

## КОНТРОЛЬ ТОЛЩИНЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПЛАСТИН В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА

К.т.н. Н.Г. Стародубцев, Н.П. Демская, С.И. Теслюк, А.Ю. Ихтияров, Харьковский национальный университет радиоэлектроники

*Предлагается метод контроля толщины полупроводниковой пластины в процессе производства, позволяющий повысить производительность и качество изделий.*

*Пропонується метод контролю товщини напівпровідникової пластини в процесі виробництва, що дозволяє підвищити продуктивність і якість виробів.*

*The quality monitoring of thickness of a semiconductor plate is offered during the manufacture, allowing to raise productivity and quality of products.*

**Ключевые слова:** метод контроля, полупроводниковые пластины, плоскопараллельный емкостной однолучевой датчик.

### Введение

Развитие нанотехнологий, обеспечивает значительное улучшение характеристик приборов и систем, на основе полупроводниковых пластин. Преимущественные области использования таких приборов и систем: авиация; управление; связь; разведка; навигация; передача, обработка и хранение информации. При этом использование полупроводниковых пластин направлено на разработку и создание: систем технического зрения; датчиков контроля; устройств обработки и хранения информации и др.

Технология формообразования полупроводниковых пластин один из основных факторов в практическом и экономически-эффективном использовании изделий микроэлектронной техники. Применение полупроводниковых пластин в таких приборах и системах обусловлено всем комплексом присущих им достоинств.

Одним из направлений улучшения характеристик полупроводниковых приборов и систем является обеспечение прецизионной обработки торцевых поверхностей полупроводниковых пластин. Однако до настоящего времени выполнение контроля толщины полупроводниковых пластин в процессе производства интегральных микросхем осложнялось ввиду отсутствия эффективных методик и автоматизированных средств технологического контроля толщины полупроводниковых пластин.

### Анализ литературы

Существует большое количество контактных и неконтактных способов измерения толщины полупроводниковых пластин. Однако все они имеют общий недостаток – для проведения измерения обрабатываемую пластину необходимо снимать со станка, поскольку все вышеперечисленные методы работают непосредственно с объектом измерения (полупроводниковой пластиной), помещаемым в измерительную установку.

При переносе со станка на измерительную установку существует опасность создания на поверхности полупроводниковой пластины дополнительных дефектов от частиц пыли, абразива и осколков кромок пластины, возникающих при манипулировании пластиной в процессе контроля, что отрицательно сказывалось на качестве готовой продукции.

### Постановка задачи

Исходя из вышесказанного, необходимо исключить процесс переноса полупроводниковых пластин из обрабатывающего станка в измерительную установку, т.е. производить измерения непосредственно на обрабатывающем станке.

Однако существующие методы контроля толщины пластины для этого не приспособлены, так как являются “прямыми” и не могут применяться непосредственно на станке. Поэтому необходимо модифицировать метод контроля толщины полупроводниковых пластин. Необходимо разнести полупроводниковую пластину и измерительную установку. Таким образом, разработка метода автоматизированного контроля толщины полупроводниковых пластин в процессе производства, применяющихся при производстве интегральных микросхем и полупроводниковых приборов является актуальной.

### Основная часть

Предлагаемый метод измерения толщины полупроводниковой пластины основан на предположении, что текущее расстояние между верхним и нижним шлифовальниками равно, с некоторым допуском, текущей толщине обрабатываемой пластины и в процессе обработки расстояние между верхним и нижним шлифовальниками изменяется синхронно-пропорционально изменению толщины пластины (с тем же знаком и по тому же закону).

Структурная схема предложенного метода приведена на рис. 1.

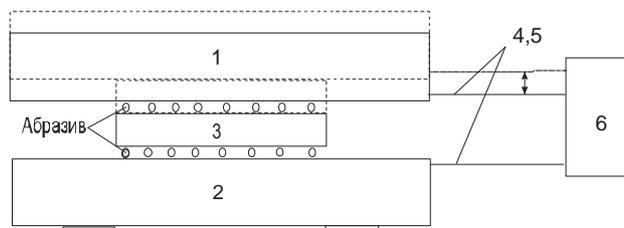


Рис. 1. Структурная схема измерения толщины полупроводниковой пластины:

- 1, 2 – верхний и нижний шлифовальники;
- 3 – полупроводниковая пластина; 4,5 – жесткие балки;
- 6 – датчик перемещения.

В процессе обработки полупроводниковой пластины при вращении шлифовальника 1 поверхности

шлифовальников 1,2 и полупроводниковых пластин 3 плотно прилегают друг к другу. В зону шлифования подают абразивную суспензию с помощью которой нарушенный слой полупроводниковой пластины разрушается и выводится из рабочей зоны. Толщина пластины уменьшается и верхний шлифовальник 1 опускается вниз на величину сошлифованного слоя полупроводниковой пластины  $h' - h$ . Это перемещение через жесткие балки 4,5 передается на датчик перемещения, в котором под воздействием данного изменения расстояния  $h$  изменяется контрольная величина. Это изменение с помощью преобразователя преобразуется в напряжение и подается на вход усилителя и далее, через АЦП, на микропроцессор, где и обрабатывается.

Для автоматического измерения линейных перемещений используются различного рода датчики. В зависимости от типа используемых датчиков можно выделить несколько групп автоматических измерителей.

Максимальную точность изменения обеспечивают различные оптические измерители, в первую очередь лазерные, фотоэлектрические с кодовыми масками и др. Но к их недостаткам относятся значительная сложность и габариты (особенно лазерных измерителей), недостаточная помехоустойчивость и высокая стоимость [1].

Значительное распространение получили также разнообразные измерители с датчиками, базирующимися на эффекте электромагнитной индукции, в частности многополюсными вращающимися трансформаторами, индуктосинами и др. Этот класс датчиков позволяет легко автоматизировать процесс измерения, однако приборы на их основе по точности измерения существенно уступают оптическим измерителям [2,3,4].

Гораздо меньше внимания уделяется измерителям перемещения с емкостными датчиками [5,6]. При этом высказывается мнение, что малые емкость и выходная мощность такого датчика сильно ограничивают точность измерения перемещения, а краевые эффекты оказывают значительное влияние на характеристику преобразователя. Однако проведенные исследования и успехи в области прецизионного измерения малых емкостей позволяют утверждать, что малая емкость датчика не является существенным фактором, ограничивающим точность измерения в таких системах. Кроме того, изучение конфигурации поля в датчике дает возможность разработать измерители перемещений с высоколинейной и строго расчетной переходной характеристикой. Эти обстоятельства обуславливают перспективность данного класса измерителей перемещений.

Важным преимуществом емкостных датчиков перед другими типами датчиков является возможность реализации любой зависимости изменения емкости от изменения измеряемой величины (линейной, логарифмической, экспоненциальной, степенной и др.).

Рассмотрим основные требования, предъявляемые к бесконтактным датчикам с точки зрения их удовлетворения емкостными датчиками [7].

В общем случае датчики должны обеспечивать удобную форму зависимости между входной и выходной величинами – это требование выполняется без особых

трудностей; обеспечивать однозначность зависимости между входной и выходной величинами – это требование обусловлено исключительно конструктивными и технологическими характеристиками и для большинства датчиков выполнимо; они должны быть простыми и технологичными по конструкции и обладать взаимозаменяемостью, простотой монтажа и эксплуатации – эти требования также могут быть удовлетворены полностью.

Датчики должны изготавливаться из недефицитных материалов, безвредных для окружающей среды и людей, они должны обладать стойкостью по отношению к внешней среде – в большинстве случаев эти требования удовлетворяются.

Емкостные датчики должны обладать однонаправленностью действия, у емкостных датчиков изменение параметров нагрузки не влияет на параметры измеряемой величины; кроме того, они должны обладать стабильностью характеристик во времени – это требование выполняется удовлетворительно только для емкостных датчиков с воздушным диэлектриком.

Емкостные датчики должны обладать большой механической и электрической перегрузочной способностью, быть высокочувствительными и обладать малой инерционностью – эти требования, в основном, зависят от конструктивных характеристик и хорошо выполняются.

Таким образом, емкостные датчики вполне удовлетворяют всем поставленным требованиям.

Простейшие геометрические формы поверхностей и соотношения для расчета пространственных характеристик поля воздушного промежутка  $g$  приведены в табл. 2 и 3 [7, с.97,98].

Исходя из всего вышесказанного в качестве датчика перемещения выбираем плоскопараллельный емкостной однолучевой датчик, в котором в качестве диэлектрика применяется воздух.

Емкость любого конденсатора может быть определена из следующего уравнения [7]:

$$C_0 = \epsilon_0 \left[ \sum_1^r \epsilon_r g_r + \sum_1^a \epsilon_a g_a \right], \quad (1)$$

где:  $\epsilon_r$  – диэлектрическая проницаемость вещества основного зазора;

$\epsilon_a$  – диэлектрическая проницаемость вещества вне зазора;

$g_r$  – пространственная характеристика поля зазора, м;

$g_a$  – пространственная характеристика элемента внешнего поля, м.

В заданном плоскопараллельном емкостном однолучевом датчике в качестве диэлектрика применяется воздух.

Емкость однолучевого датчика плоскопараллельного типа с учетом всех возможных пространственных характеристик поля может быть определена по формуле (2). В данном случае, когда диэлектриком датчика является воздух, а геометрические размеры электродов датчика относятся к расстоянию между электродами, как  $0,1a \leq h$  и  $0,1b \leq h$ , емкость датчика определяется следующим образом:

$$C_0 = g_0 \left[ \sum_1^r g_r g_r + \sum_1^a g_a g_a \right] = g_0 g_B [g_1 + 2(g_2 + g_4 + g_6' + g_8 + 2g_{10} + 2g_{12}') = 8,854 \cdot 1,00059 \{ (a \cdot b) / h + 0,52(a+b) + 0,636 \cdot [\ln((2e) / h + 1)] (a+b) + 0,308h + c \} 10^{-3} = 8,86 \{ (ab) / h + [0,52 + 0,636 \ln((2e) / h + 1)] + (a+b) + 0,308h + c \} 10^{-3}$$

где  $g_1$  – значение пространственной характеристики поля в зазоре плоскопараллельного конденсатора из [7];

$g_2, g_4, g_6', g_8, g_{10}$  и  $g_{12}'$  – значения пространственных характеристик поля рассеяния для зазора, образованного плоскопараллельными электродами, из таблицы 3 [7].

Полученное значение емкости плоскопараллельного конденсатора можно раскрыть так:

$$C_0 = 8,86 \frac{ab}{h} 10^{-12} + 8,86 \{ [0,52 + 0,636 \ln \cdot ((2c)h + 1)] \} 10^{-3} = (a+b) + 0,308h + c = C'_0 + C_B,$$

где

$$C_0 = \epsilon_0 \epsilon_B g_1 = \epsilon_0 \epsilon_B \frac{ab}{h} = 8,86 \frac{S}{h} 10^{-12}$$

– основная емкость конденсатора;

$C_B$  – емкость конденсатора в силу наличия полей рассеяния.

Таким образом, в простейшем случае, когда  $0,1a \leq h$  и  $0,1b \leq h$ , емкость заданного плоскопараллельного конденсатора определяется по формуле

$$C_0 = \epsilon_0 \epsilon_B g_1 = 8,86 \frac{ab}{h} \cdot 10^{-12} = 8,86 \frac{S}{h} 10^{-12}.$$

так как  $C_B \approx 0$ .

УДК 681.3.07

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТЫ

Д.т.н. А.А. Андрусевич, к.т.н. Н.Г. Стародубцев, А.А. Гринченко, Харьковский национальный университет радиоэлектроники

*Работоспособность ленточного конвейера – важное условие эффективности и долговременности его использования. В статье предлагается алгоритм определения возможных повреждений ленты на каждом ее цикле (обороте).*

*Працездатність стрічкового конвеєра - важлива умова ефективності та довготривалості його використання. У статті пропонується алгоритм визначення можливих пошкоджень стрічки на кожному її циклі (обороті).*

*The efficiency of the conveyor belt - an important condition for the effectiveness and the sustainability of its use. The article proposes an algorithm for determining possible damage to the tape at every cycle (reverse).*

### Выводы

Таким образом, контроль толщины полупроводниковой пластины можно осуществлять с помощью емкостного датчика посредством измерения перемещения базовых плоскостей, непосредственно связанных с обрабатываемой пластиной.

Применение предложенного метода дает:

– повышение производительности технологического процесса механической обработки полупроводниковой пластины за счет исключения потерь времени на перенос полупроводниковой пластины с обрабатывающего станка в измерительную установку и процесс измерения;

– повышение качества поверхности полупроводниковой пластины за счет исключения повреждений возможных при “манипуляциях” с пластиной в процессе переноса её с обрабатывающего станка в измерительную установку и в процессе измерения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Курносое А.И., Юдин В.В. *Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем.* – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986. – 368 с., ил.
2. *Измерения и контроль в микроэлектронике.* Дубовой Н.Д., Осокин В.И., Очков А.С. и др.; Под ред. А.А. Сазонова. – М.: Высш. шк., 1984. – 367 с., ил.
3. Черняев В.Н. *Технология производства интегральных микросхем и микропроцессоров: Учебник для вузов.* – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1987. – 464 с.: ил.
4. Готра З.Ю. *Справочник по технологии микроэлектронных устройств.* – Львов: Каменяр, 1986. – 287 с.
5. *Технологический контроль размеров в микроэлектронном производстве/ Быстров Ю.А., Колгин Е.А., Котлецов Б.Н.* – М.: Радио и связь, 1988. – 168 с.: ил/
6. Высоцкий А.В., Курочкин А.П. *Пневматические средства измерения линейных величин в машиностроении.* – М.: Машиностроение, 1979. – 146 с.: ил.
7. Волосов С.С., Педь Е.И. *Приборы для автоматического контроля в машиностроении.* – М.: Машиностроение, 1970. – 310 с.: ил.

**Ключевые слова:** ленточный конвейер, повреждение, износ конвейерной ленты

### Введение

В современных условиях горнодобывающая отрасль занимает ведущее место в экономике Украины. Широкое использование конвейерного транспорта на шахтах и карьерах является одним из важных факторов повышения технического уровня и эффективности функционирования горного производства. Ленточный конвейер является одним из наиболее распространенных в угольных добывающих отраслях, где ряд конвейерных модулей должны быть соединены друг с другом для достижения передачи груза на расстояние.