

ваемой полупроводниковой структурой должно быть обеспечено точное соответствие геометрических форм и технологии изготовления.

4. Триодные компоненты ПИП, коллекторы которых непосредственно присоединены к источнику питания, целесообразно размещать в одно-изолированной области вместе с резисторами. Остальные триодные элементы должны быть размещены в отдельных изолированных областях, площади которых следует сводить к минимуму.

5. В зависимости от комплекса требований, предъявляемых к конденсаторам, их следует формировать либо на р-п переходах, содержащихся в структуре ПИП, либо на окисле  $S_iO_2$ , используя его в качестве диэлектрика.

6. При выполнении трассировки необходимо учитывать следующее:

– соединения, по которым будет протекать повышенный ток, необходимо выполнять в виде сравнительно широких полосок;

– все межэлементные соединения, кроме ввода источника питания, могут быть произвольными и

определяться удобством их расположения на поверхности подложки;

– для уменьшения паразитной емкости между контактными выступами в подложке под каждый из них следует предусмотреть формирование изолирующей области.

Итак, строгое соблюдение изложенных принципов проектирования полупроводниковых ИП позволяет решить важную техническую задачу разработки высококачественных миниатюрных ПИП излучений как в монолитном, так и гибридно-пленочном исполнении.

#### Литература

1. Чахмахсазян, Е. А. Математическое моделирование и макро моделирование биполярных элементов электрических схем / Е. А. Чахмахсазян, Г. П. Мозговой, В. Д. Силин. – М.: Радио и связь, 1995.

2. Сычик, В. А. Измерительные преобразователи излучений на основе полупроводниковых приборных структур / В. А. Сычик. – Мн.: Вышэйшая школа, 1991.

УДК 621.382.031

### УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЖИДКОСТЕЙ

Сычик В.А., Уласюк Н.Н.

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация.** Разработано устройство контроля реологических свойств жидкостей, включающее преобразователь вязкости, цифровой измерительный блок и блок электропитания. Вискозиметр характеризуется широким диапазоном измерения вязкости жидкостей (от 1,0 до  $10^4$  мН/м<sup>2</sup>·с<sup>-1</sup>) и высокой чувствительностью – 0,5 мН/ м<sup>2</sup>·с<sup>-1</sup>.

**Ключевые слова:** устройство контроля, вискозиметр, вязкость жидкостей, поверочные масла, погрешность измерения.

### DEVICE FOR CONTROL OF RHEOLOGICAL PROPERTIES OF LIQUIDS

Sychyk V., Ulasiuk M.

*Belarusian National Technical University  
Minsk, Republic of Belarus*

**Abstract.** A device for monitoring the rheological properties of liquids has been developed, including a viscosity converter, a digital measuring unit and a power supply unit. The viscometer is characterized by a wide range of measuring the viscosity of liquids (from 1,0 to  $10^4$  mN/m<sup>2</sup>·s<sup>-1</sup>) and high sensitivity – 0,5 mN/m<sup>2</sup>·s<sup>-1</sup>.

**Key words:** control device, viscometer, viscosity of liquids, calibration oils, measurement error.

*Адрес для переписки: Сычик В.А., пр-т Рокоссовского, 49-18, 220095 Минск, Республика Беларусь  
e-mail: bntu@bntu.by*

Для эффективного контроля реологических свойств жидкостей, например смол, лаков, красок, жидких компаундов разработан специальный измерительный прибор – вискозиметр [1–3], принцип работы которого основан на ротационном методе контроля вязкости жидкостей, то есть на зависимости скорости вращения механического преобразователя от вязкости жидкости.

Синтезированный прибор контроля вязкости жидкостей (ПКВЖ) конструктивно включает три

базовых блока: преобразователь вязкости, цифровой измерительный блок и блок питания. Он характеризуется следующими техническими данными:

1. Пределы измерения вязкости:
  - в диапазоне I – 1,0– $10^2$  мН/м<sup>2</sup>·с<sup>-1</sup>;
  - в диапазоне II –  $10^2$ – $10^3$  мН/м<sup>2</sup>·с<sup>-1</sup>;
  - в диапазоне III –  $10^3$ – $10^4$  мН/м<sup>2</sup>·с<sup>-1</sup>.

2. Чувствительность не хуже 0,5 мН/м<sup>2</sup>·с<sup>-1</sup> в диапазоне 1,0– $10^2$  мН/м<sup>2</sup>·с<sup>-1</sup> и 1 мН/м<sup>2</sup>·с<sup>-1</sup> в диапазоне  $10^2$ – $10^4$  мН/м<sup>2</sup>·с<sup>-1</sup>.

3. Суммарная приведенная погрешность  $\gamma_n \leq \pm 10\%$ . При изменении температуры окружающей среды от 10–40 °С дополнительная погрешность составляет 0,05 % К.

4. Длительность непрерывной работы в режиме циклического измерения при сохранении электрических параметров – не менее 8 часов.

5. Время выхода на режим после включения прибора – не более 1 мин.

6. Потребляемая мощность от сети переменного тока – не выше 30 ВА.

При осуществлении поверки ПКВЖ следует производить операции и применять средства поверки, указанные в табл. 1.

Поверка ПКВЖ осуществляется при соблюдении следующих условий:

- температура окружающей среды – 293 ± 5К;
- относительная влажность воздуха – 65 ± 15 %;
- атмосферное давление – 120 ± 4 кПа;
- напряжение питающей сети – 220 ± 5В, частота 50 ± 0,5 Гц;
- содержание гармоник – не более 5 %;
- отсутствие воздействия прямых солнечных лучей.

При проведении внешнего осмотра проверяется: отсутствие механических повреждений, влияющих на точность показания прибора; наличие и прочность крепления органов управления и коммутации; четкость фиксации их положений, плавность вращения ручек, наличие сетевых плавких вставок; чистота гнезд, разъемов и клемм, состояние кабелей; отсутствие слабозакрепленных элементов; состояние лакокрасочных покрытий и четкость маркировок.

Для сравнения соответствия диапазонов шкалы ПКВЖ используются поверочные масла с динамической вязкостью соответственно: 1 мн·с/м<sup>2</sup>, 5 мн·с/м<sup>2</sup>, 10 мн·с/м<sup>2</sup>, 50 мн·с/м<sup>2</sup>, 10<sup>2</sup> мн·с/м<sup>2</sup>, 5·10<sup>2</sup> мн·с/м<sup>2</sup>, 10<sup>3</sup> мн·с/м<sup>2</sup>, 10<sup>4</sup> мн·с/м<sup>2</sup>. В диапазоне I (переключатель режима работы в режиме I) последовательно рабочая емкость заполняется поверочным маслом 1 мн·с/м<sup>2</sup>; 5 мн·с/м<sup>2</sup> и 10 мн·с/м<sup>2</sup>; определяются показания прибора и сверяются с табличными и графическими данными на поверяемый прибор. Аналогично осуществляется поверка точности измерений на других диапазонах.

Таблица 1. Внешний осмотр. Определение метро-логических параметров

№ п/п	Наименование операций, производимых при поверке	Поверяемые отметки	Допустимые значения погрешности или предельные значения определяемых параметров	Средства поверки	
				Образцовые	Вспомогательные
1	Погрешность установки напряжения питания электродвигателя 12В 36В 72В	12В 36В 72В	1 % 1 % 1 %	В7-2	–
2	Определение соответствия диапазонов шкалы приборов I II III	1–10 <sup>2</sup> мн·с/м <sup>2</sup> 10 <sup>2</sup> –10 <sup>3</sup> мн·с/м <sup>2</sup> 10 <sup>3</sup> –10 <sup>4</sup> мн·с/м <sup>2</sup>	10 % 10 % 10 %	В3-4	–
3	Погрешность результатов измерений. Положение переключателя диапазонов I II III	$\gamma_n$	≤ 10 % ≤ 10 % ≤ 10 %	В3-4	–

Погрешности результатов измерения определяются необходимыми расчетами после прямых измерений величины вязкости аттестованных масел, динамическая вязкость которых считается абсолютной и постоянной величиной при заданных значениях температуры и влажности окружающей среды. Величина абсолютной погрешности прибора  $\Delta$ , определяемая из выражения  $\Delta = \gamma_n A / 100$  %, где  $A$  – верхний предел измерения по диапазону, не должна превышать в диапазоне I –  $\Delta_1 \leq 10$  мн·с/м<sup>2</sup>, в диапазоне II –  $\Delta_2 \leq 10^2$  мн·с/м<sup>2</sup>, в диапазоне III –  $\Delta_3 \leq 10^3$  мн·с/м<sup>2</sup>.

Синтезированный и разработанный авторами прибор контроля вязкости жидкостей внедрен на

ряде промышленных предприятий, где используется как одно из звеньев системы контроля качества изделий ЭА в процессе их производства.

### Литература

1. Вискозиметр : авт. свид. СССР № 142737 / Сычик В. А., Скачко К. Г., Лавринович П. А.
2. Сычик В. А. Вискозиметрия жидких электроизоляционных материалов / В. А. Сычик, П. А. Лавринович // Научные и прикладные проблемы энергетики. – 1986. – Вып.13. – С.65–68.
3. Разработка конструкции и изготовление прибора контроля вязкости резистивных паст / Сычик В. А. [и др.] // Заключительный отчет № 01.830072100. – Минск, 1985. – 50 с.