

**УДК 621.373**

## **РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИБОРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ МАССЫ ТОНКИХ ПЛЕНОК МЕТОДОМ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МИКРОВЗВЕШИВАНИЯ**

Илья Александрович Степанов<sup>(1)</sup>, Ирина Валерьевна Михайлова<sup>(2)</sup>

*Студент 3 курса<sup>(1)</sup>, студент 4 курса<sup>(2)</sup>,*

*кафедра «Электронные технологии в машиностроении»*

*Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: К.М. Мусеев*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Электронные технологии в машиностроении»*

Важным параметром, оказывающим значительное влияние на свойства тонких пленок, является толщина. Так, например, для сверхпроводящих тонких пленок WSi, применяемых в SNSPD (superconducting nanowire single-photon detector), детектор на основе пленки толщиной 7 нм имел 100% внутреннюю квантовую эффективность при низком значении темновых отсчетов по сравнению с пленками толщиной 5 нм и 9 нм [1]. Одним из распространенных методов измерения толщины тонких пленок является метод пьезоэлектрического микровзвешивания, использующий в своей работе зависимость частоты колебаний кварцевого резонатора от массы нанесенного на его поверхность вещества [2]. При известной плотности осажденного материала после измерения его удельной массы возможна аналитическая оценка толщины пленки, а при известном времени - скорости ее осаждения. Использование пьезоэлектрических свойств кварца обеспечивает точность, стабильность и относительную простоту реализации метода, при этом он предоставляет возможность измерения скорости осаждения пленки непосредственно во время процесса, благодаря чему на данный момент пьезоэлектрическое микровзвешивание является одним из самых широко распространенных методов контроля массы материала, применяемым в различных областях [3].

Целью работы является реализация прибора для измерения удельной массы тонких пленок методом пьезоэлектрического микровзвешивания.

При осаждении материала на поверхность кварцевого резонатора меняется его резонансная частота. Для определения резонансной частоты кварцевый резонатор подключается к электрической схеме Пирса, а получаемый на выходе схемы сигнал подается на частотомер, проводящий несколько измерений и выводящий среднее значение.

Основным элементом прибора является схема Пирса, требующая высокого уровня исполнения в связи с тем, что даже незначительные неточности в ее реализации могут негативно повлиять на профиль выходного сигнала. Для выполнения прибора решено использовать кварцевый генератор, состоящий из настроенной платы со схемой Пирса и кварцевого резонатора. Для возможности проведения измерений в вакууме кварцевый резонатор извлечен из генератора и помещен внутрь вакуумной камеры, через токоввод к его контактам подключен кабель. Питание платы со схемой Пирса осуществляется встроенным в корпус прибора блоком питания, преобразующим входные 220 В переменного тока в 9 В постоянного тока, которые затем понижаются до 5 В с помощью стабилизатора напряжения. От платы со схемой Пирса выходной сигнал через коаксиальный кабель поступает на частотомер Sinometer VC3165 (Рис. 1).

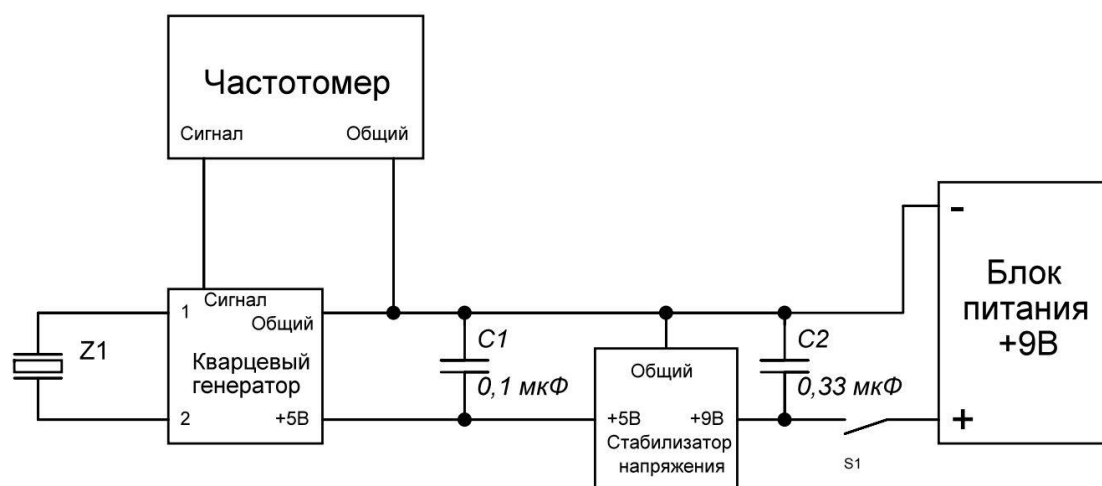


Рис. 1. Электрическая схема прибора для измерения удельной массы тонких пленок методом пьезоэлектрического микровзвешивания.

Вскрытие корпуса кварцевого генератора, сопротивление проводов и наличие токоввода могут влиять на сигнал, поэтому при каждом нововведении в схему нами проведены измерения выходного сигнала с помощью осциллографа, что позволило определить факторы, вызывающие помехи, и устранить их на этапе сборки. Выявлено, что в большей мере на шум выходного сигнала влияет длина кабеля, ведущего от платы со схемой Пирса к кварцевому резонатору, что следует учитывать при обнаружении помех в сигнале.

Таким образом, нами реализован прибор для измерения удельной массы тонких пленок методом пьезоэлектрического микровзвешивания. Предложенный способ подходит для создания прибора, позволяющего в лабораторных условиях с достаточной точностью определять скорости осаждения тонких пленок в вакууме.

## Литература

1. V.A. Seleznev, A.V. Divochiy, Yu.B. Vakhtomin, P.V. Morozov, P.I. Zolotov, D.D. Vasil'ev, K.M. Moiseev, E.I. Malevannaya and K.V. Smirnov. Superconducting detector of IR single-photons based on thin WSi films. *Journal of Physics: Conference Series*, 737 (2016), 012032. doi:10.1088/1742-6596/737/1/012032.
2. Sauerbrey, G. Verwendung von Schwingquarzen zur Wägung dünner Schichten und zur Mikrowägung. *Zeitschrift für Physik* 155(2), 206-222 (1959).
3. Johannsmann D. *The Quartz Crystal Microbalance in Soft Matter Research* (2015). Springer International Publishing AG. Cham, Switzerland. doi:10.1007/978-3-319-07836-6.