

NAMLIK VA ATMOSFERA GAZLARINING ORGANIK QUYOSH ELEMENTLARI SAMARADORLIGI VA BARQARORLIGIGA TA'SIRI

¹ Ibragimov Raximjon Xasanboy o'g'li

² Kamoliddinov Jamshidbek Baxriddin o'g'li

³ G'ofurjonov Xurshidbek Nasimjon o'g'li

¹ *Namangan davlat universiteti o'qituvchisi*

² *Namangan davlat universiteti Fizika yo'nalishi magistranti*

³ *Namangan davlat universiteti Fizika yo'nalishi talabasi*

raximjon2018@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0000-8736-7742>

Annotatsiya: Ushbu maqolada organik quyosh elementlarining samaradorligi va barqarorligiga namlik (H_2O) hamda kislorod (O_2) ta'sirining mexanizmlari tahlil qilinadi. Donor/akseptor materiallarning oksidlanishi, BHJ morfologiyasining o'zgarishi, tuzoq sathlarining ko'payishi va I–V parametrlarining pasayishi kabi degradatsiya jarayonlari ko'rib chiqiladi. Shuningdek, turli atmosfera sharoitlarida sinovlar, barqarorlik ko'rsatkichlari va namlik-kislorod ta'sirini kamaytirish strategiyalari (qoplama, barqaror materiallar, interfeys himoyasi) taqdim etiladi.

Kalit so'zlar: organik quyosh elementlari, namlik, kislorod, degradatsiya, BHJ morfologiyasi, I–V parametrlar, barqarorlik

Аннотация: В данном разделе анализируются механизмы влияния влаги (H_2O) и кислорода (O_2) на эффективность и стабильность органических солнечных элементов. Рассматриваются процессы деградации, такие как окисление донорных/акцепторных материалов, изменения морфологии гетероперехода, увеличение уровней ловушек и снижение вольт-амперных характеристик. Также представлены результаты испытаний в различных атмосферных условиях, показатели стабильности и стратегии снижения воздействия влаги и кислорода (покрытие, стабильные материалы, защита интерфейса).

Ключевые слова: органические солнечные элементы, влага, кислород, деградация, морфология гетероперехода, вольт-амперные характеристики, стабильность

Abstract: This section analyzes the mechanisms of the influence of moisture (H_2O) and oxygen (O_2) on the efficiency and stability of organic solar cells. Degradation processes such as oxidation of donor/acceptor materials, changes in BHJ morphology, increase in trap levels, and decrease in I–V parameters are considered. Also, tests under different atmospheric conditions, stability indicators, and strategies to mitigate moisture-oxygen effects (coating, stable materials, interface protection) are presented.

Keywords: organic solar cells, moisture, oxygen, degradation, BHJ morphology, I–V parameters, stability

Kirish. Organik quyosh elementlarining samaradorligi va barqarorligi muhit omillariga juda sezgir bo'lib, ayniqsa namlik (H_2O) va kislorod (O_2) ta'siri ularning ishlash muddatini sezilarli darajada cheklaydi. organik quyosh elementlarining faol qatlamidagi donor va akseptor molekulalari, shuningdek interfeys qatlamlari (HTL/ETL) kislorod va suv bug'i bilan oson reaksiyaga kirishadi. Bu holat zaryad tashuvchilarning transportini buzadi, rekombinatsiya jarayonlarini kuchaytiradi, morfologiyani o'zgartiradi va I–V parametrlarini yomonlashtiradi. Shuning uchun organik quyosh elementlarini turli muhitlarda sinovdan o'tkazish jarayonida namlik va atmosfera gazlarining ta'siri alohida o'rganiladi [1].

Tadqiqot metodologiyasi. Organik fotovoltaikada (OPV) samaradorlikni belgilovchi asosiy omillardan biri - donor va akseptor materiallarning kimyoviy barqarorligi. Organik quyosh elementlarining faol qatlamida donor va akseptor molekulalari bir-biri bilan noorganik quyosh elementlaridan farqli ravishda kuchli kimyoviy bog'lanishga ega bo'lmagan organik zanjirlardan iborat. Shu sababli ular kislorod va namlik ta'sirida oksidlanib, molekulyar tuzilishi o'zgaradi. Kislorod va suv molekulalari faol qatlamga kirib, quyidagi jarayonlarni yuzaga keltiradi[2]:

- Akseptor molekulalarining oksidlanishi va degradatsiyasi;
- Interfeys qatlamlarining (HTL/ETL) buzilishi;
- BHJ morfologiyasining o'zgarishi;
- Tuzoqlar (trap) sathlarining ko'payishi.

Oksidlanish jarayonlari asosan ikki turga bo'linadi: fotoinduktsiyalangan (yorug'lik ta'sirida) va termal/kimyoviy (harorat va vaqt ta'sirida). Fotoinduktsiyalangan degradatsiyada aktiv qatlamga tushgan yorug'lik donor molekulalarini eksitlab, ularning oksidlanish potentsialini pasaytiradi. Natijada kislorod molekulalari elektronni oson qabul qilib, radikal ionlar hosil qiladi. Bu radikal ionlar esa zaryad tashuvchilarni ushlab qoluvchi tuzoq sathlar sifatida ishlaydi va rekombinatsiya tezligini oshiradi. Termal degradatsiyada esa harorat ta'sirida molekulyar zanjirlar oksidlanib, yirik strukturaviy o'zgarishlar yuz beradi.

Namlik va kislorod ta'sirida organik quyosh elementlarining asosiy parametrlari pasayadi, namlik faqat kimyoviy degradatsiya emas, balki morfologik o'zgarishlar ham yuzaga kelishiga sabab bo'ladi. Suv molekulalari donor va akseptor fazalari orasiga kirib, ularning dispersiyasini o'zgartiradi. Bu holatda donor va akseptor fazalari orasida makro ajralish (macro phase separation) yuzaga kelishi mumkin. BHJ morfologiyasi optimal bo'lishi uchun donor va akseptor fazalari nanometrik darajada aralashgan bo'lishi kerak. Ammo namlik ta'sirida bu aralashuv buzilib, eksiton ajralish interfeysi kamayadi, zaryad transport yo'llari uziladi va qurilmaning samaradorligi pasayadi[3].

Tadqiqot natijalari. Organik quyosh elementlari spin coating usuli yordamida tayyorlandi. Substratlar tozalab, PEDOT:PSS qatlami surildi. Keyin P3HT:PCBM aralashmasi qatlamlari spin coating bilan joylashtirildi va quritildi. Elementlar alyuminiy elektrod bilan yakunlandi.

Eksperimentda quyidagi sharoitlar sinovdan o'tkazildi (1-rasm):

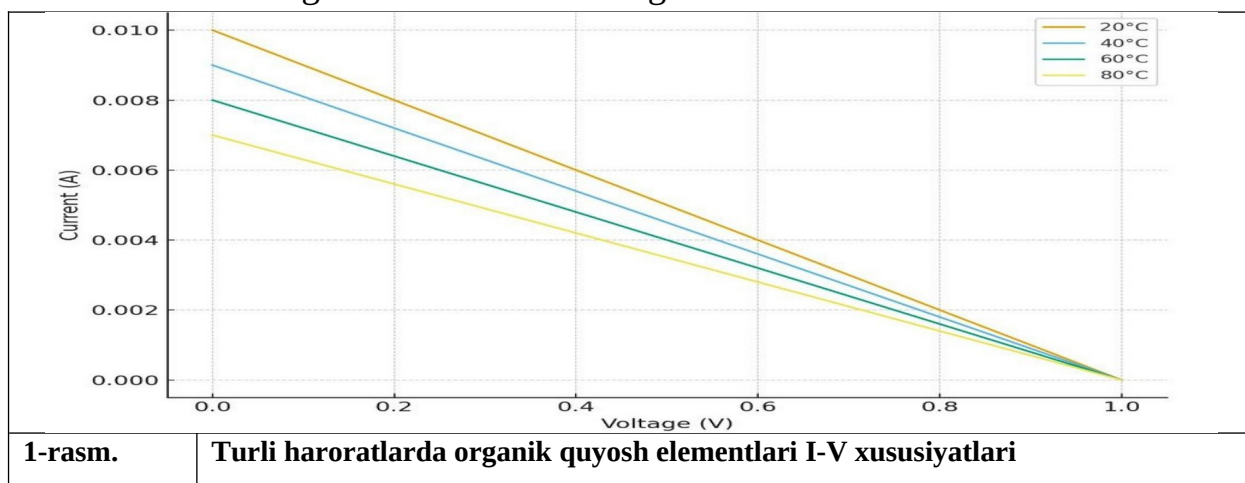
- Harorat: 20°C, 40°C, 60°C, 80°C;
- Namlik: 20%, 40%, 60%, 80%;
- Yorug'lik intensivligi: 200, 400, 600, 1000 W/m²;
- Substratlar: ITO, FTO, fleksibil PET.

Eksperiment natijalariga ko'ra, haroratning oshishi VOC va JSC qiymatlarini kamaytiradi. 20°C sharoitida PCE 7,2% ni tashkil qilgan bo'lsa, 80°C da 5,1% ga tushgan. Bu elektron-teshik transportining yuqori haroratda sekinlashishi va eksitonlarning qisqa muddatli yashash vaqti bilan izohlanadi[4].

Namlikning oshishi organik quyosh elementlari samaradorligini sezilarli darajada kamaytirdi. 20% namlikda PCE 7,0% bo'lsa, 80% namlikda 4,8% ga tushdi. Namlik organik qatlamlarni oksidlanish va elektr qarshilikning oshishiga olib keladi.

Yorug'lik intensivligi oshishi JSC ni oshiradi, VOC esa biroz o'zgaradi. 1000 W/m² yorug'likda elementlarning maksimal PCE 7,5% ni tashkil qildi, bu organik quyosh elementlari uchun optimal yorug'lik darajasidir.

ITO substratlari bilan solishtirganda, FTO substratlari samaradorlikni 5-10% ga oshirdi. Fleksibil PET substratlarining ishlashi biroz past bo'ldi, chunki ular elektr kontaktlarning mukammal bo'lmashligi bilan izohlanadi.



Tadqiqot davomida vaqt o'tishi bilan PCE pasayishi kuzatildi. Optimal sharoitlarda (20°C, 20% namlik, 600 W/m² yorug'lik) 30 kun ichida samaradorlik 95% darajasida saqlanib qoldi. Yuqori harorat va namlikda bu ko'rsatkich 70-75%ni tashkil etdi[5].

Muhokama. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki: harorat va namlik organik quyosh elementlari samaradorligini eng ko'p ta'sir qiluvchi omillardir. Optimal ishlash sharoiti: 20-40°C harorat, 20-40% namlik, 600-1000 W/m² yorug'lik standart ishlash sharoitiga qulay parametrlardir. Substrat tanlovi elementning

samaradorligi va barqarorligini sezilarli darajada o'zgartiradi. Ushbu tadqiqot organik quyosh elementlari ishlab chiqarish va dizayn qilishda optimal parametrlarni aniqlashga yordam beradi, bu esa iqtisodiy va ekologik jihatdan foydali quyosh energiyasi manbalarini yaratadi. Kelajakda organik-perovskit gibrid materiallarni sinab ko'rish va encapsulation texnologiyalari orqali barqarorlikni oshirish ilmiy ahamiyatga ega bo'ladi[6].

Organik quyosh elementlarining barqarorligini baholashda turli muhit sharoitlarida sinovlar o'tkaziladi. Eng ko'p ishlatiladigan sharoitlar:

- Havo sharoitida (ambient air): 20–25°C, 40–60% RH
- Yuqori namlik sharoitida: 85% RH, 85°C
- Inert muhit (N₂ yoki Ar): kislorod va namliksiz sharoit

Tajriba natijalarida ko'pincha quyidagi tendensiya kuzatiladi: inert muhitda qurilgan organik quyosh elementlar atmosferada qurilganlariga nisbatan ko'proq barqaror bo'ladi. Yuqori namlik va harorat sharoitida degradatsiya tezligi sezilarli darajada ortadi. Bu esa real sharoitlarda (masalan, yozgi issiq va nam iqlimda) qurilmaning ishlash muddatini qisqartiradi[7].

Xulosa. Yuqoridagi ma'lumotlardan kelib chiqib, shuni aytish mumkinki tadqiqot organik quyosh elementlarining turli muhit sharoitlarida ishlashini tahlil qilishga qaratilgan. Namlik va kislorod ta'sirini kamaytirish uchun bir nechta strategiyalar qo'llaniladi, qoplama materiallari kislorod va namlikning o'tishini kamaytirishi, UV nurlarini filtrlashi va mexanik moslashuvchanlikni saqlashi kerak. Ko'pincha glass/glass yoki barrier film qoplamalari ishlatiladi. Qoplama qatlami qurilmaning ishlash muddatini sezilarli darajada uzaytiradi.

Fluorlangan donorlar, stabil fullerensiz akseptorlar va oksidlanishga chidamli HTL/ETL materiallari tanlash orqali barqarorlik oshiriladi. Bundan tashqari, donor va akseptor molekulalarining strukturasi o'zgartirilsa (masalan, yanada barqaror zanjirlar, kuchliroq bog'lanish), ularning oksidlanishga chidamliligi oshadi.

HTL/ETL qatlamlari ham kislorod va namlik ta'sirida degradatsiyaga uchraydi. Shu sababli interfeys qatlamlarini himoya qilish, masalan, o'rta qatlam (buffer layer) qo'shish yoki barqaror materiallar ishlatish muhimdir.

Namlik va atmosfera gazlarining ta'siri organik quyosh elementlarining samaradorligi va barqarorligini belgilovchi eng muhim omillardan biri hisoblanadi. Kislorod va suv molekulalari donor va akseptor molekulalarining oksidlanishiga, morfologik o'zgarishlarga va rekombinatsiya tezligining oshishiga olib keladi. Shuning uchun turli muhitlarda samaradorlikni tadqiq etishda namlik va atmosfera sharoitlarini aniq nazorat qilish, qoplama va material dizayni orqali degradatsiyani kamaytirish zarur. Ushbu bo'lim organik quyosh elementlarining real sharoitlarda

ishlash muddatini uzaytirish uchun zarur bo'lgan barqarorlik strategiyalarini asoslab beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Tang, C. W. Two-layer organic photovoltaic cell. *Applied Physics Letters*, 48(2), 183–185 (1986).
2. Sariciftci, N. S., Smilowitz, L., Heeger, A. J., Wudl, F. Photoinduced electron transfer from a conducting polymer to buckminsterfullerene. *Science*, 258, 1474–1476 (1992).
3. Halls, J. J. M., Walsh, C. A., Greenham, N. C., et al. Efficient photodiodes from interpenetrating polymer networks. *Nature*, 376, 498–500 (1995).
4. Yu, G., Gao, J., Hummelen, J. C., Wudl, F., Heeger, A. J. Polymer photovoltaic cells: Enhanced efficiencies via a network of internal donor–acceptor heterojunctions. *Science*, 270, 1789–1791 (1995).
5. Brabec, C. J., Sariciftci, N. S., Hummelen, J. C. Plastic solar cells. *Advanced Functional Materials*, 11, 15–26 (2001).
6. Dennler, G., Scharber, M. C., Brabec, C. J. Polymer–fullerene bulk heterojunction solar cells. *Advanced Materials*, 21, 1323–1338 (2009).