

KREMNIY ASOSLI QUYOSH ELEMENTLARIDA REKOMBINATSIYA VA GENERATSIYA JARAYONI

Rayimjon Aliev, alievuz@yahoo.com

Murodjon Abduvoxidov, info@murodjon.uz

Navruzбек Mirzaalimov, navruzбек@alievschool.uz

Jasurbek G'ulomov, jasurbekgulomov@yahoo.com

Andijon davlat universiteti

Annotatsiya: Ushbu maqolada kremniy asosli quyosh elementlaridagi rekombinatsiya-generatsiya jarayonlarining nazariyasi yoritilgan. Bundan tashqari, ushbu nazariya asosida tuzilgan dasturda olingan natijalar keltirilgan.

Kalit so'zlar: Model, quyosh elementi, rekombinatsiya, generatsiya, SRH, C#6.0

RECOMBINATION AND GENERATION PROCESS ON SILICON BASES SOLAR CELLS

Rayimjon Aliev, alievuz@yahoo.com

Murodjon Abduvoxidov, info@murodjon.uz

Navruzбек Mirzaalimov, navruzбек@alievschool.uz

Jasurbek G'ulomov, jasurbekgulomov@yahoo.com

Andijan state university

Annotation: In this article, describe theory of recombination and generation processes. Besides, give results which is taken by program that is created base of theory.

Key words: Model, solar cell, recombination, generation, SRH, C# 6.0

Yarimo'tkazgichlardagi erkin elektron va kovakning konsentratsiyalari generatsiya va rekombinatsiya jarayonlari hamda kovak va elektronlarning ko'chishi orqali boshqarila oladi. Demak, quyosh elementlarida maksimal foydali ish koeffisienti vujudga kelishi uchun, elektron va kovaklarning eng maksimal generatsiya hamda eng minimal rekombinatsiya jarayonlari mavjud bo'lishi kerak.

Rekombinatsiya-elektron va kovaklarning birikishi jarayoni. Rekombinatsiya radiativ va noradiativ turlarga bo'linadi. Biz bular haqida keyinroq batafsil to'xtalamiz.

Generatsiya - elektron kovak juftligini hosil bo'lish jarayoni. Generatsiya jarayoni elektron va kovak juftligini hosil bo'lish sababiga ko'ra klassifikatsiyalanadi. Quyosh elementlarida fotogeneratsiya jarayoni ulushi qolgan generatsiya jarayonlariga qaraganda ko'proq bo'lgani uchun bu jarayonni batafsilroq yoritamiz.

Fotogeneratsiya yorug'lik absobrsiyalanganda elektron-kovak juftligining hosil bo'lish jarayoni. Bu jarayon foton energiyasi hamda yoritilayotgan yarimo'tkazgichning ta'qiqlangan zona kengligiga bog'liq. Agar $h\nu > E_g$ bo'lsa foton vallent zonadagi elektron tomonidan oson yutiladi. Har bir energiyasi ta'qiqlangan zona kengligidan katta bo'lgan foton bitta elektron va kovak juftligini hosil qiladi.

Foton energiyasi va yorug'lik intensivligi quydagicha ifodalanadi:

$$E_{ph} = \frac{hc}{\lambda} \quad (1)$$

$$I_0 = \frac{P_0}{E_{ph}} \quad (2)$$

Bu yerda

P_0 – birlik yuzaga keladigan yorug'lik quvvati

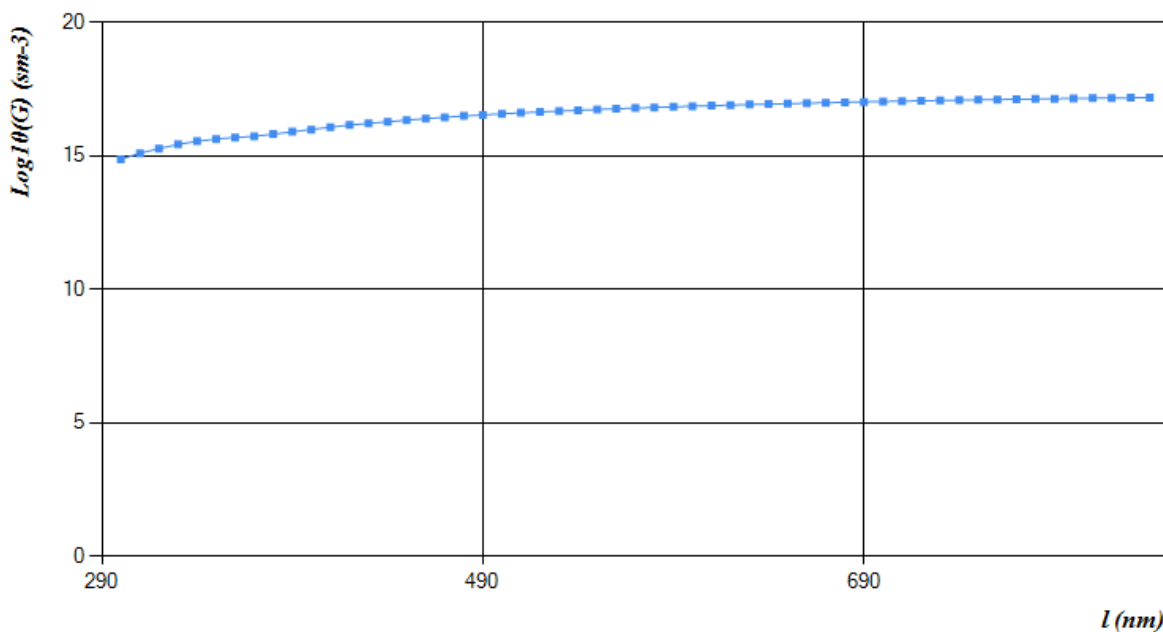
λ – to'lqin uzunligi

h – Plank doimiysi

c – vakumdagi yorug'lik tezligi

E_{ph} – foton energiyasi

Elektron va kovaklarning generatsiyasi



Rasm 1. Kremniy asosli quyosh elementidagi fotogeneratsiya tezligini yorug'lik to'lqin uzunligiga bog'liqligi

Agar quyosh elementiga yorug'lik z o'qi bo'yicha tushyapti deb tasavvur qilsak u holda vaqt birligidagi generatsiya miqdori quydagicha aniqlanadi (Rasm 1).

$$G^{opt}(z, t) = I_0 F_t(t) F_{xy} a(\lambda, z) \exp\left(-\int_{z_0}^z a(\lambda, z') dz'\right) \quad (3)$$

Bu yerda:

t – vaqt

$F_t(t)$ – urulish vaqti funksiyasi.

Z_0 – yarimo’tkazgich yuzasi koordinatasi.

$\alpha(\lambda, z)$ – z o’qi bo’yicha absorbsiyalanish koeffisienti

F_{xy} funksiya esa yarim o’tkazgich yuzasidagi notekisliklarni ifodalaydi va u quydagicha hisoblanadi:

$$F_{xy} = \left[1 + \exp\left(\frac{|\tilde{x}| - x_0}{s_x}\right) \right]^{-1} * \left[1 + \exp\left(\frac{|\tilde{y}| - y_0}{s_y}\right) \right]^{-1} \quad (4)$$

$$\phi(x, y, z = 0) = F_{xy} * \phi_0 \quad (5)$$

ϕ_0 - yorug’lik amplitudasi

$s_{x,y}$ – kesishgan qiyaliklarni bildiradi.

Shockley–Read–Hall (SRH) rekombinatsiyasi yarim o’tkazgichlardagi nuqsonlar tufayli yuzaga keladi. Deyarli kvazistatik holatdagi har bir generatsiya-rekombinatsiya markazida vujudga kelgan SRH rekombinatsiyasi o’zgarishi balans tenglamasi quyida keltirilgan (Rasm 3). Generatsiya rekombinatsiya markazlarining o’ziga hos hususiyatlari quyosh elementariga kuchli bog’liqdir.

$$R^{SRH} = \frac{np - n_{i,e}^2}{\tau_p(n + n_1) + \tau_n(p + p_1)} \quad (6)$$

Yordamchi n_1 va p_1 o’zgaruvchilar quyidagicha hisoblanadi

$$n_1 = N_c \exp\left(\frac{-E_c + E_T}{kT_L}\right) \quad (7)$$

$$p_1 = N_v \exp\left(\frac{-E_T + E_v}{kT_L}\right) \quad (8)$$

Bu yerda,

$n_{i,e}$ – effektiv zaryad tashuvchilarning konsentratsiyasi.

n – elektronlar konsentratsiyasi

p – kovaklar konsentratsiya

τ_p – kovaklar yashash vaqti

τ_n – elektronlar yashash vaqti

T_L – jism temperaturasi

k – Boltsman doimiysi

SRH rekombinatsiyasi asosan elektron va kovaklarning yashash vaqtlari hamda konsentratsiyasiga bog’liq. Asosan, yashash vaqtiga kiritmaning ta’sirini kremniyda eksperimental kuzatilgan va Skarfetter almashtirilishi nomli empirik formula hosil qilingan.

$$\tau_v(N, T_L) = \tau_v^{\min} + \frac{\tau_v^{\max}(T_L) - \tau_v^{\min}}{1 + \left(\frac{N_D + N_A}{N_v^{SRH}}\right)^{\gamma_v^{SRH}}} \quad (9)$$

$$\tau_v^{\max} = \tau_{v,300} \left(\frac{T_L}{300K} \right)^{\alpha_v^{SRH}} \quad v = n, p \quad (10)$$

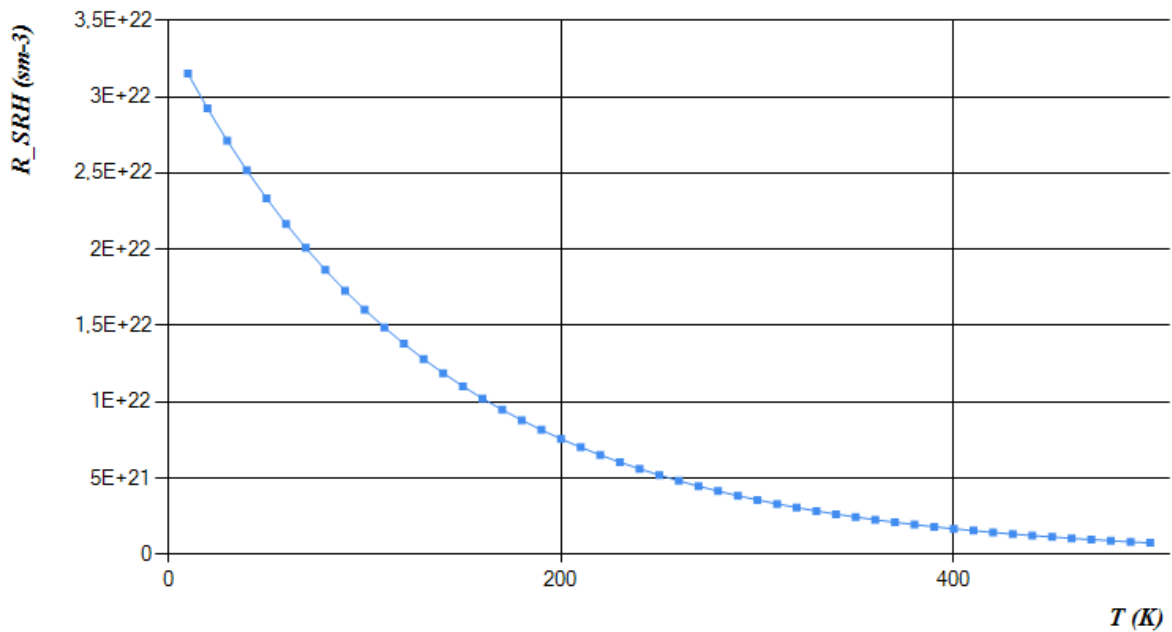
$$\gamma_n = \frac{n}{N_c} \exp(-\eta_n) \quad (11)$$

$$\gamma_p = \frac{p}{N_v} \exp(-\eta_p) \quad (12)$$

$$\eta_n = \frac{E_{F,n} - E_c}{kT} \quad (13)$$

$$\eta_p = \frac{E_v - E_{F,p}}{kT} \quad (14)$$

SRH rekombinatsiyasi



Rasm 2. Kremniy asosli quyosh elementidagi SRH rekombinatsiya tezligini temperaturaga bog'liqligi

Bu yerda

E_F – Fermi sathi energiyasi

E_v – vallent zonasi energiyasi

E_c – o'tkazuvchanlik zonasi energiyasi

N – holatlar zichligi

E_T - ta'qiqlangan zonada nuqson tufayli yuzaga sath energiyasi.

Bu rekombinatsiya turi bir vaqtning o'zida generatsiyani ham hosil qiladi. Ya'ni rekombinatsiya tufayli hosil bo'lgan foton energiyasini boshqa bir vallent zonadagi elektron yutib erkin elektronga aylanadi. Sathma-sath auger rekombinatsiyasining o'zgarishi quydagicha ifodalanadi (Rasm 3).

$$R_A = (C_n n + C_p p)(np - n_{i,eff}^2) \quad (15)$$

Auger koeffitsientlariga temperatura ta'siri

$$C_n(T) = \left(A_{A,n} + B_{A,n} \left(\frac{T}{T_0} \right) + C_{A,n} \left(\frac{T}{T_0} \right)^2 \right) \left[1 + H_n \exp \left(-\frac{n}{N_{0,n}} \right) \right] \quad (16)$$

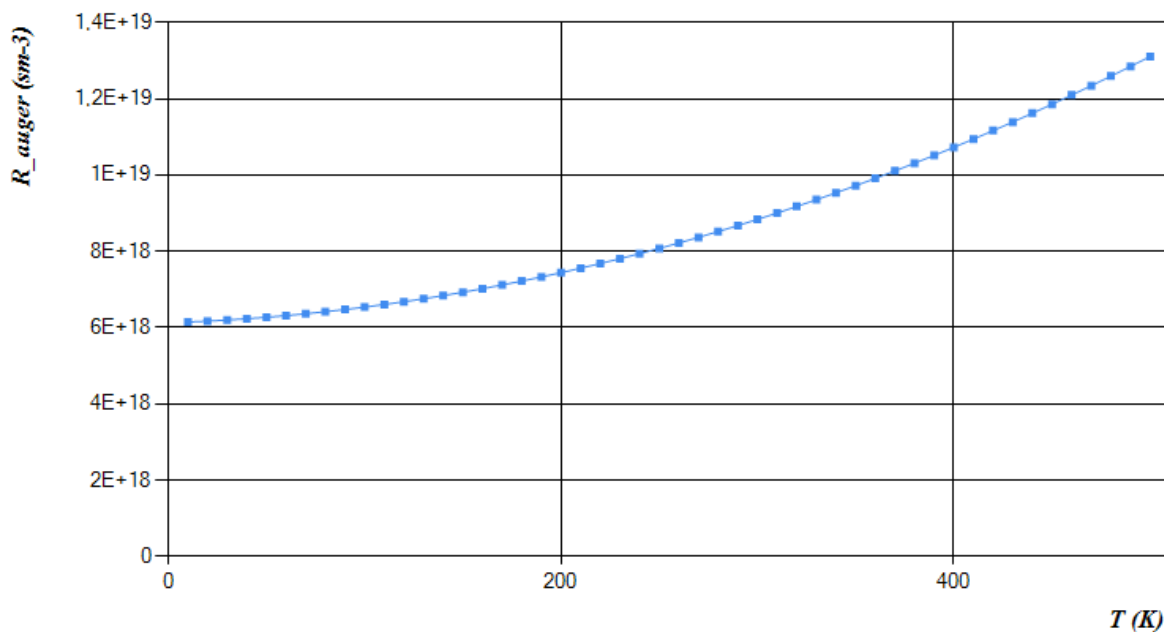
$$C_p(T) = \left(A_{A,p} + B_{A,p} \left(\frac{T}{T_0} \right) + C_{A,p} \left(\frac{T}{T_0} \right)^2 \right) \left[1 + H_p \exp \left(-\frac{p}{N_{0,p}} \right) \right] \quad (17)$$

Bu yerda

$$T_0 = 300K$$

A, B, C – modda turiga bog'liq o'lgan auger koeffitsientlari.

Auger rekombinatsiyasi



Rasm 3. Kremniy asosli quyosh elementidagi Auger rekombinatsiya tezligini temperaturaga bog'liqligi

Zaryad tashuvchilarning yuqori konsentratsiyasida auger rekombinatsiyasi muhim rol o'ynaydi. Demak, foydali ish koeffitsienti yuqori bo'lgan kremniya asosli quyosh elementlarida bu rekombinatsiya ulushi qolganlariga qaraganda juda ham oz.

Agar elektron va kovak rekombinatsiyalanganida foton ajalib chiqsa bunday rekombinatsiya radiativ deb ataladi. Uning o'zgarishini empirik jihatdan quydagicha ifodalashimiz mumkin.

$$R_R = C(np - n_{i,eff}^2) \quad (18)$$

C tajribalar yordamida aniqlanadiga koeffitsient va u GaAs uchun $3 \cdot 10^{-10}$ ga teng. Qolgan materiallar uchun esa taxminan nolga teng. LED larning ishlash mexanizmining asosini ushbu rekombinatsiya tashkil qiladi. Shuning uchun ham asosan LED lar GaAs dan tayyorlanadi.

Yuzalarda, Shokley-Red-Holl rekombinatsiyasiga ekvivalent bo'lgan qo'shimcha formula foydalanilgan.

$$R_{surf} = \frac{np - n_{i,eff}^2}{(n + n_1)/s_p + (p + p_1)/s_n} \quad (19)$$

Rekombinatsiya tezligi yuzadagi kiritmalar konsentratsiyasiga bogliq bo'lib quydagicha ifodalanadi.

$$s = s_0 \left[1 + s_{ref} \left(\frac{N_i}{N_{ref}} \right)^\gamma \right] \quad (20)$$

Biz bilamizki nazariy hisob-kitoblarni amalga oshirish bir muncha murakkab ish. Shuningdek, bularni yengillashtirish va aniqroq qiymatlar olish hamda grafiklarni hosil qilish uchun "Suntulip-2 for silicon solar cells" nomli dasturiy vosita ishlab chiqildi. Mazkur dasturiy vosita o'z ichiga yuqoridagi hisoblarni amalga oshirish uchun yetarli bo'lgan nazariyalarni qamrab olgan. Shuningdek, ma'lumotlar bazasi orqali tajribada olingan natijalar va nazariyaning integratsiyasi ta'minlangan.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. D.J.Roulston, N.D.Arora, and S.G.Chamberlain, "Modeling and Measurement of Minority-Carrier Lifetime versus Doping in Diffused Layers of n+-p Silicon Diodes," IEEE Transactions on Electron Devices, vol. ED-29, no. 2, pp. 284–291, 1982.
2. J.G.Fossum, "Computer-Aided Numerical Analysis of Silicon Solar Cells," Solid-State Electronics, vol. 19, no. 4, pp. 269–277, 1976.
3. J.G.Fossum et al., "Carrier Recombination and Lifetime in Highly Doped Silicon," Solid-State Electronics, vol. 26, no. 6, pp. 569–576, 1983.

References

1. D.J.Roulston, N.D.Arora, and S.G.Chamberlain, "Modeling and Measurement of Minority-Carrier Lifetime versus Doping in Diffused Layers of n+-p Silicon Diodes," IEEE Transactions on Electron Devices, vol. ED-29, no. 2, pp. 284–291, 1982.
2. J.G.Fossum, "Computer-Aided Numerical Analysis of Silicon Solar Cells," Solid-State Electronics, vol. 19, no. 4, pp. 269–277, 1976.
3. J.G.Fossum et al., "Carrier Recombination and Lifetime in Highly Doped Silicon," Solid-State Electronics, vol. 26, no. 6, pp. 569–576, 1983.