[illegible] 691.536.21

[illegible]

[illegible]

[illegible] [3]

$$\lambda_y = 9{,}3 \cdot 10^{-2}\, p \sqrt{\rho T_{\text{[illegible]}}}\, (M)^{-5/6}, \quad (5)$$

[illegible] (1), (2) [illegible] (3) [illegible] (5) [illegible]

[illegible] [4] [illegible]:

$$\lambda_{\text{[illegible]}} = \lambda_0 + d_t \cdot \Delta f \eta\, \varphi^{\text{[illegible]}} \cdot q_t \cdot f / 100, \quad (6)$$

[illegible] 1 [illegible] %; [illegible]

$$f = \Delta \eta_{\text{[illegible]}} / \Delta \eta_{\text{[illegible]}}.$$

[illegible] [4] [illegible] 6 % [illegible] 5 [illegible] 10^0 [illegible] 0,75 [illegible] [5] [illegible] 3 [illegible] 1 – 2 %. [illegible] (6) [illegible]

[illegible] [1]: [illegible] [1]:

$$\lambda = 0{,}5\,(\lambda_a + \lambda_u), \quad (1)$$

$$\lambda_a = \lambda_1 \left(c^2 + \upsilon(1-c)^2 + 2\upsilon(1-c)/(1-c+\upsilon \cdot c)\right), \quad (2)$$

$$\lambda_u = \lambda_1 / \left((1-c)/\left(c^2 + \upsilon(1-c)^2\right) + c/\left(c(2-c) + \upsilon(1-c)^2\right)\right), \quad (3)$$

[illegible] $\upsilon = \lambda_2/\lambda_1$; [illegible] $f\eta = 0{,}5 + A\cos\varphi$.

[illegible] $\varphi = (2\pi - \psi)/3$; $\psi = \arccos(1 - 2m_2)$, $\Phi = 1$ [illegible] $m_2 \le 0{,}5$; $\psi = \arccos(2m_2 - 1)$, $\Phi = -1$ [illegible] $m_2 > 0{,}5$.

[illegible] [2] [illegible]

$$\lambda = \lambda_1 \left(1 - m_2 / \left(1/(1-\upsilon) - (1-m_2)/3\right)\right), \quad (4)$$

[illegible] m_2 [illegible] [3].

[illegible] 100 %-[illegible]

[illegible], 267.
[illegible]

[illegible] ω [illegible] ω_{80} [illegible] $\varphi_э$ = 80 %, [illegible] m_{2p} [illegible] m_{2p} = 0,5.

[illegible] (6) [illegible]

$$Ϛ = 4m_{2p}\,(1 - m_{2p})\,Ϛ_m, \qquad (7)$$

[illegible] $Ϛ_m$ [illegible] $(0 < Ϛ_m \le 1)$; m_{2p} [illegible]

$$m_{2p} = 0{,}01\rho_0\left(\omega + c'\right)/\left(\rho_p \cdot m_2\right). \qquad (8)$$

[illegible] ρ_0 [illegible] ρ_{tc} [illegible] %; m_2 [illegible]

[illegible] ω, [illegible] ω_{tc} [illegible] $\varphi_э$, [illegible] φ_c [illegible] = 0. [illegible] $\omega \ge \omega_{tc}$ [illegible] % [illegible]

$$ϻ_{tc} = 100ϻ/(\omega + ϻ). \qquad (9)$$

[illegible] (9) [illegible] %. [illegible]

$$ϻ_{tc} = \omega \cdot ϻ_{tc}/(100 - ϻ_{tc}). \qquad (10)$$

[illegible] $\omega > 0$, [illegible]

$$\rho_{tc} = \rho_э + 10c'\left(\rho^{*}_{tc} - \rho_э\right)/\left(c' + \omega\right)ϻ_{tc}, \qquad (11)$$

[illegible] $\rho_э$ [illegible] ρ^{*}_{tc} [illegible]

$$m_{2c} = 0{,}01\rho_0\left(c - c'\right)/\rho_c, \qquad (12)$$

[illegible] ρ_{c} [illegible]

$$m_2 = 0{,}01P - m_{2c}, \qquad (13)$$

[illegible] P [illegible] %.

[illegible]

$$m_{2c} = \rho_{tc}c'/\left(\omega + c'\right)\rho_c. \qquad (14)$$

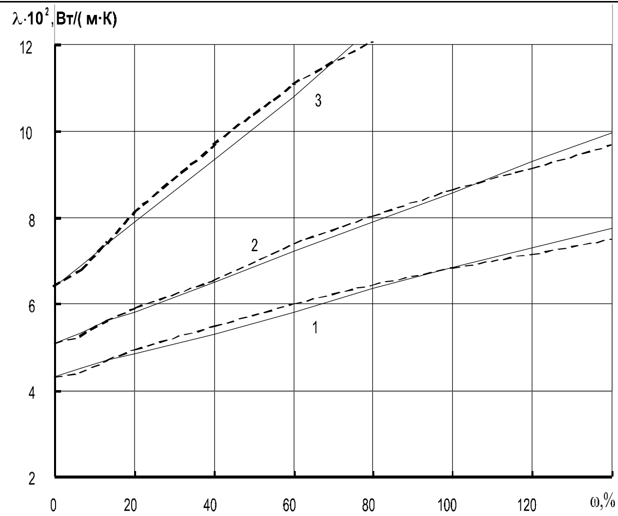
[illegible]

$$m_{2эн} = \left(0{,}01P/m_2\right) - m_{2p}. \qquad (15)$$

[illegible]

$$m'_{2c} = m_{2c}/\left(1 - m_2\right). \qquad (16)$$

[illegible]



[illegible] 1. [illegible]
1 – ρ = 60 [illegible]; 2 – ρ = 100 [illegible]; 3 – ρ = 200 [illegible];
- - - - – [illegible]; ——— – [illegible]

[illegible] (6), [illegible] (7), [illegible] f [illegible] φ^{*}_{p} [illegible] f_{tc} [illegible] φ_{tc} [illegible]

$$f_{tc} = 1 + (f - 1)\,c_{tc}/c_{ô}; \qquad (17)$$

$$\varphi_{tc} = 1 - \left(1 - \varphi^{*}_{tc}\right)c_{tc}/c_{ô}. \qquad (18)$$

[illegible]

$$\lambda_{ЛЛ} = 0{,}5\left(\lambda'_{ЛЛ} + \lambda''_{ЛЛ}\right). \qquad (19)$$

[illegible]

[illegible] [6] [illegible] (1), [illegible] λ [illegible] 5,5 %. [illegible]

[illegible] 200 [illegible], [illegible] 83,3 % [illegible] 0,55 [illegible] 2, [illegible] 2 [illegible] (6). [illegible] (7), [illegible] (6),

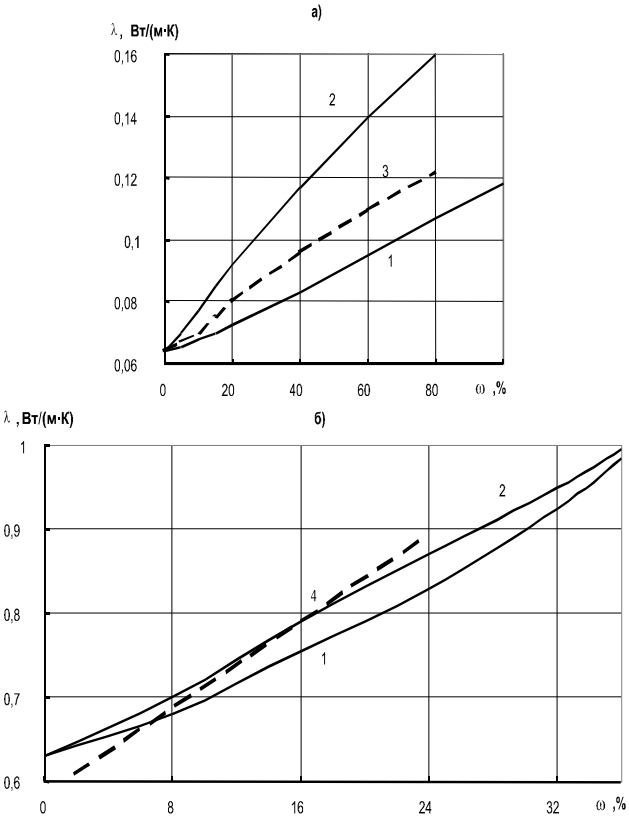


Рис. 2. Концентрационные зависимости теплопроводности пористого кремния, полученного при плотности тока анодирования $j = 200$ мА/см^2 (а) и $j = 1300$ мА/см^2 (б) в растворах плавиковой кислоты различной концентрации.
1 — вакуум; 2 — теоретическая зависимость Оделевского [3]; 3 — экспериментальная зависимость; 4 — теоретическая зависимость. Сплошные линии — расчет.

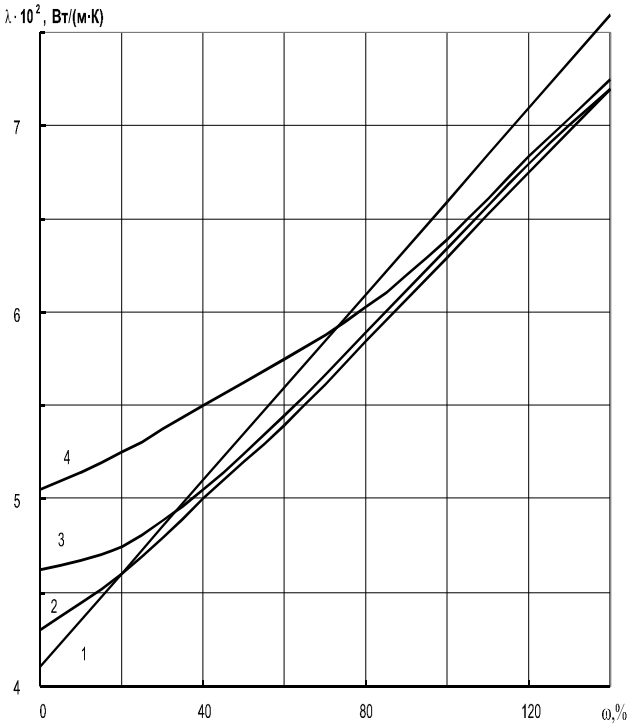


Рис. 3. Концентрационные зависимости теплопроводности пористого кремния, полученного при плотности тока анодирования $j = 60$ мА/см^2 в растворах плавиковой кислоты различной концентрации.
1 — $\varepsilon = 0$; 2 — $\varepsilon = 8$ %; 3 — $\varepsilon = 16$ %; 4 — $\varepsilon = 32$ %.

Оценка концентрационной зависимости теплопроводности пористого кремния, полученного при $j = 200$ мА/см^2, показывает, что в области концентраций $\varepsilon < 36$ % теплопроводность λ слабо зависит от ε и составляет $\lambda \approx 94$ % λ_{Si} для монокристаллического кремния. Дальнейшее увеличение ε приводит к резкому уменьшению λ (рис. 2, а). Для пористого кремния, полученного при $j = 1300$ мА/см^2, λ уменьшается с ростом ε во всем исследованном интервале концентраций (рис. 2, б).

Для объяснения полученных экспериментальных зависимостей $\lambda(\varepsilon)$ воспользуемся моделью Оделевского [3]. Согласно этой модели, теплопроводность пористого материала λ может быть найдена из решения уравнения

$$\varepsilon \frac{\lambda_m - \lambda}{2\lambda + \lambda_m} + (1-\varepsilon)\frac{\lambda_s - \lambda}{2\lambda + \lambda_s} = 0, \qquad (1)$$

где λ_m — теплопроводность материала матрицы, λ_s — теплопроводность материала, заполняющего поры, ε — пористость. Для вакуумных пор $\lambda_s = 0$, и уравнение (1) имеет решение

$$\lambda = \frac{\lambda_m(1-\varepsilon)}{2+\varepsilon}. \qquad (2)$$

Для $\lambda_m = \lambda_{Si}$ (монокристаллический кремний) зависимость (2) представлена на рис. 2 (кривая 2). Видно, что экспериментальные зависимости $\lambda(\varepsilon)$ (кривая 3) существенно отличаются от теоретической (кривая 2). Для $\lambda_m = 0{,}3\,\lambda_{Si}$ теоретическая зависимость $\lambda(\varepsilon)$ (кривая 4) удовлетворительно согласуется с экспериментальной (кривая 3) в области $\varepsilon < 0{,}6$. Таким образом, можно сделать вывод о том, что пористый кремний, полученный при $j = 200$ мА/см^2, является однородным материалом с теплопроводностью $\lambda_m \approx 0{,}3\,\lambda_{Si}$ (для $\varepsilon < 60$ %), а при $\varepsilon > 60$ % — неоднородным материалом, состоящим из кристаллических областей с $\lambda_m \approx 0{,}3\,\lambda_{Si}$ и аморфных областей с $\lambda_m \approx 0{,}1\,\lambda_{Si}$. Для пористого кремния, полученного при $j = 1300$ мА/см^2, $\lambda_m \approx 0{,}1\,\lambda_{Si}$ во всем исследованном интервале ε.

Для пористого кремния, полученного при $j = 60$ мА/см^2, λ уменьшается с ростом ε во всем исследованном интервале концентраций (рис. 3). Для $\varepsilon < 32$ % λ удовлетворительно описывается моделью Оделевского (1) при $\lambda_m \approx 0{,}89\,\lambda_{Si}$. Для $\varepsilon > 32$ % λ уменьшается с ростом ε быстрее, чем предсказывает модель Оделевского (1). Это, по-видимому, связано с тем, что при $\varepsilon > 32$ % пористый кремний, полученный при $j = 60$ мА/см^2, является неоднородным материалом, состоящим из кристаллических областей с $\lambda_m \approx 0{,}89\,\lambda_{Si}$ и аморфных областей с $\lambda_m \approx 0{,}1\,\lambda_{Si}$.

Для пористого кремния, полученного при $j = 1300$ мА/см^2, λ уменьшается с ростом ε во всем исследованном интервале концентраций (рис. 2, б). Для $\varepsilon < 5$ % λ удовлетворительно описывается моделью Оделевского (1) при $\lambda_m \approx 0{,}9\,\lambda_{Si}$. Для $\varepsilon > 5$ % λ уменьшается с ростом ε быстрее, чем предсказывает модель Оделевского (1). Это, по-видимому, связано с тем, что при $\varepsilon > 5$ % пористый кремний, полученный при $j = 1300$ мА/см^2, является неоднородным материалом, состоящим из кристаллических областей с $\lambda_m \approx 0{,}9\,\lambda_{Si}$ и аморфных областей с $\lambda_m \approx 0{,}1\,\lambda_{Si}$.

[illegible] 3) [illegible] 5 %. [illegible]

[illegible] 60 kg/m^3 [illegible] 95 %) [illegible] 1300 kg/m^3 [illegible] 50 %) [illegible] 0 [illegible] 10 %, [illegible] 2,02 [illegible] 1,21 [illegible]

1. [illegible], 1974. – 264 [illegible]
2. [illegible] 1951. – [illegible].21. [illegible] 6. [illegible].667–685.
3. [illegible], 1968. – 464 [illegible]
4. [illegible], 1990. – [illegible].18–33.
5. [illegible]. 1992. – [illegible] 4. [illegible].27–29.
6. [illegible], 1981. – 40 [illegible]

[illegible] 624.042.5:536.468

[illegible]

[illegible]

[illegible] D_1, [illegible]

$$E = (a - x)(b - y), \qquad (1)$$

[illegible] a [illegible] b [illegible]

$$\rho_0 C_0 \frac{\partial T}{\partial \tau} = \lambda_0 \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right), \ (x, y) \in D_1; \qquad (2)$$

$$\rho C \frac{\partial T}{\partial \tau} = \lambda \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right), \ (x, y) \in D_2; \qquad (3)$$

$$T(0, x, y) = f(x, y); \qquad (4)$$

$$\lambda_0 \frac{\partial T}{\partial n} \Big|_{E=0} = q(\tau); \qquad (5)$$

$$T\big|_{E=S-0} = T\big|_{E=S+0} = T^*; \qquad (6)$$

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial n}\Big|_{S+0} - \lambda_0 \frac{\partial T}{\partial n}\Big|_{S-0} = \rho Q_0 \frac{dS_n}{d\tau}, \qquad (7)$$

[illegible] K; τ [illegible] ρ_0 [illegible] ρ [illegible] kg/m^3; C_0 [illegible] K; λ_0 [illegible] λ [illegible] K; $q(\tau)$ [illegible] Q_0 [illegible] T^* [illegible], K.

[illegible] (1): D_1 [illegible]; D_2 [illegible]; D_3 [illegible] D_1 [illegible] D_2 [illegible] T^*. [illegible] S [illegible] D_2 [illegible] D_1 [illegible] D_2 [illegible]

[illegible]