

УДК 621.315.592

**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ ПОДЛОЖЕК АРСЕНИДА ГАЛЛИЯ
С. Э. Пritchин, В. И. Орел, В. А. Тербан, Н. В. Рылова**

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина. E-mail: pritchinse@ukr.net

Предложены пути усовершенствования технологии подготовки подложек арсенида галлия. Показано, что особенностью шлифования подложек является изменение скорости погружения зерна, которая определяется взаимным положением шлифовального круга и подложки. Получено выражение для определения суммарной силы, с которой шлифовальный круг действует на подложку. Определены кинематические режимы шлифования подложек, и определено ограничение на отношении скоростей вращения стола и шлифовального круга, которое лежит в диапазоне $(5,55-7,15) \cdot 10^{-5}$. Установлены ограничения на глубину шлифования различными алмазными кругами, которая не должна превышать для круга 100/80 – 81 мкм, для круга 80/63 – 61 мкм и для круга 40/28 – 30 мкм. Теоретически получена глубина нарушенного слоя при шлифовании алмазным кругом с различной величиной зерен. Модернизирован станок алмазной шлифовки, реализующий предложенную технологию. Полученная глубина нарушенного слоя уменьшилась с 40 до 10 мкм.

Ключевые слова: подложки арсенида галлия, подготовка, шлифование, нарушенный слой.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ ПІДКЛАДОК АРСЕНІДУ ГАЛІЯ

С. Е. Пritchин, В. І. Орел, В. А. Тербан, Н. В. Рылова

Кременчуцький національний університет ім. Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна. E-mail: pritchinse@ukr.net

Запропоновані шляхи вдосконалення технології підготовки підкладок арсеніду галію. Показано, що особливості шліфування підкладок є зміна швидкості занурення зерна, яка визначається взаємним положенням шліфувального круга і підкладки. Отримано вираз для визначення сумарної сили, з якою шліфувальний круг діє на підкладку. Визначено кінематичні режими шліфування підкладок і обмеження на відношення швидкостей обертання столу і шліфувального круга, яке знаходиться в діапазоні $(5,55-7,15) \cdot 10^{-5}$. Встановлені обмеження на глибину шліфування різними алмазними кругами, яка не повинна перевищувати для круга 100/80 – 81 мкм, для круга 80/63 – 61 мкм і для круга 40/28 – 30 мкм. Теоретично отримана глибина порушеного шару при шліфуванні алмазним кругом з різною величиною зерен. Модернізовано верстат алмазної шліфовки, який реалізує запропоновану технологію. Отримана глибина порушеного шару зменшилася з 40 до 10 мкм.

Ключові слова: підкладки арсеніду галію, підготовка, шліфування, порушений шар.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Арсенид галлия (GaAs) является одним из перспективных материалов, применение которого лежит как в области микронано электроники, так в области фотовольтаики. Характеристики приборов, которые изготавливаются на основе GaAs, во многом превышают параметры приборов, изготавливаемых на основе кремния и германия. В некоторых направлениях арсенид галлия не имеет альтернативы, в частности, СВЧ электроники и быстродействующие электронные устройства.

Электрические параметры микроселектронных приборов в основном определяются структурным совершенством подложек (плотность дислокаций, уровень остаточных напряжений), на которые наносится эпитаксиальный слой. Однако применение подложек с малой плотностью исходных дефектов еще недостаточно, т.к. дефекты могут быть введены в процессе операций подготовки, которые включают в себя резку пластин, шлифование, полировку.

В настоящее время для резки слитков арсенида галлия обычно применяют алмазные круги с внутренней режущей кромкой. Для увеличения производительности процесса часто используют не единичные диски (как прирезке слитков), а наборы дисков, причем прокладки между дисками задают размер отрезаемой пластины. При использовании набора дисков можно существенно уменьшить их толщину

(до 0,1 мм) и, следовательно, ширину реза (до 0,2 мм) [1]. Для шлифования и полирования в качестве абразива используются кристаллы корунда, алмаза, окиси хрома и т.д. в виде порошков различной зернистости, паст или суспензий.

При механической шлифовке, вследствие воздействия шлифовального материала на подложку, возникают дефекты, связанные с процессом обработки в виде микрорельефа, микротрещин и областей скопления дислокаций [2].

Дефекты, возникающие в процессе подготовки подложек, оказывают большое влияние на последующие процессы диффузии, эпитаксиального наращивания, а также непосредственно на параметры микроселектронных приборов.

Решение задачи снижения дефектов подложки возникающих в процессе подготовки является актуальной как с научной, так и практической точки зрения.

Целью работы является усовершенствование технологии подготовки подложек арсенида галлия путем разработки процедуры шлифования и разработки автоматизированного комплекса для шлифовки подложек.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. *Достижение цели* обеспечивается решением следующих задач:

– исследование влияния параметров шлифования

и шлифовальных материалов на глубину нарушенного слоя;

– определение технологических параметров процесса шлифования;

– модернизации шлифовального оборудования, реализующего оптимальные технологические параметры.

Особенностью процесса шлифования подложки GaAs является вариация скорости погружения зерна V_t которая определяется взаимным положением шлифовального круга и подложки. Так как от ее величины зависят силы, действующие со стороны круга на подложку, определим значение V_t и запишем его в виде:

$$V(t) = \frac{1}{l(t)} \frac{dS(t)}{dt}, \quad (1)$$

где $l(t)$ – длина дуги контакта, $S(t)$ – сошлифованная площадь.

В первом приближении движение подложки можно считать прямолинейным, тогда можно записать [3]:

$$R_{кр} \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2}\right) + R_n \left(1 - \cos \frac{\beta}{2}\right) = b, \\ R_{кр} \sin \frac{\alpha}{2} = R_n \sin \frac{\beta}{2}, \quad (2)$$

где $R_{кр}$ – радиус шлифовального круга; R_n – радиус подложки; α – угол между нормалью круга и точкой соприкосновения подложка-круг; β – угол между нормалью подложки и точкой соприкосновения подложка-круг.

Из (1) получаем изменения углов α , β в процессе шлифовки и $l(t)$.

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{a^2 + (1 + a - 2y)^2 - 1}{2a(1 + a - 2y)}, \\ \sin \frac{\beta}{2} = a \sin \frac{\alpha}{2} = a \sqrt{1 - \cos^2 \frac{\alpha}{2}}, \\ a = \frac{R_{кр}}{R_n}, \quad y = \frac{b}{2R_n}, \quad l(t) = R_{кр} \alpha, \\ t = \frac{2R_n y}{V_n}. \quad (3)$$

Максимальная длина дуги контакта достигается при максимальном значении α . Максимальное значение y может быть получено поиском экстремума в выражении (3):

$$y^* = \frac{1 + a - \sqrt{a^2 - 1}}{2}. \quad (4)$$

Зависимость $S(t)$ можно представить в виде

$$S(t) = \begin{cases} \frac{R_{кр}^2}{2} (\alpha - \sin \alpha) + \frac{R_n^2}{2} (\beta - \sin \beta), \\ \beta \leq \pi, \quad (y \in [0, y^*]) \\ \frac{R_{кр}^2}{2} (\alpha - \sin \alpha) + \frac{R_n^2}{2} (2\pi - \beta + \sin \beta), \\ \beta > \pi, \quad (y \in [y^*, 1]) \end{cases} \quad (5)$$

Если принять $\cos \frac{\alpha}{2} = x$ для вычисления $\frac{\partial S(t)}{\partial t}$

получим:

$$\frac{\partial S}{\partial \tau} = \left(\frac{\partial S}{\partial \alpha} + \frac{\partial S}{\partial \beta} + \frac{d\beta}{d\alpha} \right) \frac{d\alpha}{d\tau}, \\ \frac{d\alpha}{d\tau} = \frac{d\alpha}{dx} \cdot \frac{dx}{dy} \cdot \frac{dy}{d\tau}. \quad (6)$$

С помощью (1)–(6) окончательно получим:

$$V(y) = V_n \psi(y), \quad (7)$$

где

$$\psi(y) = \begin{cases} \frac{1}{2 \arccos x} \left(1 + \frac{ax}{\sqrt{1-a^2(1-x^2)}} \right) \left(1 - \frac{a^2-1}{(1+a-2y)^2} \right), \\ y \in [0, y^*] \\ \frac{1}{2 \arccos x} \left(1 + \frac{ax}{\sqrt{1-a^2(1-x^2)}} \right) \left(1 - \frac{a^2-1}{(1+a-2y)^2} \right), \\ y \in [y^*, 1] \end{cases}, \quad (8)$$

$$x = \frac{a^2 + (1 + a - 2y)^2 - 1}{2a(1 + a - 2y)}, \quad y^* = \frac{1 + a - \sqrt{a^2 - 1}}{2}, \\ x^* = \frac{\sqrt{a^2 - 1}}{a}.$$

Выполнив анализ выражения (8), можно видеть, что $\psi(0) \rightarrow \infty$, $\psi(1) \rightarrow \infty$, тогда

$$\psi(y^*) = \frac{1}{(a^2 - 1) \arccos \frac{\sqrt{a^2 - 1}}{a}}. \quad (9)$$

Определим суммарную силу P с которой шлифовальный круг действует на подложку. Если разложить суммарную силу на две составляющие, и выполнить интегрирование их проекций, можно получить следующие выражения:

$$P_x = \frac{\frac{\alpha}{2}}{\frac{\alpha}{2}} \int q_n t R_{кр} \cos \varphi d\varphi = 2 \sin \frac{\alpha}{2} \cdot q_n t R_{кр} \\ P_z = \frac{\frac{\alpha}{2}}{\frac{\alpha}{2}} \int q_n t R_{кр} \sin \varphi d\varphi = K_M P_x. \quad (10)$$

Примем значение q_n – в виде [4]:

$$q_n = \frac{0,37 A_1 \psi_0 \frac{W}{V_{кр}}}{K_{ш} (1 + 0,37 \mu K_1 \psi_0)},$$

где W – зерно круга; $V_{кр}$ – угловая скорость круга; K_1 – коэффициент усадки стружки; $K_{ш}$ – коэффициент = 0,5; μ – постоянная, значение которой определено в [4].

Тогда значение суммарной силы запишется в виде:

$$P = \frac{0,74 A_1 \psi_0 \varphi(y)}{K_{ш} (1 + 0,37 \mu K_1 \psi_0)} R_{см} \frac{n_{см}}{n_{кр}}, \quad (11)$$

$R_{см}$ – радиус шлифовального стола; $n_{см}$ – угловая скорость вращения стола; $n_{кр}$ – угловая скорость вращения круга.

Определение значения суммарной силы резанья позволяет определить кинематические режимы шлифования.

В свою очередь, кинематические режимы шлифования определяют глубину погружения зерна во время его прохождения по дуге контакта. В горизонтальном направлении глубина погружения определяется выражением:

$$h_3 = \frac{L(\tau)}{V_{кр}} W(\tau) = 2 \frac{V_g}{V_{кр}} R_{кр} \alpha \Psi(y) = 2 \frac{V_g}{V_{кр}} R_{кр} \xi(y), \quad \xi(y) = \Psi(y) \arccos X \quad (12)$$

где $\Psi(y)$ – функция геометрических параметров.

Распределение вершин зерен подчиняется нормальному закону с максимальным вылетом, равным

$$\Delta_{max} = (\bar{x} + 3\sigma)(1 - \varepsilon) \approx 0,4\bar{x}. \quad (13)$$

При выполнении условия $h_3 < \Delta_{max}$ будет отсутствовать трение детали о связку круга.

Выражения (12) и (13) позволяют получить ограничение на отношение угловых скоростей вращения шлифовального круга и стола, которое может быть представлено в виде:

$$\frac{n_{см}}{n_{кр}} < \frac{0,2x}{R_{см} \xi(y)}. \quad (14)$$

Подставив значения параметров шлифовального станка, которые составляют: $\xi(y)_{max} = 2$, $n_{см} = 0,3 - 1,0$ об/мин, $n_{кр} = 6000$ об/мин, $R_{см} = 300$ мм, получим:

$$\frac{n_{см}}{n_{кр}} = (5,55 - 7,15) \cdot 10^{-5}. \quad (15)$$

Для операции шлифования подложек арсенида галлия используются алмазные шлифовальные круги с органической связкой профиля 100/80, 80/63, 40/26. Для этих кругов значения правой части выражения (14) составляют $4,75 \times 10^{-5}$, $3,73 \times 10^{-5}$ и $1,79 \times 10^{-5}$

соответственно. Таким образом, условие (14) не выполняется, что накладывает ограничение на глубину шлифования подложек.

Задаваясь максимальным вылетом зерна из связки, равным 0,4х, получим ограничение по глубине шлифования $t = 0,9x$. Таким образом, нами получены следующие ограничения на режим шлифования: Таким образом, для круга 100/80 – $t < 81$ мкм, для круга 80/63 – $t < 61$ мкм и для круга 40/28 – $t < 30$ мкм.

Выполним оценку производительности процесса шлифовки подложек GaAs.

Как показано в работе [6] толщина нарушенного слоя h пропорциональна диаметру зерна основной фракции D алмазного круга:

$$h = \alpha D, \quad (16)$$

где α – константа, зависящая от типа абразива и режима обработки.

Таким образом, при использовании нескольких кругов разной абразивности толщина удаляемого следующим кругом слоя должна равняться или быть больше толщины нарушенного слоя получившегося после обработки предыдущим кругом:

$$D_{n-1} = \alpha D_n t_n \quad (17)$$

где t_n – время обработки подложки данным кругом, D_n, D_{n-1} – диаметры абразивов кругов.

Тогда общее время операции можно выразить как

$$T = \sum t_n = \frac{1}{\alpha} \sum \frac{D_{n-1}}{D_n}. \quad (18)$$

Следовательно, можно определить размер зерен основной фракции круга, чтобы минимизировать T :

$$\frac{dT}{dD} = \frac{1}{\alpha} \left(-\frac{D_{n-1}}{D_n^2} + \frac{1}{D_{n+1}} \right) = 0. \quad (19)$$

Откуда условием минимального времени процесса шлифования является:

$$D_n^2 = (D_{n-1})(D_{n+1}). \quad (20)$$

Учитывая, что станок шлифования подложек САШ–АМ производит шлифовку тремя кругами, задавшись толщиной нарушенного слоя после резки пластин и зерном третьего круга, который должен обеспечивать минимальную толщину нарушенного слоя после шлифования, из (18) можно получить значения для зерен первого и второго круга:

$$D_1^2 = D_0 D_2; \quad D_2^2 = D_1 D_3; \quad (21)$$

откуда

$$D_1^2 = D_0 \sqrt{D_1 D_3} = \sqrt[3]{D_0^2 D_3}, \quad (22)$$

$$D_2^2 = \sqrt[3]{D_0^2 D_3 D_3} = \sqrt[3]{D_0 D_3^2} \quad (23)$$

Глубина нарушенного слоя D_0 после разделения слитка на пластины составляет 30–50 мкм [6]. Третий шлифовальный круг для обеспечения требуемой глубины нарушенного слоя после завершения операции шлифования устанавливается с зерном 28 мкм. Тогда вычисления по выражениям (11) и (12) дают результат 40 мкм для первого круга и 33 мкм для второго круга соответственно.

Полученными нами ограничения параметров процесса шлифования подложек GaAs позволили модернизировать станок САШ–АМ. В схему станка были добавлены датчики вращения стола и шпинделей, датчики перемещения шпинделей, система управления приводами. Управление станком, которое реализует неравенство (15) с учетом выражения (20), выполняет промышленная ЭВМ. Структурная схема модернизированного станка показана на рис. 1.

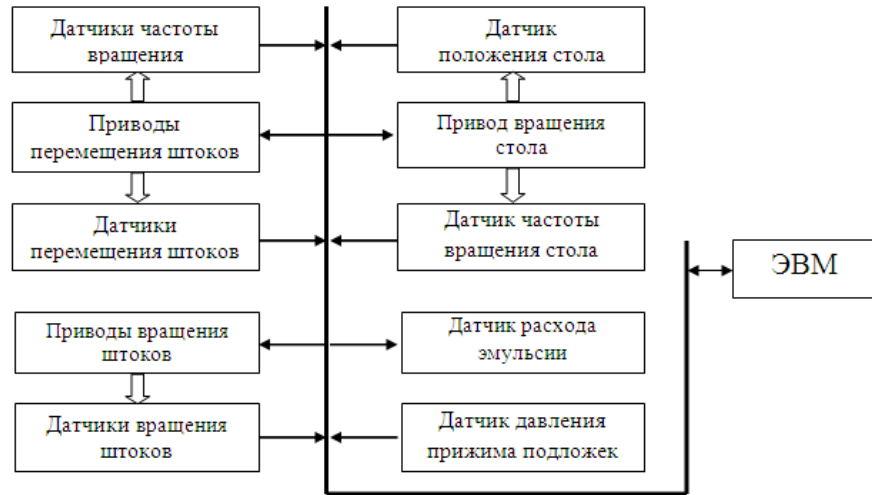


Рисунок 1 – Структурная схема модернизированного станка шлифовки подложек GaAs – САШ–АМ

Как было показано выше на соотношение скоростей вращения стола и шпинделей накладывается ограничение (14). Выполнение этого ограничения обеспечивает оптимальную нагрузку на пластину и оптимальные условия реза. Как показано выше, оптимальное отношение должно быть различным для различных кругов, следовательно, оптимизированный алгоритм должен учитывать эти ограничения.

Глубина шлифовки за один проход, одним шлифовальным кругом, не должна превышать 31 мкм. Этот параметр регулируется величиной перемещения шпинделя круга, которая в свою очередь определяется расстоянием от края круга до поверхности стола.

Станок САШ–АМ оснащен вращающимся столом и тремя шпинделями со шлифовальными кругами. Каждый из трех шпинделей устанавливается на определенное значение, которое определяет усилие шлифования. Подложки укладываются на присоски стола, при ходе шпинделя до 25 мм. Обороты шпинделя регулируются автоматически в диапазоне 50–12000 об/мин, а обороты стола в диапазоне 0,5–5 об/мин. Максимальная величина снимаемого припуска за один оборот стола каждым шпинделем при шлифовании алмазными кругами зернистостью 100/80 концентрации 200 % не более 0,3 мм.

Скорость вращения стола, $n_{ст}$, определяется напряжением на двигателе привода вращения стола, $U_{вст}$, а скорость вращения круга, $n_{кр}$, напряжением на двигателе вращения круга $U_{вкр1}, U_{вкр2}, U_{вкр3}$ для соответствующего шпинделя круга. Напряжение, которое подается на двигатели, формируются ЭВМ в зависимости от управляющих сигналов $\delta_{укр1}, \delta_{укр2},$

$\delta_{укр3}$ для кругов, а напряжение, поступающее на двигатель вращения стола формируется в зависимости от управляющего сигнала $\delta_{уст}$.

Следовательно, должно выполняться равенство

$$\frac{n_{ст}}{n_{кри}} = \frac{U_{вст}}{U_{вкри}} = \frac{\delta_{уст}}{\delta_{укр}} \quad (24)$$

где i – номер круга (1–3).

Таким образом (24) можно переписать в виде:

$$\frac{\delta_{уст}}{\delta_{укри}} < \frac{0,2x}{R_{ст}\xi(y)} = \begin{cases} 4,75 \times 10^{-5} & \text{для } 100/80 \\ 3,75 \times 10^{-5} & \text{для } 80/63 \\ 1,79 \times 10^{-5} & \text{для } 40/26 \end{cases} \quad (25)$$

где $\delta_{уст}$ – управляющее воздействие на двигатель вращения стола; $\delta_{укри}$ – управляющее воздействие на двигатель вращением шпинделя соответствующих кругов.

Глубина шлифовки определяется величиной перемещения приводов перемещения кругов [7]. Величина перемещения, в свою очередь, определяется напряжением на приводах перемещения $U_{пкр}$ и зависит от управляющего сигнала $\delta_{усп}$. Требуемая величина перемещения кругов для обеспечения заданной глубины шлифования получается путем обработки сигналов с датчиков положения алмазных кругов. Следовательно, перемещение кругов h_n должно выполняться до тех пор, пока не выполнится равенство $h_n = h_{i1} - h_r + t$, где h_{i1} – расстояние от поверхности стола до края соответствующего

шлифовального круга. Тогда для вычисления управляющего воздействия можно записать:

$$\delta_{упрi} = K \times (h_{i1} - h_r + t), \quad (26)$$

где $\delta_{упрi}$ – управляющие воздействия на приводы перемещения соответствующих кругов; K – коэффициент усиления системы управления электродвигателем, лежащий в диапазоне (1–100). Управление станком шлифования подложек выполнено в соответствии с решениями, описанными в работе [8].

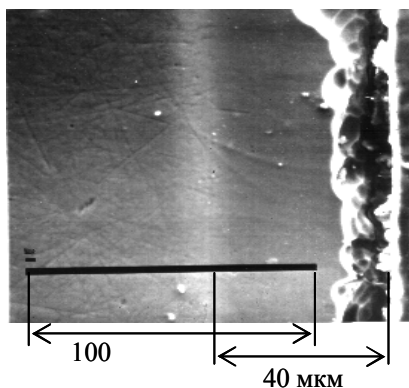


Рисунок 2 – Нарушенный слой в подложке GaAs после подготовке по существующей технологии

Для оценки качества шлифовки и глубины нарушенного слоя нами было проведено исследование подложек GaAs.

Измерение нарушенного слоя проводилось на сколах подложек шлифованных и полированных алмазными пастами с последовательным изменением размера зерна, вплоть до 0,25 мкм. Избирательное травление производилось травителем $\text{HNO}_3:\text{H}_2\text{SO}_4:\text{H}_2\text{O}=1:2:2$. Время травления составило 7 минут, при температуре травителя 70 °С. На рис. 2 показано изображение нарушенного слоя подложки, полученное при помощи растрового электронного микроскопа Camebax. Можно видеть, что нарушенный слой глубиной 40 мкм состоит из двух слоев: слой, состоящий из микротрещин и шероховатостей, глубиной 15 мкм, и слой повышенных механических напряжений, глубиной 35 мкм.

На рис. 3 показан снимок подложки GaAs подготовленный по усовершенствованной технологии.

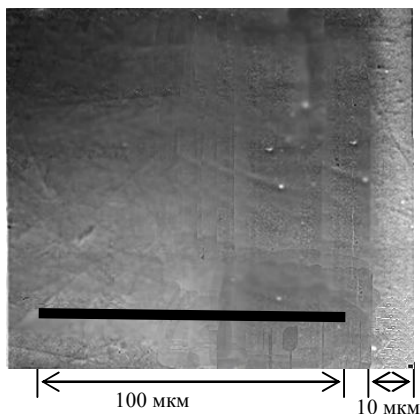


Рисунок 3 – Нарушенный слой в подложке GaAs после подготовке

по усовершенствованной технологии. Порядок обработки подложки описан выше. Можно видеть, что глубина нарушенного слоя уменьшилась до 10 мкм, при этом слой микротрещин и шероховатостей оказался сошлифованным.

ВЫВОДЫ. 1. Выполнен анализ процесса шлифования подложек GaAs, и определены кинематические режимы шлифования.

2. Определены ограничение на соотношение скоростей вращения стола и шпинделей шлифовального станка.

3. Усовершенствован станок алмазной шлифовки, позволяющий реализовывать оптимальные режимы шлифования.

4. Усовершенствованна технология подготовки подложек арсенида галлия, которая позволяет уменьшить нарушенный слой подложки до 10 мкм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ruzyllo J. Second look at role of dry water cleaning technology// in Proc. Svmp. Contam. Free Manuf. SEMICON. – San Francisco: USA, 1998. – PP. L1–L6.
2. Fujiwara K., Nishikawa Y., Tokuda Y., Nakayama T. Effects of substrate preparation conditions on GaAs oval defects grown by molecular beam epitaxy // J. Appl. Phys. Lett. – 1986. – Vol. 48. – PP. 701–704.
3. Семко М.Ф., Грабченко А.И., Ходоревский М.Г. Алмазное шлифование синтетических и сверхтвердых материалов. – Х.: Вища школа, 1980. – 190 с.
4. Финкель В.М. Физика разрушения. – М.: Металлургия, 1970. – 376 с.
5. Torrance W., McAnemy J. and Robertson M. Wax Mounting, Backlapping, and Chemo-Mechanical Polishing of 150mm (6 Inch) GaAs Wafers // GaAs MANTECH Conf. 1999. – PP. 183–185.
6. Lee C. and Matijasevic G.S. Highly Reliable Die Attachment on Polished GaAs Surfaces Using Gold-Tin Eutectic Alloy // IEEE Trans. Comp., Hybrids, and Manuf. Technol. 12, 406 (1989).
7. Шуваев Г.В., Тихонов Г.Ф., Сорокин В.К., Зимницкий Ю.Н. Применение алмазных инструментов для обработки полупроводниковых материалов. // Электронная техника. – 1978. – Сер. 2. – Вып. 3. – С. 103–106.
8. Оксанич А.П., Притчин С.Э., Ткаченко М.А. Разработка автоматизированного устройства с программным управлением для шлифовки кремниевых структур с диэлектрической изоляцией // Прикладная радиоэлектроника. – Харьков, 2004. – Т. 3. – № 3. – С. 79–83.

S. Pritchyn, V. Orel, V. Terban, N. Rylova

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: pritchinse@ukr.net

The authors have described a way of improving technology of gallium arsenide substrate preparation. It is shown that one of the features of grinding substrates is variation of sink rate of the grain, which is determined by the mutual relative position of grinding wheel and a substrate. An expression for the determination of the total force, which has the grinding wheel acting on a substrate, is obtained. The kinematic grinding modes of substrates and a constraint are defined by the ratio between the rotational speed of the grinding wheel and the table, which is in the range (5,55–7,15) $\times 10^{-5}$. There are depth restrictions of grinding for different diamond wheels, the grinding depth should not exceed 81 microns for 100/80 circle, 61 micron for 80/63 circle, and 30 microns for 40/28 circle. It was obtained theoretically the depth of the damaged layer produced by grinding diamond with different grain size. The authors have modernized the diamond grinding machine, that implements the proposed technology. Due to experiments conducted the resulting depth of the damaged layer was decreased from 40 to 10 microns.

Key words: gallium arsenide substrate, preparation, grinding, disturbed layer.

REFERENCES

1. Ruzyllo, J. (1998), «Second look at the role of dry water cleaning technology», *Proc. Svm. Contam. Free Manuf. SEMICON*, pp. L1–L6, San Francisco, USA.
2. Fujiwara, K., Nishikawa, Y., Tokuda, Y., Nakayama, T. (1986), «Effects of substrate preparation conditions on GaAs oval defects grown by molecular beam epitaxy», *J. Appl. Phys. Lett.*, vol. 48, pp. 701–704.
3. Semko, M.F., Grabchenko, A.I., Hodorevskii, M.G. (1980), *Almaznoe shlifovanie sinteticheskikh i sverkhтвердых материалов* [Diamond grinding of synthetic and superhard materials], Vishcha shkola, Kyiv, Ukraine.
4. Finkel, V.M. (1970), *Fizika razrusheniia* [Destruction physics], Metallurgiiia, Moscow, Russia.
5. Torrance, W., McAnemy, J., and Robertson, M. (1999). «Wax Mounting, Backlapping, and Chemo-Mechanical Polishing of 150mm (6 Inch) GaAs Wafers», *GaAs MANTECH Conf.*, pp. 183–185.
6. Lee C. and Matijasevic, G.S. (1989) «Highly Reliable Die Attachment on Polished GaAs Surfaces Using Gold-Tin Eutectic Alloy», *IEEE Trans. Comp., Hybrids, and Manuf. Technol.* 12, 406.
7. Shuvaev, G.V., Tihonov, G.F., Sorokin, V.K., Zimnitckii, Iu.N. (1978), «Application o diamond tools for semiconductor materials processing», *Elektronnaia tekhnika*, ser. 2, iss. 3, pp. 103–106.
8. Oksanich, A.P., Pritchyn, S.E., Tkachenko, M.A. (2004), «Development of the programme-controlled automatic device for ciphering of silicon patterns with dielectric insulation», *Prikladnaia radioelektronika*, Harkov, vol. 3, no.3, pp. 79–83.

Стаття надійшла 18.05.2013.