KREMNIYLI QUYOSH ELEMENTLARIGA GAMMA NURLANISHINING TA'SIRI

Aliyev Suxrob Raimjonovich
Andijon davlat texnika instituti, Muqobil energiya manbalari kafedrasi dotsenti. Andijon, O'zbekiston
Alijonov Abbosbek Azizjon-o'g'li
Andijon davlat texnika instituti, Muqobil energiya manbalari kafedrasi stajyor-tadqiqotchisi. Andijon, O'zbekiston
Email: abbosbekalijonov2@gmail.com

Annotatsiya: Mazkur maqolada kremniyli quyosh elementlariga gamma nurlanishining ta'siri yoritilgan. Bugungi kunda kremniyli quyosh batareyalari eng ko'p qo'llaniladigan energiya manbai hisoblanadi. Kosmik sharoitda, xususan, yuqori energiyali gamma nurlanishlar ushbu elementlarga sezilarli darajada ta'sir ko'rsatadi. Nurlanish natijasida kremniy kristall panjarasida nuqsonlar, elektron-kovak juftlari hosil bo'ladi, bu esa elementlarning samaradorligini pasaytiradi. Shuningdek, gamma nurlanishi kuchlanish (V_oC) va fototok (I_f) kabi elektr parametrlarga ta'sir etib, ularni 15-20% gacha kamaytirishi mumkinligi aniqlangan. Maqolada Co^{60} gamma manbasi yordamida olib borilgan tajribalar natijalari va nurlanishdan so'ng tiklash usullari, jumladan, yuqori haroratda ishlov berish muhimligi ko'rsatilgan.

Kalit so'zlar: Kremniyli quyosh elementlari, gamma nurlanishi, fotovoltaik samaradorlik, kristall panjara nuqsonlari, elektron-kovak juftlari, V_oC va fototok, radiatsion ta'sir, kosmik nurlanish, yuqori haroratda tiklash, Co^{60} gamma manbasi.

Аннотация: В данной статье рассматривается влияние гамма-излучения на кремниевые солнечные элементы. Сегодня кремниевые солнечные элементы являются наиболее широко используемым источником энергии. В космических условиях, в частности, высокоэнергетическое гамма-излучение оказывает существенное воздействие на эти элементы. В результате облучения в кристаллической решетке кремния образуются дефекты и электронно-дырочные пары, что снижает эффективность элементов. Также было обнаружено, что гамма-излучение может влиять на такие электрические параметры, как напряжение (VoC) и фототок (If), снижая их на 15–20%. В статье представлены результаты экспериментов с использованием гамма-источника на основе Co60 и методы восстановления после облучения, включая важность высокотемпературной обработки.

Ключевые слова: Кремниевые солнечные элементы, гамма-излучение, фотоэлектрическая эффективность, дефекты кристаллической решетки, электронно-дырочные пары, VoC и фототок, радиационное воздействие,

ISSN 3030-3907

космическое излучение, высокотемпературное восстановление, гамма-источник на основе Co60.

Abstract: This article discusses the effect of gamma radiation on silicon solar cells. Today, silicon solar cells are the most widely used energy source. In space conditions, in particular, high-energy gamma radiation has a significant effect on these elements. As a result of irradiation, defects and electron-hole pairs are formed in the silicon crystal lattice, which reduces the efficiency of the elements. It has also been found that gamma radiation can affect electrical parameters such as voltage (VoC) and photocurrent (If), reducing them by 15-20%. The article presents the results of experiments using a Co60 gamma source and the methods of recovery after irradiation, including the importance of high-temperature processing.

Keywords: Silicon solar cells, gamma radiation, photovoltaic efficiency, crystal lattice defects, electron-hole pairs, VoC and photocurrent, radiation effect, cosmic radiation, high-temperature recovery, Co60 gamma source.

Kirish

Materiallar va uslublar: Hozirgi vaqtda butun dunyoda kremniyli quyosh batareyalari yordamida energiya ishlab chiqarish eng ko‘p qo‘llaniladigan texnologiyalardan biridir. Kremniyli fotovoltaikaning qo‘llanilishi uchun juda muhim bo‘lgan tashqi omillar mavjud bo‘lib, ularga harorat va radiatsiyaviy nurlanishlar misol bo‘ladi.

Turli xil nurlanish turlarining Si quyosh elementlarida energiya o‘zgartirishiga ta’siri, xususan, kosmosda foydalanish uchun ko‘proq ahamiyatga ega bo‘ladi [1]. Nurlanishlar kremniyli p-n strukturaning turli qismlariga zarrachalarning o‘lchamiga qarab turli xil ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shuning uchun tadqiqotchilar o‘z ilmiy tadqiqot ishlarini nazariy va eksperimental jihatdan turli xil optoelektronik qurilmalarga nurlanishlarni ta’sirini sinab ko‘rishga qaratdilar [2-3].

Radiatsiyaviy nurlanishlarning quyosh elementiga ta’sirini ko‘rmoqchi bo‘lsak, qattiq kristall holatdagi kremniyda nurlanish oqibatida ikkita asosiy turdagi buzilishlar paydo bo‘lishi mumkin, bular: siljish buzilishlar va ionlanish effektlari. Siqilish buzilihilarni ko‘radigan bo‘lsak, bu kristal tugunlaridagi atomlarning muntazam tartiblashgan holatidan harakatlanishi natijasida yuzaga keladigan tartibsizlashgan holatini, ya’ni panjaradagi hosil bo‘lgan nuqsonlarni tushunishimiz mumkin. Ikkinchisi, ya’ni ionlanish effekti kristaldagi elektron-kovak juftlarining paydo bo‘lishiga sabab bo‘ladi. Bundan tashqari, kremniyning atom soni 14 ga teng bo‘lganligi sababli, kremniy quyosh elementlarining boshqa

ISSN 3030-3907

moddalardan tayyorlangan fotovoltaik qurilmalarga nisbatan tushgan foton energiyasidan kamroq ta’sirlanishi aniqlangan [4].

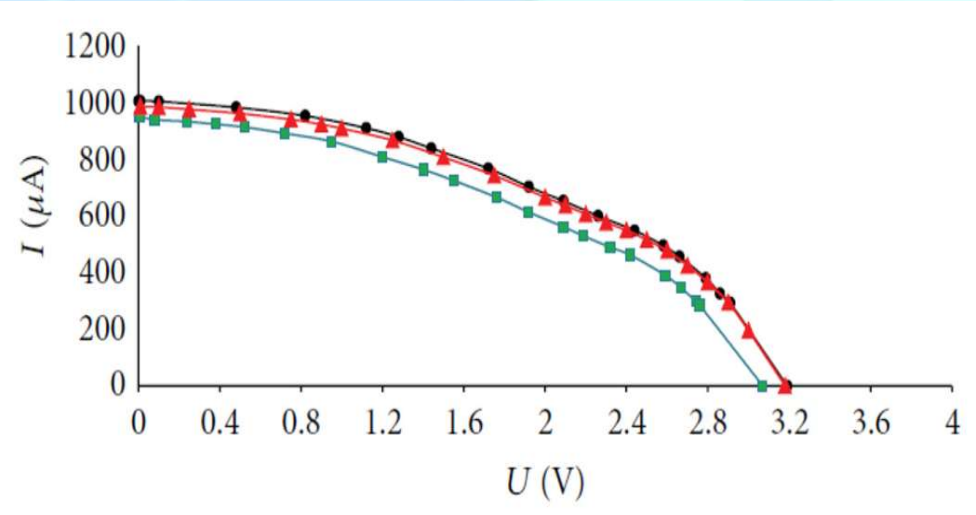
Ma’lumki, an’anaviy quyosh elementlari asosan ko‘rinadigan diapazonda bo‘lgan cheklangan yorug‘lik to‘lqin uzunligi orlig‘ida ishlaydi. Shuning uchun, kremniyli quyosh elementlarining radiatsiyaviy buzilishiga va ularda elektr tokini hosil qilishda bunday nurlanishdan foydalanishga e’tibor qaratamiz. Birinchilardan bo‘lib Sharf [5] kremniyli quyosh elementlarining ishlashiga rentgen va gamma nurlanishining ta’sirini o‘rgangan. Kremniyli quyosh batareyalari boshqa qattiq holatdagi qurilmalarga qaraganda, jumladan kadmiy sulfidi kabi yuqori energiyali nurlanishni o‘lchash uchun ishlatiladigan asboblarga qaraganda yaxshiroq ekanligini ko‘rsatdi. Aniqlanishicha, nurlanishdan keyin quyosh elementida hosil bo‘ladigan kuchlanish V_{oC} va fototok I_f nurlanish dozasiga kuchli bog‘liq bo‘lib, 150 rad/min uchun ularning qiymati hatto 15-20% gacha pasayishi kuzatiladi.

Muallif [5] quyosh batareyalaridan radiatsiya darajasini aniqlovchi detektor sifatida ishlatishni taklif qildi, yana quyosh elementlarni bir qanchasini yig‘ish orqali ularning yuqori energiyali nurlanishga sezgirligini oshirish mumkinligini ta’kidladi. Ko‘pgina rivojlangan mamlakatlarda atom elektr stansiyalari elektr energiyasini ishlab chiqarishda muhim ahamiyatga ega. Ular, shuningdek, har yili katta miqdordagi yadro chiqindilarini (yoqilg‘i sarfini) hosil qiladi, bu chiqindilar keyingi qayta ishlanishi uchun 20-30 yil davomida saqlanishi kerak.

Gamma-nurlanishi uran va plutoniy yadro emirilishlaridan ajralib chiqadigan tez harakatlanuvchi energiyaga ega zarralardan biridir. Nikoli’c va boshqalar [6] quyosh elementlaridagi kremniy kristali strukturasida tez harakatlanuvchi energiyaga ega bo‘lgan zarralarning to‘qnashuvi natijasida yuzaga keladigan doimiy buzilishlarni o‘rgandilar. Ular nuqsonlar hosil bo‘lishini, shu jumladan vakansiyalar, xususiy tugunlar orasidagi atomlar, kirishmalarning kristall panjarasidagi Si atomlari bilan o‘zaro ta’sirlashishini, natijada rekombinatsiya va kompensatsiya markazlari paydo bo‘lishini aniqladilar.

Natija va munozara: Yuqoridagi nurlanish bilan bog‘liq bo‘lgan jarayonlar quyosh batareyalarining ishlashiga kuchli ta’sir qiladi, ya’ni gamma nurlanishi quyosh elementlarining samradorligini kamaytirib yuboradi. Dozasi 2000 Grey, energiya 1,25 MeV va yarim yemirilish davri 5,27 yil bo‘lgan Co^{60} gamma manbasi bilan 5% nurlantirilgan (bu energiya elektron-kovak juftlarini hosil qilish uchun etarli) quyosh elementining garfigi 1-rasmda keltirilgan. Nurlanish tezligi radioaktiv manbadan 150 mm masofada 100 Grey/soatni tashkil etadi. Shuni ta’kidlash kerakki, mualliflar quyosh batareyalarining dastlabki parametrlarini tiklash uchun yuqori haroratda ishlov berishdan foydalanganlar.

ISSN 3030-3907



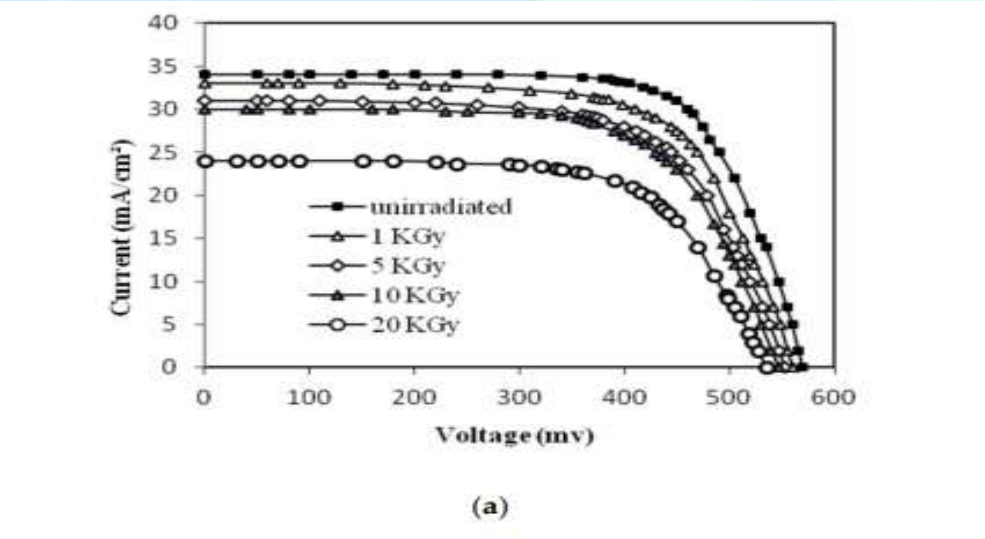
1-rasm. Gamma nurlanishidan oldin va keyin quyosh panellarining I-V xarakteristikalari, grafikdagi qora nurlanishdan oldingi, yashil gamma nurlari bilan qisqa muddatda nurlantirilgan va qizil bir oy muddatda nurlantirilgan namunalarga tegishli egri chiziqlar

Yana bir jihat Tobnagi va boshqalar [7] tomonidan o‘rganilgan, ya’ni gamma nurlanishining dozasi ortganda kremniyli quyosh elementlarini elektr parametrlarining o‘zgarishi aniqlangan. Barcha quyosh elementlari uchun gamma kvanti dozasi 1 dan 20 kGrey gacha oshishi bilan elektr xususiyatlarining yomonlashuvi kuzatilgan. Bunda faqatgina quyosh elementining to‘ldirish omili unchalik o‘zgarmagan, uning qiymati yoki ozroq o‘zgargan yoki nisbatan barqaror bolgan. Boshqa parametrlarga kelsak, ularning qiymatlarining sezilarli darajada pasayishi kuzatilgan (2a-rasm).

Mualliflar bunday natijalarni zaryad tashuvchilarning yahsash vaqtining tashqi omillarga sezgirligi va nurlanish natijasida zaryad tashuvchilarning yahsash vaqtini kamayishiga sabab bo‘luvchi rekombinatsiya markazlarini hosil bo‘lishi bilan izohladilar. Asosiy bo‘lmagan zaryad tashuvchilarning yashash vaqti asosan nurlanish natijasida paydo bo‘luvchi, rekombinatsiya markazlari vazifasini bajaradigan nuqsonlarga o‘ta sezgir bo‘lib, zaryad tashuvchilarning yashash vaqtining kamayishi quyosh elementlari parametrlarini pasaytirishga olib keladi.

Spektral fototok natijalarini tahlil qilish shuni ko‘rsatadiki, gamma nurlanish aksariyat quyosh elementlar uchun, spektrning past to‘lqin uzunligida ularning ishlashini pasaytiradi. Bu shuni anglatadiki, gamma-nurlanish quyosh elementi yuzasi yaqinida nuqson hosil bo‘lishiga olib keladi (2b-rasm).

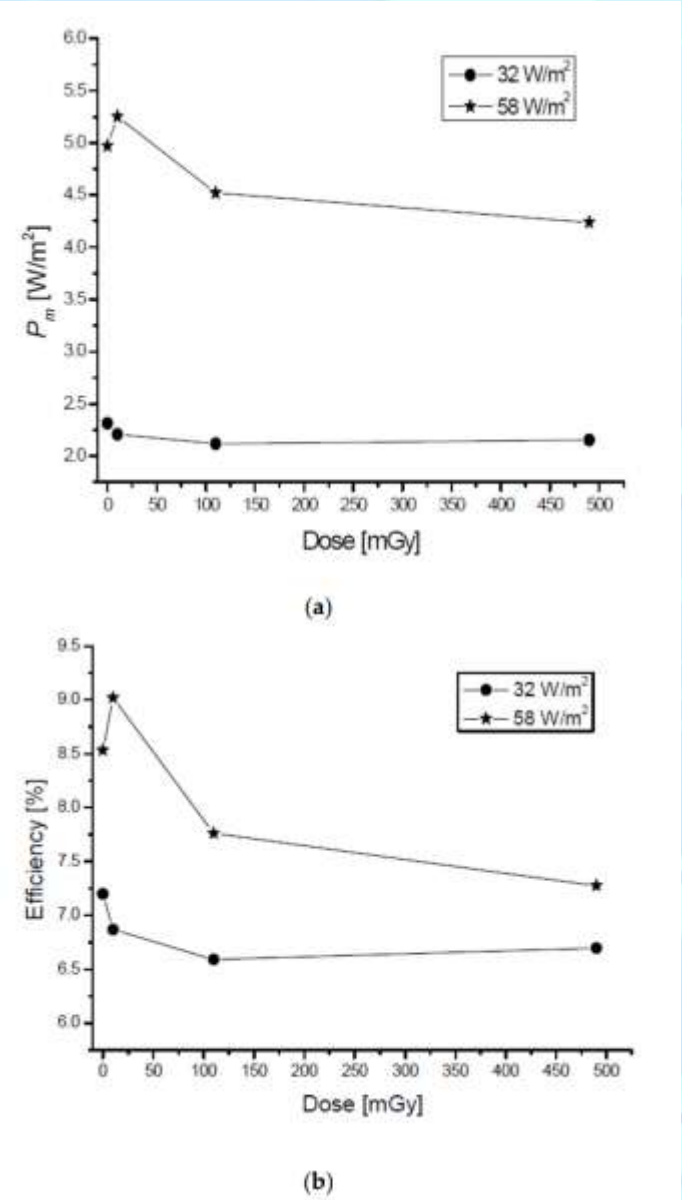
ISSN 3030-3907



2-rasm. Gamma kvantlari bilan nurlantirilgan (a) kremniy asosidagi quyosh batareyasining I-V xususiyatlari va gamma nurlanish dozasining funktsiyasi sifatida normallashtirilgan PV parametrlari (b).

Gamma-nurlanishning quyosh elementlariga ta'sirining boshqa jihatlari, ya'ni quyosh batareyasining nurlanish ta'sirida ishlashi Vasi'c-Milovanovich [8] tomonidan o'rganilgan. Ikki xil 38 Vt/m^2 va 58 Vt/m^2 yorug'lik intensivligida nurlantirilgan bunday namunalar uchun 300 mGreyga yaqin dozada samaradorlik ham, maksimal quvvat ham taxminan 10-15% ga kamayishi aniqlangan 3.3-rasm.

ISSN 3030-3907



3-rasm. Quyosh elementlaridagi maksimal quvvat (a) va samaradorlik (b) ning gamma nurlanish dozalariga bog‘liqligi

Ular, shuningdek, quyosh batareyalarining elektr va optik xususiyatlarining yomonlashishi darajasini oshirmaslik uchun ulardagi harorat darajasini nazorat qilish juda muhimligini ta’kidladilar. Shuning uchun, quyosh elementlari ishlashini barqaror darajada ushlab turish uchun ish sharoitlarini doimiy ravishda kuzatib borish kerak, bu esa quyosh elementlarining ishlash muddatini oshirishga olib keladi.

Xulosa. Kremniyli quyosh elementlari hozirgi kunda keng qo‘llanilayotgan energiya manbai hisoblanadi, biroq ularning ishlashiga gamma nurlanishi sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Nurlanish natijasida kremniy kristall panjarasida nuqsonlar paydo bo‘lib, elektron-kovak juftlari hosil bo‘ladi, bu esa fototok va kuchlanishning kamayishiga olib keladi. Gamma nurlari, ayniqsa, kosmik va yadro muhitida ishlatiladigan quyosh elementlari uchun xavf tug‘diradi. Co60 gamma manbasi

ISSN 3030-3907

yordamida o‘tkazilgan tajribalar natijasida quyosh batareyalarining samaradorligi 15–20% gacha kamayishi aniqlangan. Shuningdek, yuqori haroratda ishlov berish orqali dastlabki xossalarni tiklash mumkinligi ko‘rsatildi. Bu holat radiatsion muhitda ishonchli energiya manbalarini yaratishda muhim omil bo‘lib xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.

1. Smith, A.B.; Blue, J.W. A Comparison of Solar Cell Damage by Alpha Particles and Protons; NASA Technical Note (NASA TN D-3427); National Aeronautics and Space Administration: Washington, DC, USA, 1966
2. Iricanin, B.D.; Gvozdic, D.M. The analytic approach in the modelling of one-dimensional electron concentration distribution in some two-valley semiconductor electron devices. J. Phys. A 1998, 13, 2997–3017. [CrossRef]
3. Stankovic, J.S.; Iricanin, B.D.; Nikolic, D.; Jankovic, K.S.; Radenkovic, M.; Stankowic, K.B.; Osmakrovic, P.V. MSV signal processing system for neutron-gamma discrimination in a mixed field. Nucl. Technol. Radiat. Prot. 2012, 2, 165–170. [CrossRef]
4. Stepowicz, W. Influence of Ionization Radiation on Semiconductor Devices and Integrated Circuits. Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni 2012, 75. Available online: https://sj.umg.edu.pl/sites/default/files/ZN167.pdf (accessed on 2 June 2020).
5. Scharf, K. Photovoltaic Effect Procedure in Silicon Solar Cells by X- and Gamma Rays. *J. Res. Natl. Bur. Stand.* **1960**, *64*, 4.
6. Nikoli´c, D.; Stankovi´c, K.; Timotijevi´c, L.; Rajovi´c, Z.; Vujisi´c, M. Comparative Study of Gamma Radiation Effects on Solar Cells, Photodiodes, and Phototransistors. *Int. J. Photoenergy* **2013**, *2013*, 843174. [CrossRef]
7. Tobnaghi, D.M.; Rahnamaei, A.; Vajdi, M. Experimental Study of Gamma Radiation Effects on the Electrical Characteristics of Silicon Solar Cells. *Int. J. Electrochem. Sci.* **2014**, *9*, 2824–2831.

ISSN 3030-3907

ISSN 3030-3907