Beynəlxalq Konfrans “Fizika-2005”
International Conference “Fizika-2005”
Международная Конференция “Fizika-2005”

7 - 9 İyun / June / Июнь 2005 №57 səhifə / page / стр. 216-219

Bakı, Azərbaycan Baku, Azerbaijan Баку, Азербайджан

BƏRK MƏHLUL MONOKRİSTALLARININ k<1 HALINDA ALINMASI

TAHİROV V.İ., ƏLİYEV V.Q., CƏFƏROV T.Q., SADIQOVA S.R., QƏHRƏMANOV N.F.

Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt,
43-cü məhəlləAz-5008,
E-mail: sdu@azeronline.com

k<1 halında yeni üsulla hazırlanmış xəlitə boyunca tərkibin dəyişməsi elədir ki, ikinci komponentin konsentrasiyası sıfırdan başlayaraq artır, doyma halına keçir, sonra isə kiçik son hissədə güclü surətdə artır. Xəlitənin başlanğıcından qidalandırıcının başlanğıcı kimi istifadə olunması binar bərk məhlulların göyərdilməsi üçün əlverişli şərait yaradır. Kəsilməçzlik tənliyinin həlli tərkibin istənilən paylanmasına malik monokristallar almaq üçün kristallaşma rejimləri seçməyə imkan verir. Bu üsul *Ge-In* sisteminə tətbiq olunmuşdur.

Bu halda yeni üsulla alınmış xəlitənin başlanğıcını qidalandırıcının başlanğıcı kimi istifadə etmək lazımdır:

$$C_1(t)=C_q(t)=\begin{cases} C_0\left[1-(1-k)\exp\left(-\dfrac{k\upsilon}{l}t\right)\right], 0\le t\le t_1 \\ C_0\left[1-(1-k)\exp\left(-\dfrac{k\upsilon}{l}t\right)\right]\left(\dfrac{\frac{l}{\upsilon}-(t-t_1)}{l/\upsilon}\right)^{k-1}, t\ge t_1 \end{cases} \qquad (1)$$

Burada $C_1(t)$ - qidalandırıcı boyunca ikinci komponentin konsentrasiyasının paylanması, C_0 - onun orta qiyməti, l - ərimiş zonanın eni, υ - zonanın yerdəyişmə sürəti, k - paylanma əmsalı, $t_1=\dfrac{L-l}{\upsilon}$, L - xəlitənin uzunluğudur.

(1)– də birinci interval qidalandırıcı xəlitənin əsas hissəsini əhatə edir, ikinci interval qidalandırıcının ərimiş zonanın eninə bərabər olan uzunluğunu əhatə edir. Adətən, ikinci interval bu halda istifadə olunmamış qalır. Yalnız ərimiş zonanın eni böyük olduqda onun bir hissəsi istifadə edilə bilər.

Kristal boyunca ikinci komponentin konsentrasiyasının paylanmasını tapmaq üçün kəsilməzlik tənliyindən istifadə edəcəyik. Əvvəlcə uyğun həcmlərin ifadələrini yazaq. Qidalandırıcı xəlitəyə, yetişməkdə olan kristala və putadakı ərintiyə aid olan parametrləri uyğun olaraq 1, 2 və 3 indeksləri ilə göstərəcəyik. Sadəlik üçün qidalandırıcı ilə kristalın yerdəyişmə sürətlərinin modulunu eyni $(\upsilon_1=\upsilon_2=\upsilon)$ və en kəsiklərinin sahələrini bərabər götürəcəyik $(S_1=S_2=S)$:

$$V_1(t)=V_2(t)=S\upsilon t \qquad (2)$$

Bu cür seçimdə vahid zamanda putadakı ərintiyə qidalandırıcıdan daxil olan maddənin miqdarı ondan kristallaşmaya sərf olunan maddənin miqdarına bərabərdir. Ona görə putadakı ərintinin miqdarı və həcmi kristallaşma zamanı dəyişməz qalacaq:

$$V_3(t)=V_3(0)+\frac{\rho_b}{\rho_m}\left(V_1(t)-V_2(t)\right)=V_3(0) \qquad (3)$$

Həcmlərin zamana görə birinci tərtib törəmələrini də yazaq:

$$\dot V_1(t)=\dot V_2(t)=S\upsilon,\ \dot V_3(t)=0 \qquad (4)$$

Birinci mərhələ üçün P və Q parametrlərinin qiymətləri belə olar:

$$P(t)=\frac{kS\upsilon}{V_3(0)} \qquad (5)$$

$$Q(t)=\frac{S\upsilon}{V_3(0)}C_0\left[1-(1-k)\exp\left(-\frac{k\upsilon}{l}t\right)\right]$$

Birinci mərhələ üçün kəsilməzlik tənliyinin həllini tapaq [1,2]:

$$C_3(t)=\exp\Bigl(-\int P(t)dt\Bigr)\Bigl\{\int Q(t)\exp(P(t)dt)dt + A_1'\Bigr\}=$$

$$=\exp\Bigl(-\int \frac{kS\upsilon}{V_3(0)}dt\Bigr)\Bigl\{\int \frac{S\upsilon}{V_3(0)}C_0\Bigl[1-(1-k)\cdot\exp\Bigl(-\frac{k\upsilon}{l}t\Bigr)\Bigr]\times$$

$$\times\exp\Bigl(\int \frac{kS\upsilon}{V_3(0)}dt\Bigr)dt + A_1'\Bigr\} = \exp\Bigl(-\frac{kS\upsilon}{V_3(0)}t\Bigr)\times$$

$$\times\Bigl\{\int \frac{S\upsilon}{V_3(0)}C_0\Bigl[1-(1-k)\exp\Bigl(-\frac{k\upsilon}{l}t\Bigr)\Bigr]\cdot\exp\Bigl(\frac{kS\upsilon}{V_3(0)}\Bigr)dt + A_1' =$$

$$=\exp\Bigl(-\frac{kS\upsilon}{V_3(0)}t\Bigr)\cdot\Bigl\{\frac{S\upsilon}{V_3(0)}C_0\int\Bigl[\exp\Bigl(\frac{kS\upsilon}{V_3(0)}t\Bigr)-(1-k)\exp\Bigl(-\frac{k\upsilon}{l}t+$$

$$+\frac{kS\upsilon}{V_3(0)}t\Bigr)\cdot dt\Bigr]+A_1'\Bigr\} = \exp\Bigl(-\frac{kS\upsilon}{V_3(0)}t\Bigr)\times$$

$$\times\Bigl\{\frac{S\upsilon}{V_3(0)}C_0\Bigl[\frac{V_3(0)}{kS\upsilon}\exp\Bigl(\frac{kS\upsilon}{V_3(0)}t\Bigr)-(1-k)\int\exp\Bigl[kS\upsilon\Bigl(\frac{1}{V_3(0)}-$$

$$-\frac{1}{Sl}\Bigr)t\Bigr]dt+A_1'\Bigr\}=\exp\Bigl(-\frac{kS\upsilon}{V_3(0)}t\Bigr)\Bigl\{\frac{S\upsilon}{V_3(0)}C_0\times$$

$$\times\Bigl[\frac{V_3(0)}{kS\upsilon}\exp\Bigl(\frac{kS\upsilon}{V_3(0)}t\Bigr)-\frac{1-k}{kS\upsilon\Bigl(\frac{1}{V_3(0)}-\frac{1}{Sl}\Bigr)}\times$$

$$\times\exp\Bigl(\frac{kS(Sl-V_3(0))}{SlV_3(0)}t\Bigr)\Bigr]+A_1'\Bigr\}=\frac{C_0}{k}\Bigl[1-\frac{(1-k)lS}{Sl-V_3(0)}\exp\Bigl(-\frac{k\upsilon}{l}t\Bigr)\Bigr]+$$

$$+A_1'\exp\Bigl(-\frac{kS\upsilon}{V_3(0)}t\Bigr) \qquad (6)$$

A_1' - inteqrallama sabitini başlanğıc şərtdən tapaq. $t=0$ anında putadakı ərintidə ikinci komponentin konsentrasiyası sıfra bərabərdir (proses birinci komponentin monokristalının yetişdirilməsi ilə başlayır), yəni $t=0$ – da $C_3(0)=0$ - dır. Bunu (6) – da nəzərə alaq:

$$\frac{C_0}{k}\left[1-\frac{(1-k)lS}{Sl-V_3(0)}\right]+A_1'=0$$

Buradan A_1' - in ifadəsini belə taparıq:

$$A_1' = -\frac{C_0}{k}\left[1-\frac{(1-k)lS}{Sl-V_3(0)}\right] \qquad (7)$$

A_1' - in qiymətini (6) – da yerinə yazaq:

$$C_3(t)=\frac{C_0}{k}\Bigl\{1-\frac{(1-k)lS}{Sl-V_3(0)}\exp\Bigl(-\frac{k\upsilon}{l}t\Bigr)-\Bigl[1-\frac{(1-k)lS}{Sl-V_3(0)}\Bigr]\times$$

$$\times\exp\Bigl(-\frac{kS\upsilon}{V_3(0)}t\Bigr)\Bigr\}=\frac{C_0}{k}\Bigl\{1-\exp\Bigl(-\frac{kS\upsilon}{V_3(0)}\Bigr)+\frac{(1-k)lS}{Sl-V_3(0)}\times$$

$$\times\Bigl[\exp\Bigl(-\frac{kS\upsilon}{V_3(0)}t\Bigr)-\exp\Bigl(-\frac{k\upsilon}{l}t\Bigr)\Bigr]\Bigr\},\quad 0\le t\le t_1 \qquad (8)$$

Birinci mərhələdə kristal boyunca ikinci komponentin konsentrasiyasının dəyişməsini belə taparıq:

$$C_2(t)=kC_3(t)=C_0\Bigl\{\Bigl[1-\exp\Bigl(-\frac{kS\upsilon}{V_3(0)}\Bigr)\Bigr]+\frac{(1-k)lS}{Sl-V_3(0)}\times$$

$$\times\Bigl[\exp\Bigl(-\frac{kS\upsilon}{V_3(0)}\Bigr)-\exp\Bigl(-\frac{k\upsilon}{l}t\Bigr)\Bigr]\Bigr\},\quad 0\le t\le t_1 \qquad (9)$$

t_1 - birinci mərhələnin sonunadək davam edən müddətdir. Onun qiyməti belə ifadə olunur: $t_1=\frac{L-l}{\upsilon}$, L - xəlitənin ümumi uzunluğu, l - ərimiş zonanın enidir.

Qeyd etdiyimiz kimi, l kifayət qədər böyük olduqda $k<1$ halında ikinci mərhələdən də istifadə etmək olar (əksər halda l kiçik olduğu üçün buna ehtiyac qalmır). Biz ümumilik xatirinə ikinci mərhələdən də istifadə edəcəyik.

İkinci mərhələ üçün məsələni həll etmək üçün yenidən həcmlərin ifadələrini yazaq. Yenə də qidalandırıcının və kristalın yerdəyişmə sürətlərini və en kəsiklərinin sahəsini eyni götürəcəyik.

$$\left.\begin{aligned}&V_1(t)=V_2(t)=S\upsilon t_1+S\upsilon(t-t_1)=S\upsilon t\\&V_3(t)=V_3(0)+\frac{\rho_b}{\rho_m}(V_1(t)-V_2(t))=V_3(0)\end{aligned}\right| \qquad (10)$$

P və Q parametrlərinin də ifadələrini yazaq:

$$P(t)=\frac{kS\upsilon}{V_3(0)}$$

$$Q(t)=\frac{S\upsilon}{V_3(0)}\cdot C_0\left[1-(1-k)\exp\left(-\frac{k\upsilon}{l}t_1\right)\right]\left(\frac{\frac{l}{\upsilon}-(t-t_1)}{l/\upsilon}\right)^{k-1} \qquad (11)$$

İkinci mərhələ üçün kəsilməzlik tənliyinin həllini yazaq:

$$C_3(t)=\exp\Bigl(-\int P(t)dt\Bigr)\Bigl\{Q(t)\exp\Bigl(\int P(t)dt\Bigr)dt + A\Bigr\}=$$

$$=\exp\Bigl(-\int\frac{kS\upsilon}{V_3(0)}dt\Bigr)\Bigl\{\frac{S\upsilon}{V_3(0)}C_0\Bigl[1-(1-k)\cdot\exp\Bigl(-\frac{k\upsilon}{l}t_1\Bigr)\Bigr]\times$$

$$\times\left(\frac{\frac{l}{\upsilon}-(t-t_1)}{l/\upsilon}\right)^{k-1}\div\exp\Bigl(\int\frac{kS\upsilon}{V_3(0)}\Bigr)dt+A_2'\Bigr\}=$$

$$=\exp\Bigl(-\frac{kS\upsilon}{V_3(0)}\Bigr)\Bigl\{\frac{S\upsilon}{V_3(0)}C_0\Bigl[1-(1-k)\cdot\exp\Bigl(-\frac{k\upsilon}{l}t_1\Bigr)\Bigr]\times$$

$$\times\frac{1}{l^{k-1}}\int(L-\upsilon)^{k-1}\exp\Bigl(\frac{kS\upsilon}{V_3(0)}t\Bigr)dt+A_2'\Bigr\} \qquad (12)$$

Burada biz belə bir sadələşdirmədən istifadə etdik:

$$\left(\frac{\frac{l}{\upsilon}-(t-t_1)}{l/\upsilon}\right)^{k-1}=\left(\frac{l-(t-t_1)\upsilon}{l}\right)^{k-1}=\left(\frac{l+\upsilon t_1-\upsilon t}{l}\right)^{k-1}=$$

$$=\left(\frac{(l+(L-l)-\upsilon t)}{l}\right)^{k-1}==\left(\frac{L-\upsilon t}{l}\right)^{k-1}=\frac{1}{l^{k-1}}\cdot(L-\upsilon t)^{k-1}$$

(12) – dəki sonuncu inteqralı J ilə işarə edək və onu açmağa çalışaq:

$$J=\int(L-\upsilon t)^{k-1}\exp\left(\frac{kS\upsilon}{V_3(0)}t\right)dt \qquad (13)$$

k - nın ixtiyari qiymətində (13) inteqralının analitik şəkildə həlli mümkün deyil. Onu yalnız k - nın hər hansı konkret qiyməti üçün açmağa təşəbbüs etmək olar. İnteqral altındakı binomial vuruğun üstü tam ədəd olsa idi, hissə-hissə inteqrallama qaydasını tətbiq etməklə inteqralı açmaq olardı. Lakin biz $k < 1$ halına baxdığımız üçün bu qeyri-mümkündür.

$k = 0{,}5$ qiymətinə baxaq. Onda (13) inteqralını belə alarıq:

$$J = \int (L - \upsilon t)^{0,5-1} \exp\left(\frac{kS\upsilon}{V_3(0)} t\right) dt = \int \frac{1}{(L - \upsilon t)^{1/2}} \exp\left(\frac{kS\upsilon}{V_3(0)} t\right) dt \qquad (14)$$

Burada biz müvafiq surətdə əvəzetmə aparmaqla inteqralı $\int \exp(x^2) dx$ şəklinə gətirə bilərik, ancaq bu inteqral da analitik şəkildə ifadə olunan deyil. Ona görə biz (14) inteqralını təqribi yolla həll edəcəyik. Burada müəyyən qədər xəta olsa da, ümumi mənzərə haqda təsəvvür əldə etmək mümkün olur.

İkinci mərhələni xəlitənin uzunluğu ərimiş zonanın eninə (l) bərabər olan son hissəsi əhatə edir. Onun bir hissəsi qidalandırıcını ştoka bərkitmək üçün tutqaca geydirilir. Bundan başqa, qidalandırıcını saxlayan tutqac prosesin sonunda ərintinin səthindən bir qədər aralıda olmalıdır ki, o, qızaraq buxarlanıb putadakı maddəni çirkləndirməsin. Ona görə də ərimiş zonanın eni (l) nə qədər böyük götürülsə də, ikinci mərhələdə onun yalnız azacıq bir hissəsindən qidalandırıcı kimi istifadə etmək olar.

İkinci mərhələdə $(L - \upsilon t) << l$ - dir. Ancaq biz onun ($L - \upsilon t \le l$) şərtini ödəyən hissəsi üçün inteqralı açacağıq. Bu halda $\frac{\upsilon t}{L} << 1$ olacaq. Bu şərt daxilində:

$$\frac{1}{(L - \upsilon t)^{1/2}} = \frac{1}{L^{1/2}\left(1 - \frac{\upsilon t}{L}\right)^{1/2}} \cong \frac{1}{L^{1/2}}\left(1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{\upsilon t}{L}\right) \qquad (15)$$

götürə bilərik. (15) – i (14) – də yerinə yazıb inteqralı açaq:

$$J = \int \frac{\exp\left(\frac{kS\upsilon}{V_3(0)} t\right) dt}{L^{1/2}\left(1 - \frac{\upsilon t}{L}\right)^{1/2}} = \frac{1}{L^{1/2}} \int \left(1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{\upsilon t}{l}\right) \exp\left(\frac{kS\upsilon}{V_3(0)} t\right) dt =$$

$$= \frac{1}{L^{1/2}}\left[\int \exp\left(\frac{kS\upsilon}{V_3(0)} t\right) dt + \frac{\upsilon}{2L} \times\right.$$

$$\left. \times \int t \exp\left(\frac{kS\upsilon}{V_3(0)} t\right) dt\right] = \frac{1}{L^{1/2}}\left[\frac{V_3(0)}{kS\upsilon} \exp\left(\frac{kS\upsilon}{V_3(0)} t\right) + \right.$$

$$\left. + \frac{\upsilon}{2L}\left(\frac{V_3(0)}{kS\upsilon} \cdot t \exp\left(\frac{kS\upsilon}{V_3(0)} t\right) - \frac{V_3(0)}{kS\upsilon} \cdot \frac{V_3(0)}{kS\upsilon} \int \exp\left(\frac{kS\upsilon}{V_3(0)} t\right) dt\right)\right] =$$

$$= \frac{1}{L^{1/2}} \cdot \frac{V_3(0)}{kS\upsilon}\left[\exp\left(\frac{kS\upsilon}{V_3(0)} t\right) + \frac{\upsilon}{2L} \cdot \left(t \cdot \exp\left(\frac{kS\upsilon}{V_3(0)} t\right) - \frac{V_3(0)}{kS\upsilon} \times \right.\right.$$

$$\left.\left. \times \exp\left(\frac{kS\upsilon}{V_3(0)} t\right)\right)\right] = \frac{1}{L^{1/2}} \cdot \frac{V_3(0)}{kS\upsilon}\left[\frac{\upsilon}{2L}\left(t - \frac{V_3(0)}{kS\upsilon}\right) + 1\right] \exp\left(\frac{kS\upsilon}{V_3(0)} t\right) \qquad (16)$$

(16) – nı (12) – də yerinə yazaq:

$$C_3(t) = \exp\left(-\frac{kS\upsilon}{V_3(0)} t\right)\left\{\frac{S\upsilon C_0}{V_3(0)}\left[1 - (1-k)\exp\left(-\frac{k\upsilon}{l} t_1\right)\right] \times \right.$$

$$\left. \times \left(\frac{l}{L}\right)^{1/2} \cdot \frac{V_3(0)}{kS\upsilon}\left[\frac{\upsilon}{2L}\left(t - \frac{V_3(0)}{kS\upsilon}\right) + 1\right] \times \exp\left(\frac{kS\upsilon}{V_3(0)} t\right) + A_2'\right\} =$$

$$= \left(\frac{l}{L}\right)^{1/2} \cdot \frac{C_0}{k}\left[1 - (1-k)\exp\left(-\frac{k\upsilon}{l} t_1\right)\right] \cdot \left[\frac{\upsilon}{2L}\left(t - \frac{V_3(0)}{kS\upsilon}\right) + 1\right] +$$

$$+ A_2' \cdot \exp\left(-\frac{kS\upsilon}{V_3(0)} t\right), \; t \ge t_1 \qquad (17)$$

A_2' - inteqrallama sabitini birinci mərhələnin sonunda və ikinci mərhələnin əvvəlində hər iki həllin üst-üstə düşməsi şərtindən tapacağıq.

$t = t_1$ anında (8) – dən:

$$C_3(t_1) = \frac{C_0}{k}\left\{1 - \exp\left(-\frac{kS\upsilon}{V_3(0)} t_1\right) + \frac{(1-k)lS}{Sl - V_3(0)} \times \right.$$

$$\left. \times \left[\exp\left(-\frac{kS\upsilon}{V_3(0)} t_1\right) - \exp\left(-\frac{k\upsilon}{l} t_1\right)\right]\right\}$$

alarıq.

(17) – dən isə:

$$C_3(t_1) = \frac{C_0}{k} \cdot \left(\frac{l}{L}\right)^{1/2}\left[1 - (1-k)\exp\left(-\frac{k\upsilon}{l} t_1\right)\right] \cdot$$

$$\cdot \left[\frac{\upsilon}{2L}\left(t_1 - \frac{V_3(0)}{kS\upsilon}\right) + 1\right] + A_2' \exp\left(-\frac{kS\upsilon}{V_3(0)} t_1\right)$$

alarıq. Buradan A_2' - i belə taparıq:

$$A_2' = \frac{C_0}{k}\left\{\exp\left(\frac{kS\upsilon}{V_3(0)} t_1\right) - 1 + \frac{(1-k)lS}{Sl - V_3(0)} \times \right.$$

$$\left[1 - \exp\left(\frac{kS\upsilon}{V_3(0)l}(lS - V_3(0))t_1\right)\right] - \left(\frac{l}{L}\right)^{1/2}\left[\frac{\upsilon}{2L}\left(t_1 - \frac{V_3(0)}{kS\upsilon}\right) + 1\right] \times$$

$$\left. \times \left[\exp\left(\frac{kS\upsilon}{V_3(0)} t_1\right) - (1-k)\exp\left(\frac{kS\upsilon}{V_3(0)l}(lS - V_3(0))t_1\right)\right]\right\} \qquad (18)$$

A_2' - in (18) – ilə ifadə olunan qiymətini $C_3(t)$ - nin (17) ifadəsində yerinə yazmaq lazımdır.

(17) düsturundan istifadə edib növbəti mərhələdə ikinci komponentin yetişdirilmiş monokristal boyunca paylanma qanununu belə alarıq:

$$C_2(t) = kC_3(t) = C_0\left\{\left(\frac{l}{L}\right)^{1/2}\left[1 - (1-k)\exp\left(-\frac{k\upsilon}{l} t_1\right)\right] \times \right. \qquad (19)$$

$$\left. \times \left[\frac{\upsilon}{2L}\left(t - \frac{V_3(0)}{kS\upsilon}\right) + 1\right] + \frac{k}{C_0} A_2' \exp\left(-\frac{kS\upsilon}{V(0)} t\right), t \ge t_1\right.$$

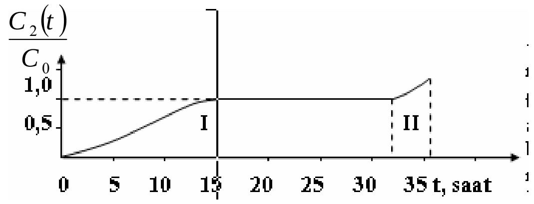
Burada A_2' (17) düsturu ilə ifadə olunur. $k = 0{,}5$ qiyməti üçün (9) və (19) düsturlarından hesablanmış ikinci komponentin nisbi konsentrasiyasının ($\frac{C_2(t)}{C_0}$ - nisbətinin) kristal boyunca dəyişmə qanunu şəkil 1-də göstərilmişdir. Kristalın başlanğıcında ikinci komponentin konsentrasiyası sıfırdan başlayaraq tədricən artır və onun ilkin xəlitədəki qiymətinə çatdıqdan sonra sabit qalır. Bu qiymət birinci mərhələ qurtaranadək davam edir. Praktiki məqsədlər üçün əlverişli hallarda $k<1$ şərti ödənildikdə kristallaşma əslində elə birinci mərhələ ilə sona çatır.

Şəkil 1 – də ikinci mərhələdə ikinci komponentin konsentrasiyası C_0 - dan başlayaraq əvvəl xətti, sonra isə daha kəskin artır. Ancaq ikinci mərhələnin davamiyyət müddəti olduqca məhduddur.

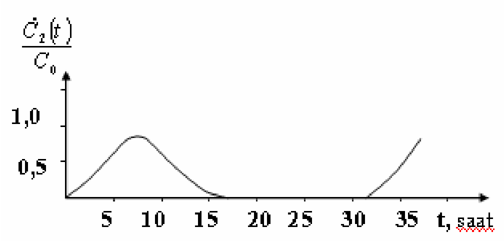
Kristal boyunca ikinci komponentin dəyişmə sürətini ($\frac{dC_2(t)}{dt}$ - ni) (9) və (19) – dan zamana görə birinci tərtib törəmə olmaqla tapa bilərik:

$$\dot{C}_2(t)=C_0\left\{\frac{kS\upsilon}{V_3(0)}\exp\left(-\frac{kS\upsilon}{V_3(0)}t\right)+\frac{(1-k)lS}{lS-V_3(0)}\times\left[-\frac{kS\upsilon}{V_3(0)}\exp\left(-\frac{kS\upsilon}{V_3(0)}t\right)+\frac{k\upsilon}{l}\exp\left(-\frac{k\upsilon}{l}t\right)\right]\right\},\quad 0\le t\le t_1 \qquad (20)$$

$$\dot{C}_2(t)=C_0\left\{\left(\frac{l}{L}\right)^{1/2}\left[1-(1-k)\exp\left(-\frac{k\upsilon}{l}t_1\right)\right]\times\frac{\upsilon}{2L}-\frac{k}{C_0}A_2^{/}\cdot\frac{kS\upsilon}{V_3(0)}\cdot\exp\left(-\frac{kS\upsilon}{l}t\right)\right\},\ t\ge t_1 \qquad (21)$$



Şəkil 1. $k=0{,}5$ qiyməti üçün ikinci komponentin nisbi konsentrasiyasının kristal boyunca (8) və (9) – dan hesablanmış paylanması.



Şəkil 2. $k=0{,}5$ qiymətində $\frac{\dot{C}_2(t)}{C_0}$ nisbətinin kristal boyunca dəyişməsi

Şəkil 2 – də kristal boyunca $\dot{C}_2(t)$ - nin (20) və (21) - dən hesablanmış dəyişməsi verilmişdir. Birinci mərhələnin başlanğıcında $\dot{C}_2(t)$ sıfırdan başlayaraq tədricən artır, maksimumdan keçir, hamar əyri ilə azalaraq sıfıra düşür. Bundan sonra o, ikinci mərhələnin başlanğıcınadək sıfır olaraq dəyişməz qalır. İkinci mərhələnin başlanğıcında o, yenidən artmağa başlayır. Konsentrasiyanın və onun dəyişmə sürətinin kristal boyunca bu cür dəyişməsi kristallaşma cəbhəsində ifrat soyumanın qarşısını almağa imkan verir ki, bu da bərk məhlulların yetişməsinə şərait yaradır.

[1]. Тагиров В. И. Полупроводниковые твердые растворы $Ge-Si$. Баку, «ЕЛМ» 1983.

[2]. Фихтенгольц Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. М., «Наука» , 1966.