

INTISARI

Pengembangan detektor gas yang mampu mendeteksi CO pada gas hembus pernafasan manusia, telah berhasil dilakukan menggunakan kombinasi teknik spektroskopi ICOS dan laser CW-DFB-QCL. Upaya memperbaiki nilai batas deteksi pada orde sub-ppb menjadi fokus utama penelitian, karena pengembangan detektor gas lacakan pada umumnya terfokus pada usaha peningkatan kemampuan deteksi dengan melaporkan nilai batas deteksi yang berhasil dicapai. Kepekaan sub-ppb dicapai dengan: melakukan pemilihan panjang gelombang laser yang sesuai kondisi gas hembus pernafasan, penggunaan teknik spektroskopi ICOS sebagai basis sistem deteksi, dan memperkecil dimensi sel serapan atau sel ICOS. Simulasi spektrum serapan komponen gas hembus manusia pada daerah inframerah tengah, berdasarkan database HITRAN 2012, dilakukan untuk memperoleh gambaran kondisi spektra serapan CO terhadap unsur gas hembus lain. Hasil simulasi menunjukkan spektra CO sebagian besar berada di dalam pengaruh spektra komponen lain yang memiliki kandungan yang jauh lebih besar. Panjang gelombang CO sebesar $2169,2 \text{ cm}^{-1}$ atau 4610 nm kemudian ditentukan sebagai panjang gelombang sumber radiasi yang akan digunakan, berdasarkan hasil analisa berbagai panjang gelombang transisi molekuler CO hasil simulasi.

Konfigurasi detektor gas CO berbasis spektroskopi ICOS telah memperlihatkan unjuk kerja yang baik dan stabil, mampu mempertahankan pengukuran gas CO pada konsentrasi yang tetap selama lebih dari dua jam. Laser CW-DFB-QCL bekerja pada panjang gelombang yang relatif tetap pada suhu operasional $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$, arus 418 mA , dan daya laser $\approx 40 \text{ mW}$, dengan modulasi sinyal triangular sebesar 12 kHz . Sel ICOS dengan panjang 15 cm dan volume tabung 170 mL yang panjang lintasan optik efektifnya mencapai 400 m telah meningkatkan akumulasi sinyal serapan, sehingga sistem deteksi memiliki sensitivitas yang tinggi di level sub-ppb. Respon deteksi juga relatif cepat dengan kemampuan mencapai batas deteksi 1 ppbv dalam waktu kurang dari 2 detik . Batas deteksi yang diperoleh pada seluruh hasil pengukuran telah mencapai kepekaan sub-ppbv yaitu $(0,77 \pm 0,06) \text{ ppbv}$, $(0,40 \pm 0,06) \text{ ppbv}$, $(0,46 \pm 0,06) \text{ ppbv}$, dan $(0,38 \pm 0,04) \text{ ppbv}$ pada konsentrasi CO berturut-turut sebesar $2,08 \text{ ppmv}$, $1,04 \text{ ppmv}$, $0,56 \text{ ppmv}$, dan $0,24 \text{ ppmv}$.

Sistem deteksi mampu melakukan pengukuran konsentrasi gas CO sebesar $0 - 9 \text{ ppmv}$ sebelum mencapai batas saturasi. Pendeteksian gas hembus pernafasan manusia secara langsung telah berhasil mendeteksi gas CO dengan konsentrasi sebesar $0,613 - 0,714 \text{ ppmv}$. Hasil yang diperoleh memperlihatkan bahwa teknik yang digunakan ini mampu dengan cepat melakukan pelacakan gas CO pada batas deteksi yang diinginkan, walaupun tidak membutuhkan teknik penjajaran berkas optik yang sensitif. Sistem deteksi yang dibangun telah dapat mencapai batas deteksi sub-ppb dan memiliki kemungkinan yang cukup baik untuk dikembangkan sebagai sistem deteksi gas jenis lain atau diaplikasikan pada penyelidikan biomedik terutama pada analisa gas hembus pernafasan manusia.

ABSTRACT

The development of CO gas detector based on ICOS spectroscopy technique in combination with CW-DFB-QCL laser has been successfully conducted. The developed gas detection system was designed to identify CO on a human breath analysis condition. The detector's detection limit enhancement compared to the previously reported sub-ppb value is the main focus of this research. In order to gain sub-ppb detection limit, several approaches were implemented such as breath spectral analysis based laser wavelength selection, ICOS spectroscopy technique application, and ICOS cell length reduction. A spectral analysis computer simulation was performed by comparing the spectrum of CO with the spectra of other potential components in the exhaled breath in the mid-infrared region based on HITRAN 2012 database. Simulation result showed that most of the CO spectra are covered by other higher intensity compound. However, 2169.2 cm^{-1} or 4610 nm CO line can be determined as the best wavelength offer for the sensitive and selective detection of CO.

The developed ICOS spectroscopy based CO gas detector has exposed good perform and stability by showing its capabilities to measured a CO gas concentration for more than two hours measurement. The laser is a single mode, thermoelectrically cooled, CW-DFB-QCL (type M9501, Maxion Inc.) operating at a wavelength of 2169.2 cm^{-1} with an optical power of 40mW . To reach the molecular transition of CO, the temperature of the laser is set to 20°C , with a current value of 418 mA , and was fine-tuned by modulating the QCL current with a 12 kHz triangular signal. A high-finesse 15 cm long cavity with an effective optical path length of 400 m has been used as a sample gas cell or an ICOS cell. The cavity is aligned off-axis with respect to the incident laser beam. The developed CO gas detector has shown fast response by able to reach 1 ppbv detection limit within 2 s . The detection limit value which determined from CO concentrations measurement were $(0.77 \pm 0.06)\text{ ppbv}$, $(0.40 \pm 0.06)\text{ ppbv}$, $(0.46 \pm 0.06)\text{ ppbv}$, and $(0.38 \pm 0.04)\text{ ppbv}$ for 2.08 ppmv , 1.04 ppmv , 0.56 ppmv , and 0.24 ppmv CO concentration, respectively.

The developed detector was able to measure CO concentration within $0\text{--}9\text{ ppmv}$ before saturated. Scratch measurement of a human breath has achieved CO level in the range of $0.613\text{--}0.714\text{ ppmv}$. The results clearly showed that the QCL-based ICOS gas detector is a robust technique, suitable for fast and sensitive detection of traces of CO. The developed gas detector has achieved sub-ppb detection limit and have great possibilities to be extended to the detection of other gasses or applied to the investigations that involve biomedical applications.