

Литература

1. Rüdiger Quay. Gallium Nitride Electronics / Rüdiger Quay. – Springer Series in Materials Science. Springer Berlin, Heidelberg, 2008. – 470 p.
2. p-GaN gate enhancement-mode HEMT through a high tolerance self-terminated etching process / Y. Zhou [et al.] / IEEE J. Electron Devices Soc. – 2017. – Vol. 5, № 5. – P. 340–346.
3. Юник, А. Д. Влияние температуры быстрого термического отжига на электрофизические свойства оми-

ческого контакта металлизации Ti/Al/Ni к гетероструктуре GaN/AlGaN / А. Д. Юник, Я. А. Соловьёв, Д. В. Жигулин // Доклады БГУИР. – 2022. – Vol. 20, № 3. – P. 13–19.

4. Highly selective dry etching of GaN over AlGaN using inductively coupled Cl₂/N₂/O₂ plasmas / Y. Han [et al.] // Jpn. J. Appl. Phys. – 2003. – № 42. – P. L1139–L1141.

5. Yoshio Nishi. Handbook of Semiconductor Manufacturing Technology (2nd Edition) / Yoshio Nishi, Robert Doering. – CRC Press, 2007. – 1720 p.

УДК 53.084

МОДЕРНИЗАЦИЯ ИНСТРУМЕНТА DEVI ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ SO₂ Литвинович Г.С., Бручковский И.И.

*НИУ «Институт прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко» БГУ
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. В работе представлены конструктивные изменения инструмента DEVI (Doas Expedition Volcanic Instrument), внесенные по результатам полевых измерений выбросов диоксида серы. Уделено внимание модификации электрической схемы для борьбы с шумом, а также эргономическим особенностям инструмента для удобства проведения измерений.

Ключевые слова: ДОАС, УФ-спектрометр для полевых измерений, вулканические выбросы.

UPGRADE OF DEVI INSTRUMENT FOR SO₂ EMISSIONS MEASUREMENTS Litvinovich H., Bruchkouski I.

*A.N. Sevchenko Scientific-Research Institute of Applied Physics Problems BSU
Minsk, Republic of Belarus*

Abstract. The design changes of the DEVI (Doas Expedition Volcanic Instrument) that have been made according to the results of field measurements of sulfur dioxide emissions are presented. Attention is paid to the modification of the electrical circuit for noise reduction, as well as to the ergonomic features of the instrument for the convenience of measurements.

Key words: DOAS, UV-spectrometer for field measurements, volcanic emissions.

*Адрес для переписки: Бручковский И.И., ул. Курчатова, 7, Минск 220045, Республика Беларусь
e-mail: bruchkovsky2010@yandex.by*

Одним из способов предсказания извержений является анализ измерений газового состава вулканических выбросов [1]. В зависимости от геологических особенностей породы и близости магмы к поверхности земли, соотношение концентраций вулканических газов в выбросах (SO₂, BrO и др.) может изменяться. Например, увеличение содержания SO₂ в выбросах свидетельствует о близости магмы к поверхности.

Для решения задачи измерения газового состава вулканических выбросов, в 2021 году был разработан портативный инструмент DEVI (Doas Expedition Volcanic Instrument) [2], позволяющий определять содержание газов в вулканических выбросах дистанционным методом DOAS (дифференциальная оптическая абсорбционная спектроскопия).

Инструмент DEVI показал свою работоспособность во время экспедиции на Курильские острова в период 31.07.2021–13.08.2021, где одной из задач было получение данных о газовом составе вулканических выбросов.

В то же время, первое использование DEVI в полевых условиях выявило ряд недостатков:

- высокий уровень собственного шума детектора;
- отсутствие фотопривязки спектра к объекту измерения в режиме реального времени.
- отсутствие возможности перезагрузки прибора без выключения питания периферийных модулей (например, GPS);
- нехватка внешних управляющих устройств (кнопок) для переключения режимов измерений.

Поэтому, перед очередной экспедицией на Курильские острова, DEVI подвергся некоторой модернизации (рис. 1) с целью устранить описанные выше недостатки.

Для устранения недостатков 3 и 4 прибор был оснащен дополнительными кнопками 4 на лицевой панели для возможности переключения режимов съемки (одиночный спектр, непрерывная съемка, темновой и опорный спектры) и кнопкой перезагрузки управляющего микроконтроллера 5. Для возможности ручного выбора времени экспо-

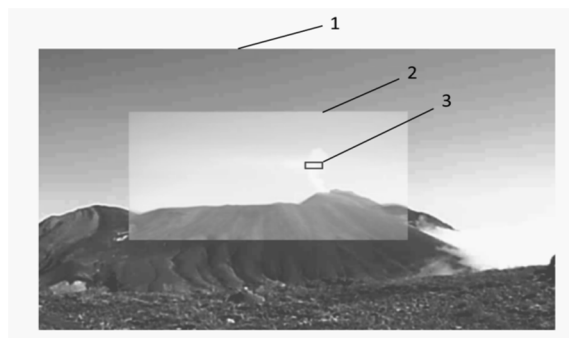
зиции, сбоку корпуса был установлен инкрементный энкодер 7, позволяющий ручной выбор времени экспозиции с шагом в 0.1 мс.



1 – видеокамера; 2 – объектив спектрометра; 3 – радиатор; 4 – кнопки выбора режимов работы; 5 – кнопка перезагрузки; 6 – разъем для подключения внешнего питания; 7 – энкодер; 8 – дополнительный отсек с батареей; 9 – кнопка включения

Рисунок 1 – Внешний вид DEVI на штативе, 2022 г.

Проблема фотопривязки объекта измерений к спектру была решена путем установки дополнительной видеокамеры 1 (тип OV7670, 640×480 пикселей со встроенным буфером памяти). Крепление видеокамеры 1 выполнено при помощи крепления «ласточкин хвост» к корпусу спектрометра, что обеспечивает одинаковую многократную установку и, в свою очередь, жесткую привязку полей зрения спектрометра и видеокамеры. Кадр с видеокамеры 1 передавался на микроконтроллер для последующего отображения на экране DEVI и сохранения на карту памяти. Данные, получаемые при помощи видеорегистратора, по-прежнему сохранялись независимо. Результат наложения всех областей регистрации прибора DEVI представлен на рис. 2.



1 – кадр видеорегистратора; 2 – кадр видеокамеры; 3 – поле зрения спектрометра

Рисунок 2 – Области регистрации DEVI

В результате обработки полученных спектров за экспедицию 2021 года было показано, что отношение сигнал-шум детектора спектрометра

оказалось недостаточным для непосредственного восстановления наклонных толщ диоксида серы и оксида брома. Поэтому был применен адаптивный цифровой фильтр Винера, что позволило уменьшить амплитуду шума в 5 раз и восстановить наклонные толщ диоксида серы из некоторых спектров [3].

С целью уменьшить электронную шумовую компоненту, в схему питания прибора были внесены изменения, а именно: повышающий импульсный преобразователь был заменен на понижающий линейный регулятор, а вместо одного аккумулятора использовались два последовательно соединенных (рис. 3). Тепло, выделяемое линейным регулятором, рассеивалось на радиаторе 3, расположенном на верхней крышке прибора.



ИБП – импульсный блок питания;
Фильтр – фильтрующая LC-цепочка;
ЛР – линейный регулятор

Рисунок 3 – Структурная схема питания DEVI От батареи до модификации (сверху) и после (снизу)

Для уменьшения уровня паразитных засветок, объектив прибора был дополнен синим светофильтром, отсекающим красную часть спектра.

Модернизированный инструмент DEVI принимал участие в экспедиции на Курильские острова в августе 2022 года, в результате чего были проведены измерения вулканических выбросов вулканов Чиккурачки и Эбеко.

Для вычисления эффективности модернизированной электрической схемы питания был проведен ряд измерений при отсутствии света на различных экспозициях. Из анализа шумового сигнала прибора до и после модернизации замечено уменьшение среднеквадратического отклонения шумового сигнала на 13%, что свидетельствует об эффективности измененной схемы питания и, соответственно, повышении отношения сигнал-шум.

Литература

1. Sparks, R.S.J. Forecasting volcanic eruptions / R.S.J. Sparks // Earth and Planetary Science Letters. – 2003. – Vol. 210, iss. 1–2. – P. 1–15.
2. Литвинович, Г.С. Инструмент для измерения содержания SO₂ в вулканических выбросах / Г.С. Литвинович, И.И. Бручковский // Приборостроение-2021 : матер. 14-й Междунар. научн.-техн. конф., 17–19 ноября 2021 года, Минск, Республика Беларусь / редкол.: О. К. Гусев. [и др.]. – Минск : БНТУ, 2021. – С. 186–188.
3. Бручковский, И. И. Определение содержания диоксида серы в газовых выбросах вулканов Курильских островов методом DOAS / И. И. Бручковский, С. И. Гуляева, Г. С. Литвинович // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: матер. 19-й Междунар. конфер.. Москва: ИКИ РАН, 2021. С. 314.