

# Прибор для бесконтактного контроля типа проводимости кремниевых слитков и пластин

И. Новожилов<sup>1</sup>

УДК 621.317.3 | ВАК 05.11.08

Большинство российских предприятий, приобретая кремниевые слитки или пластины у отечественных или зарубежных компаний, полагаются на полное соответствие их параметров выданной спецификации. Но бывают случаи, когда поставщик, вследствие производственной ошибки или ввиду отсутствия надлежащего контроля качества, не обеспечивает заданных характеристик своей продукции, вплоть до того, что путает тип ее проводимости. Для быстрого выявления этой последней ошибки без риска повреждения поверхности пластины венгерская компания Semilab разработала компактный и простой в использовании прибор PN-100.

**Н**аиболее распространенным полупроводниковым материалом в микроэлектронике остается кремний, используемый для изготовления интегральных схем, солнечных панелей, приборов силовой электроники и т. п. Любой организации, занимающейся изготовлением продукции такого типа, будь то серийное предприятие или исследовательская лаборатория, для четкого понимания свойств материала, который станет основой будущих электронных изделий, необходимо средство для быстрого определения типа проводимости кремниевого слитка или пластины. Такая проверка нужна также и производителям полупроводниковых материалов как средство качественного контроля технологической операции выращивания слитка кремния с нужной электронной или дырочной проводимостью.

Сегодня для выполнения данной задачи наиболее широко применяется метод термозонда (горячего зонда), основанный на измерении милливольтметром полярности термоэлектродвижущей силы (термоЭДС) на нагретом участке полупроводника. Щупы прибора устанавливаются непосредственно на поверхность слитка или пластины на небольшом расстоянии друг от друга; при измерениях на полупроводнике р-типа стрелка милливольтметра отклоняется в сторону положительных значений, а на полупроводнике n-типа – в сторону отрицательных значений. Существуют более совершенные конструкции, реализующие метод термозонда, в которых милливольтметр заменен схемой определения полярности термоЭДС с цветовым индикатором (рис. 1).

Наряду с простотой измерений метод горячего зонда обладает рядом существенных недостатков, таких как механический контакт металлического зонда с рабочей поверхностью слитка/пластины, необходимость нагрева исследуемого образца, недостоверность измерений при температуре нагрева, близкой к собственной проводимости полупроводника – состоянию, когда концентрация электронов равна концентрации дырок.

Преимущественно для бесконтактного определения типа проводимости слитков и пластин моно- и поликристаллического кремния (mono-Si и poly-Si соответственно), в том числе с тонкой оксидной пленкой, образовавшейся вследствие длительного нахождения пластин на открытом воздухе либо нанесенной специально, как это требуется в некоторых технологиях, был разработан метод поверхностного фотонапряжения (SPV – Surface Photovoltage). Это напряжение возникает в приповерхностной области полупроводника (на глубине ~3 мкм) за счет светового излучения, которое генерирует в материале электронно-дырочные пары



**Рис. 1.** Пример прибора с горячим зондом для определения типа проводимости. В данном приборе «холодный» и «горячий» контакты смонтированы в едином эргономичном щупе

<sup>1</sup> АО «Диполь Технологии», руководитель проектов направления «Микроэлектроника», nia@dipaul.ru.

в большой концентрации. Физические основы метода поверхностного фотонапряжения схожи с принципом действия термозонда, но здесь определяется полярность не термоЭДС, а SPV-сигнала.

Прибор PN-100, в котором реализован метод SPV, разработан в первую очередь для определения типа проводимости кремния, но может работать с любым материалом, легированным для получения n- или p-типа проводимости и имеющим удельное сопротивление в пределах от 20 мОм·см до 3 000 Ом·см.

Компактный прибор внешне напоминает лазерную указку (рис. 2). При нажатии на кнопку On/Off вмонтированный в оконечность корпуса прибора светодиод начинает в импульсном режиме излучать свет с длиной волны 625 нм. Под воздействием светового потока образец находится вблизи потенциала плоских энергетических зон, при этом его поверхностный потенциальный барьер меньше, чем в паузах между световыми импульсами. Изменение поверхностного потенциала фиксируется высокочувствительным датчиком, расположенным на конце «указки», который анализирует емкостную связь вблизи поверхности образца. Сигнал датчика определяется разницей между значениями поверхностного потенциала, измеренными во время светового воздействия и без него, его знак зависит от типа проводимости изучаемого образца: положительный сигнал соответствует p-типу проводимости (на приборе загорается индикатор красного цвета), отрицательный – n-типу (загорается индикатор зеленого цвета).

Для работы прибора PN-100 требуется обычная батарейка AAA. Контроль типа проводимости пластин может осуществляться даже через прозрачный транспортный бокс. Стоит отметить, что прибор не требует поверки и метрологической аттестации, и его можно отнести к классу индикаторов.



**Рис. 2.** Прибор PN-100 для бесконтактного определения типа проводимости кремниевых слитков и пластин

Поставки PN-100 в Россию уже осуществляет АО «Диполь Технологии», и он находит активное применение на кристалльном производстве отечественных предприятий. Первым обладателем этого прибора в нашей стране в 2018 году стало АО «Протон» (г. Орел), и специалисты участка входного контроля пластин по достоинству оценили возможности PN-100, простоту и удобство его применения.

\*\*\*

Следствием запуска в производство партии пластин, не соответствующих спецификации, будет изготовление заведомо непригодной продукции – например, если n-канальный транзистор, который должен быть сформирован на подложке p-типа, окажется выполненным на p-типе. Наличие прибора PN-100 на предприятии, выпускающем микроэлектронные приборы на кремнии, позволяет выявить данную ошибку на ранней стадии и избежать многомиллионных потерь. ●

## НОВЫЕ КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



Цена 1600 руб.

### НАСТОЛЬНАЯ КНИГА ИНЖЕНЕРА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СВЧ-УСТРОЙСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЕРЕДОВЫХ МЕТОДИК ВЕКТОРНОГО АНАЛИЗА ЦЕПЕЙ

Дансмор Джоэль П.

*Издание осуществлено при поддержке Keysight Technologies*

Автор книги – инженер-разработчик с 30-летним стажем – работал над широчайшим кругом измерительных задач в СВЧ-диапазоне: от компонентов сотового телефона до спутниковых мультиплексоров.

Написанная им книга – это совокупность основ и передового опыта, теории и практики, в центре внимания которой – измерения активных и пассивных устройств с использованием новейших методик векторного анализа цепей, в том числе конфигурации современных векторных анализаторов цепей, методики их калибровки, подходы к анализу полученных результатов измерений, неопределенностей и составляющих систематической погрешности.

Книга станет прекрасным практическим руководством для инженеров-метрологов и разработчиков ВЧ-/СВЧ-устройств.

М.: ТЕХНОСФЕРА, 2018. – 736 с.  
ISBN 978-5-94836-505-3

### КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; 📠 +7 495 956-3346; [knigi@technosphera.ru](mailto:knigi@technosphera.ru), [sales@technosphera.ru](mailto:sales@technosphera.ru)