan o'rtacha diapazongacha bo'lib, shaffof materiallar uchun tipik hisoblanadi. V_{oc} ning barqarorligi, materiallar orasidagi energetik moslik yaxshi ekanligini ko'rsatdi. To'ldirish faktori FF esa maksimal quvvat nuqtasining samaradorligini aks ettiradi[12]. U D18:L8-Bo uchun 74.2% bo'lsa, DEH-3:L8-Bo uchun 71.1.6 % ga ko'tarilganini ko'rishimiz mumkin. Biroq, keyingi materiallarda bu biroz pasayganini ham ko'rishimiz mumkin ya'ni (71.1% va 69.6%). Bu materiallarda elektr yurituvchi kuch va zanjir ichidagi qarshilik o'zgarishlaridan dalolat beradi[13]. Samaradorlik D18:L8-Bo uchun 17.1%

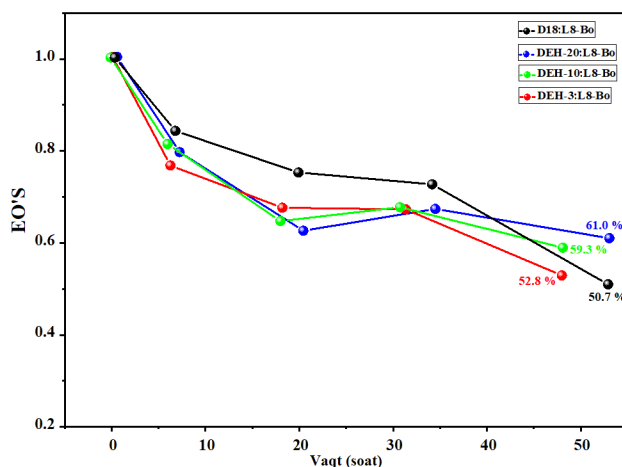
bo'lgan bo'lsa, DEH-20:L8-Bo uchun 14.6 % ga yetdi. Yorug'likni o'rtacha o'tkazuvchanlik ko'ffisienti (AVT) qurilmaning shaffoflik darajasini bildiradi va uning shaffof displaylar yoki oynalar uchun mosligini baholaydi. Shu bilan birga, yuqori EO'S va J_{sc} bilan bu materiallar shaffoflik va samaradorlikni muvozanatda ushlab turadi. D18 va D18 donor polimeri asosida yangi sintez qilib olingan DEH donor polimerlarini D18 asosida ishlangan materialning yorug'lik yutishini va samaradorligini yaxshilashda muhim rol o'ynaydi. DEH-20:L8-Bo eng yaxshi natijani ko'rsatib, yuqori J_{sc} , EO'S va AVT qiymatlariga ega bo'lib, shaffof fotovoltaiq qurilmalarda istiqbolli material ekanligini tasdiqlaydi. DEH-3:L8-Bo FF bo'yicha eng yaxshi natijaga ega, bu uning elektr xarakteristikalarida yuqori sifatga ega ekanligini anglatadi[14]. Olingan ma'lumotlar OQElari dizaynida faol qatlamlarni tanlash va ularning optik va elektr xususiyatlarini yaxshilashda foydali ekanligini ko'rsatdi. Bu natijalar YSH-OQElari uchun yangi polimer materiallarni sintez qilib olishning amaliy ahamiyatini ko'rsatadi[15].



4-rasm. Turli D18 va DEH modifikatsiyalari asosidagi YSH-OQE larning TKS spektrlari

4-rasmda Turli D18 va DEH modifikatsiyalari asosidagi YSH-OQE larning TKS spektrlari keltirilgan bo'lib, TKS to'lqin uzunligiga bog'liq ravishda o'zgaradi va bu natija orqali turli modifikatsiyalar uchun TKS qiymatlarining spektral taqsimoti ko'rsatilgan. Asosan 400-900 nm oralig'ida barcha materiallar yuqori TKS ko'rsatgichlariga ega bo'lib, maksimal qiymatlar taxmiman 500-700 nm to'lqin uzunligida kuzatilgan. Bu ushbu to'lqin uzunliklarda yorug'likni yaxshi

yutishini anglatadi. Ayniqsa DEH-20:L8-Bo materialida yuqori yutilish va TKS qiymatlari boshqa modifikatsiyalarga nisbatan sezilarli va barqaror ko'rsatgichga ega, bu uning yorug'likni yutish qobiliyati yaxshi ekanligini ko'rsatadi. DEH-3:L8-Bo, DEH-20:L8-Bo va D18:L8-Bo modifikatsiyalarining TKS spektrlari bir biriga juda yaqin, lekin DEH-20:L8-Bo bilan solishtirganda biroz past ko'rsatgich ko'rsatganini ko'rishimiz mumkin. Barcha modifikatsiyalar uchun TKS qiymatlari 700 nm dan yuqori to'lqin uzunliklarida asta sekinlik bilan pasayadi, bu esa ushbu diapazonda yorug'likni kamroq yutishini ko'rsatib turibdi. Ushbu grafikdan ko'rinib turibdiki, DEH-20:L8-Bo polimeri ko'rinadigan yorug'lik dipazonida nisbatan yuqori TKS ligini ko'rsatdi va boshqa polimerlardan yuqori natija namoyish etdi. Bu modifikatsiya yorug'lik yutilishini va fotonlarni samarali konvertatsiya qilish uchun optimal tanlov hisoblanadi. DEH-20 modifikatsiyasi eng istiqbolli bo'lib[16], yuqori optik shaffoflik va samaradorlikni ta'minlaydi. Bu esa uni ekologik toza va estetik jihatdan optimal variant bo'lishiga katta hissani qo'shadi.



5-rasm. YSH-OQE larning termik barqarorlik ko'rsatkichi

5-rasmda YSH-OQE qurilmalarining termik barqarorligi ko'rsatilgan. Bunda vaqt o'tishi bilan energiya o'zgartirish samaradorligi (EO'S) qanday darajada o'zgarishi tasvirlangan. Grafikdan kelib chiqib tahlil qiladigan bo'lsak, dastlab boshlang'ich EO'S qiymati barcha qurilmalar boshlang'ich EO'S qiymatini 100% deb boshlab, dastlabki ish sharoitida maksimal samaradorlikka ega. Bu qurilmalar boshida optimal fotovoltaiik ishlashga ega ekanligini ko'rsatadi. Termik barqarorlikka ta'sir esa 50 sutka davomida barcha materiallar EO'S qiymatining

pasayishini ko'rsatadi, bu materiallarning termik barqarorlik vaqt o'tishi bilan pasayishini bildiradi[17]. EO'S pasayish sura'ti quyidagini namoyish etdi: D18:L8-Bo: Samaradorlik 50,7% gacha pasayganini hamda DEH-3:L8-Bo: Samaradorlik 52,8% darajasida saqlanganini ko'rishimiz mumkin. DEH-10:L8-Bo: EO'S qiymati 61% gacha pasaygan. DEH-20:L8-Bo: Eng yaxshi natija, samaradorlik 59,3% darajasida saqlangan.

D18 polimer va modifikatsiya qilingan D18 polimer asosida yangi sintez qilib olingan DEH-X seriyasi polimerlari qurilmalar (ayniqsa, DEH-20:L8-Bo) yuqori termik barqarorlikni (ya'ni 61 %) ta'minlaydi. Bu D18 donor polimeridan sintez qilib olingan polimerlarining material strukturasini mustahkamlagani va yuqori harorat sharoitida yorug'likka chidamliligini oshirganini ko'rsatgan bo'lsa pasayish bosqichlari quyidagicha: grafikning dastlabki 10 sutkasida EO'S keskin pasayadi (taxminan 20–30%), bu dastlabki degradatsiya jarayonining tezligini ko'rsatadi. Bu odatda kislorod, namlik yoki issiqlikning materialga ta'siridan kelib chiqadi[18]. 10–50 sutka oralig'ida pasayish sekinlashadi, bu uzoq muddatli barqarorlikka bog'liqligini bildiradi. DEH-20:L8-Bo nafaqat boshlang'ich EO'S qiymatida yuqori ko'rsatkichlarga ega, balki 50 sutka davomida eng yuqori ya'ni 61% EO'S saqlanib qoldi. Bu uni termik barqarorlik bo'yicha eng istiqbolli material ekanligini ko'rsatadi[19].

Xulosa

Xloroform yordamida eritilib tayyorlangan D18, DEH-3, DEH-10 va DEH-20 polimer eritmalarining 700 nm dan keyin yutilishining sezilarli darajada kamayganini ko'rsatgan bo'lsa bu ularning uzun to'lqin uzunliklarida yutilish chegarasi keng ekanligini ko'rsatdi.

D18:L8-Bo materiali esa yarim shaffoflik va ko'rinadigan yorug'likni o'tkazish jihatidan eng yuqori samaradorlikka ega. DEH modifikatsiyalari bir biriga yaqin bo'lib, infraqizil yutilishi bilan samarali ishlashini ko'rsatdi.

DEH-20:L8-Bo polimeri ko'rinadigan yorug'lik dipazonida nisbatan yuqori TKS ligini ko'rsatdi va boshqa polimerlardan yuqori natija namoyish etdi. Bu modifikatsiya yorug'lik yutilishini va fotonlarni samarali konvertatsiya qilish

uchun optimal tanlov hisoblanadi. DEH-20 modifikatsiyasi eng istiqbolli bo'lib, yuqori optik shaffoflik va samaradorlikni ta'minlaydi. Bu esa uni ekologik toza va estetik jihatdan optimal variant bo'lishiga katta hissani qo'shadi.

D18 donor polimeri asosida yangi sintez qilib olingan DEH-3, DEH-10 va DEH-20 polimerlari, ayniqsa DEH-20, YSH-OQE qurilmalarining termik barqarorligini sezilarli darajada oshiradi va D18:L8-Bo agrovoltaik esa boshqa DEH-X seriyasi modifikatsiyalarga nisbatan eng past barqarorlikka ega hamda bu grafik DEH modifikatsiyalarining fotovoltaik materiallar barqarorligini oshirishdagi ahamiyatini ko'rsatib, uzoq muddatli foydalanishga mos keladigan samarador qurilmalarni loyihalashda yordam beradi. Bundan kelib chiqib, DEH-20 donor polimeri yanada takomillashtirish istiqbolli hisoblanadi deyshimiz mumkin ekan.

Minnatdorchilik. Ushbu maqoladagi olingan natijalar O'zRFA U. Arifov nomidagi Ion-plazma va lazer texnologiyalari instituti bazaviy moliyalashtirish mablag'lari ko'magi doirasida bajarilgan.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Wang, Guangyu. Technology, Manufacturing and Grid Connection of Photovoltaic Solar Cells. John Wiley & Sons, 2018.
2. Liu T. et al. Photochemical decomposition of Y-series non-fullerene acceptors is responsible for degradation of high-efficiency organic solar cells //Advanced Energy Materials. – 2023. – T. 13. – №. 17. – C. 2300046.
3. Li, Y., Zheng, D., Li, J., Li, Z., Liu, S. F., Peng, L., & Yang, D. (2024). Translucent solar power for potential future implementations. *Journal of Materials Chemistry A*, 12(33), 21605-21625.
4. Zhao H. et al. Improving age stability and energy absorption capabilities of ZnO varistors ceramics //Ceramics International. – 2016. – T. 42. – №. 15. – C. 17880-17883.
5. Fu Y. Low-Dimensional Perovskite Nanostructures for Light-Emitting Diodes (PeLEDs) : дис. – Hong Kong University of Science and Technology (Hong Kong), 2022.

6. Pan F. et al. Solution-processable n-doped graphene-containing cathode interfacial materials for high-performance organic solar cells //Energy & Environmental Science. – 2019. – T. 12. – №. 11. – C. 3400-3411.
7. Liu C. L. et al. Conjugated rod–coil block copolymers: Synthesis, morphology, photophysical properties, and stimuli-responsive applications //Progress in polymer science. – 2011. – T. 36. – №. 5. – C. 603-637.
8. Li Y. Molecular design of photovoltaic materials for polymer solar cells: toward suitable electronic energy levels and broad absorption //Accounts of chemical research. – 2012. – T. 45. – №. 5. – C. 723-733.
9. Traverse C. J. et al. Emergence of highly transparent photovoltaics for distributed applications //Nature Energy. – 2017. – T. 2. – №. 11. – C. 849-860.
10. Liu L. et al. Light transmittance in α -SiAlON ceramics: effects of composition, microstructure, and refractive index anisotropy //Journal of the European Ceramic Society. – 2012. – T. 32. – №. 10. – C. 2487-2494.
11. Wei C. et al. Morphology optimization via pre-aggregation and miscibility matching in PM6: L8-BO ternary organic solar cells //Physical Chemistry Chemical Physics. – 2024. – T. 26. – №. 45. – C. 28573-28585.
12. Pathak A. K. et al. Recent advances in sensing materials targeting clinical volatile organic compound (VOC) biomarkers: a review //Biosensors. – 2023. – T. 13. – №. 1. – C. 114.
13. Hai P. N. et al. Electromotive force and huge magnetoresistance in magnetic tunnel junctions //Nature. – 2009. – T. 458. – №. 7237. – C. 489-492.
14. Zhang X. et al. High fill factor organic solar cells with increased dielectric constant and molecular packing density //Joule. – 2022. – T. 6. – №. 2. – C. 444-457.
15. Sun J., Jasieniak J. J. Semi-transparent solar cells //Journal of Physics D: Applied Physics. – 2017. – T. 50. – №. 9. – C. 093001.
16. Prosa M. et al. Organic light-emitting transistors with simultaneous enhancement of optical power and external quantum efficiency via conjugated

- polar polymer interlayers //ACS applied materials & interfaces. – 2018. – T. 10. – №. 30. – C. 25580-25588.
17. Sheikh A. D. et al. Effects of high temperature and thermal cycling on the performance of perovskite solar cells: acceleration of charge recombination and deterioration of charge extraction //ACS applied materials & interfaces. – 2017. – T. 9. – №. 40. – C. 35018-35029.
18. Saunders S. R. J., Monteiro M., Rizzo F. The oxidation behaviour of metals and alloys at high temperatures in atmospheres containing water vapour: A review //Progress in materials science. – 2008. – T. 53. – №. 5. – C. 775-837.
19. Ruziev Farid Murtoza ugli. Optical and photovoltaic parameters of D18-based donor polymers in semi-transparent organic solar elements // Scientific reports of Bukhara state university 2025/1 (118). Page (88-95).