PAYLANMA ƏMSALI VAHİDDƏN BÖYÜK OLDUQDA YENİ ÜSULLA DÜZƏLDİLMİŞ XƏLİTƏNİN BAŞLANĞICININ QİDALANDIRICININ BAŞLANĞICI GÖTÜRMƏKLƏ BƏRK MƏHLUL MONOKRİSTALLARININ ALINMASI

V.İ. TAHİROV
Bakı Dövlət Universiteti, Bakı, Az-1145, Z. Xəlilov. 23
Z.Ə. AĞAMALIYEV, Z.Y. HƏSƏNOV
AMEA Fizika İnstitutu, AZ 1143, Bakı, H. Cavid pr., 33
Ə.F. QULİYEV, N.F. QƏHRƏMANOV
Sumqayıt Dövlət Univesiteti

İşdə göstərilmişdir ki, yeni üsulla alınmış binar bərk məhlul xəlitəsinin, ikinci komponentin birincidə paylanma əmsalı vahiddən böyük ($k>1$) olduqda, başlanğıcını qidalandırıcının başlanğıcı kimi istifadə etməklə bərk məhlulun sabit tərkibli monokristallarını yetişdirmək mümkündür. Bu zaman qidalandırıcının və kristalın yerdəyişmə sürətləri bir-birinə bərabər seçilməlidir. Beləliklə, Ge-B binar sistemi üçün ($k=17$) kəsilməzlik tənliyinin həllindən istifadə edilərək qermaniumun borla aşqarlanmış sabit tərkibli monokristalları yetişdirilmişdir.

Binar bərk məhlulların monokristallarını yetişdirmək üçün, adətən, qidalandırıcı xəlitədən istifadə olunur. Biz [1]-də bu məqsəd üçün yararlı olan yeni üsulla alınmış xəlitə boyunca tərkib paylanmasının aşağıdakı kimi olduğunu göstərmişik:

$$C_1(t)=\begin{cases} C_0\left\{1-(1-k)exp\left(-\dfrac{kvt}{l}\right)\right\}, & 0\le t\le t_1=\dfrac{L-l}{v}\ \text{олдугда} \\ C_0\left\{1-(1-k)exp\left(-\dfrac{kvt_1}{l}\right)\right\}\cdot\left(\dfrac{l-v(t-t_1)}{l}\right)^{k-1}, & t\ge t_1\ \text{олдугда} \end{cases} \qquad (1)$$

Burada C_0 - xəlitədə ikinci komponentin orta konsentrasiyası, k- onun paylanma əmsalı, L- xəlitənin uzunluğu, l- ərimiş zonanın eni, v- onun yerdəyişmə sürəti, t- zamandır.

Qatı binar bərk məhlulların monokristallarını almaq üçün $k>1$ olduqda bu cür xəlitənin sonunu, $k<1$ olduqda – başlanğıcını qidalandırmanın başlanğıcı kimi istifadə etmək lazımdır. Çünki, bu halda kristallaşma cəbhəsində baş verən ifrat soyumanın qarşısını almaq mümkün olur. Bununla belə, bir sıra hallarda binar bərk məhlul monokristallarının alınmasında yeni üsulla alınmış xəlitənin başlanğıcını $k>1$ halında qidalandırıcının başlanğıcı kimi seçməklə də uğurlu nəticələr almaq olar. Bu, kristallaşma cəbhəsində ifrat soyumanın nəzərə alınmayacaq dərəcədə kiçik olduğu tərkiblərdə mümkündür. Zəif bərk məhlullarda doğrudan da bu cür imkan yaranır. Əgər yada salsaq ki, məsələn, yarımkeçirici monokristalların aşqarlanması məhz zəif bərk məhlulların monokristallarının alınması deməkdir, onda bu variantın həyata keçirilməsinin nə qədər aktual olduğu aydın görünər. Ona görə də biz hazırki işdə həmin varianı araşdıracağıq. (1) paylanmasının birinci və ikinci sətirinə uyğun olaraq prosesi iki mərhələdə həyata keçirəcəyik.

Qidalandırıcıya, yetişdirilən kristala, və kəsik konus şəkilli putadakı ərintiyə aid olan parametrləri uyğun olaraq 1,2 və 3 indeksləri ilə göstərəcəyik.

Birinci mərhələdə kristallaşma rejimini bu şərtlərə uyğun seçəcəyik:

$$S_1=S_2=S, \qquad v_1=v_2=v \qquad (2)$$

S_1, S_2 - xəlitənin və kristalın en kəsiyinin sahəsi, v_1 və v_2 - onların yerdəyişmə sürətləridir.

Birinci mərhələdə uyğun həcmlər və onların törəmələri belə olar:

$$\begin{array}{ll} V_2(t)=V_1(t)=Svt, & V_3(t)=V_3(0)+\eta\left(V_1(t)-V_2(t)\right)=V_3(0) \\ \dot{V}_2(t)=\dot{V}_1(t)=Sv, & \dot{V}_3(t)=0 \end{array} \qquad (3)$$

Burada vahid zamanda qidalandırıcıdan ərintiyə daxil olan maddənin miqdarı həmin müddətdə putadakı ərintidən kristallaşmaya sərf olunan maddənin miqdarına bərabərdir. Ona görə ərintinin səthinin səviyyəsi dəyişməz qalır *($v_3=0$)*.

Kəsilməzlik tənliyindəki P və Q parametrlərinin ifadələrini yazaq [2]:

$$\left.\begin{aligned} P(t) &= \frac{\dot{V}_3(t) + k\dot{V}_2(t)}{V_3(t)} = \frac{kSv}{V_3(0)} \\ Q(t) &= \frac{\dot{V}_1(t)C_1}{V_3(t)} = \frac{C_0 Sv}{V_3(0)}\left[1-(1-k)\exp\left(-\frac{kvt}{l}\right)\right] \end{aligned}\right| \tag{4}$$

İkinci komponentin konsentrasiyası üçün kəsilməzlik tənliyinin həllini yazaq [2]:

$$\begin{aligned} C_3(t) &= exp\left(-\int P(t)dt\right)\left\{\int Q(t)exp\left(\int P(t)dt\right)dt + A_4\right\} = \\ &= exp\left(-\int\frac{kSv}{V_3(0)}dt\right)\left\{\int\frac{SvC_0}{V_3(0)}\left[1-(1-k)exp\left(-\frac{kvt}{l}\right)\right]\cdot exp\left(\int\frac{kSv}{V_3(0)}dt\right)dt + A_4\right\} = \\ &= exp\left(-\frac{kSvt}{V_3(0)}\right)\cdot\left\{\int\frac{SvC_0}{V_3(0)}\left[1-(1-k)exp\left(-\frac{kvt}{l}\right)\right]exp\left(\frac{kSvt}{V_3(0)}\right)dt + A_4\right\} = \\ &= exp\left(-\frac{kSvt}{V_3(0)}\right)\left\{\frac{SvC_0}{V_3(0)}\left[\int exp\left(\frac{kSvt}{V_3(0)}\right)dt-(1-k)exp\left[kSv\left(\frac{1}{V_3(0)}-\frac{1}{Sl}\right)t\right]dt + A_4\right\} = \\ &= exp\left(-\frac{kSvt}{V_3(0)}\right)\left\{\frac{C_0}{k}\left[exp\left(\frac{kSvt}{V_3(0)}\right)-(1-k)\frac{lS}{lS-V_3(0)}\cdot exp\left[kSv\left(\frac{1}{V_3(0)}-\frac{1}{Sl}\right)t\right]\right] + A_4\right\} = \\ &= \frac{C_0}{k}\left[1-(1-k)\frac{lS}{lS-V_3(0)}exp\left(-\frac{kvt}{l}\right)\right] + A_4\, exp\left(-\frac{kSvt}{V_3(0)}\right) \end{aligned} \tag{5}$$

A_4 - inteqrallama sabitidir. Onun qiymətini başlanğıc şərtdən istifadə etməklə tapacağıq.

Burada başlanğıc şərtin seçilməsinin müxtəlif variantları ola bilər. Ancaq hələlik biz başlanğıc şərti elə seçəcəyik ki, prosesin başlanğıcında putadakı ərintidə ikinci komponentin konsentrasiyası sıfra bərabər olsun:

$$t = 0 \text{ -da } C_3(0) = 0 \tag{6}$$

Bu şərt daxilində (5)-dən alarıq:

$$\frac{C_0}{k}\left(1-\frac{lS}{lS-V_3(0)}\right) + A_4 = 0$$

Buradan:

$$A_4 = -\frac{C_0}{k}\left[1-\frac{lS(1-k)}{lS-V_3(0)}\right] \tag{7}$$

A_4-ün qiymətini (5)-də yerinə yazaq:

$$\begin{aligned} C_3(t) &= \frac{C_0}{k}\left[1-\frac{lS(1-k)}{lS-V_3(0)}exp\left(-\frac{kvt}{l}\right)\right]-\frac{C_0}{k}\left[1-\frac{lS(1-k)}{lS-V_3(0)}\right]\cdot exp\left(-\frac{kSvt}{V_3(0)}\right) = \\ &= \frac{C_0}{k}\left\{1-exp\left(-\frac{kSvt}{V_3(0)}\right)+\frac{lS(1-k)}{lS-V_3(0)}\left[exp\left(-\frac{kSvt}{V_3(0)}\right)-exp\left(-\frac{kvt}{l}\right)\right]\right\} \quad 0 \le t \le t_1, \quad t_1 = \frac{L-l}{v} \end{aligned} \tag{8}$$

Kristal boyunca ikinci komponentin konsentrasiyasının paylanması isə belə olar:

$$C_2(t) = kC_3(t) = C_0\left\{1-exp\left(-\frac{kSvt}{V_3(0)}\right)+\frac{lS(1-k)}{lS-V_3(0)}\cdot\left[exp\left(-\frac{kSvt}{V_3(0)}\right)-exp\left(-\frac{kvt}{l}\right)\right]\right\}, \qquad 0 \le t \le t_1 \tag{9}$$

Yeni üsulla alınmış qidalandırıcının son l uzunluğunda ikinci komponentin konsentrasiyasının paylanma qanunu başqa cür olur. Ona görə bu hissə üçün kəsilməzlik tənliyini yenidən həll etmək lazımdır. Doğrudur, qidalandırıcının son l uzunluğunun təyinatı başqadır və ondan praktiki olaraq kristal yetişdirmək üçün istifadə olunmur. Bununla belə l-in kifayət qədər böyük qiymətlərində onun müəyyən hissəsindən kristal yetişdirmə prosesində istifadə etmək olar. Ona görə biz burada ikinci mərhələyə də baxacağıq.

Yenə də:

$$S_1 = S_2 = S, \qquad v_1 = v_2 = v \tag{10}$$

götürəcəyik.

Həcmlərin yeni ifadələrini yazaq:

$$\begin{aligned} V_1(t) &= V_1(t_1) + Sv(t-t_1) \\ V_2(t) &= V_2(t_1) + Sv(t-t_1) \\ V_3(t) &= V_3(0) + \eta(V_1(t) - V_2(t)) = V_3(0) \end{aligned} \qquad (11)$$

Həcmlərin zamana görə birinci tərtib törəmələri isə belə olar:

$$\dot{V}_1(t) = \dot{V}_2(t) = Sv, \qquad \dot{V}_3(t) = 0 \qquad (12)$$

P və Q parametrlərini də yazaq:

$$\begin{aligned} P(t) &= \frac{kSv}{V_3(0)} \\ Q(t) &= \frac{C_0 Sv}{V_3(0)}\left\{1-(1-k)\exp\left(-\frac{kvt_1}{l}\right)\right\}\left(\frac{l-v(t-t_1)}{l}\right)^{k-1}, \qquad t \geq t_1 \end{aligned} \qquad (13)$$

İkinci mərhələ üçün kəsilməzlik tənliyinin həllini tapaq:

$$\begin{aligned} C_3(t) &= exp\left(-\int P(t)dt\right)\left\{\int Q(t) exp\left(\int P(t)dt\right)dt + A_4\right\} = exp\left(-\int \frac{kSv}{V_3(0)}dt\right)\left\{\int \frac{C_0 Sv}{V_3(0)}\left[1-(1-k)exp\left(-\frac{kvt_1}{l}\right)\right]\cdot\right. \\ &\left.\cdot\left(\frac{l-v(t-t_1)}{l}\right)^{k-1}\cdot exp\left(\int\frac{kSv}{V_3(0)}dt\right)dt + A_4\right\} = exp\left(-\frac{kSvt}{V_3(0)}\right)\left\{\int \frac{C_0 Sv}{V_3(0)}\left[1-(1-k)exp\left(-\frac{kvt_1}{l}\right)\right]\cdot\right. \\ &\left.\cdot\left(\frac{l-v(t-t_1)}{l}\right)^{k-1}\cdot exp\left(\frac{kSvt}{V_3(0)}\right)dt + A_4\right\} \end{aligned} \qquad (14)$$

k-nın ixtiyari tam qiyməti üçün sonuncu inteqralı analitik şəkildə ifadə etmək mümkün deyil. Lakin biz təqribi hesablamadan istifadə etməklə $k>1$ olan ümumi hal üçün inteqralı hesablayacağıq. Bunun üçün inteqralaltı ifadədə bəzi dəyişikliklər aparaq:

$$\left(\frac{l-v(t-t_1)}{l}\right)^{k-1} = \left(1-\frac{v(t-t_1)}{l}\right)^{k-1} \approx \left(1-(k-1)\frac{v(t-t_1)}{l}\right) \qquad (15)$$

Burada ikinci hədd 0-dan başlayaraq vahidə qədər dəyişir, bu dəyişmə intervalının başlanğıcında $\frac{v(t-t_1)}{l} << 1$ olur. Biz (15)-i məhz bu başlanğıc intervalı üçün yazdıq. Əslində, praktiki olaraq, onun yalnız başlanğıc intervalından istifadə etmək olar. (15)-i (14)-də istifadə edək. Özü də inteqralı (J_4) ayrıca həll edib sonra yerinə yazaq:

$$\begin{aligned} J_4 &= \int\left(\frac{l-v(t-t_1)}{l}\right)^{k-1} exp\left(\frac{kSvt}{V_3(0)}\right)dt \cong \int\left(1-(k-1)\frac{v(t-t_1)}{l}\right)exp\left(\frac{kSvt}{V_3(0)}\right)dt = \\ &= \int\left[\left(1+(k-1)\frac{vt_1}{l}\right)-(k-1)\frac{vt}{l}\right]exp\left(\frac{kSvt}{V_3(0)}\right)dt = \\ &= \left[\frac{V_3(0)}{kSv}\left(1+(k-1)\frac{vt_1}{l}\right)exp\left(\frac{kSv}{V_3(0)}\right)-(k-1)\frac{v}{l}\int t\, exp\left(\frac{kSvt}{V_3(0)}\right)dt\right] = \\ &= \left[\frac{V_3(0)}{kSv}\left(1+(k-1)\frac{vt_1}{l}\right)exp\left(\frac{kSvt}{V_3(0)}\right)-(k-1)\frac{v}{l}\left(\frac{V_3(0)}{kSv}t\, exp\left(\frac{kSvt}{V_3(0)}\right)-\frac{V_3(0)}{kSv}\int exp\left(\frac{kSvt}{V_3(0)}\right)dt\right)\right] = \\ &= \frac{V_3(0)}{kSv}\left[\left(1+(k-1)\frac{vt_1}{l}\right)-(k-1)\frac{v}{l}\left(t-\frac{V_3(0)}{kSv}\right)\right]exp\left(\frac{kSvt}{V_3(0)}\right) \end{aligned} \qquad (16)$$

J_4-ü (14)-də yerinə yazaq:

$$C_3(t)=\exp\left(-\frac{kSvt}{V_3(0)}\right)\left\{\frac{C_0Sv}{V_3(0)}\left[1-(1-k)\exp\left(-\frac{kvt_1}{l}\right)\right]\cdot\right.$$
$$\cdot\frac{V_3(0)}{kSv}\left[\left(1+(k-1)\frac{vt_1}{l}\right)-(k-1)\frac{v}{l}\left(t-\frac{V_3(0)}{kSv}\right)\right]\cdot\exp\left(\frac{kvt}{V_3(0)}\right)+A_4\Bigg\}=$$
$$=\frac{C_0}{k}\left[1-(1-k)\exp\left(-\frac{kvt_1}{l}\right)\right]\left[\left(1+(k-1)\frac{vt_1}{l}\right)-(k-1)\frac{v}{l}\left(t-\frac{V_3(0)}{kSv}\right)\right]+$$
$$+A_4\exp\left(-\frac{kSvt}{V_3(0)}\right),\qquad t\geq t_1 \tag{17}$$

A_4 inteqrallama sabitini tapmaq üçün ikinci mərhələnin başlanğıcını birinci mərhələnin sonu ilə üst-üstə salmaq lazımdır. Bu o deməkdir ki, $t=t_1$ anında (17) və (8) bir birinə bərabər olmalıdır. Bu şərti yazaq. $t=t_1$-də (17)-dən:

$$C_3(t_1)=\frac{C_0}{k}\left[1-(1-k)exp\left(-\frac{kvt_1}{l}\right)\right]\cdot\left[\left(1+(k-1)\frac{vt_1}{l}\right)-(1-k)\frac{v}{l}\left(t_1-\frac{V_3(0)}{kSv}\right)\right]+A_4\,exp\left(-\frac{kSvt_1}{V_3(0)}\right)$$

(8)-dən isə:

$$C_3(t_1)=\frac{C_0}{k}\left\{1-\exp\left(-\frac{kSvt_1}{V_3(0)}\right)+\frac{(1-k)lS}{lS-V_3(0)}\left[\exp\left(-\frac{kSvt_1}{V_3(0)}\right)-\exp\left(-\frac{kvt_1}{l}\right)\right\}\right.$$

alarıq. Son iki bərabərliyin sağ tərəflərini bərabərləşdirək:

$$\frac{C_0}{k}\left[1-(1-k)exp\left(-\frac{kvt_1}{l}\right)\right]\left[\left(1+(k-1)\frac{vt_1}{l}\right)-(k-1)\frac{v}{l}\left(t_1-\frac{V_3(0)}{kSv}\right)\right]+A_4\,exp\left(-\frac{kSvt_1}{V_3(0)}\right)=$$
$$=\frac{C_0}{k}\left\{1-exp\left(-\frac{kSvt_1}{V_3(0)}\right)+\frac{(1-k)lS}{lS-V_3(0)}\cdot\left[exp\left(-\frac{kSvt_1}{V_3(0)}\right)-exp\left(-\frac{kvt_1}{l}\right)\right]\right\}$$

Buradan A_4-ü taparıq:

$$A_4=\frac{C_0}{k}\left\{1-exp\left(-\frac{kSvt_1}{V_3(0)}\right)+\frac{(1-k)lS}{lS-V_3(0)}\left[exp\left(-\frac{kSvt_1}{V_3(0)}\right)-exp\left(-\frac{kvt_1}{l}\right)\right]-\left[1-(1-k)exp\left(-\frac{kvt_1}{l}\right)\right]\cdot\right.$$
$$\left.\cdot\left[\left(1+(k-1)\frac{vt_1}{l}\right)-(k-1)\frac{v}{l}\left(t_1-\frac{V_3(0)}{kSv}\right)\right]\right\}exp\left(\frac{kSvt_1}{V_3(0)}\right) \tag{18}$$

A_4-ün bu qiymətini (17)-də yerinə yazmaq lazımdır.

İkinci mərhələdə kristal boyunca paylanma belə olacaq:

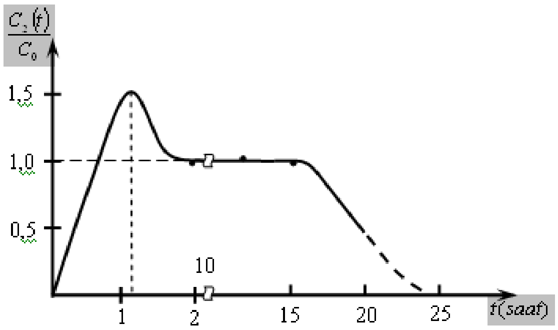
$$C_2(t)=kC_3(t)=C_0\left[1-(1-k)\exp\left(-\frac{kvt_1}{l}\right)\right]\left[\left(1+(k-1)\frac{vt_1}{l}\right)-\right.$$
$$\left.-(k-1)\frac{v}{l}\left(t-\frac{V_3(0)}{kSv}\right)\right]+kA_4\exp\left(-\frac{kSvt}{V_3(0)}\right) \tag{19}$$

A_4-ün (18) ifadəsini burada yerinə yazmaq lazımdır. Bütün kristal boyunca ikinci komponentin konsentrasiyasının dəyişmə qanununu almaq üçün (9)-ilə (19)-ı birləşdirmək lazımdır:

$$C_2(t)=\begin{cases} C_0\left\{1-\exp\left(-\dfrac{kSvt}{V_3(0)}\right)+\dfrac{lS(1-k)}{lS-V_3(0)}\cdot\right. \\ \left.\cdot\left[\exp\left(-\dfrac{kSvt}{V_3(0)}\right)-\exp\left(-\dfrac{kvt}{l}\right)\right]\right\}, \qquad 0\le t\le t_1 \\ C_0\left\{\left[1-(1-k)\exp\left(-\dfrac{kvt_1}{l}\right)\right]\left[\left(1+(k-1)\dfrac{vt_1}{l}\right)-\right.\right. \\ \left.\left.-(k-1)\dfrac{v}{l}\left(t-\dfrac{V_3(0)}{kSv}\right)\right]+\dfrac{k}{C_0}A_4\exp\left(-\dfrac{kSvt}{V_3(0)}\right)\right\}, \qquad t\ge t_1 \end{cases} \tag{20}$$

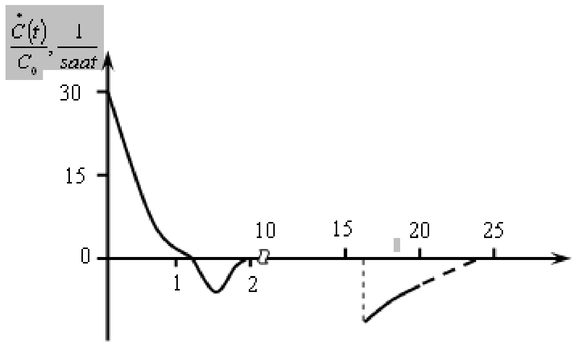
A_4-ün (18) ifadəsini burada yerinə yazmaq lazımdır.

Qeyd edək ki, burada biz birinci mərhələ üçün $C_2(t)$-nin kristal boyunca dəyişmə qanununu alarkən k-nın qiymətinə heç bir məhdudiyyət qoymadıq. O, vahiddən həm böyük, həm də kiçik ola bilər. İkinci mərhələdə isə k-nın qiymətinin vahiddən böyük olması şərtini qoymuşduq. Bu məhdudiyyəti kəsilməzlik tənliyində iştirak edən inteqralların analitik şəkildə ifadə oluna bilməsi üçün qoymuşduq. İkinci mərhələ üçün digər məhdudiyyət qidalandırıcını uyğun hissəsinin yalnız az bir qisminin istifadə oluna bilməsi imkanından irəli gəlir.



Şəkil 1. Ge-B sistemi üçün (20)-dən hesablanmış $\dfrac{C_2(0)}{C_0}$-ın kristal boyunca dəyişməsi.

Şəkil 1-də germaniumda bor aşqarı üçün (borun Ge-da paylanma əmsalı $k=17$-dir [3]). (20)-dən kristal boyunca hesablanan konsentrasiya dəyişməsi göstərilmişdir. Bu halda da ikinci komponentin konsentrasiyası sıfırdan başlayaraq artır. Ancaq burada artım daha kəskindir. Özü də bu kəskin artım iti maksimumdan keçir və sonra azalaraq sabit qiymətə (C_0-a) yaxınlaşır. Kristalın sonunda (yəni qidalandırıcının son l uzunluğuna uyğun gələn hissəsində) konsentrasiya azalmağa başlayır. Onu da qeyd etməliyik ki, burada ərintidə (daha doğrusu, kristallaşma cəbhəsində) ikinci komponentin konsentrasiyası kiçik ($10^{15}\div10^{16}$sm^{-3} tərtibində) olduğu üçün ikinci komponentin konsentrasiyasının başlanğıcda xeyli kəskin artması və maksimumdan keçməsi kristallaşma cəbhəsində ifrat soyumanın yaranmasına səbəb olmur. Ona görə bərk məhlul monokristallarının alınması üçün mövcud olan əlverişli şərait pozulmur.



Şəkil 2. $\dfrac{\dot{C}(t)}{C_0}$-ın kristal boyunca dəyişməsi (k=17).

İkinci komponentin konsentrasiyasının kristal boyunca dəyişmə sürətinin necə olduğunu müəyyən etmək üçün $C_2(t)$ -nin zamana görə birinci tərtib törəməsini almaq lazımdır. Birinci mərhələ üçün (20)-in birinci sətirindən alarıq:

$$\begin{aligned}\dot{C}_2(t)&=C_0\left\{\frac{kSv}{V_3(0)}exp\left(-\frac{kSvt}{V_3(0)}\right)+\frac{lS(1-k)}{lS-V_3(0)}\cdot\left[-\frac{kSv}{V_3(0)}exp\left(-\frac{kSvt}{V_3(0)}\right)+\frac{kv}{l}exp\left(-\frac{kvt}{l}\right)\right]\right\}=\\&=C_0\frac{kSv}{lS-V_3(0)}\left\{\frac{kSl-V_3(0)}{V_3(0)}exp\left(-\frac{kSvt}{V_3(0)}\right)+(1-k)exp\left(-\frac{kvt}{l}\right)\right\}, \qquad 0\le t\le t_1\end{aligned} \tag{21}$$

$\dot{C}_2(t)$-ni sıfıra bərabər etməklə əyrinin maksimumuna uyğun gələn $t=t_{max}$-u tapa bilərik:

$$C_0\frac{kSv}{lS-V_3(0)}\left\{\frac{kSl-V_3(0)}{V_3(0)}\exp\left(-\frac{kSvt}{V_3(0)}\right)+(1-k)\exp\left(-\frac{kvt}{l}\right)\right\}=0$$

Buradan alarıq:

$$\frac{kSl - V_3(0)}{(k-1)V_3(0)} \exp\left(-\frac{kSvt}{V_3(0)}\right) = \exp\left(-\frac{kvt}{l}\right)$$

Hər iki tərəfi l əsasından loqarifmalayıb t-ni tapaq:

$$\ln\frac{kSl - V_3(0)}{(k-1)V_3(0)} - \frac{kSvt}{V_3(0)} = -\frac{kvt}{l} \qquad (22)$$

Buradan $t=t_{max}$ -u belə alarıq:

$$t = t_{\max} = \frac{lV_3(0)}{kv(lS - V_3(0))}\ln\frac{klS - V_3(0)}{(k-1)V_3(0)} \qquad (23)$$

Təcrübi parametrlərin qiymətləri belə seçilmişdir: $l=18mm$, $V_3(0)=900mm^3$, $r=4mm$, $S=\pi r^2=50,24mm^2$, $v = 2\frac{mm}{saat}$, $k=17$(borun Ge-da paylanma əmsalı).

(23)-dən t_{max}-un ədədi qiymətini tapaq:

$$t_{max} = \frac{18\cdot 900}{17\cdot 2(18\cdot 50,24 - 900)} ln\frac{18\cdot 50,24\cdot 17 - 900}{16\cdot 900} = 100,95\cdot 0,01 = 1,01(saat)$$

$$t_{max} = 1,01 saat$$

$\dot{C}_2(t)$-nin kristal boyunca dəyişməsi şəkil 2-də göstərilmişdir. Göründüyü kimi, $\frac{\dot{C}_2(t)}{C_0}$ başlanğıcda ən böyük qiymətə malikdir, sonra o, tədricən azalaraq t_{max}-da sıfırdan keçir, işarəsini dəyişir, minimum qiymətdən keçərək, yenidən sıfıra yaxınlaşır. Sonuncu qiymət $t=t_1$ anına qədər davam edir.

İkinci mərhələdə (yəni $t>t_1$ olduqda) $\dot{C}(t)$-ni belə alarıq:

$$\dot{C}(t) = C_0\left\{-(k-1)\frac{v}{l}\left[1 + (k-1)exp\left(-\frac{kvt_1}{l}\right)\right] - \frac{k}{C_0}\cdot\frac{kSv}{V_3(0)}\cdot A_4\cdot exp\left(-\frac{kSvt}{V_3(0)}\right)\right\} \qquad (24)$$

İkinci mərhələ üçün $\dot{C}_2(t)$ mənfi qiymət alır və kristalın sonuna yaxınlaşdıqca sıfıra yaxınlaşır (təcrübədə alınması mümkün olmayan hissə qırıq xətlə verilmişdir).

[1] *V.İ.Tahirov, Z.Ə.Ağamalıyev, S.R.Sadıxova, Ə.F.Quliyev, N.F.Qəhrəmanov* «Tərkibi qeyri-müntəzəm paylanmış qidalandırıcı xəlitənin tətbiqi ilə binar bərk məhlul monokristallarının alınması» SDU Xəbərləri №1 2007 səh. 3-13

[2] *V.İ.Taqirov.* Poluprovodnikovıye tvyordıye rastvorı Ge-Si. İz-v. «Elm», Baku, 1983.(Rusca).

[3] *S.A. Medvedev.* Vvedeniye v texnoloqiyu poluprovodnikovıx materialov. İzd-v. «Vısşaya şkola», Moskva, 1970.(Rusca).

V.I. Tagirov, Z.A. Agamaliyev, Z.Y. Hasanov, A.F. Quliyev, N.F. Qahramanov

OBTAINING OF BINARY SOLID SOLUTION SINGLE CRYSTALS USING THE BEGINNING OF THE FEEDING INGOT AS REPLENISHMENT BEGINNING AT K>1 BY NEW METHOD

Binary solid solutions single crystals with permanent content distribution have been grown using ingots made by new method and truncated cone crucible. When second component distribution coefficient is more than unit the end of the ingot is taken as the beginning of the feeding ingot. The velocities of replacement of the feeding ingot and the grown crystal are taken the same.

The method applied to Ge-B binary system.

В.И. Тагиров, З.А. Агамалыев, З.Й. Гасанов, А.Ф. Гулиев, Н.Ф. Гахраманов

ПОЛУЧЕНИЕ БИНАРНЫХ ТВЁРДЫХ РАСТВОРОВ МОНОКРИСТАЛЛОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАЧАЛА НОВЫМ МЕТОДОМ ПОЛУЧЕННОГО ПОДПИТЫВАЮЩЕГО СЛИТКА КАК НАЧАЛА ПОДПИТКИ ПРИ k>1

В работе решением уравнения непрерывности показано, что использованием начала слитка, полученного новым методом, когда коэффициент распределения второго компонента больше единицы, можно получать монокристаллы бинарных твёрдых растворов с постоянным составом. При этом скорости перемещения подпитки и монокристалла нужно выбирать одинаковыми.

Таким образом, получены монокристаллы германия, легированные бором (k=17) с различными постоянными концентрациями.

Received: 21.09.07