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

7 - 9 İyun / June / Июнь 2005 №56 səhifə / page / стр. 213-215

Bakı, Azərbaycan Baku, Azerbaijan Баку, Азербайджан

k<1 OLDUQDA YENİ ÜSULLA HAZIRLANMIŞ XƏLİTƏNİN SONUNUN QİDALANDIRICININ BAŞLANĞICI KİMİ İSTİFADƏ OLUNMASI HALI

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

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

$k<1$ halında yeni üsulla hazırlanmış xəlitənin başlanğıcından qatı bərk məhlul almaq üçün qidalandırıcının başlanğıcı kimi istifadə olunur. Bu işdə göstərilmişdir ki, xüsusi hallarda zəif bərk məhlulların monokristallarını göyərdərkən xəlitənin sonundan qidalandırıcının başlanğıcı kimi istifadə etmək olar. Bu, nəzəri olaraq kəsilməçzlik tənliyinin həlli ilə göstərilmiş və *Ge-In* sistemində təcrübi olaraq həyata keçirilmişdir.

Yeni üsulla alınmış xəlitənin sonunu putadan dartmaqla monokristal yetişdirmə prosesində qidalandırıcının başlanğıcı kimi istifadə etdikdə qidalandırıcı boyunca ikinci komponentin konsentrasiyasının paylanması [1] - dəki (1) düsturu ilə ifadə olunacaq. Bu halda birinci mərhələ üçün k - nın ixtiyari qiymətində kəsilməzlik tənliyinin həllini [1] - dəki (8) düsturu şəklində almışıq və orada belə bir inteqral iştirak edir:

$$J_1=\int\left(\frac{\upsilon t}{l}\right)^{k-1} exp\left(\frac{kS\upsilon}{V_3(0)}t\right)dt \quad (1)$$

Biz bu inteqralı $k>1$ $k=2$ qiymətində həll etmişdik. Burada isə $k<1$ halında inteqralı açmaq lazımdır. Bizim əvvəl istifadə etdiyimiz $k=0{,}5$ qiymətində (1) inteqralı analitik şəkildə ifadə oluna bilməyən hala düşür: $\int x^{-\frac{1}{2}}\exp x dx$. Doğrudur, belə bir inteqralı biz [2] - də təqribi hesablama yolu ilə alınmış (15) düsturundan istifadə etməklə analitik şəkildə ifadə etmişik. Ancaq burada həmin yaxınlaşma böyük xəta ilə nəticələnə bilər. Bu isə kristallaşmanın sonrakı gedişində paylanmanın düzgün alınmaması ilə nəticələnə bilər. Ona görə burada biz k - nın vahiddən kiçik elə qiymətindən istifadə edəcəyik ki, o, real olmaqla yanaşı, (1) inteqralında iştirak edən eksponent vuruğunu sürətlə yığılan sıraya ayırmağa imkan versin. Məsələn, $Ge-In$ (və ya $Ge-Si-In$) sisteminə baxsaq, indiumun paylanma əmsalının $k=0{,}001$ [3] olduğunu görərik. Ona görə misal olaraq Ge - un (və ya $Ge-In$ bərk məhlullarının) In - la aşqarlanması halına baxa bilərik. Bu halda kristallaşma rejimi üçün parametrlərin optimal qiymətlərindən istifadə edək: $V_3(0)=0{,}9sm^{-3}=9\cdot10^2mm^3$, $\upsilon=2{,}5\frac{mm}{saat}$, $l=15mm$, $r=4mm\left(S=\pi r^2\right)$, $k=0{,}001$, birinci mərhələ üçün zamanın ən böyük qiyməti:

$$t_{max}=t_1=\frac{l}{\upsilon}=\frac{15mm}{2{,}5\frac{mm}{saat}}=6saat.$$

Onda $x=\frac{kS\upsilon}{V_3(0)}t<<1$ olar.

Doğrudan da:

$$x=\frac{0{,}001\cdot3{,}14\cdot16\cdot2{,}5}{9\cdot10^2}\cong10^{-3}<<1.$$

Bunu nəzərə alsaq, (1) ifadəsindəki inteqralaltı eksponent vuruğunu sıraya ayıra bilərik:

$$exp\,x=1+x+\frac{1}{2}x^2+...\cong1+x \quad (2)$$

Artıq J_1 inteqralını hesablaya bilərik:

$$J_1=\int\left(\frac{\upsilon t}{l}\right)^{k-1} exp\left(\frac{kS\upsilon}{V_3(0)}t\right)dt=\int\left(\frac{\upsilon t}{l}\right)^{k-1}\left(1+\frac{kS\upsilon}{V_3(0)}t\right)dt=$$

$$=\int\left[\left(\frac{\upsilon t}{l}\right)^{k-1}+\left(\frac{\upsilon}{l}\right)^{k-1}\cdot\frac{kS\upsilon}{V_3(0)}\cdot t^{1+k-1}\right]dt=$$

$$=\left(\frac{\upsilon}{l}\right)^{k-1}\cdot\frac{t^{k-1+1}}{k-1+1}+\frac{kSl}{V_3(0)}\cdot\frac{t^{k+1}}{k+1}\cong$$

$$\cong\frac{l}{\upsilon}\frac{t^k}{k}+\frac{kSl}{V_3(0)}\cdot\frac{t^{k+1}}{k+1}=\frac{1}{10^3}\cdot\frac{l}{\upsilon}t^{0{,}001}+\frac{10^{-3}Sl}{V_3(0)}\cdot\frac{t^{0{,}001+1}}{0{,}001+1}$$

Burada t - nin $(0\div6)$ saat intervalında birinci hədd çox kiçik kəmiyyətdir, onu ata bilərik, ikinci həddə isə

$0{,}001$ - i vahidə nisbətən nəzərə almaya bilərik. Onda J_1 belə ifadə olunur:

$$J_1 = \frac{10^{-3} Sl}{V_3(0)} t = \frac{kSl}{V_3(0)} t \qquad (3)$$

J_1 - in qiymətini [1] - dəki (8) düsturunda yerinə yazıb birinci mərhələ üçün $C_3(t)$ - ni tapaq:

$$C_3(t) = exp\left(-\frac{kS\upsilon}{V_3(0)} t\right) \times$$
$$\times \left\{ \frac{S\upsilon C_0}{V_3(0)} \left[1-(1-k) exp\left(-\frac{k(L-l)}{l}\right)\right] \cdot \frac{kSl}{V_3(0)} t + A_1^{//} \right\} \qquad (4)$$

Burada inteqrallama sabitini, digər hallardan fərqləndirmək üçün $A_1^{//}$ - lə işarə etdik. Başlanğıc şərtdən istifadə edib $A_1^{//}$ - i tapaq. $t = 0$ anında ərintidə ikinci komponentin konsentrasiyası sıfra bərabərdir:

$$C_3(0) = 0$$

Bunu (4) – də nəzərə alaq:

$C_3(0) = 0 + A_1^{//} = 0$ Buradan: $A_1^{//} = 0$ alarıq. Onda $C_3(t)$ - nin ifadəsi birinci mərhələ üçün belə olar:

$$C_3(t) = C_0 \cdot exp\left(-\frac{kS\upsilon}{V_3(0)} t\right) \times$$
$$\times \frac{kS^2 l\upsilon}{V_3^2(0)} t \left[1-(1-k) exp\left(-\frac{k(L-l)}{l}\right)\right], 0 \le t \le t_1 \qquad (5)$$

$exp\left(-\frac{kS\upsilon}{V_3(0)} t\right) \cong 1 - \frac{kS\upsilon}{V_3(0)} t$ olduğu üçün (5) – i daha aydın anlaşılan şəkildə ifadə edə bilərik:

$$C_3(t) = C_0 \left(t - \frac{kS\upsilon}{V_3(0)} t^2\right) \times$$
$$\times \frac{kS^2 l\upsilon}{V_3^2(0)} \left[1-(1-k) exp\left(-\frac{k(L-l)}{l}\right)\right], 0 \le t \le t_1 \qquad (6)$$

Birinci mərhələ üçün ikinci komponentin kristal boyunca dəyişmə qanunu belə olar:

$$C_2(t) = kC_3(t) = kC_0 \left(t - \frac{kS\upsilon}{V_3(0)} t^2\right) \frac{kS^2 l\upsilon}{V_3^2(0)} \times$$
$$\times \left[1-(1-k) exp\left(-\frac{k(L-l)}{l}\right)\right], 0 \le t \le t_1 \qquad (7)$$

İkinci mərhələ üçün k - nın ixtiyari qiymətində kəsilməzlik tənliyinin həlli [1] - dəki (20) düsturu ilə ifadə olunur. Onu yazaq:

$$C_3(t) = \frac{C_0}{k} \left\{1-(1-k) \frac{lS}{V_3(0)+Sl} exp\left(-\frac{kL}{l} + \frac{k\upsilon t}{l}\right) + \right.$$
$$\left. + \frac{k}{C_0} A_2^{//} \, exp\left(-\frac{kS\upsilon}{V_3(0)} t\right)\right\}, t \ge t_1 \qquad (8)$$

Burada inteqrallama sabitini $A_2^{//}$ - lə işarə etdik. $A_2^{//}$ sabitini tapmaq üçün $t = t_1$ anında (6) və (8) həllərini bir-birinə “tikmək lazımdır.

$t = t_1$ anında (8) – dən:

$$C_3(t) = \frac{C_0}{k} \left\{1-(1-k) \frac{lS}{V_3(0)+Sl} exp\left(-\frac{kL}{l} + \frac{k\upsilon t}{l}\right) + \right.$$
$$\left. + A_2^{//} \, exp\left(-\frac{kS\upsilon}{V_3(0)} t\right)\right\}$$

(6) – dan isə:

$$C_3(t_1) = C_0 \left(t_1 - \frac{kS\upsilon}{V_3(0)} t_1^2\right) \frac{kS^2 l\upsilon}{V_3(0)} \times$$
$$\times \left[1-(1-k) exp\left(-\frac{k(L-l)}{l}\right)\right]$$

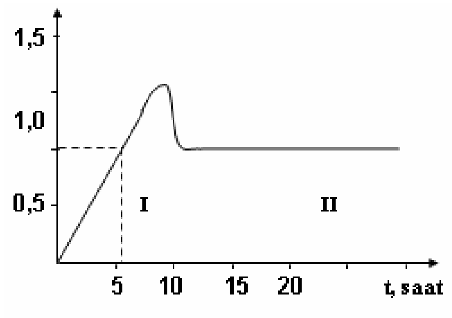
alarıq.

Son iki ifadənin sağ tərəflərini bərabərləşdirib $A_2^{//}$ - i tapaq:

$$A_2^{//} = C_0 \left\{ \left(t_1 - \frac{kS\upsilon}{V_3(0)} t_1^2\right) \frac{kS^2 l\upsilon}{V_3^2(0)} \left[1-(1-k) exp\left(-\frac{k(L-l)}{l}\right)\right] - \right.$$
$$\left. -\frac{1}{k}\left[1-(1-k)\frac{lS}{V_3(0)+lS} exp\left(-\frac{kL}{l} + \frac{k\upsilon t_1}{l}\right)\right]\right\} \cdot exp\left(\frac{kS\upsilon}{V_3(0)} t_1\right) \qquad (9)$$

Bu mərhələdə kristal boyunca ikinci komponentin konsentrasiyasının dəyişmə qanunu belə olacaq:

$$C_2 = kC_0 = C_0 \left\{1-(1-k) \frac{lS}{V_3(0)+Sl} exp\left(-\frac{kL}{l} + \frac{k\upsilon t}{l}\right) + \right.$$
$$\left. + \frac{k}{C_0} A_2^{//} \, exp\left(-\frac{kS\upsilon}{V_3(0)} t\right)\right\}, t \ge t_1 \qquad (10)$$



Şəkil 1. $k = 0{,}001$ olduqda ikinci komponentin kristal boyunca (10) – dan hesablanmış dəyişmə qanunu.

$k = 0{,}001$ qiyməti ucun ikinci komponentin konsentrasiyasının (7) və (10) – dan hesablanmış kristal boyunca dəyişmə qanunu şəkil 1 – də verilmişdir. Birinci mərhələdə $C_2(t)$ sıfırdan başlayaraq praktiki olaraq xətti artır. İkinci mərhələnin başlanğıcında bu artım daha da kəskinləşərək maksimumdan keçir və sonra azalaraq doyma qiymətinə çatır. Burada yalnız zəif bərk məhlulların monokristallarının alınmasında uğur əldə etmək olar.

Monokristallığın pozulmadığı rejimlərdə başlanğıcda $C_2(t)$- nin kəskin artmasından varizonalı quruluşların düzəldilməsinə istifadə edilə bilər.

[1]. Tahirov V. İ., Əliyev V.Q., Cəfərov T.Q., Qəhrəmanov N.F. Yeni üsulla hazırlanmış xəlitənin tətbiqi ilə binar bərk məhlul monokristallarının $k > 1$ halında alınması.

[2]. Tahirov V.İ., Əliyev V.Q., Cəfərov T.Q., Qəhrəmanov N.F. Bərk məhlul monokristallarının $k < 1$ halında alınması.

[3]. Медведев С.А. Введение в технологию полупроводниковых материалов. Издательство «Высшая школа», Москва, 1970.