

**АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРИВОДНЫМИ
СИСТЕМАМИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПЛАСТИН НА КРИСТАЛЛЫ**

В.Л. БАСИНЮК, Р.Е. ВОЛКОТРУБ, М.П. ЛОБКОВА

*Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси,
г. Минск, Республика Беларусь*

А.С. КАЛИНИЧЕНКО, А.Е. КОВЕНСКИЙ

*Белорусский государственный технологический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

Приведены результаты исследований в области разработки методических основ создания адаптивной системы управления приводными системами прецизионного оборудования микроэлектроники на примере автомата ОАО «Планар» для деления полупроводниковых пластин на кристаллы. Для повышения производительности и увеличения стойкости алмазного режущего диска предложено использование при адаптивном управлении мониторинга параметров механических колебаний рабочего стола с собственными частотами и вынужденных колебаний высокоскоростного прецизионного электрошпинделя с аэростатическими опорами, возникающими при функционировании их приводов.

Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ (грант № Т23МЭ-008).

Разделение полупроводниковых пластин на кристаллы практически завершает процесс их изготовления. Стоимость полупроводниковой пластины к этому моменту может достигать нескольких десятков тысяч рублей и ответственность этой операции чрезвычайно высока. При этом устойчивая тенденция минимизации размеров микросхем обуславливает необходимость уменьшения ширины реза и прилегающей к нему дефектной зоны при разделении полупроводниковых пластин на кристаллы алмазным режущим диском с использованием современного прецизионного оборудования, что способствует не только увеличению числа кристаллов на ней, но и увеличению выхода годной продукции.

Исследованиям в области совершенствования конструктивного исполнения оборудования и параметрам его функционирования посвящено значительное число научных работ. Вместе с тем, при выходе на микро- и нанометрическую точность влияние механических колебаний на качество обработки в ряде случаев становится преобладающим [1, 2]. Более того, при уменьшении в ближайшие годы кристаллов до 1x1 мм и менее толщин полупроводниковых пластин до 100 мкм и механические колебания в ряде случаев могут приводить к поломкам полупроводниковых пластин и (или) алмазных режущих дисков, а также существенному снижению ресурса последних.

К одному из наиболее эффективных путей решения этих проблем можно отнести использование адаптивного управления параметрами функционирования приводных систем, основанного на мониторинге и оперативном анализе параметров механических колебаний.

Общий вид оборудования для разделения полупроводниковых пластин на кристаллы на примере установки ЭМ-2165 ОАО «Планар» и его рабочей зоны показаны на рисунке 1.

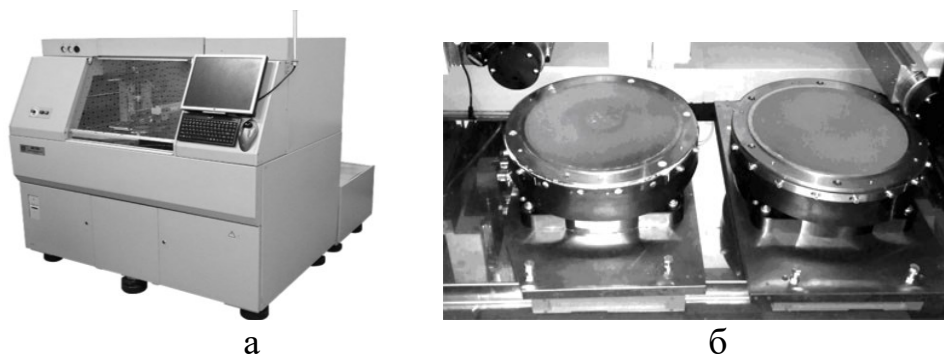


Рисунок 1 – Общий вид (а) и рабочая зона (б) автомата ЭМ-2165 ОАО «Планар» для разделения полупроводников на кристаллы алмазным режущим диском

В прецизионном оборудовании ОАО «Планар» для разделения полупроводниковых пластин на кристаллы для реализации этого процесса используется два основных программно-управляемых привода:

- привод рабочей подачи стола с зубчато-ременной передачей, обеспечивающий рабочую подачу до 200 мм/с;
- высокоскоростной прецизионный электрошпиндель с аэростатическими опорами, имеющий частоты вращения до 60000 об/мин.

При разгоне, рабочем ходе и торможении стола, на котором размещается разделяемая на кристаллы полупроводниковая пластина, возникают механические колебания с собственной частотой. Типовая осциллограмма этих колебаний показана на рисунке 2. После установившейся частоты вращения электрошпинделя возникают вынужденные механические колебания вала с консольно установленным на оправке алмазным режущим диском, амплитуда которых зависит от частоты вращения электрошпинделя и эксцентриситета установки алмазного режущего диска на оправке.

С учетом приведенного выше, в основу методического подхода к разработке алгоритма функционирования адаптивной системы управления режимами функционирования приводными системами прецизионного оборудования для разделения полупроводниковых пластин на кристаллы может быть положена взаимосвязь между параметрами механических колебаний, включая колебания с собственными частотами и вынужденные колебания, с шириной прорезаемого в полупроводниковой пластине паза и прилегающей к нему дефектной зоны, режимами функционирования приводов рабочего стола и высокоскоростного прецизионного электрошпинделя. Затем определены и автоматизировано созданы оптимальные режимы функционирования.

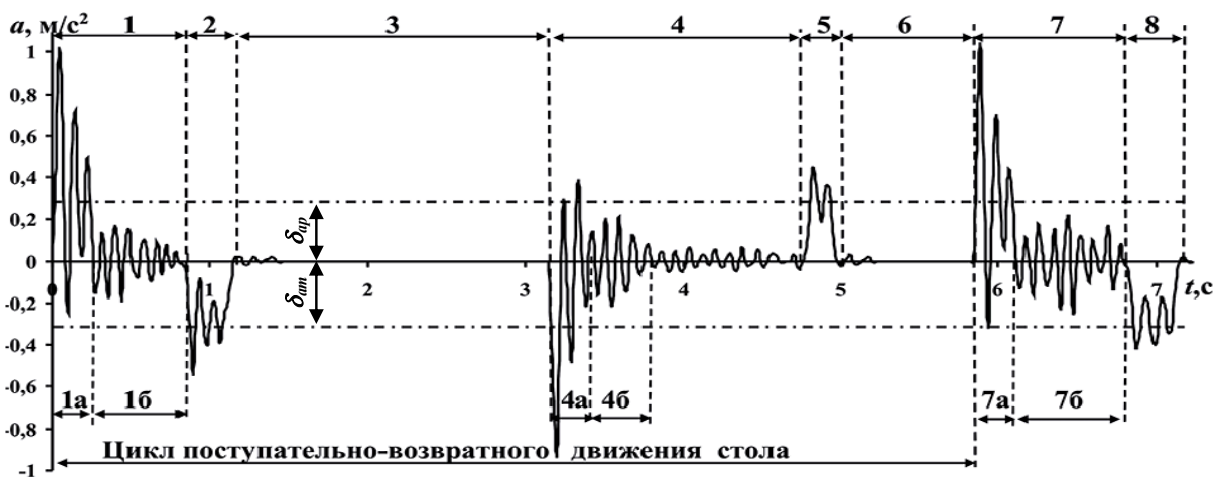


Рисунок 2 – Структурированная типовая осциллограмма колебаний рабочего стола при его движении с создаваемым приводом ускорением:

1, 7 – разгон стола и движение со скоростью 100 мм/с (1а, 7а – разгон стола, 1б, 7б – колебания стола в момент достижения рабочей скорости подачи и движения с этой скоростью в одном прямом направлении; 2, 8 – торможение стола двигателем; 3 – неподвижное положение стола, при котором полупроводниковая пластина смещается на шаг перпендикулярно направлению движения стола и алмазный режущий диск опускается на нужную глубину ее реза; 4 – разгон стола до скорости подачи 60 мм/с и его рабочее движение в обратном направлении (4а – разгон стола; 4б – колебания стола в момент его остановки); 5 – остановка стола; 6 – неподвижное положение стола, в процессе которого алмазный режущий диск поднимается

Анализ результатов проведенных исследований подтвердил возможность создания эффективной системы адаптивного управления приводными системами на примере прецизионного оборудования ОАО «Планар» для разделения полупроводниковых пластин на кристаллы, основанной на мониторинге, автоматизированном анализе параметров механических колебаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковенский, А.Е. Мониторинг и управление параметрами колебаний высокоскоростного электрошпинделя на аэростатических подшипниковых опорах / А.Е. Ковенский, В.Л. Басинюк, А.А.Глазунова // Актуальные вопросы машиноведения: сб. научн. тр. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси; редкол.: С.Н. Поддубко [и др.]. – 2019. – Вып. 8. – С. 154–158.

2. Папина, С.С. Комбинированные приводы координатных систем для прецизионного разделения полупроводниковых пластин на кристаллы: монография / С. С. Папина, В. Л. Басинюк; Объединенный ин-т машиностроения Нац. акад. наук Беларуси. – Минск: РИПО, 2016. – 118 с.