

## FİZİKA

PAYLANMA ƏMSALI VAHİDDƏN KİÇİK OLDUQDA BİNAR BƏRK  
MƏHLUL MONOKRİSTALLARININ YENİ QİDALANDIRICI  
XƏLİTƏNİN TƏTBİQİ İLƏ ALINMASINDA YENİ VARIANTV.İ.TAHİROV<sup>1</sup>, Z.Ə.AĞAMALIYEV, Z.Y.HƏSƏNOV<sup>2</sup>,  
Ə.F.QULİYEV<sup>2</sup>, N.F.QƏHRƏMANOV<sup>2</sup><sup>1</sup> - Bakı Dövlət Universiteti<sup>2</sup> - Sumqayıt Dövlət Universiteti

*İkinci komponentin paylanma əmsalı vahiddən kiçik olduğu hal üçün yeni üsulla hazırlanmış silindr şəkilli və mürəkkəb tərkib paylanmalı xəlitənin tətbiqu ilə binar bərk məhlulların təkmil monokristallarının alınması üsulu verilmişdir. Üsulun əsaslandırılmasında kəsilməzlik tənliyinin həllindən istifadə edilmişdir. Göstərilmişdir ki, prosesdə kvazi-tarazlıq halı yarandıqdan sonra yetişdirilən kristal boyunca ikinci komponentin konsentrasiyası dəyişməz qalır və onun qiyməti xəlitədəki orta qiymətdən kiçik olur, həm də kristallaşma rejimini tənzim etməklə bu sabit qiyməti seçmək mümkündür.*

*İşdə alınmış nəticələr Ge-İn sisteminə tətbiqu edilmişdir.*

Birinci variantda məsələnin həlli putanın həndəsi quruluşundan asılı deyildi [1]. Çünki  $S_1 = S_2$  və  $v_1 = v_2$  olduğu üçün ərintinin səthinin səviyyəsi proses zamanı sabit qalırdı. İkinci variantda hər iki mərhələdə putadan kristallaşmaya vahid zamanda sərf olunan maddənin miqdarı qidalandırıcı xəlitədən həmin müddətdə daxil olan maddənin miqdarından böyükdür. Ona görə ərintinin səthinin səviyyəsi zaman keçdikcə  $v_3$  sürəti ilə yerini dəyişəcək.

Qidalandırıcıya, yetişdirilən kristala və ərintiyə aid olan parametrləri 1, 2 və 3 indeksləri ilə göstərəcəyik.  $C_i (i=1,2,3)$  ikinci komponentin konsentrasiyası,  $V_i$  - həcm,  $S_i$  - en kəsiyin sahəsi,  $k$  - paylanma əmsalı,  $v_i$  - sürət,  $t$  - zamandır.

Qidalandırıcı xəlitə boyunca ikinci komponentin konsentrasiyasının dəyişmə qanunu belədir:

$$C_1(t) = \begin{cases} C_0 \left\{ 1 - (1-k) \exp\left(-\frac{kv t}{l}\right) \right\}, & 0 \leq t \leq t_1 = \frac{L-l}{v} \\ C_0 \left\{ 1 - (1-k) \exp\left(-\frac{kv t_1}{l}\right) \right\} \cdot \left( \frac{l-v(t-t_1)}{l} \right)^{k-1}, & t \geq t_1 \end{cases} \quad (1)$$

$C_0$  - ikinci komponentin xəlitədəki orta konsentrasiyası,  $L$  - xəlitənin uzunluğu,  $l$  - əridilmiş zonanın eni,  $v$  - zonanın yerdəyişmə sürətidir.

**a) İkinci variantda birinci mərhələ ( $k < 1$ ).**

Bu hal üçün kristallaşma aşağıdakı şərt daxilində həyata keçirilir:

$$S_1 = S_2 = S \quad \text{və} \quad v_1 < v_2 \quad (2)$$

Qidalandırıcı xəlitə silindr, putə isə kəsik konus şəklindədir. (2) şərti daxilində ərintinin səthinin  $v_3$  yerdəyişmə sürəti şaquli olaraq yuxarıdan aşağı doğru yönələcək (yəni putadakı ərinti getdikcə azalacaq). Uyğun həcmələri ifadələrini belə yazarıq:

$$\left. \begin{aligned} V_1(t) &= S(v_1 t - h), \quad V_2(t) = S(v_2 t + h) \\ V_3(t) &= V_3(0) - \eta(V_2(t) - V_1(t)) = \\ &= V_3(0) - \eta S[(v_2 - v_1)t + 2h] \end{aligned} \right| \quad (3)$$

$h-t$  müddətində ərintinin səthinin yerdəyişməsidir.

Ərintinin səthinin yerdəyişmə hərəkətini birinci yaxınlaşmada sabit təcilli (bərabər yeyinləşən) hərəkət kimi götürəcəyik:

$$h = v_3(0)t + \frac{Wt^2}{2} \quad (4)$$

Burada  $v_3(0)$ -ərintinin səthinin hərəkətinin başlanğıc sürəti (yəni  $t=0$  anındakı sürəti),  $W$  - təcildir.

$v_3(t)$ -nin ifadəsi belədir:

$$v_3(t) = v_3(0) + Wt \quad (5)$$

Hər hansı  $t_1$  müddəti ( $t_1$  prosesin sonu da ola bilər) üçün (5)-dən yazarıq:

$$v_3(t_1) = v_3(0) + Wt_1 \quad (6)$$

Buradan  $W$  -ni taparıq:

$$W = \frac{v_3(t_1) - v_3(0)}{t_1} \quad (7)$$

$v_3(0)$  və  $v_3(t_1)$ -in qiymətləri belədir:

$$v_3(0) = \frac{\eta S(v_2 - v_1)}{\pi r_0^2 - 2\eta S} \quad \text{və} \quad v_3(t_1) = \frac{\eta S(v_2 - v_1)}{\pi r_1^2 - 2\eta S} \quad (8)$$

Burada  $r_0$  - başlanğıc anda putadakı ərintinin səth dairəsinin radiusu,  $r_1$  - isə  $t_1$  müddətindən sonra ərintinin səth dairəsinin radiusudur.

Uyğun həcmələri ifadələrini belə alarıq:

$$\begin{aligned}
V_1(t) &= S(v_1 t - h) = S\left(v_1 t - v_3(0)t - \frac{Wt^2}{2}\right) = S\left[(v_1 - v_3(0))t - \frac{Wt^2}{2}\right] \\
V_2(t) &= S(v_2 t + h) = S\left[(v_2 + v_3(0))t + \frac{Wt^2}{2}\right] \\
V_3(t) &= V_3(0) - \eta(V_2(t) - V_1(t)) = V_3(0) - \eta S\left[(v_2 - v_1 + 2v_3(0))t + Wt^2\right]
\end{aligned} \tag{9}$$

Həcmənin zamana görə birinci tərtib törəməsini də yazaq:

$$\begin{aligned}
\dot{V}_1(t) &= S[(v_1 - v_3(0)) - Wt] \\
\dot{V}_2(t) &= S[(v_2 + v_3(0)) + Wt] \\
\dot{V}_3(t) &= -\eta S[(v_2 - v_1 + 2v_3(0)) + 2Wt]
\end{aligned} \tag{10}$$

Kəsilməzlik tənliyində [2]  $P(t)$  və  $Q(t)$  parametrlərini aşkar şəkildə bələ alarıq:

$$\begin{aligned}
P(t) &= \frac{-\eta S[(v_2 - v_1 + 2v_3(0)) + 2Wt] + kS[(v_2 + v_3(0)) + Wt]}{V_3(0) - \eta S[(v_2 - v_1 + 2v_3(0))t + Wt^2]} \\
Q(t) &= \frac{S[(v_1 - v_3(0)) - Wt] C_0 \left\{1 - (1 - k) \exp\left(-\frac{kv}{l} t\right)\right\}}{V_3(0) - \eta S[(v_2 - v_1 + 2v_3(0))t + Wt^2]}
\end{aligned} \tag{11}$$

Artıq kəsilməzlik tənliyinin həllini yazmağa bilərik [2]:

$$\begin{aligned}
C_3(t) &= \exp\left(-\int P(t) dt\right) \left\{ \int Q(t) \exp\left(\int P(t) dt\right) dt + A_2 \right\} = \\
&= \exp\left(-\int \frac{-\eta S[(v_2 - v_1 + 2v_3(0)) + 2Wt] + kS[(v_2 + v_3(0)) + Wt]}{V_3(0) - \eta S[(v_2 - v_1 + 2v_3(0))t + Wt^2]} dt\right) \cdot \\
&\cdot \left\{ \int \frac{S C_0 [(v_1 - v_3(0)) - Wt] \left\{1 - (1 - k) \exp\left(-\frac{kv}{l} t\right)\right\}}{V_3(0) - \eta S[(v_2 - v_1 + 2v_3(0))t + Wt^2]} dt + A_2 \right\} \\
&\cdot \exp\left(\int \frac{-\eta S[(v_2 - v_1 + 2v_3(0)) + 2Wt] + kS[(v_2 + v_3(0)) + Wt]}{V_3(0) - \eta S[(v_2 - v_1 + 2v_3(0))t + Wt^2]} dt\right) dt + A_2 \Big\}
\end{aligned} \tag{12}$$

Buradakı inteqralları ayrı-ayrılıqda açacağıq. Bunun üçün əvvəlcə bələ sadələşdirici əvəzləmələr aparacağıq:

$$\begin{aligned}\eta S(v_2 - v_1 + 2v_3(0)) &= a_1, & \eta SW &= a_2 \\ S(v_2 + v_3(0)) &= a_3, & S(v_1 - v_3(0)) &= a_4\end{aligned}\quad (13)$$

Birinci inteqralı  $J_1$ -lə işarə edək:

$$\begin{aligned}J_1 &= \int \frac{(-a_1 - 2a_2t + ka_3 + kSWt)dt}{V_3(0) - a_1t - a_2t^2} = \\ &= \ln(V_3(0) - a_1t - a_2t^2) + \int \frac{(ka_3 + kSWt)dt}{V_3(0) - a_1t - a_2t^2}\end{aligned}\quad (14)$$

(14)-dəki sonuncu inteqralın həlli belədir:

$$\int \frac{(ka_3 + kSWt)dt}{V_3(0) - a_1t - a_2t^2} = \ln \left[ (t - t'_1)^{-\frac{B_1}{a_2}} \cdot (t - t'_2)^{-\frac{B_2}{a_2}} \right] \quad (15)$$

Burada  $B_1, B_2, t'_1$  və  $t'_2$  ifadələri məlum olan sabitlərdir.

(15)-i  $J_1$ -in (14) ifadəsində yerinə yazsaq:

$$\begin{aligned}J_1 &= \ln(V_3(0) - a_1t - a_2t^2) + \ln \left[ (t - t'_1)^{-\frac{B_1}{a_2}} \cdot (t - t'_2)^{-\frac{B_2}{a_2}} \right] = \\ &= \ln \frac{(V_3(0) - a_1t - a_2t^2)}{(t - t'_1)^{\frac{B_1}{a_2}} \cdot (t - t'_2)^{\frac{B_2}{a_2}}}\end{aligned}\quad (16)$$

İndi də (12)-dəki ikinci inteqralı ( $J_2$ -ni) həll edək:

$$\begin{aligned}J_2 &= \int \frac{C_0(a_4 - SWt) \left[ 1 - (1-k) \exp\left(-\frac{kv}{l}t\right) \right]}{V_3(0) - a_1t - a_2t^2} \exp J_1 dt = \\ &= \int \frac{C_0(a_4 - SWt) \left[ 1 - (1-k) \exp\left(-\frac{kv}{l}t\right) \right]}{V_3(0) - a_1t - a_2t^2} \cdot \frac{(V_3(0) - a_1t - a_2t^2) dt}{(t - t'_1)^{\frac{B_1}{a_2}} \cdot (t - t'_2)^{\frac{B_2}{a_2}}} = \\ &= \int C_0(a_4 - SWt) \left[ 1 - (1-k) \exp\left(-\frac{kv}{l}t\right) \right] \cdot (t - t'_1)^{-\frac{B_1}{a_2}} \cdot (t - t'_2)^{-\frac{B_2}{a_2}} dt\end{aligned}\quad (17)$$

Aldığımız inteqral xeyli mürəkkəbdir və onu  $k$ -nın  $k < 1$  şərtini ödəyən ixtiyarı qiymətində analitik şəkildə ifadə etmək mümkün deyil. Biz birinci variantın birinci mərhələsində kəsilməzlik tənliyini həll edərkən həlli analitik şəkildə almaq üçün  $k$ -nın qiymətlərinə heç bir məhdudiyət qoymamışıq. Lakin burada (17) ifadəsi buna imkan vermir. Ona görə biz bəzi məhdudiyətlərə və sadələşdirmələrə əl atacağıq.

Hər şeydən əvvəl,  $B_1$  və  $B_2$  sabitlərini təcrübi parametrlərə görə elə seçə bilərik ki, integralda iştirak edən binomial vuruqlar sadələşsin. Biz təcrübi parametrləri elə seçə bilərik ki,  $B_2 = 0$  olsun. Bunun üçün:

$$kSW(t'_1 - t'_2) = ka_3 + kSWt'_1$$

və ya:

$$SW(t'_1 - t'_2) = a_3 + SWt'_1 \quad (18)$$

bərabərliyi ödənilməlidir. (18) bərabərliyini təcrübi parametrlərinin çoxsaylı (praktiki olaraq sonsuz saylı) qiymətləri üçün təmin etmək mümkündür. Bu halda  $B_1$ -i belə taparıq:

$$B_1 = kSW \quad (19)$$

Onda:

$$\frac{B_1}{a_2} = \frac{kSW}{\eta SW} = \frac{k}{\eta} \quad (20)$$

olar. Bunları  $J_2$  integralının (17) ifadəsində nəzərə alaq:

$$J_2 = C_0 \int (a_4 - SWt) \left[ 1 - (1-k) \exp\left(-\frac{kv}{l}t\right) \right] (t-t'_1)^{-\frac{k}{\eta}} dt \quad (21)$$

İkinci variantın birinci mərhələsini Ge-İn sisteminə tətbiq edək. İN-un Ge-da paylanma əmsalı  $k = 0,001$ -dir [3]. Bu halda

$$\frac{k}{\eta} = \frac{0,001}{0,95} = 0,00105 \cong 0,001 \quad \text{və} \quad \frac{kv}{l}t = \frac{10^{-3} \cdot 2}{18} = 10^{-4}t \quad \text{olar.}$$

$t$ -nin  $t = 100$  saat (və daha da böyük) qiyməti üçün:

$$\frac{kv}{l}t = 10^{-4} \cdot 100 = 10^{-2} \ll 1$$

alırıq. Bu o deməkdir ki, eksponent funksiyanı sıraya ayırıb onun birinci iki həddi ilə kifayətlənə bilərik:

$$\exp\left(-\frac{kv}{l}t\right) \cong 1 - \frac{kv}{l}t \quad (22)$$

Bunları (21)-də nəzərə alaq, həm də yeni integrallama dəyişəninə keçək:

$$t - t'_1 = x, \quad t = x + t'_1, \quad dt = dx \quad (23)$$

$$\begin{aligned}
J_2 &= \int C_0 (a_4 - SWt) \left[ 1 - (1-k) \exp\left(-\frac{kv}{l}t\right) \right] (t-t'_1)^{-0,001} dt = \\
&= C_0 \int (a_4 - SWt) \left[ 1 - (1-k) \left(1 - \frac{kv}{l}t\right) \right] (t-t'_1)^{-0,001} dt = \\
&= C_0 \int (a_4 - SW(x+t'_1)) \left[ 1 - (1-k) \left(1 - \frac{kv}{l}(x+t'_1)\right) \right] x^{-0,001} dx = \\
&= C_0 \int x^{-0,001} (a_4 - SWx - SWt'_1) \left[ 1 - (1-k) \left(1 - \frac{kv}{l}x - \frac{kv}{l}t'_1\right) \right] dx = \\
&= C_0 \int x^{-0,001} (a_4 - SWx - SWt'_1) \left[ 1 - (1-k) + (1-k)\frac{kv}{l}x + (1-k)\frac{kv}{l}t'_1 \right] dx = \\
&= C_0 \int x^{-0,001} ((a_4 - SWt'_1) - SWx) \left[ k + (1-k)\frac{kv}{l}t'_1 + (1-k)\frac{kv}{l}x \right] dx = \\
&= C_0 \int x^{-0,001} \left[ (a_4 - SWt'_1) \left( k + (1-k)\frac{kv}{l}t'_1 \right) + (a_4 - SWt'_1)(1-k)\frac{kv}{l}x - \right. \\
&\quad \left. - \left( k + (1-k)\frac{kv}{l}t'_1 \right) SWx + SW(1-k)\frac{kv}{l}x^2 \right] dx
\end{aligned} \tag{24}$$

Sadələşdirici əvəzləmələrdən istifadə edək:

$$\begin{aligned}
&\left. \begin{aligned}
(a_4 - SWt'_1) \left( k + (1-k)\frac{kv}{l}t'_1 \right) &= d_1 \\
(a_4 - SW)(1-k)\frac{kv}{l} - \left( k + (1-k)\frac{kv}{l}t'_1 \right) SW &= d_2 \\
SW(1-k)\frac{kv}{l} &= d_3
\end{aligned} \right\} \tag{25}
\end{aligned}$$

(25)-i (24)-də istifadə edək:

$$\begin{aligned}
J_2 &= C_0 \int (d_1 x^{-0,001} + d_2 x^{1-0,001} + d_3 x^{2-0,001}) dx = \\
&= C_0 \left( \frac{d_1 x^{1-0,001}}{1-0,001} + \frac{d_2 x^{2-0,001}}{2-0,001} + \frac{d_3 x^{3-0,001}}{3-0,001} \right) = \\
&= C_0 \left( \frac{d_1}{0,999} x^{0,999} + \frac{d_2}{1,999} x^{1,999} + \frac{d_3}{2,999} x^{2,999} \right)
\end{aligned} \tag{26}$$

$J_1$  -in (16) və  $J_2$  -nin (26) ifadələrini kəsilməzlik tənliyinin (12) həllində yerinə yazaq:

$$\begin{aligned}
C_3(t) &= \frac{(t-t'_1)^{\frac{B_1}{a_2}}(t-t'_2)^{\frac{B_2}{a_2}}}{V_3(0)-a_1t-a_2t^2} \cdot \\
&\cdot \left\{ C_0 \left( \frac{d_1}{0,999} x^{0,999} + \frac{d_2}{1,999} x^{1,999} + \frac{d_3}{2,999} x^{2,999} \right) + A_2 \right\} = \\
&= \frac{(t-t'_1)^{0,001}}{V_3(0)-a_1t-a_2t^2} \cdot \\
&\cdot \left\{ C_0 \left[ \frac{d_1}{0,999} (t-t'_1)^{0,999} + \frac{d_2}{1,999} (t-t'_1)^{1,999} + \frac{d_3}{2,999} (t-t'_1)^{2,999} \right] + A_2 \right\}
\end{aligned} \tag{27}$$

$A_2$  inteqrallama sabitini başlanğıc şərtədən tapmaq lazımdır. Başlanğıcda putadakı ərintidə ikinci komponentin konsentrasiyası sıfıra bərabərdir, yəni  $t=0$  olduqda  $C_3(0)=0$ -dir. Onda (27)-dən  $t=0$  üçün alırıq:

$$C_3(0) = \frac{(-t'_1)^{0,001}}{V_3(0)} \left\{ C_0 \left[ \frac{d_1}{0,999} (-t'_1)^{0,999} + \frac{d_2}{1,999} (-t'_1)^{1,999} + \frac{d_3}{2,999} (-t'_1)^{2,999} \right] + A_2 \right\} = 0$$

Qeyd edək ki,  $(-t'_1)$  müsbət kəmiyyətdir:  $(-t'_1) > 0$ .

$$A_2 = -C_0 \left[ \frac{d_1}{0,999} (-t'_1)^{0,999} + \frac{d_2}{1,999} (-t'_1)^{1,999} + \frac{d_3}{2,999} (-t'_1)^{2,999} \right] \tag{28}$$

$A_2$  -nin (28) qiymətini (27)-də yerinə yazmaq lazımdır.

İkinci variantın birinci mərhələsi üçün ikinci komponentin konsentrasiyasının dəyişməsi belə olar:

$$\begin{aligned}
C_2(t) = kC_3(t) &= \frac{C_0 k (t-t'_1)}{V_3(0)-a_1t-a_2t^2} \left\{ \left[ \frac{d_1}{0,999} (t-t'_1)^{0,999} + \right. \right. \\
&+ \left. \frac{d_2}{1,999} (t-t'_1)^{1,999} + \frac{d_3}{2,999} (t-t'_1)^{2,999} \right] - \\
&- \left. \left[ \frac{d_1}{0,999} (-t'_1)^{0,999} + \frac{d_2}{1,999} (-t'_1)^{1,999} + \frac{d_3}{2,999} (-t'_1)^{2,999} \right] \right\}
\end{aligned} \tag{29}$$

Ge-İn sistemi üçün (29)-dan hesablanan ikinci komponentin konsentrasiyasının kristal boyunca dəyişmə qanunu şəkil 1-də göstərilmişdir.

#### b) İkinci variantda ikinci mərhələ ( $k < 1$ ).

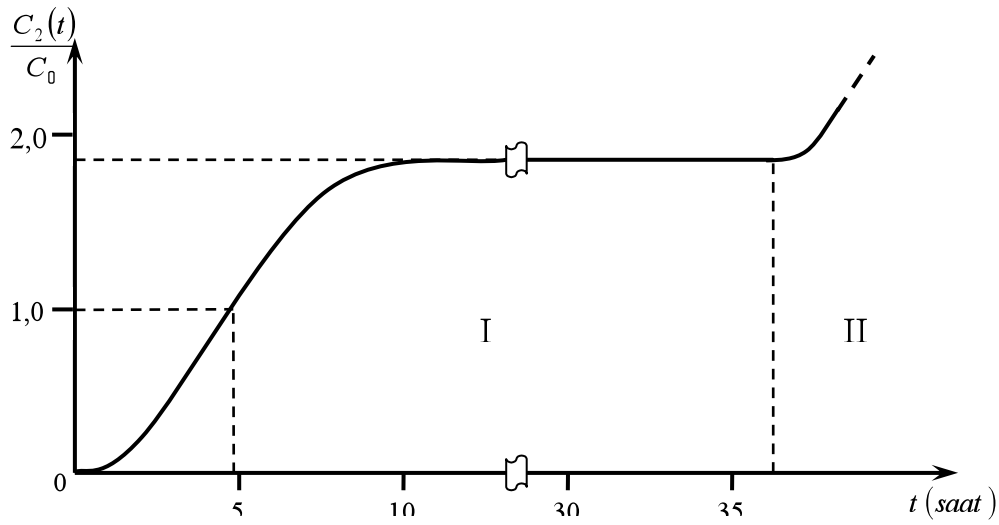
Baxdığımız  $k < 1$  halında ikinci variantın ikinci mərhələsi əslində şərti və nəzəri mənə daşıyır. Praktiki olaraq proses birinci mərhələ ilə də sona yetir. Ancaq, lazım gəldikdə,  $l$ -in kifayət qədər böyük qiymətlə-

ri üçün bu mərhələdən də istifadə etmək olar. Ona görə də biz ikinci variantın ikinci mərhələsini də araşdıracağıq.

İkinci mərhələ üçün də (2) şərti öz gücündə qalır. Bunu nəzərə alıb ikinci mərhələ üçün həcmələri ifadələrini yazaq:

$$\begin{aligned} V_1(t) &= V_1(t_1) + S[v_1 \cdot (t - t_1) - (h - h_1)] \\ V_2(t) &= V_2(t_1) + S[v_2 \cdot (t - t_1) + (h - h_1)] \end{aligned} \quad (30)$$

$V_1(t_1)$  -  $t_1$  müddətində qidalandırıcının sərf olunmuş həcmi,  $V_2(t_1)$  -  $t_1$  müddətində yetişmiş kristalın həcmi,  $h_1$  -  $t_1$  müddətində (birinci mərhələdə) ərintinin səthinin yerdəyişməsi,  $h$  isə onun cari yerdəyişməsidir.  $h$  ikinci mərhələdə belə ifadə olunur:



**Şəkil 1** İkinci variantda ikinci komponentin konsentrasiyasının kristal boyunca dəyişmə qanunu ( $k < 1$ ).

$$h = v_3(t_1)(t - t_1) + \frac{W(t - t_1)^2}{2} \quad (31)$$

Burada  $v_3(t_1)$  - maye səthinin  $t_1$  anındakı sürəti,  $W$  - isə hərəkətin təcilidir. Onun hər ikisi artıq bizə məlumdur.

Putadakı maye fazanın həcmi belə ifadə edə bilərik:

$$\begin{aligned} V_3(t) &= V_3(0) - \eta[V_2(t) - V_1(t)] = V_3(0) - \eta\{V_2(t_1) + S[v_2(t - t_1) + (h - h_1)] - \\ &- V_1(t_1) - S[v_1(t - t_1) - (h - h_1)]\} = V_3(0) - \eta[V_2(t) - V_1(t)] - \\ &- \eta S[(v_2 - v_1)(t - t_1) + 2h - 2h_1] = V_3(t_1) - \eta S[(v_2 - v_1)(t - t_1) + 2h - 2h_1] \end{aligned} \quad (32)$$

Həcmələrin zamana görə birinci tərtib törəməsini yazaq:

$$\left. \begin{aligned} \dot{V}_1(t) &= S[v_1 - v_3(t_1) - W(t - t_1)] \\ \dot{V}_2(t) &= S[v_2 + v_3(t_1) + W(t - t_1)] \\ \dot{V}_3(t) &= -\eta S[(v_2 - v_1 + 2v_3(t_1)) + 2W(t - t_1)] \end{aligned} \right| \quad (33)$$

İkinci variantın ikinci mərhələsi üçün  $P(t)$  və  $Q(t)$  parametrlərinin aşkar şəklidə ifadələrini belə alırıq:

$$\begin{aligned} P(t) &= \frac{\dot{V}_3(t) + k\dot{V}_2(t)}{V_3(t)} = \\ &= \frac{-\eta S[(v_2 - v_1 + 2v_3(t_1)) + 2W(t - t_1)] + kS[v_2 + v_3(t_1) + W(t - t_1)]}{V_3(t_1) - \eta S[(v_2 - v_1 + 2v_3(t_1))(t - t_1) + 2h - 2h_1]} \end{aligned} \quad (34)$$

$$\begin{aligned} Q(t) &= \frac{\dot{V}_1(t)C_1(t)}{V_3(t)} = \\ &= \frac{C_0 S[v_1 - v_3(t_1) - W(t - t_1)] \cdot \left\{ 1 - (1 - k) \exp\left(-\frac{kv}{l} t_1\right) \right\}}{V_3(t_1) - \eta S[(v_2 - v_1 + 2v_3(t_1))(t - t_1) + 2h - 2h_1]} \left(\frac{l - v(t - t_1)}{l}\right)^{k-1} \end{aligned} \quad (35)$$

İkinci mərhələ üçün kəsilməzlik tənliyinin həllini hesablamadan verək:

$$\begin{aligned} C_2(t) = kC_3(t) &= \frac{k(t' - t_1')^{\frac{D_1}{b_3}}}{b_1 - b_2 t' - b_3 t'^2} \left\{ C_0 b_6 \left[ \left[ b_5 + \left( (1 - k) b_5 \frac{v}{l} - SW \right) t'' - \right. \right. \right. \\ &\left. \left. \left. - (1 - k) \frac{SWv}{l} \right) \frac{\eta}{k + \eta} x^{\frac{k}{\eta} + 1} + (1 - k) \left( b_5 \frac{v}{l} - \frac{SW}{1 - k} - 2 \frac{SWv}{l} t_1'' \right) \cdot \right. \right. \\ &\left. \left. \left. \cdot \frac{\eta}{k + 2\eta} x^{\frac{k}{\eta} + 2} - \frac{(1 - k)\eta}{k + 3\eta} \cdot \frac{SWv}{l} x^{\frac{k}{\eta} + 3} \right] + A_2' \right\}, \quad t \geq t_1 \end{aligned} \quad (36)$$

Hər iki mərhələdə kristal boyunca ikinci komponentin konsentrasiyasının dəyişmə qanununu almaq üçün (29) və (36) həllərini birləşdirmək lazımdır. Şəkil 1-də hər iki mərhələ üçün bu asılılıq Ge-İn sistemində tətbiq edilərək verilmişdir. Birinci mərhələdə konsentrasiyanın tədricən artımı sonra sabit qiymətlə müşayiət edildiyi halda, ikinci mərhələdə o, kəskin artmağa başlayır və bu artım getdikcə daha da sürətlənir (sonda qırıq xətlə göstərilən hissəni, əlbəttə ki, təcrübədə almaq mümkün deyil). Qeyd edək ki, bu halda kristalın tərkibinin başlanğıcda və sonda kəskin dəyişən hissəsi varizional quruluşların düzəldilməsində istifadə edilə bilər.

Burada başqa bir əlamətdar cəhət də ondan ibarətdir ki, kristal boyunca ikinci komponentin konsentrasiyasının doyma halına uyğun gələn qiyməti onun xəlitədəki ilkin qiymətindən kiçikdir və bu qiyməti

kristallaşma rejimini seçməklə tənzim etmək mümkündür. Bu işə bərk məhlulların monokristallarının yetişdirilməsi texnologiyasında tərkibin seçilməsində və tənzim edilməsində böyük imkanlar yaradır.

#### **ƏDƏBİYYAT**

1. Tahirov V.İ., Ağamalıyev Z.Ə., Sadıxova S.R., Quliyev Ə.F., Qəhrəmanov N.F. Mürəkkəb tərkib paylanmalı xəlitənin paylanma əmsalı vahiddən kiçik olduğu halda tətbiqi // BDU-nun Xəbərləri: Fiz-riyaz. elmləri seriyası №4 2006, s. 117-124.
2. Тагиров В.И. Полупроводниковые твёрдые растворы Ge-Si. Из-во «Элм», Баку, 1983.
3. Медведев С.А. Введение в технологию полупроводниковых материалов. Изд-во «Высшая школа», Москва, 1970.

#### **НОВЫЙ ВАРИАНТ ПОЛУЧЕНИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ БИНАРНЫХ ТВЁРДЫХ РАСТВОРОВ ПРИМЕНЕНИЕМ НОВОГО ПОДПИТЫВАЮЩЕГО СЛИТКА, КОГДА КОЭФФИЦИЕНТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕНЬШЕ ЕДИНИЦЫ**

**В.И.ТАГИРОВ, З.А.АГАМАЛИЕВ, З.Я.ГАСАНОВ, А.Ф.ГУЛИЕВ, Н.Ф.ГАХРАМАНОВ**

#### **РЕЗЮМЕ**

Предложен новый метод выращивания монокристаллов бинарных твёрдых растворов использованием цилиндрического подпитывающего слитка со сложным распределением состава и тигля формы усечённого конуса, когда коэффициент распределения второго компонента меньше единицы. Закономерность распределения состава вдоль выращенного монокристалла установлена решением уравнения непрерывности. Показано, что после установления квазиравновесного состояния в процессе концентрация второго компонента остаётся постоянной, величина которой меньше её среднего значения в подпитывающем слитке. Подбором режима кристаллизации можно регулировать величину этого постоянного значения.

Полученные результаты применены к бинарной системе Ge-In.

#### **THE NEW VERSION OF GROWING BINARY SOLID SOLUTION SINGLE CRYSTALS USING A CYLINDRICAL ALLOY WITH COMPLEX CONTENT DISTRIBUTION AND A TRUNCATED CRUCIBLE WHEN THE SECOND COMPONENT DISTRIBUTION COEFFICIENT IS LESS THAN UNIT**

**V.I.TAHIROV, Z.A.AGAMALIEV, Z.Y.GASANOV, A.F.GULIEV, N.F.GAHRAMANOV**

#### **SUMMARY**

There is the second version of growing single crystals of binary solid solutions using the new cylindrical feeding alloy. The crucible is in a form of truncated cone, the second component distribution coefficient is less than unit.

Content distribution along the grown crystal is determined by solving the continuity equation. When the process gets into quasi-equilibrium state the concentration of the second component becomes constant and it is less than the average value of that in the feeding alloy.

The method has been applied to Ge-In binary system.