

PBB-TSD VA Y6 POLIMERLARGA ASOSLANGAN POLIMER QUYOSH ELEMENTLARINING XOSSALARINI TADQIQ QILISH

Saparbayev Aziz Adamovich

Ion plazma va lazer texnologiyalari instituti, katta ilmiy xodimi

Ro'ziyev Farid Murtoza o'g'li

Ion plazma va lazer texnologiyalari instituti, kichik ilmiy xodimi

Turg'unboyev Abror Yulchi o'g'li

Ion plazma va lazer texnologiyalari instituti, kichik ilmiy xodimi

Imomov Muhibjon Xabibjonovich

Namangan davlat chet tillari instituti, TSNQB boshlig'i

Gmail: saparbaevaziz83@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada PBB-TSD polimer donor va Y6 polimer akseptorga asoslangan qatlam-qatlam va an'anaviy hajmiy geterostruktura (HGS) usulida polimer quyosh elementlarining faol qatlamlari tayyorlanib yutilish spektrlari tadqiq qilindi. Polimer quyosh elementlarini yasashda muhandislik texnologiasi ham alohida e'tibor talab qiladigan jarayondir, chunki yangi polimer material sintez qilinib tayyor bo'lgach, donor-akseptor (D-A) polimer materiallar tanlovi, bir-biriga mosligi va yorug'lik nurini yutish sohasida donor va akseptor bir birini to'ldirishi kabi parametrlar juda muhimdir. Biz o'rganayotgan D-A asosli polimer quyosh elementlar(PQE) boshqa PQElarga qaraganda tashqi ta'sirlar (atmosfera, issiqlik ta'siri va hokazo)ga chidamli va energiya o'zgartirish samnaradorligi (EO'S) yuqoriroqdir.

Tayanch so'zlar: PBB-TSD, Y6; polimer quyosh elementi (PQE); HGS, qatlam-qatlam.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРОВ PBB-TSD VA Y6

Сапарбаев Азиз Адамович

Институт ионно-плазменных и лазерных технологий,

старший научный сотрудник,

Рузиев Фарид Муртоза угли

Институт ионно-плазменных и лазерных технологий,

младший научный сотрудник

Тургунбаев Аброр Юлчи угли

Институт ионно-плазменных и лазерных технологий,

младший научный сотрудник

Имомов Мухибжон Хабибжонович

Наманганский государственный институт иностранных языков,

начальник ОККО

Gmail: saparbaevaziz83@gmail.com

Аннотация: В данной работе исследованы спектры поглощения активных слоев полимерных солнечных элементов, изготовленных послойным и традиционным методом объемной гетероструктуры (ОГС) на основе полимера-донора PBB-TSD и полимера-акцептора Y6. Инженерная технология изготовления полимерных солнечных элементов также является процессом, требующим особого внимания, поскольку при синтезе и получении нового полимерного материала большое значение имеют такие параметры, как выбор донорно-акцепторных (Д-А) полимерных материалов, их совместимость, комплементарность донора и акцептора в области светопоглощения. Исследуемые нами полимерные солнечные элементы (ПСЭ) на основе Д-А более устойчивы к внешним воздействиям (атмосферным, тепловым воздействиям и др.) и обладают более высокой стабильностью и эффективностью, чем другие ПСЭ.

Ключевые слова: PBB-TSD.Y6; полимерный солнечный элемент (ПСЭ); ОГС, слой за слоем.

RESEARCH OF PROPERTIES OF POLYMER SOLAR ELEMENTS BASED ON PBB-TSD AND Y6 POLYMERS

Saparbaev Aziz Adamovich

Institute of Ion-plasma and laser technologies, senior researcher

Ruziev Farid Murtoza ugli

Institute of Ion-plasma and laser technologies, junior researcher

Turgunbaev Abror Yulchi ugli

Institute of Ion-plasma and laser technologies, junior researcher

Imomov Muhibjon Khabibjonovich

Namangan State Institute of Foreign Languages, Head of EQCD

Gmail: saparbaevaziz83@gmail.com

Abstract: . This work, we study the absorption spectra of active layers of polymer solar cells fabricated by layer-by-layer and traditional method of bulk heterostructure (BHS) based on PBB-TSD donor and Y6 acceptor polymers. The engineering technology for the fabrication of polymer solar cells is also that requires special attention a process, since parameters such as the choice of donor-acceptor (D-A) polymer materials, their compatibility, donor and acceptor complementarity in the region of light absorption. Polymer solar cells (PSCs) based on D-A, which we are studying, are more resistant to external influences (atmospheric, thermal effects, etc.), higher stability and efficiency than other PSCs.

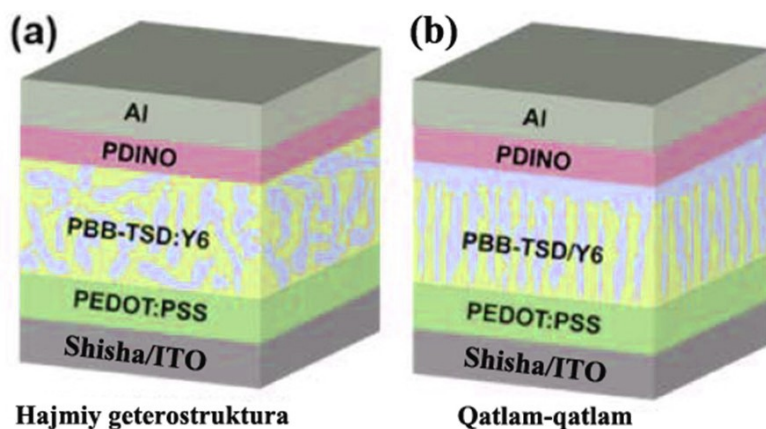
Key words: PBB-TSD, Y6; polymer solar cell; BHJ, layer by layer.

KIRISH

So'ngi yillarda energetika butun dunyoda dolzarb masalaga aylanib bormoqda[1-3]. Shu bois salohiyatli davlatlar uning muqobil yo'llarini izlashmoqda. Hozirgi paytda polimer quyosh elementlari (PQE) yengil vaznlilik, moslashuvchanlik, tan narxi arzonligi, egiluvchanligi, yorug'lik nurini yutilish koeffisienti yuqoriligi va keng to'lqonlar sohasida bo'lishi kabi afzalliklari bilan ko'pchilikning e'tiborini tortmoqda[4-6]. Polimer quyosh elementlarini yasashda muhandislik texnologiasini tanlash ham polimer quyosh elementlarining fotovoltaiq ish faoliyatini yaxshilashning samarali usullaridan biridir. Biz o'rganayotgan polimer asosli PQElari tashqi ta'sirlar (atmosfera, issiqlik ta'siri va hokazo)ga chidamli va EO'S yuqori hisoblanadi. Yangi avlod quyosh elementlarini yaratishda polimer asosli PQE o'rni alohida. Ushbu ishda PBB-TSD polimer donor va Y6 polimer akseptorga asoslangan qatlamma-qatlam va an'anaviy hajmiy geterostruktura (HGS) usulida polimer quyosh elementlarining faol qatlamlari tayyorlanib yutilish spektrlari tadqiq qilindi.

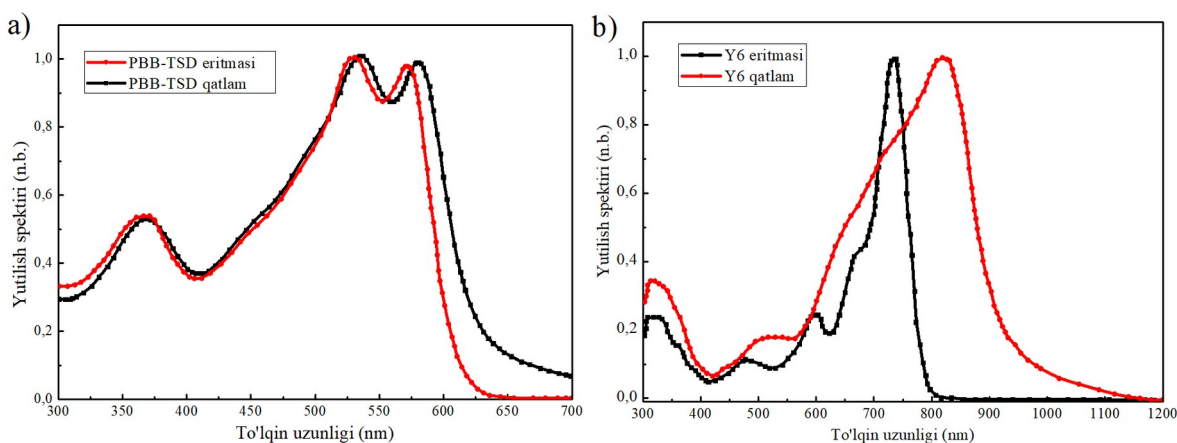
Hajmiy va qatlamma-qatlam polimer faol qatlamlarini quyidagi usulda tayyorlanadi. Dastlab PBB-TSD va Y6 polimerlarga asoslangan ikki xil tartibda eritmalar tayyorlab olinadi. Birinchi eritma tayyorlanish jarayoni quyidagicha amalga oshirildi. PBB-TSD va Y6 10 mg/ml polimer donor konsentratsiyasi bilan bog'liq proporsiyada xlorobenzolga solinib, eritma bir necha soat davomida xona haroratida magnitli aralashtirgich yordamida donor-akseptor aralashmasidan iborat faol qatlam eritmasi hosil qilinadi. Ikkinchi usulda ya'ni qatlamma-qatlam spin coating qilish uchun PBB-TSD polimer donorni va Y6 polimer akseptorni xlorobenzolda alohida xona haroratida doimgidek bir necha soat davomida magnitli aralashtirgich yordamida tayyorlab olinadi. Keyin indiy qalay oksidi (ITO) shisha tagliklari ultratovushli vannada asetonda, deionizatsiya qilingan suvda va izopropil spirtida har biri 20 daqiqa davomida tozalanib, so'ngra esa toza azot gazi yordamida quritildi. Shundan so'ng, shisha/ITO sirt tayyor bo'lgach, spin qoplama usuli yordamida PEDOT:PSS ni 4000 ayl./min. (ayl./min.-bir daqiqadagi aylanishlar soni) tezlik bilan 30 sekund davomida aylantirilib 50 nm qalinlik

atrofida yotqiziladi va tayyor PEDOT:PSS qatlamlaridagi suv molekulalarini yo'qotish uchun pechkada atmosfera sharoitida 10 daqiqa davomida 150 °C haroratda qizdiriladi. PEDOT:PSS qatlami tayyor bo'lgach spin qoplama usuli yordamida 20 soniya davomida 3000 ayl./min. tezlikda birinchi PBB-TSD:Y6 hajmiy geterostruktura olindi hamda, ikkinchi PBB-TSD/Y6 qatlam-qatlam strukturali faol qatlami hosil qilindi(1-rasm).



1-rasm Qurilma tuzilishining sxematik diagrammasi, Struktura ko'rinishi

Dastlab PBB-TSD va Y6 polimerlarni alohida qilib olingan aralashtirmani “spin coting” usuli bilan qoplagandan so'ng yutilish spektrlari o'lchandi.

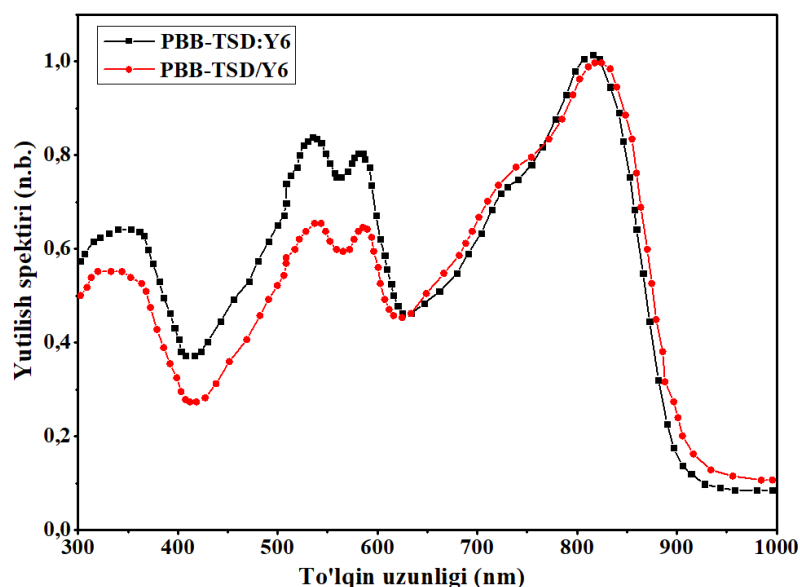


2-rasm. (a) PBB-TSD va (b) Y6 ning yutilish spektrlari

2a rasmga e'tibor qaratadigan bo'lsak, PBB-TSD polimerni “spin coting” usuli bilan tayyorlab olingan yupqa qatlamni laboratoriyamizda mavjud bo'lgan UV-1280 spektrofotometr qurilmamiz yordamida yutilish spektrini o'lchaganimizda natija shunday bo'ldiki, PBB-TSD qatlamning yutilish spektri 360 nm, 510 nm hamda 585 nm to'lqin uzunliklarida maksimum piklar hosil bo'ldi. Demak PBB-TSD qatlami mana shu maksimum piklarni hosil qiluvchi

to'liq uzunliklarda yorug'likni yaxshi yutishini ko'rishimiz mumkin. 1b rasmda esa Y6 polimerni yutilish spektrini kuzatganimizda, Y6 qatlamning yutilish spektri 550 nm hamda 850 nm to'liq uzunlikda maksimum pik hosil bo'lganini ko'rishimiz mumkin. Ularning yutilish spektrlariga qaraydigan bo'lsak PBB-TSD 300-650 nm to'liq diapazonida yaxshi yutadi hamda Y6 500-900 nm gacha bo'lgan to'liq uzunligi diapazonida yaxshi yutadi[7]. Demak, donor PBB-TSD ning yorug'likni yutish sohasi 350 nm dan 650 nm gacha ekanligi va Y6 akseptorning yorug'likni yutish sohasi 600 nm dan 1000 nm gacha ekanligi optimal holatdir. Chunki ikkita D-A polimer aralashtirilib PQE uchun faol qatlam tayyorlangach juda keng yorug'lik to'liq sohasida yutilish spektri kuzatilishi kerak. Bu esa o'z navbatida optimal energiya o'zgartirish samaradorligi (EO'S)ni ta'minlashi mumkin.

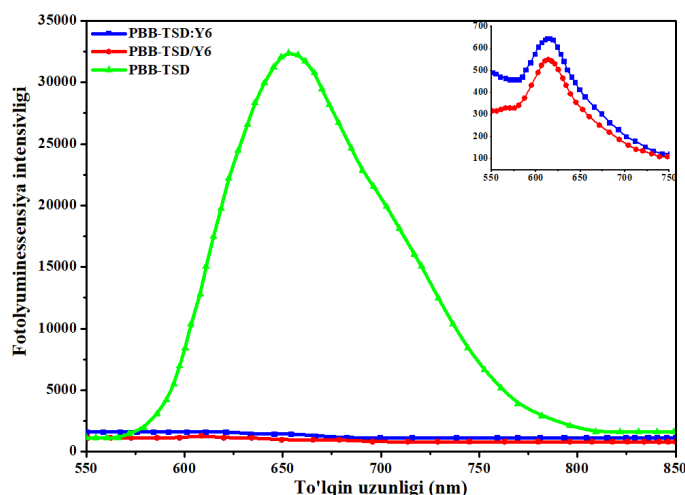
Shundan so'ng PBB-TSD va Y6 asosli hajmiy va qatlamma-qatlam usuli bo'yicha tayyorlangan faol qatlamlarning yutilish spektrlari o'rganildi.



3-rasm. Qatlamma-qatlam va hajmiy geterostrukturali faol qatlamlarning yutilish spektrlari.

3-rasmda PBB-TSD va Y6 polimerlarni qatlamma-qatlam (PBB-TSD/Y6) va hajmiy geterostruktura (PBB-TSD:Y6)li faol qatlamlarning yutilish spektrlari berilgan. Grafikdan ko'rinib turibdiki ikkala holda ham yutilish spektri intensivligi va yutilish diapazoni kengligi yaxshilangan. PBB-TSD:Y6 va PBB-TSD/Y6 asosli polimer faol qatlamlarini ikkala usulda olganda ham bir-biri bilan yaxshi donor-

akseptor struktura hosil qilishini ko'rishimiz mumkin[8]. Hamda hajmiy geterostrukturali (HGS) PBB-TSD:Y6 asosli faol qatlamning yutilish spektri qatlam-qatlam PBB-TSD/Y6 asosli faol qatlamga qaraganda optimal ekanligini ko'rishimiz mumkin.

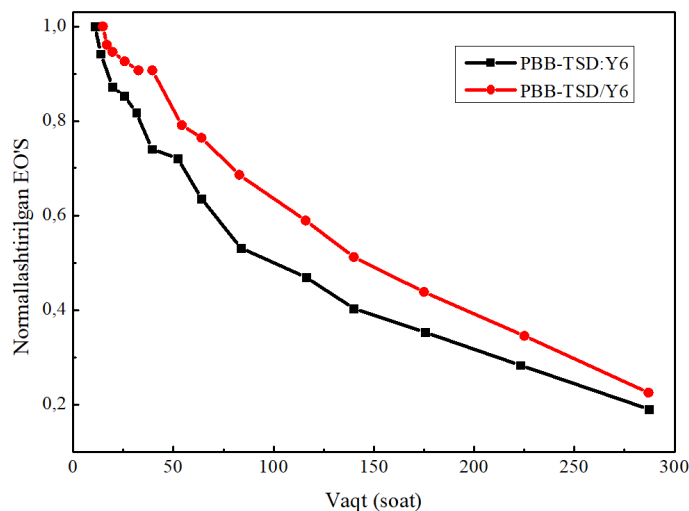


4-rasm. PBB-TSD, PBB-TSD:Y6 va PBB-TSD/Y6 qatlamlarining PL spektrlari.

4-rasmda PBB-TSD, PBB-TSD:Y6 va PBB-TSD/Y6 qatlamlarining fluoressensiya spektrlari keltirilgan. Ushbu fluoressensiya spektrlari 550 nm to'lqin uzunlikka ega lazer nuri faol qatlamlarga yo'naltirilgan holda olingan, bo'lib PBB-TSD donor qatlamga yorug'lik tushgan paytda eksitonlarning nurlanish piki hosil bo'lgan bu degani eksitonlar paydo bo'lishini boshlaydi. Ya'ni zaryadlar ajralishi ro'y bermaganligi hamda akseptor mavjud bo'lmaganligi uchun eksitonlar rekombinatsiyaga uchrashi natijasida 620 nm to'lqin uzunlikda eksitonlar rekombinatsiyasining nurlanishining piki kuzatilgan[9].

PBB-TSD polimer donorga Y6 polimer akseptor qo'shilgandan keyin eksiton zaryadlarga ajralishi hisobiga zaryadlarni rekombinatsiyasi yo'qolib, fluoressensiya nurlanish piki bir necha barobarga keskin so'nadi. Bunga sabab D-A asosli faol qatrlamda eksitonlar zaryadlarga ajralishi va erkin zaryadlarni hosil bo'lishi ya'ni fotozaryadlarning optimal holatgacha hosil bo'lishiga olib keladi. Grafikdagi kichik rasmdan ko'rishimiz muminki, HGSga nisbatan qatlam-qatlam qilinganda fluoressensiya ko'proq so'nishini kuzatishimiz mumkin. Fluoressensiya

spektrlari natijalaridan HGS ga nisbatan qalam-qatlam qilib joylashtirgan optimal usul ekanligini hulosa qilish mumkin.



5-rasm. Ikki xil usulda tayyorlangan polimer quyosh elementlarining vaqt bo'yicha barqarorligi.

Bizga ma'lumki, PQE larini sanoatda ishlab chiqarish uchun uning yuqori samaradorlik va tashqi atrof muhitda barqarorligi kabi xususiyatlari muhim hisoblanadi. Ikki xil usulda yasalgan PBB-TSD:Y6 va PBB-TSD/Y6 asosli PQE larini tashqi muhit sharoitida EO'S qiymatining vaqtga bog'liq barqarorligi tadqiq qilindi. 5-rasmda EO'S qiymatining vaqtga bog'liq barqarorligi bo'yicha olingan natijalar keltrilgan. PBB-TSD:Y6 va PBB-TSD/Y6 asosli PQE larining EO'S barqarorligi vaqt o'tishi bilan deyarli chiziqli kamayishi grafikda nomoyon bo'lmoqda. Yangi tayyorlangan PQE lari EO'S qiymati 116 soat vaqt o'tgandan keyin PBB-TSD:Y6 elementining EO'S qiymatining 41 % ni saqlab qoldi, PBB-TSD/Y6 elementi esa EO'S qiymatining 55 % saqlab qoldi. Grafikda olingan natijalardan PBB-TSD/Y6 asosli PQE ning EO'S nisbatan barqaror ekanligini ko'rishimiz mumkin[10].

XULOSA

Ushbu ishda PBB-TSD va Y6 asosida qatlam qatlam va HGS PQElarning optik va barqarorligi o'rganiladi. Qatlam qatlam usulda tayyorlangan faol qatlamlar ko'proq tartiblangan molekulali strukturaga egaligini ko'rsatdi, Qatlam qatlam usulda tayyorlangan faol qatlamlardan iborat PQElar ko'proq

muvozanatli zarayad tashuvchining harakatchanligini, yuqori elektron va kovak harakatchanligini namoyish etdi. Bu natijalardan xulosa qilish mumkinki, ba'zi materiallarning ishlashi yomon bo'lmasligi mumkin, ya'ni yaxshi muhandislik usullarini ishlab chiqish ham PQElarniung samaradorligini oshirishiga xizmat qiladi. Samarali PQElar uchun ideal p-i-n-ga o'xshash struktura yordamida oddiy, ammo samarali qatlam qatlam usuli bilan erishish mumkin.

Adabiyotlar ro'yxati

1. Liu, X.; Ma, R.; Wang, Y.; Du, S.; Tong, J.; Shi, X.; Li, J.; Bao, X.; Xia, Y.; Liu, T.; Yan, H. [Significantly Boosting Efficiency of Polymer Solar Cells by Employing A Nontoxic Halogen-Free Additive](#). *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2021, 13, 11117–11124.
2. Han, J.; Wang, X.; Huang, D.; Yang, C.; Yang, R.; Bao, X. [Employing Asymmetrical Thieno\[3, 4-d\]pyridazin-1\(2H\)-one Block Enables Efficient Ternary Polymer Solar Cells with Improved Light-Harvesting and Morphological Properties](#). *Macromolecules* 2020, 53, 6619–6629.
3. Xu, Y.; Cui, Y.; Yao, H.; Zhang, T.; Zhang, J.; Ma, L.; Wang, J.; Wei, Z.; Hou, J. [A New Conjugated Polymer that Enables the Integration of Photovoltaic and Light-Emitting Functions in One Device](#). *Adv. Mater.* 2021, 33, 2101090.
4. Wang, J.; Yu, H.; Hou, C.; Zhang, J. [Solution-processable PEDOT: PSS: In₂Se₃ with Enhanced Conductivity as a Hole Transport Layer for High-Performance Polymer Solar Cells](#). *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2020, 12, 26543–26554.
5. Hu, L.; Song, J.; Yin, X.; Su, Z.; Li, Z. [Research Progress on Polymer Solar Cells Based on PEDOT:PSS Electrodes](#). *Polym. Rev.* 2020, 12, 145.
6. Li, W.; Liu, Q.; Jin, K.; Cheng, M.; Hao, F.; Wu, W.-Q.; Liu, S.; Xiao, Z.; Yang, S.; Shi, S.; Ding, L. [Fused-Ring Phenazine Building Blocks for Efficient Copolymer Donors](#). *Mater. Chem. Front.* 2020, 4, 1454–1458.
7. Chen, C.; Zhang, C.; Peng, Y.; Wang, N.; Liu, X.; Du, S.; Tong, J.; Li, J.; Xia,

- Y. [An Alcohol-Soluble Small Molecule as Efficient Cathode Interfacial Layer Materials for Polymer Solar Cells.](#) *Opt. Mater.* 2021, 113, 110909.
8. Liu, G.; Jia, T.; Zhang, K.; Jia, J.; Yin, Q.; Zhong, W.; Jia, X. e.; Zheng, N.; Ying, L.; Huang, F.; Cao, Y. [Chlorinated Fused Nonacyclic Non-Fullerene Acceptor Enables Efficient Large-Area Polymer Solar Cells with High Scalability.](#) *Chem. Mater.* 2020, 32, 1022–1030.
9. Xia, D.; Wu, Y.; Wang, Q.; Zhang, A.; Li, C.; Lin, Y.; Colberts, F. J. M.; van Franeker, J. J.; Janssen, R. A. J.; Zhan, X.; Hu, W.; Tang, Z.; Ma, W.; Li, W. [Effect of Alkyl Side Chains of Conjugated Polymer Donors on the Device Performance of Non-Fullerene Solar Cells.](#) *Macromolecules* 2016, 49, 6445–6454.
10. Wen, S.; Li, Y.; Rath, T.; Li, Y.; Wu, Y.; Bao, X.; Han, L.; Ehmman, H.; Trimmel, G.; Zhang, Y.; Yang, R. [A Benzobis\(thiazole\)- Based Copolymer for Highly Efficient Non-Fullerene Polymer Solar Cells.](#) *Chem. Mater.* 2019, 31, 919–926.