NODAVRIY TEKSTURALANGAN QUYOSH ELEMENTIDA YUTULAYOTGAN YORUG'LIK INTENSIVLIGINI TAQSIMOTINI FDTD (FINITE-DIFFERENCE TIME-DOMAIN) METODIDA HISOBLASH.

Mohira Fozilova
Andijon davlat texnika instituti, stajyor-o'qituvchi
Andijon, O'zbekiston.
E-mail: Fmohira0@gmail.com

Annotatsiya. Quyosh energiyasi - har qanday shaklda energiya ishlab chiqarish uchun quyosh radiatsiyasidan bevosita foydalanishga asoslangan muqobil energiya yo'nalishi. Quyosh energiyasi qayta tiklanadigan energiya manbasidan foydalanadi va "ekologik toza", ya'ni foydalanishning faol bosqichida zararli chiqindilar chiqarmaydi. Quyosh panellarida quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantirsh uchun quyosh elementi o'rni muhum xisoblanadi. Quyosh elementi sirtida teksturalar hosil qilish texnalogiyasi ularning yorug'likni yutish samaradorligini oshirishda muhim ro'l o'ynaydi. Quyosh elementlari sirtida turli teksturalar turlari mavjud bular piramidasimon, teskari piramidali, planar (silliq), gofrali (Wavy Rippled), nono kolloid strukturali, nodavriy tekstura va boshqa turlari bor. Ushbu maqolada nodavriy teksturalangan quyosh elementida yutulayotgan yorug'lik intensivligining taqsimoti berilgan. Hisoblashalr FDTD (Finite-Difference Time-Domain) metodia olib borildi.

Kalit so'zlar: Quyosh elementi**,** FDTD (Finite-Difference Time-Domain) metodi, nodavriy tekstura, yarimo'tkazgich, quyosh paneli, fotoelektrik effekt, foton, teskari piramidali tekstura.

Аннотация. Солнечная энергия-альтернативное направление энергетики, основанное на непосредственном использовании солнечного излучения для производства энергии в любой форме. Солнечная энергия использует возобновляемый источник энергии и является "экологически чистой", что означает, что она не производит вредных выбросов на активной стадии использования. В солнечных панелях роль солнечного элемента важна для преобразования солнечной энергии в электричество. Технология формирования текстур на поверхности солнечного элемента играет важную роль в повышении эффективности их поглощения света. Существуют различные типы текстур на поверхности солнечных элементов это пирамидальная, обратнопирамидальная, плоская (гладкая), гофрированная (волнистая), неколлоидная структура, нестандартная текстура и другие типы. В этой статье дается распределение интенсивности света, поглощаемого солнечным элементом с необычной текстурой. Расчет проводился по методике FDTD (Finite-difference Time-Domain).

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: солнечный элемент, метод FDTD (Finite-difference Time-Domain), нестандартная текстура, полупроводник, солнечная панель, фотоэлектрический эффект, фотон, текстура обратной пирамиды.

Annotation: Solar energy is an alternative energy source based on the direct use of solar radiation to generate energy in any form. Solar energy uses a renewable energy source and is “ecologically clean”, that is, it does not emit harmful emissions during the active phase of use. The role of the solar cell in converting solar energy into electrical energy is crucial in solar panels. The technology of creating textures on the surface of the solar cell plays an important role in increasing their light absorption efficiency. There are various types of textures on the surface of solar cells, including pyramidal, inverted pyramidal, planar (smooth), wavy (Wavy Rippled), nano colloidal structures, non-periodic textures, and others. This article presents the distribution of the absorbed light intensity in a non-periodic textured solar cell. The calculations were carried out using the FDTD (Finite-Difference Time-Domain) method.

Key words: Solar cell, FDTD (Finite-Difference Time-Domain) method, non-periodic texture, semiconductor, solar panel, photoelectric effect, photon, inverted pyramid texture.

Kirish

Quyosh panellarida quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantirsh uchun quyosh elementlari o’rni muhum xisoblanadi. Quyosh elementi — yorug‘lik nurlarini elektr energiyasiga aylantiruvchi elektron qurilma, ular asosan fotoelektrik effect hodisasi asosida ishlaydi. Quyosh elementlari yarimo’tkazgich materiallar asosida ishlab chiqiladi. Ularda p-n o‘tish sohasi mavjud. Quyosh nuri ushbu p-n o‘tish sohasiga tushganda, quyidagi jarayon sodir bo‘ladi; foton (yorug‘lik zarrasi) yarimo’tkazgich materialga uriladi, fotonning energiyasi elektron-valent zonadagi elektronni erkinlik zonaga chiqaradi, elektron va tuynuk (pozitiv zaryad) hosil bo‘ladi, elektronlar va tuynuklar o‘zaro qarama-qarshi yo‘nalishda harakatlanadi, natijada, tashqi zanjirda elektr toki hosil bo‘ladi.

Quyosh elementlari sirtida teksturalar hosil qilish texnalogiyasi ularning yorug’likni yutish samaradorligini oshirishda muhim ro’l o’ynaydi. Quyosh nurlarining qaytishini kamaytirish, ya’ni antireflektiv sirt xosil qilish orqali samaradorlik oshiradi. Teksturalashning maqsadi quyosh nurlarining sirt orqali qaytishini kamaytirish, yorug’likni element ichkarisiga ko’proq kirishini ta’minlash, yuzani noaniq aks ettiruvchi holga keltirish orqali foton yo’lini uzaytirish hisoblanadi. Teksturalash usullari quydagilar: kimyoviy teksturalash, mexanik teksturalash, lazerli teksturalash, nano-teksturalash.

Quyosh elementlari sirtida turli teksturalar turlari mavjud bular piramidasimon, teskari piramidali, planar (silliq), gofrali (Wavy Rippled), nono

ISSN 3030-3907

kolloid strukturali, nodavriy tekstura va boshqa turlari bor. Ushbu maqolada nodavriy teksturalangan quyosh elementida yutulayotgan yorug'lik intensivligining taqsimoti berilgan. Hisoblashalr FDTD metodia olib borildi.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODLAR

FDTD (Finite-Difference Time-Domain) metodi bu elektromagnit to'lqinlarning makon va vaqt bo'yicha qanday tarqalishini raqamli tarzda modellashtiruvchi raqamli simuliyatsiya usulidir. U eng ko'p ishlatilinadigan yechim usullaridan biri bo'lib, James R. Berenger tomonidan taklif qilingan va bugungi kunda ko'plab optik, mikroto'lqinli va nanoelektronika qurulmalarida qo'llaniladi. Bu metod Maksvell tenglamalarini diskretlashtirish orqali yechim topadi.

Quyosh elementida qo'llanilishi: Nur (yorug'lik) va fotoelement materiallari orasidagi elektromagnit o'zaro ta'sirni tahlil qilish. Mikroskopik strukturalar orqali yorug'likning tarqalishini modellashtirish. Absorbsiyani, qaytishni va interferensiyani aniqlash.

FDTD (Finite-Difference Time-Domain) metodi afzalliklari; keng spectral tahlil olish mumkin (bir simulyatsiyada bir nechta to'lqin uzunligi), noyob geometriyada ham ishlaydi (masalan, piramidali yoki nodavriy tekstura), vaqt bo'yicha aniq tahlil qilish.

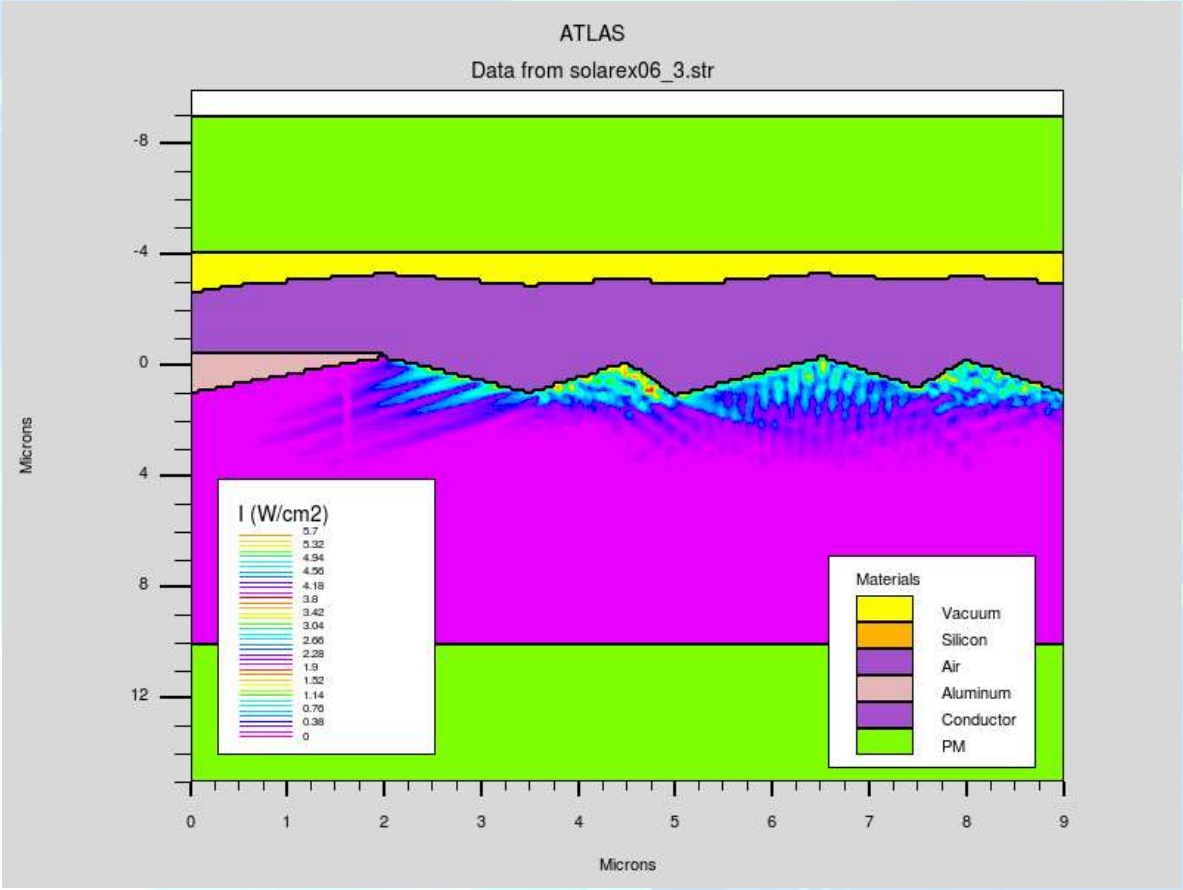
NATIJALAR.

Rasm-1 da nodavriy teksturalangan quyosh elementida yutulayotgan yorug'lik intensivligining taqsimoti berilgan. Hisoblashlar FDTD metodia olib borildi. Rasmdan chapda 2 mkm kenglikda alyuminiy kontakt hosil qilingan. Piramidal teksturalarning shakli va o'lchami turlicha. Bu real simulatsiyaga yaqinlashishga imkon beradi. Olingan natijalarga ko'ra yorug'likning asosiy qismi tekstura qilingan soxada yutulmoqda va yutulish chuqurligini keskin qisqartirmoqda. Olingan natijalardan hatto tekstura yorug'lik nurlarni yo'nalishini o'zgartirishini va har xil yo'nalishlarda yutulishlar yuzaga kelishini ham ko'rsatdi. Juda ko'p modellashtirishda faqat quyosh elementining o'zi yasaladi va modellashtiriladi. Lekin teksturalangan sirtlarni o'rganilayotganda teksturaning atrofida havo yoki vakum hosil qilishni yodda tutish zarur. CHunki optik chegaraviy shartlar ikki muxit parametrlariga tayanib xisoblanadi.

Pastki va yuqori qismdagi teksturalangan qatlamda turli shakllar mavjud va ular nodavriy bu esa yorug'likni ko'p yo'nalishda sochib, qamrab olinishini oshiradi. Intensivlikning tuzulma ichkarisigacha kirgani ko'rinmoqda bu shuni anglatadiki, tuzulma yorug'likni chuqurroq yetkazib, yutulishini oshiradi. Ayniqsa yuqori intensivlik zonalari cho'qqilar yoki tor bo'shliqlar yaqinida to'plangan bu yerda mahalliy modalar shakillanib, yorug'lik energiyasi qamalib qolgan. Nodavriy strukturalar oddiy silliq yuzalarga nisbatan yorug'likni ko'proq yutadi.

ISSN 3030-3907

Yorug'lik strukturada uzoqroq qoladi bu esa elektr tokka aylanish ehtimolini oshiradi.



Rasm-1. Yorug'lik intensivligini quyosh elementidagi taqsimoti

MUHOKAMA

Ushbu ishda nodavriy teksturalangan quyosh elementi yuzasida yorug'lik intensivligining taqsimoti FDTD (Finite-Difference Time-Domain) metodi asosida modellashtirildi. Olingan natijalar quyosh nurlarini materialga kirib borganda yuzada yuzaga keladigan elektromagnit maydonning tarqalishini va yutulishini xarakteristikalarini chuqur o'rganishga imkon beradi.

Simulyatsiya natijalaridan ko'rinib turibtiki, nodavriy teksturalangan yuzada yorug'lik intensivligi bir tekkis taqsimlanmagan bo'lib, ayrim nuqtalarda uning kosentratsiyasi keskin ortgan. Bu esa yorug'likning mahalliy modalar yordamida tuzilma ichida uzoqroq saqlanishiga va natijada ko'proq yutilishiga olib keladi. Ayniqsa yuqori intensivlik zonalari teksturalangan qatlamni cho'qqilari yoki chekka qismlariga to'g'ri kelganligi kuzatildi. Bu holat tuzulmaning nodavriy tabiati sababli yorug'likning ko'plab yo'nalishlariga sochilishi va optik yo'l uzunligining ortganligidan dalolat beradi.

Xulosa

Nodavriy tuzulmalar davriy strukturalarga qaraganda afzalroq ekanligi ushbu natijalar bilan xam tasdiqlandi. Chunki ular fotonlarning harakat yo'nalishini tasodifiy tarzda o'zgartiradi, bu esa aks ettirishni kamaytirib, materialda chuqurroq

ISSN 3030-3907

yutulishni ta’minlaydi. Natijada fotoyacheyka samaradorligini oshiruvchi muhim omil hisoblanadi. Bundan tashqari modellashtirish orqali aniqlangan yuqori yutulish zonalari strukturaning optimallashtirilishi uchun muhim ma’lumot beradi. Umuman olganda, FDTD metodi yordamida olingan yorug’lik intensivligi taqsimoti nodavriy teksturalarning quyosh elementlarida samarali yorug’lik yutulishini ta’minlashdagi salohiyatini yaqqol namoyon qiladi. Bu yondashuv kelajakda yuqori samarali, past narxli va yanada ingichka quyosh elementlarini yaratish uchun asos bo’lib xizmat qilish mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

[1] P. A. Østergaard, N. Duic, Y. Noorollahi, and S. A. Kalogirou, “Recent advances in renewable energy technology for the energy transition,” *Renewable Energy*, vol. 179, pp. 877–884, Dec. 2021.

[2] J. W. Nielsen and E. F. Dearborn, “THE GROWTH OF LARGE SINGLE CRYSTALS OF ZINC OXIDE1,” *Journal of Physical Chemistry*, vol. 64, no. 11, pp. 1762–1763, 2002, doi: 10.1021/J100840A503.

[3] N. Stem, C. A. S. Ramos, and M. Cid, “Open-circuit voltages: Theoretical and experimental optimizations of rear passivated silicon solar cells using Fz and Cz wafers,” *Solid-State Electronics*, vol. 54, no. 3, pp. 221–225, Mar. 2010, doi: 10.1016/J.SSE.2009.09.002.

[4] Y. Gassenbauer *et al.*, “Rear-surface passivation technology for crystalline silicon solar cells: A versatile process for mass production,” *IEEE Journal of Photovoltaics*, vol. 3, no. 1, pp. 125–130, 2013, doi: 10.1109/JPHOTOV.2012.2211338.

[5] D. Z. Dimitrov and C. H. Du, “Crystalline silicon solar cells with micro/nano texture,” *Applied Surface Science*, vol. 266, pp. 1–4, Feb. 2013, doi: 10.1016/J.APSUSC.2012.10.081.

ISSN 3030-3907