

УДК 53.082.52

Концепция гетеродинного спектрометра сверхвысокого разрешения  
в среднем ИК-диапазоне для задач исследования планетных атмосфер

В.В. Гарамов<sup>1</sup>, В.М. Семенов<sup>1</sup>, О.В. Бендеров<sup>1</sup>, А.В. Родин<sup>1</sup>, М.В. Спиридонов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Московский физико-технический институт (государственный университет)

<sup>2</sup>Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН

Последние десятилетия все большее внимание уделяется геологии и внутреннему строению планет, их спутников и малых тел. Наиболее значимыми источниками информации о эволюции планет и их состоянии являются их атмосферы. Основными задачами экспериментальных спектроскопических исследований планетных атмосфер являются измерения концентраций малых газовых составляющих атмосферы и их вертикальных распределений а также измерение вертикальных профилей давления и температуры. Одна из самых интересных задач — измерение скорости ветра, основанное на эффекте Доплера. Для решения этих задач, начиная с 70х годов XX века, успешно применялся метод гетеродинной спектроскопии. В настоящее время в связи с созданием компактных лазерных источников в диапазоне 4-14 мкм появилась возможность дальнейшего совершенствования данного метода [1].

Для точных измерений скорости ветра на различных высотах необходимы наземные телескопы с гетеродинными спектрометрами микроволнового и ИК-диапазона сверхвысокого разрешения. Подобные приборы уникальны и разрабатываются всего несколькими научными группами во всем мире. Развитие этих инструментов происходит довольно медленно из-за отсутствия технологической базы для используемого диапазона длин волн. Применение актуальных разработок позволит использовать гетеродинную ИК-спектроскопию для непрерывного мониторинга движения воздушных масс, работая с широко распространенными телескопами метрового класса. Такое непрерывное наблюдение позволит получить данные для верификации численных моделей, что необходимо для перехода от климатических моделей к возможности прогнозирования.

Ключевое отличие предложенной концепции прибора от существующих аналогов — использование волоконной оптики в оптической схеме инструмента. Такой прибор будет значительно компактнее аналогичных устройств, построенных на принципах открытой оптики. Впервые планируется применение волоконных разветвителей для среднего ИК-диапазона. До сих пор не существует налаженной технологии производства волокон с малыми потерями для этого участка спектра, а также и разветвителей таких волокон. Однако стоит отметить большой прогресс в развитии халькогенидных волокон в последние годы [2].

Наша группа разработала теоретическую модель для халькогенидных волоконных разветвителей и экспериментальную установку для их производства. Также был разработан и изготовлен корпус квантово-каскадного лазера (ККЛ) с жидкостным охлаждением [3]. Накачка лазера производится лабораторным драйвером тока фирмы Wavelength Electronics, модель QCL 1500. Для управления температурой и ее стабилизации используется лабораторный контроллер термоэлектрическим охладителем, встроенным в корпус ККЛ, фирмы Wavelength Electronics, модель LFI – 3751 (достигнутая точность стабилизации не хуже 0.01°C). Регистрация излучения осуществляется с помощью сконструированного нами детектора на КРТ-фотодиоде со встроенным термоэлектрическим охладителем. Управление накачкой лазера и регистрация сигналов осуществлялась с помощью платы NI-6289 фирмы National Instruments и разработанного программного обеспечения на базе LabView.

#### Литература

1. *Schmülling F. [et al.]* High-sensitivity mid-infrared heterodyne spectrometer with a tunable diode laser as a local oscillator //Applied optics. – 1998. – Т. 37. – №. 24. – С. 5771-5776.
2. *Stevens G. [et al.]* Mid-IR fused fiber couplers //SPIE LASE. – International Society for Optics and Photonics, 2016. – С. 973007-973007-8.
3. *Faist J. [et al.]* Quantum cascade laser //Science. – 1994. – Т. 264. – №. 5158. – С. 553-556.