

rochnenii detalej kompozicionnymi gal'vanicheskimi pokrytijami / E.V. Ageev, B.A. Semenihih, E.V. Ageeva, R.A. Latypov // Uprochnjajushhie tehnologii i pokrytija. – 2011. – № 9. – S. 14-16.

17. Ispol'zovanie tverdosplavnyh jel-ektroerozionnyh poroshkov dlja poluchenija

iznosostojkikh pokrytij pri vosstanovlenii i uprochnenii detalej mashin i instrumenta / E.V. Ageev, A.A. Davydov, E.V. Ageeva, A.S. Bondarev, E.P. Novikov // Izvestija Ju-go-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Tehnika i tehnologii. – 2013. – № 1. – S. 32-38.

УДК 628. 112

**А.А. Акульшин**, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: aculchinaa@mail.ru)

**Н. В. Бредихина**, ст. преподаватель, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: aculchinaa@mail.ru)

**С. А. Ноздратенко** студент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: aculchinaa@mail.ru)

#### **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ФИЛЬТРОВАНИЯ СУСПЕНЗИЙ ЧЕРЕЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПЛОСКИЕ ПОРИСТЫЕ ПЕРЕГОРОДКИ**

*Способы изготовления полупроводниковых приборов весьма многообразны. Однако во всех случаях в процессе производства полупроводниковые изделия проходят ряд общих основных технологических операций. Технологический процесс включает операции водного контроля компонентов полупроводниковых материалов, изготовление полупроводниковых материалов и их механическую и химическую обработку.*

*В процессе резки и шлифовки слитков выделяется большое количество тепла, для охлаждения места реза используют проточную воду. Вода выполняет функции антифрикционной жидкости и облегчает сбор отходов обрабатываемого материала.*

*Сточные воды, образующиеся в процессе резки полупроводниковых пластин, содержат в виде взвеси до 45 % исходного продукта. Стоимость отходов полупроводникового материала составляет более 6000 у.е. Поэтому сбор и утилизация получаемых отходов весьма актуальна.*

*Степень дисперсности зависит от вида резки, скорости резания и толщины режущего диска. Концентрация взвешенных веществ в сточной жидкости определяется расходом охлаждающей воды.*

*В статье дано математическое описание процессов фильтрации суспензий, образовавшихся в процессе механической обработки пластин арсенида галлия, через металлические плоские пористые перегородки. Показаны формулы по математическому расчету процессов фильтрации суспензий через пористые металлические перегородки.*

*Результаты проведенных нами экспериментов по разделению промстоков на пористых перегородках свидетельствуют о перспективности применения данных материалов.*

*Работа обобщает отечественный и зарубежный по математическому моделированию процессов фильтрации суспензий, образовавшихся в процессе резки и шлифовки материалов с кристаллической структурой в различных условиях через металлические пористые перегородки.*

*Для разработки методов расчёта производственных установок проведён анализ зависимостей, приведённых в литературе и полученных в результате математической обработки экспериментальных данных.*

**Ключевые слова:** процессы фильтрации, суспензии, арсенид галлия, металлические, плоские пористые перегородки.

\*\*\*

Способы изготовления полупроводниковых приборов весьма многообразны.

Однако во всех случаях в процессе производства полупроводниковые изделия

проходят ряд общих основных технологических операций. Технологический процесс включает операции водного контроля компонентов полупроводниковых материалов, изготовление полупроводниковых материалов и их механическую и химическую обработку, эпитаксиальное наращивание слоя полупроводника, получение защитной диэлектрической пленки, фотолитографическую обработку этой пленки, ионную имплантацию и диффузию примеси для получения активных и пассивных областей структуры, нанесения омических контактов и создание пассивных тонкопленочных компонентов-резисторов и конденсаторов, разделение пластин на кристаллы, сборку и герметизацию приборов, измерение электрических параметров и испытания приборов [2-8].

Механическая обработка в производстве полупроводниковых приборов заключается в получении заготовок необходимых размеров, формы с требуемым качеством поверхности путем резания слитков на пластины, шлифования, полирования пластин различными механическими и механохимическими методами [2-7].

В процессе резки выделяется большое количество тепла. В зону резки подают охлаждающую жидкость. Расход жидкости составляет 1,5-2 л/мин. на фрезу [1,2,7]. Для охлаждения места реза используют проточную воду или специальные эмульсии сложного состава, выполняющие одновременно функции антифрикционной жидкости и облегчающие сбор отходов обрабатываемого материала [2,5,7-12].

Сточные воды, образующиеся в процессе резки полупроводниковых пластин, содержат в виде взвеси до 45 % исходно-

го продукта. Степень дисперсности зависит от вида резки, скорости резания и толщины режущего диска. Концентрация взвешенных веществ в сточной жидкости определяется расходом охлаждающей воды [8-12].

Результаты проведенных нами экспериментов по разделению промстоков на пористых перегородках свидетельствуют о перспективности применения данных материалов.

Для разработки методов расчёта производственных установок проведён анализ зависимостей, приведённых в литературе [13, 14, 15, 16,17] .

Осадок содержит определённый объём жидкой фазы, а фильтрат – некоторое количество твёрдой фазы, так называемый унос.

Фильтрация характеризуется качеством и интенсивностью.

Качество фильтрата оценивают: степенью очистки ( $\eta_0$ ), коэффициентом уноса  $K_y$ , коэффициентом очистки  $K_0$ .

Качество осадка оценивают содержанием в нём жидкой фазы ( $\omega$ ), влажностью ( $\omega_{вл}$ ) и содержанием примесей ( $C_0$ ).

Интенсивность процесса фильтрации оценивают скоростью процесса и производительностью фильтрата. Под скоростью фильтрации принимают объём фильтрата ( $V$ ), прошедший через единицу поверхности фильтрации ( $S$ ), нормально направлению движения за единицу времени ( $t$ ).

Различают мгновенную ( $\sigma$ ) и среднюю ( $\sigma_{ср}$ ) скорости фильтрации:

$$\sigma = \frac{dV}{dtS}; \quad \sigma_{ср} = \frac{V}{\tau S}. \quad (1)$$

Движущей силой процесса фильтрации является перепад давления  $P$  – раз-

ность давлений по обе стороны фильтрующей перегородки. Для несжимаемых осадков скорость фильтрования прямо пропорциональна перепаду давления. Коэффициент пропорциональности, зависящий от параметров фильтрования и от свойств фильтрующей перегородки и суспензии, называют сопротивлением фильтрованию. Это сопротивление относят к единице вязкости фильтрата ( $\mu$ ). Соотношение между скоростью фильтрования и перепадом давления описывается законом Дарси.

$$\sigma_{CP} = \frac{P}{\mu R_{CP}} = \frac{P}{R_{OB}}, \quad (2)$$

где  $R_{CP}$  – среднее сопротивление фильтрованию, отнесённое к единице вязкости;

$R_{OB}$  – общее сопротивление фильтрованию.

Удельной производительностью фильтра по фильтрату является объём фильтрата, полученный с единицы фильтрующей поверхности за весь цикл фильтрования.

$$Q_{\Phi} = \frac{V}{\tau_{\Sigma} S} = \frac{V}{(\tau + \tau_p + \tau_{BC}) S}, \quad (3)$$

где  $\tau_{\Sigma}$  – общая продолжительность цикла;

$\tau$  – продолжительность фильтрования;

$\tau_p$  – продолжительность регенерации фильтрующей поверхности;

$\tau_{BC}$  – продолжительность вспомогательных операций.

Удельную производительность фильтра по влажному осадку  $Q_{OC}$  определяют из соотношения

$$Q_{OC} = \frac{m_{OC}}{\tau_{\Sigma} S}. \quad (4)$$

Удельная производительность фильтра по твёрдой фазе или сухому осадку равна:

$$Q_T = \frac{m_{OC} - m_{ВЛ}}{\tau_{\Sigma} S} = \frac{m_{OC} \left(1 - \frac{\omega_{ВЛ}}{100}\right)}{\tau_{\Sigma} \cdot S}. \quad (5)$$

В ходе фильтрования основными параметрами процесса считаются перепад давлений и скорость фильтрования [14, 15].

В практике встречаются несколько различных условий проведения процесса:

1. Фильтрование при постоянном перепаде давлений ( $\sigma_{\sigma ar}, P_{\sigma ar}$ ).

2. Фильтрование с постоянной скоростью ( $\sigma_{const}, P_{\sigma ar}$ ).

3. Фильтрование с переменными скоростью процесса и перепадом давлений ( $\sigma_{\sigma ar}, P_{\sigma ar}$ ).

В подавляющем большинстве случаев сопротивление фильтрованию в ходе процесса непрерывно возрастает. Интенсивность возрастания общего сопротивления фильтрованию по мере получения некоторого удельного объема фильтрата  $V'$  связана с этим сопротивлением следующей степенной зависимостью [13]:

$$\frac{dR}{dV'} = KR^n, \quad (6)$$

где  $K$  – константа, характеризующая интенсивность возрастания общего сопротивления фильтрованию;

$V'$  – удельный объем фильтрата;

$R$  – общее сопротивление фильтрованию, отнесённое к единице вязкости;

$n$  – показатель степени.

Это уравнение называется обобщённым уравнением фильтрования. Показатель степени « $n$ » в обобщённом уравнении может принимать значение в широких пределах [14]. Однако только при

фиксированных значениях этого показателя, равных 2; 1,5; 1; 0,5; 0 и  $-\infty$ , уравнение (6) описывает процессы, которые соответственно можно отождествить со следующими видами фильтрования:

- с полным закупориванием пор перегородки;
- с постепенным закупориванием пор перегородки;
- промежуточного вида;
- с закупориванием пор образующегося осадка;
- с образованием осадка;
- при постоянном сопротивлении.

Обычно рассматривают идеализированную физическую модель процесса фильтрования с закупориванием пор: пористую среду представляют в виде множества параллельных цилиндрических капилляров, а в зависимости от вида фильтрования полагают, что либо число капилляров, либо их радиус постепенно уменьшается. Используя уравнение Гагена-Пуазейя, получают соотношения [14, 15], совпадающие с уравнением (6), если значения показателя степени  $n$  принять соответственно равным 2 и 1,5.

Примерная физическая модель фильтрования с закупориванием пор приведена в [18].

Фильтрование при постоянном давлении широко распространено в производственной и лабораторной практике. Рассмотрим некоторые обобщенные закономерности фильтрования при постоянном перепаде давления. Разделяя переменные, интегрируя обобщенное уравнение фильтрования (6) в пределах  $R_0$ - $R$ , и после нескольких преобразований получают [14]:

$$R = \left[ (1-n)KV' + R_0^{1-n} \right]^{\frac{1}{1-n}}. \quad (7)$$

Здесь  $R$  – сопротивление фильтрованию в начальный момент, то есть сопротивление фильтрующей перегородки  $\beta$ .

При решении уравнения (6) вязкость жидкой фазы и давление фильтрования в явном виде не учитывалось. Это несколько затрудняло практическое использование получаемых из обобщенного уравнения фильтрования зависимостей. В приводимых ниже преобразованиях [14] введены оба упомянутых выше фактора.

Используя уравнения (1), (2), с учетом  $V' = \frac{V}{S}$

$$R = \frac{P}{\mu} \cdot \frac{dt}{dV'} = \frac{Q}{\mu\sigma}. \quad (8)$$

Подставляя значение  $dV'$  из уравнения (8) в обобщенное уравнение фильтрования (6), интегрируют его в пределах от  $R_0$  до  $R$  и от 0 до  $V'$ .

$$R = \left[ K \frac{P}{\mu} (2-n)\tau + R_0^{2-n} \right]^{\frac{1}{2-n}}. \quad (9)$$

Совместное решение уравнений (7), (8), (9) позволяет вывести зависимости между удельным объемом фильтрата и мгновенной скоростью фильтрования, изменяющейся в пределах от  $\sigma_0 = \frac{P}{\mu R} = \frac{P}{\mu\beta}$

до  $\sigma = \frac{P}{\mu R}$ :

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{P}{\mu} \left[ K(1-n)V' + \beta^{1-n} \right]^{\frac{1}{n-1}} = \\ &= \left[ \sigma_0^{n-1} - K(n-1) \left( \frac{P}{\mu} \right)^{n-1} V' \right]^{\frac{1}{n-1}}. \quad (10) \end{aligned}$$

или

$$V = \frac{1}{K(n-1)} \left( \frac{P}{\mu} \right)^{1-n} (\sigma_0^{n-1} - \sigma^{n-1}) \quad (11)$$

между мгновенной скоростью и длительностью фильтрования

$$\begin{aligned} \sigma &= \left[ \sigma_0^{n-2} - K(n-2) \left( \frac{P}{\mu} \right)^{n-1} \cdot \tau \right]^{\frac{1}{n-2}} = \\ &= \sigma_0 \left[ 1 - K(n-2) \left( \frac{P}{\mu} \right)^{n-1} \sigma_0^{2-n} \cdot \tau \right]^{\frac{1}{n-2}}. \quad (12) \end{aligned}$$

между удельным объемом фильтрата и длительностью фильтрования

$$V' = \frac{1}{K(1-n)} \left\{ \left[ K(2-n) \frac{P}{\mu} \tau + \beta^{2-n} \right]^{\frac{1-n}{2-n}} - \beta^{1-n} \right\} \quad (13)$$

либо

$$V' = \frac{1}{K(1-n)} \left( \frac{P}{\mu} \right)^{1-n} \left\{ \left[ K(2-n) \left( \frac{P}{\mu} \right)^{n-1} \tau + \sigma_0^{n-2} \right]^{\frac{1-n}{2-n}} - \sigma_0^{n-1} \right\}. \quad (14)$$

Из уравнений (10)-(14) после подстановки в них значения показателя степени  $n$  получают соотношения между характеристиками суспензии  $K$  и перегородки  $\beta$  и удельным объемом фильтрата: длительностью и мгновенной скоростью фильтрования для тех видов фильтрования, когда  $n \neq 1$  и  $n \neq 2$ .

При фильтровании с постоянной скоростью перепад давлений постепенно увеличивается (пропорционально увеличению общего сопротивления) от  $P_0$  в начале процесса до  $P$  в конце.

Для этого режима уравнение (8) запишется следующим образом:

$$\sigma = \frac{P}{\mu R} = \frac{P_0}{\mu \beta} = \text{const}. \quad (15)$$

Выразив сопротивление через скорость фильтрования и продифференцировав полученное выражение, обобщенное уравнение фильтрования (6) представляется в следующем виде:

$$\frac{dP}{dV'} = K(\mu\sigma)^{1-n} P^n. \quad (16)$$

Разделив переменные и проинтегрировав полученное уравнение в пределах от  $P_0$  до  $P$  и от 0 до  $V'$ , после несложных преобразований получают [14-18]:

$$P = \mu\sigma \left[ K(1-n)V' + \beta^{1-n} \right]^{\frac{1}{1-n}}. \quad (17)$$

$$\left( \frac{P}{P_0} \right)^{1-n} = 1 + K(1-n)\beta^{n-1}V'. \quad (18)$$

Так как для дальнейшего режима  $V' = \tau\sigma$ , то подставив в уравнение (18) значение удельного объема фильтрата, получили обобщенную зависимость изменения отношения давлений от времени:

$$\left( \frac{P}{P_0} \right)^{1-n} = 1 + K(1-n)\beta^{n-1}\tau\sigma. \quad (19)$$

В случае фильтрования с постоянной скоростью зависимости относительного перепада давления от удельного объема фильтрата и времени для различных видов фильтрования могут быть получены из обобщенных уравнений (17)-(19) путём подстановки соответствующего значения показателя степени либо путём интегрирования уравнения (16), когда  $n = 1$ .

Полученные таким образом соотношения приведены в таблице.

№ пп	Вид фильтрования				
	С полным закупориванием пор	С постепенным закупориванием	Промежуточный (n=1,0)	С закупориванием пор образующегося	С образованием осадка (n=0)

	(n=2,0)	пор (n=1,5)		осадка (n=0,5)	
1	2	3	4	5	6
Фильтрация при постоянной разности давлений					
1.	$\frac{dR}{dRV^1} = KR^2$	$\frac{dR}{dRV^1} = KR^{1.5}$	$\frac{dR}{dRV^1} = KR$	$\frac{dR}{dRV^1} = KR^{0.5}$	$\frac{dR}{dRV^1} = K$
2.	$V^1 = \frac{1}{K} \left( \frac{R - R_0}{RR_0} \right)$	$V^1 = \frac{2}{K} \left( \frac{\sqrt{R} - \sqrt{R_0}}{\sqrt{RR_0}} \right)$	$V^1 = \frac{1}{K} \ln \frac{R}{R_0}$	$V^1 = \frac{2}{K} (\sqrt{R} - \sqrt{R_0})$	$V^1 = \frac{1}{K} (R - R_0)$
3.	$v = v_0 - K \frac{P}{\mu} \sqrt{\frac{P}{\mu v_0}}$	$v = v_0 \left( 1 - \frac{K}{2} \sqrt{\frac{P}{\mu v_0}} V^1 \right)$	$v = v_0 e^{-Kv}$	$v = v_0 \left( 1 + \frac{K}{2} \frac{V^1}{\sqrt{\frac{P}{\mu v_0}}} \right)^2$	$v = \frac{v_0}{1 + K \frac{\mu v_0}{P} V^1}$
4.	$v = v_0 e^{-K \frac{P}{\mu} V^1}$	$v = \frac{v_0}{\left( 1 + \frac{K}{2} \sqrt{\frac{P v_0}{\mu}} \tau \right)}$	$v = \frac{v_0}{1 + K v_0 \tau}$	$v = v \left[ 1 + 1.5K \left( \frac{P}{\mu} \right)^{0.5} v_0^{1.5} \tau \right]^{-\frac{2}{3}}$	$v = \frac{v_0}{1 + K \frac{\mu v_0}{P} V^1}$
5.	$V^1 = \frac{\mu}{KP} v_0 \left( 1 - e^{-K \frac{P}{\mu} \tau} \right)$	$v = \frac{v \tau}{\left( 1 - \frac{K}{2} \sqrt{\frac{P v_0}{\mu}} \tau \right)}$	$V^1 = \frac{1}{K} \ln \left( 1 + K v_0 \tau \right)$	$V^1 = \frac{2}{K} \sqrt{\frac{P}{\mu v_0}} \left( 1^3 - \sqrt{1 + 1.5K \frac{\mu}{P} v_0^{1.5} \tau} \right)$	$V^1 = \frac{P}{K \mu v_0} \left( \sqrt{1 + \frac{2K \mu v_0^2}{P} \tau} - 1 \right)$
6.	$v = v_0 - K \frac{P}{\mu} V^1$	-	$\frac{1}{v} = \frac{1}{v_0} + K \tau$	-	$\frac{\tau}{V^1} = \frac{K \mu}{2P} V^1 + \frac{1}{V_0}$
7.	$v = v_0 - K \frac{P}{\mu} V^1$	$\frac{\tau}{V^1} = \frac{K}{2} \sqrt{\frac{P}{\mu v_0}} + \frac{1}{v_0}$	$\lg v = \lg v_0 - 0.43$	$\frac{1}{\sqrt{v}} = \frac{1}{\sqrt{v_0}} + \frac{K}{2} \sqrt{\frac{\mu}{P}} V^1$	$\frac{1}{v} = \frac{1}{v_0} + K \frac{\mu}{P} V^1$ $\frac{1}{v^2} = \frac{1}{v_0^2} + 2K \frac{\mu}{P} \tau$
Фильтрация с постоянной скоростью					
8.	$P = \frac{\mu v \beta}{1 - K \beta V^1}$	$P = \frac{\mu v \beta}{(2 - K \sqrt{\beta} V^1)^2}$	$P = \mu v \beta e^{K V^1}$	$P = \mu v (\sqrt{\beta} + 0.5K V^1)^2$	$P = \mu v (\beta + K V^1)$
9.	$P = \frac{\mu v \beta}{1 - K \beta v \tau}$	$P = \frac{\mu v \beta}{(2 - K \sqrt{\beta} v \tau)^2}$	$P = \mu v \beta e^{K v \tau}$	$P = \mu v (\sqrt{\beta} + 0.5K v \tau)^2$	$P = \mu v (\beta + K v \tau)$
10.	Безразмерная величина	$\mu^{-0.5}$	$\mu^{-1}$	$\mu^{-1.5}$	$\mu^{-2}$
Примечание. Функциональная зависимость основных видов фильтрации следующая: 1 - $\frac{dR}{dv^1} = f(R)$ ; 2 - $V^1 = f(R)$ ; 3 - $v = f(V^1)$ ; 4 - $v = f(\tau)$ ; 5 - $V^1 = f(\tau)$ ; 6,7 - уравнения линейной зависимости; 8 - $P = f(V^1)$ ; 9 - $P = f(\tau)$ ; 10 - $[K] = \mu^{n-2}$ .					

### Список литературы

1. А.С. 1385459, МКИ В01D 29/10. Установка для очистки сточных вод/ Найдено В.В., Губанов Л.Н., Акулышин А.А., Петров П.Н. СССР, 04.08.86 г.

2. Пичугин И.Г., Таиров Ю.М. Технология полупроводниковых приборов: учеб. пособие для вузов. – М.: Высш.шк., 1984. – 228 с.

3. Курносоев А.И. Материалы для полупроводниковых приборов и интегральных микросхем: учеб. пособие. – 2-е изд.,

перераб. и доп. – М.: Высш.шк., 1980. – 327 с.

4. Зарубежная электронная техника: Подготовка пластин большого диаметра / ЦНИИ "Электроника". – М., 1979. – № 23. – 44 с.

5. Ида И. Прецизионная обработка кристаллов арсенида галлия: Сообщ.1 // Дэнси дзайрё. – 1970. – Т.9. – Л 5. – С.125-134.

6. Ида И. Прецизионная обработка кристаллов арсенида галлия: Сообщ.3 // Дэнси дзайрё. – 1970. – Т.9. – Л 7. – С.129-136.

7. Курносоев А.И., Юдин В.В. Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных схем: учеб. пособие для студ. вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш.шк., 1979. – 367 с.

8. Физико-химические методы обработки поверхности полупроводниковых приборов и интегральных микросхем: учеб. пособие для студ.вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш.шк., 1979. – 367 с.

9. Акульшин А.А., Крыгина А.М. Очистка сточных вод от нерастворимых форм мышьяка // Известия Юго-Западного государственного университета. 2011. – №5-2(38). – С. 116-118.

10. Акульшин А.А. Исследование состава и методов очистки сточных вод, образующихся в процессе механической обработки полупроводниковых материалов // Тезисы докладов юбилейной конференции учёных Курского политехнического института. Курск, 1994. – С. 113-114.

11. Акульшин А.А., Дахов Н.К. Очистка сточных вод предприятий по производству полупроводниковых эле-

ментов от соединений мышьяка // Современные экологические проблемы провинции: матер. междунар. экологического форума. – Курск, 1995. – С. 5-6.

12. Акульшин А.А., Дахов Н.К. Метод расчёта параметров процесса фильтрования промстоков через цилиндрические пористые фильтрующие элементы // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: материалы научно-практической конференции. – Курск, 1995. – С.121-123.

13. Кристал З.Б., Даниленко Н.В. Подбор и определение режимов работы фильтровального оборудования с помощью лабораторных моделей. – М.: Медицина, 1970. – 56 с.

14. Разделение суспензий в химической промышленности / Т.Ж. Малиновская, Н.Н. Кобринский, О.С. Кирсанов, В.В. Рейнфарг. – М.: Химия, 1983. – 264 с.

15. Мужиков В.Н. Фильтрование. Теория и практика разделения суспензий. – М.: Химия, 1980. – 400 с.

16. Теория и расчёт фильтрования суспензий / П.А.Шанкин, Д.Н.Гудин [и др.]. – М., 1977. – 108 с.

17. Туровский К.С. Обработка осадков сточных вод. – М.: Стройиздат, 1982. – 223 с.

18. Методика определения коэффициентов фильтрации водозабора инфильтрационного типа г. Курска / Ал.А. Акульшин, В.В. Бредихин, Н.В. Бредихина, А. А. Акульшин, В.С. Переверзева // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2016. – №1(18). – С. 88-92.

*Получено 12.10.16*

**A. A. Akulshin**, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: aculchinaa@mail.ru)

**N.V. Bredikhina**, Senior Lecturer, Southwest State University (Kursk) (e-mail: aculchinaa@mail.ru)

**S. A. Nazdratenko**, student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: aculchinaa@mail.ru)

## MATHIMATICS OF SUSPENSION FILTRATION THROUGH FLAT METAL POROUS BARRIERS

*The techniques of semiconductor devices manufacturing are very diverse. However, in all cases there are a number of common basic technological operations during the manufacturing process of semiconductor products. Technological process involves the steps of water control of the components of semiconductor materials and their mechanical and chemical treatment.*

*In the process of ingot slicing and grinding, a large amount of heat is released; running water is used to cool the area of the cut. Water acts as an antifriction liquid and facilitates the collection of waste of the material being processed.*

*Waste water got during the cutting process of semiconductor wafers contains up to 45% of the suspended initial product. The cost of a semiconductor material waste is more than 6,000 c.u., so the collection and recovery of the produced waste is very urgent.*

*The degree of dispersion depends on the type of cutting, the speed of cutting and the saw blade thickness. The concentration of suspended solids in the liquid waste is determined by cooling water rate.*

*The article gives mathematics of the processes of filtering suspensions, which are the products of the mechanical processing of the plates of gallium arsenide, through flat metal porous barriers. The formulae for mathematical calculation of the processes of filtration of suspensions through porous metal barriers are presented.*

*The results of the experiments on the separation of industrial wastes on the porous barriers show application perceptiveness of these materials.*

*This work summarizes Russian and foreign experience on the mathematical modeling of the processes of filtering suspensions formed during cutting and grinding of materials with a crystalline structure through the metal porous barriers under different conditions.*

*To develop calculating techniques for production units the analysis of dependences given in the literature and obtained by means of mathematical processing of the experimental data is carried out.*

**Key words:** filtration processes, suspension, gallium arsenide, металлические, flat metal porous barriers.

\*\*\*

## Reference

1. A.S. 1385459, MKI V01D 29/10. Ustanovka dlja ochistki stochnyh vod/ Najdenko V.V., Gubanov L.N., Akul'shin A.A., Petrov P.N. SSSR, 04.08.86 g.

2. Pichugin I.G., Tairov Ju.M. Tehnologija poluprovodnikovyh priborov: ucheb. posobie dlja vuzov. – M.: Vyssh.shk., 1984. – 228 s.

3. Kurnosov A.I. Materialy dlja poluprovodnikovyh priborov i integral'nyh mikroshem: ucheb. posobie. – 2-e izd., pererab. i dop. – M.: Vyssh.shk., 1980. – 327 s.

4. Zarubezhnaja jelektronnaja tehnika: Podgotovka plastin bol'shogo diametra / CNII "Jelektronika". – M., 1979. – № 23. – 44 s.

5. Ida I. Precizionnaja obrabotka kristallov arsenida gallija: Soobshh.1 // Djensi dzajrjo. – 1970. – T.9. – L 5.– C.125-134.

6. Ida I. Precizionnaja obrabotka kristallov arsenida gallija: Soobshh.3 // Djensi dzajrjo. – 1970. – T.9. – L 7. – S.129-136.

7. Kurnosov A.I., Judin V.V. Tehnologija proizvodstva poluprovodnikovyh priborov i integral'nyh shem: ucheb. posobie dlja stud. vuzov. – 2-e izd., pererab. i dop. – M.: Vyssh.shk., 1979. – 367 s.

8. Fiziko-himicheskie metody obrabotki poverhnosti poluprovodnikovyh priborov i integral'nyh mikroshem: ucheb. posobie dlja stud.vuzov. – 2-e izd., pererab. i dop. – M.: Vyssh.shk., 1979. – 367 s.

9. Akul'shin A.A., Krygina A.M. Ochistka stochnyh vod ot nerastvorimyh form mysh'jaka // Izvestija Jugo-Zapadnogo

gosudarstvennogo universiteta. 2011. – №5-2(38). – S. 116-118.

10. Akul'shin A.A. Issledovanie sostava i metodov ochistki stochnyh vod, obrazujushhhsja v processe mehanicheskoj obrabotki polupronikovyh materialov // Tezisy докладov jubilejnoj konferencii uchjonyh Kurskogo politehnicheskogo instituta. – Kursk, 1994. – S. 113-114.

11. Akul'shin A.A., Dahov N.K. Ochistka sochnyh vod predpriyatij po proizvodstvu poluprovodnikovyh jelementov ot soedinenij mysh'jaka // Sovremennye jekologicheskie problemy provincii: mater. mezhdunar. jekologicheskogo foruma. – Kursk, 1995. – S. 5-6.

12. Akul'shin A.A., Dahov N.K. Metod raschjota parametrov processa fil'trovaniya promstokov cherez cilindricheskie poristye fil'trujushhie jelementy // Ohrana okruzhajushhej sredy i racional'noe ispol'zovanie prirodnyh resursov: materialy nauchno-prakticheskoj konferencii. – Kursk, 1995. – S.121-123.

13. Kristal Z.B., Danilenko N.V. Podbor i opredelenie rezhimov raboty fil'troval'nogo oborudovanija s pomoshh'ju laboratornyh modelej. – M. : Medicina, 1970. – 56 s.

14. Razdelenie suspenzij v himicheskoj promyshlennosti / T.Zh. Malinovskaja, N.N. Kobrinskij, O.S. Kirsanov, V.V. Rejnfart. – M.: Himija, 1983. – 264 s.

15. Muzhikov V.N. Fil'trovanie. Teorija i praktika razdelenija suspenzij. – M.: Himija, 1980. – 400 s.

16. Teorija i raschjot fil'trovaniya suspenzij / P.A.Shankin, D.N.Gudin [i dr.]. – M., 1977. – 108 s.

17. Turovskij K.S. Obrabotka osadkov stochnyh vod. – M.: Strojizdat, 1982. – 223 s.

18. Metodika opredelenija koeficientov fil'tracii vodozabora infil'tracionnogo tipa g. Kurska / A.I.A. Akul'shin, V.V. Bredihin, N.V. Bredihina, A. A. Akul'shin, V.S. Pereverzeva // Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Tehnika i tehnologii. – 2016. – №1(18). – S. 88-92.

УДК 621.762.227

**Е.В. Агеева**, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: ageeva-ev@yandex.ru)

**С.В. Пикалов**, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: drevojog@gmail.com)

**В.Ю. Карпенко**, канд. техн. наук, ст. преподаватель, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: omegav@rambler.ru)

**М.А. Зубарев**, студент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: koy747@gmail.com)

## **ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УПРОЧНЕНИЕ ИЗНОШЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОИСКРОВОЙ ОБРАБОТКОЙ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ**

*Во многих случаях свойства электроискровых покрытий изношенных деталей зависят от состава, структуры и свойств электродного материала. С практической точки зрения, наибольший интерес представляют электроды с наноразмерными частицами. Выполненный анализ опубликованных научных работ показал, что наиболее перспективным методом получения наноразмерных материалов является метод электроэрозионного диспергирования.*