

Центре светодиодных и оптоэлектрических исследований НАН Б. Измерение спектральной силы излучения и силы излучения от светодиодов проводились согласно условиям А и В МКО.

На рисунке 1 показаны спектры силы излучения СИД в осевом направлении при различных температурах окружающей среды (от -196 - 50 °С). При температурах 20-50 °С, спектральная сила излучения в максимуме уменьшается с увеличением температуры, что, вероятно, связано с термическим выбросом носителей заряда из квантовых ям и увеличением вклада безызлучательных рекомбинационных процессов. Положение максимума смещается в сторону более низких энергий, что связано с термическим сужением ширины запрещенной зоны. При понижении температуры до 78 К имеет место смещение максимума спектра в высокоэнергетическую область, и появлением дополнительной составляющей спектра.

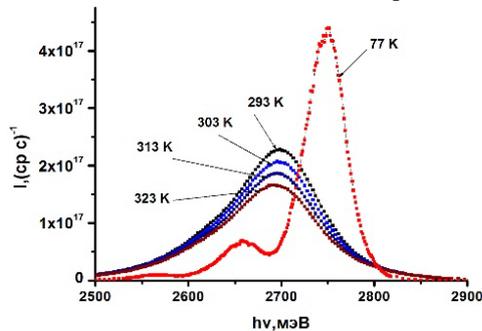


Рисунок 1 – Зависимость спектральной силы излучения СИД от энергии фотонов

На рис.2 показаны значения силы излучения СИД в осевом направлении от температуры окружающей среды. Она имеет нелинейный характер. Уменьшение силы излучения в осевом направлении СИД при азотной температуре вероятно связано с изменением оптической силы,

и, следовательно, диаграммы направленности СИД в жидком азоте.

Рис.3 показывает зависимость длины волны, на которую приходится максимум спектра от температуры окружающей среды. Она имеет линейный характер. Увеличение длины волны при увеличении температуры составляет 0.0386 нм/°К.

Таким образом, в работе установлены особенности изменения оптических характеристик мощных InGaN/GaN СИД от температуры окружающей среды.

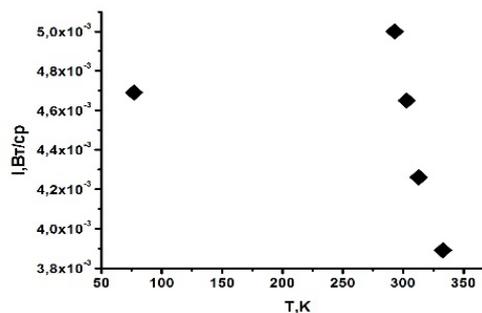


Рисунок 2 – Значения силы излучения в осевом направлении СИД от температуры окружающей среды

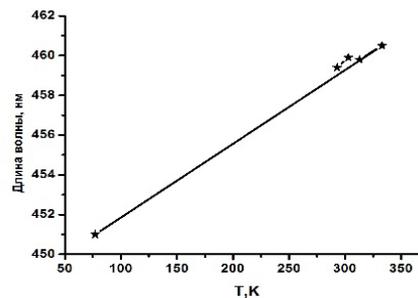


Рисунок 3 – Зависимость длины волны, на которую приходится максимум спектра от температуры окружающей среды

1. www.luxeon.com. Power light source LUXEON K2. Technical Datasheet DS51

УДК 53.082.53

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО ШУМА В ПРОЦЕДУРЕ АНАЛИЗА ПО МЕТОДУ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ АБСОРБЦИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Бручковский И.И., Демин В.С., Красовский А.Н.

Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко» Белорусского государственного университета
Минск, Республика Беларусь

Для дистанционного мониторинга малых газовых составляющих в атмосфере широко применяется метод дифференциальной оптической абсорбционной спектроскопии (DOAS – Differential Optical Absorption Spectroscopy) [1]. Метод DOAS использует спектры яркости рассеянного солнечного излучения из различных участков небесной сферы, классифицируется как пассивный метод дистанционного зондирования. Результатом применения данного метода к

зарегистрированным спектрам являются наклонные содержания (SCD), которые представляют собой интегральную концентрацию исследуемой малой газовой составляющей вдоль неизвестного пути света по всем возможным путям при данной геометрии наблюдений.

Наклонные содержания измеряемой малой газовой составляющей для различных углов возвышения рассчитываются относительно опорного спектра, поэтому метод DOAS не

требует измерений спектров яркости в абсолютных единицах.

На практике расчет наклонных содержаний происходит относительно опорного спектра (обычно его выбирают в полдень того же дня) и такие наклонные содержания называют дифференциальными наклонными содержаниями (англ. DSCD).

Для реализации метода DOAS с целью мониторинга таких малых газовых составляющих как двуокись азота, димер кислорода, вода, озон, формальдегид, глиоксаль, в мировой практике используют спектры с разрешением 0.3 - 1.5 нм в интервале длин волн 320 - 490 нм. При этом задача мониторинга делится на две задачи: расчет DSCD и восстановление из полученных DSCD вертикальных профилей аэрозольной оптической толщи и исследуемой малой газовой составляющей. Последняя задача решается при помощи модели переноса излучения в атмосфере. В данной работе акцент делается на деталях расчета DSCD, а именно на исследовании остаточного спектра.

Актуальность данной работы состоит в том, что знание и учет ошибок на этапе определения DSCD снижает неопределенность начальных условий при решении обратной задачи с привлечением модели переноса излучения, что, в конечном итоге, улучшает точность и чувствительность в определении профилей аэрозольной оптической толщи и исследуемой малой газовой составляющей. Основной характеристикой качества проведения расчетов по методу DOAS является остаточный спектр (англ. *residual*) и его характеристика: среднеквадратичное отклонение (англ. RMS).

Исследованию спектрального шума в процедурах DOAS-анализа посвящена работа Й. Лампеля [2] и его доклад на конференции 7-th DOAS Workshop (2016) [3], в результате чего методом анализа главных компонент из остаточных спектров выделена спектральная структура, которая имеет следующие свойства:

- не зависит от использованных сечений поглощения димера кислорода;
- почти идентична для разных измерительных приборов;
- наблюдается на различных широтах;
- имеет амплитуду единиц оптической толщины;
- находится в тропосфере.

Для практической реализации метода DOAS, в НИИЦ МО БГУ был разработан зеркально-линзовый прибор MARS-B, являющийся многоосевым регистратором спектров (Multi Axis Recorder of Spectra) рассеянного солнечного света [4], собранный на базе спектрографа изображения ORIEL MS257 [5], отличающийся тем, что в качестве второго элемента телескопа используется первое зеркало спектрографа. Этот

прибор показал хорошее качество получаемых данных в ходе международной кампании сравнений MAD-CAT 2013 [6].

Данные прибора MARS-B использовались в том числе для восстановления профилей азотистой кислоты в тропосфере [7]. Азотистая кислота находится на пределе обнаружения для метода DOAS, поэтому проводились попытки предварительной математической обработки спектров с целью уменьшить шумовую составляющую. Для этого применялся цифровой фильтр низких частот (фильтр Кайзера [8]), который имеет четыре параметра: крутизну спада, отрезающую частоту, полосу пропускания и количество итераций.

На одном из этапов подбора параметров фильтра, было замечено, что в остаточном спектре, присутствует повторяющаяся структура (см. рисунок 1), причем спектрально особенности этой структуры не зависят от места проведения измерений (измерения проводились в Голландии, Германии и в Беларуси в разное время) а ее амплитуда меняется в течение дня.

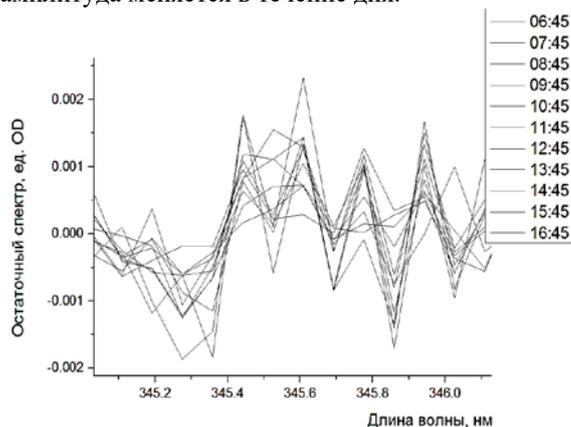


Рисунок 1 – Увеличенный фрагмент остаточного спектра, полученного в ходе DOAS-анализа спектров, зарегистрированных с интервалом в 1 час в течение светового дня 21.09.2016

Стоит также отметить, что обнаруженная структура по своему спектральному составу очень похожа на ту, что была получена другим, независимым методом, и продемонстрирована в работах [2, 3].

Выводы:

- Среднее дневное значение RMS без применения фильтра всегда больше чем с фильтром, что свидетельствует о постоянном наличии в обрабатываемых спектрах высокочастотной шумовой компоненты; тот факт что спектр шума не зависит от времени дня говорит о том, что шум создается внутри прибора.
- Применение специально подобранного для конкретного прибора фильтра позволяет улучшить качество входных данных для расчетов по методу DOAS.
- Показано, что предварительная математическая обработка может интерпретироваться как

результат измерения прибором, характеристики которого превышают предельно достижимые для реального прибора (снижение RMS без ущерба для рассчитываемых DSCD).

• Независимым способом в остаточных спектрах обнаружена спектральная структура, похожая на ту, что выделил Й. Лампель.

1. Platt, U. Differential Optical Absorption Spectroscopy Principles and Applications / U. Platt, J. Stutz. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008. – 597 p.
2. Lampel J., Lübeck P., Zielcke J., Platt U. Analyzing residual spectra using Principal Component Analysis // 4-th DOAS Workshop, Boulder, 2013.
3. Lampel J., Lübeck P., Warnach S., Frieß U., Platt U., Beirle S., Wagner T. How much information is hidden in residual spectra of DOAS fits? // 7-th DOAS Workshop, Brussels, 2016.

4. Бручковский И. И., Боровский А. Н., Демин В. С., Красовский А. Н. Прибор для дистанционной регистрации двуокси азота в атмосфере // Вестн. БГУ. Сер. 1, Физика. Математика. Информатика. 2013. № 1. С. 41–45.
5. Oriel MS257™ 1/4 m Monochromator and Imaging Spectrograph [Electronic resource] // Newport Corporation 1996–2015. URL: <http://www.newport.com/MS257153-1-4-m-Monochromator-and-Imaging-Spectrograph/378367/1033/info.aspx> (date of access: 24.03.2017).
6. Бручковский И.И., Красовский А.Н., Демин В.С. Зеркально-линзовый прибор MAX-DOAS: результаты международных сравнений MAD-CAT 2013 // Вестник БГУ, Сер. 1, Физика. Математика. Информатика. 2015. №3. С.44 – 49.
7. Y.Wang et al. Inter-comparison of HONO profiles derived from MAX-DOAS observations during the CINDI-2 campaign // 8-th DOAS Workshop, Yokohama, 2017.
8. Kaiser J., Reed W. Data smoothing using low-pass digital filters // Review of Scientific Instruments, Volume 48, Issue 11, P. 1447-1457 (1977).

УДК 535.8

ПАНОРАМНЫЙ НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР СКАНИРУЮЩЕГО ТИПА

Власовец Н.С.¹, Козерук А.С.¹, Кудряшов А.А.²

¹Белорусский национальный технический университет

²ОАО «Пеленг», Минск, Республика Беларусь

Лазерная локация является составной частью новейших методов и технологий геоинформатики и цифровой фотограмметрии и в наши дни находит применение во многих отраслях народного хозяйства, в частности, в решении задач инженерного проектирования, панорамного мониторинга и бурно развивается во многих странах мира [1].

Использование метода лазерной локации, совмещенного с цифровой видеосъемкой, спутниковой навигацией и геопозиционированием, сопровождаемого цифровой спутниковой съемкой в оптическом и радио диапазонах и интегрированных в геоинформационных системах для целей дистанционного наблюдения за обстановкой на границе, что позволяет проводить дистанционный мониторинг участка с высокой эффективностью при минимуме наземных работ и значительной экономии времени и финансовых средств.

Обработка огромных массивов данных лазерного зондирования (сотни гигабайт дискового пространства) выполняется на компьютерах в режиме реального времени, т.е. одновременно или почти одновременно с выполнением измерений. Все этапы выполнения лазерно-локационных съемок, начиная с приборного обеспечения, построения, обновления, совершенствования опорной геодезической сети, наземной калибровки и заканчивая обработкой и архивированием получаемых материалов, созданием и наполнением баз данных геоинформационных систем, результирующей картографической продукции и цифровых трехмерных моделей местности и объектов, требуют совершенствования существующих конструкций лидаров, с целью возможности слежения за быстро движущимися объектами в пространстве.

Преимущества лазерно-локационного метода:

1. Технологическая простота, короткий технологический цикл. Материалы сканирования охраняемого участка представлены как совокупности (облака) лазерных точек, разделенные по их морфологической принадлежности (земля, растительность, поверхности водоемов, кровли зданий, провода и др.), цифровые модели рельефа, а также многие контурные объекты и модели географических объектов в трехмерном представлении. Все упомянутые материалы уже в момент возникновения полностью координированы, т.е. определены в некоторой заранее заданной системе геодезических или географических координат и в дальнейшем принципиально не требуется проведения никаких дополнительных мероприятий по координатной коррекции или преобразованию. Также важно то, что на практике подготовка всех этих материалов осуществляется в полевых условиях, в результате чего собственно камеральная фаза обработки начинается в существенно более подготовленных условиях, что, в свою очередь, также способствует сокращению технологического цикла.

2. Гарантии точности. В большинстве случаев точность специфицируется на уровне 15 см по плановым и высотным координатам, причем специально указывается, что речь идет об абсолютной геодезической точности. Такой уровень точности является безусловно достаточным для чрезвычайно обширного класса приложений, в частности для создания топографических планов, вплоть до масштаба 1:1000 включительно.

3. Высокая производительность. Производительность лазерно-локационного метода чрезвычайно высока. На практике достигнута производительность сканирования в 500–600 км за один аэросъемочный день для линейных объектов и в