

## LABORATORIO: CNR INO

### NOME STRUMENTO

C14-SCAR

### INFORMAZIONI GENERALI:

Il C14-SCAR è uno spettrometro progettato per la rilevazione di gas in tracce mediante spettroscopia laser che sfrutta la tecnica di cavity ring-down (CRD) nel regime di assorbimento saturato (SCAR). Il dispositivo è in grado di identificare il radiocarbonio presente in campioni di anidride carbonica gassosa. La precisione ottenuta con 30 minuti di misure mediate può avvicinarsi al 1% del contenuto di carbonio moderno (1 pMC), e il suo intervallo dinamico supera i 5 ordini di grandezza. Il tempo di preparazione standard per ogni campione è di circa 30 minuti.

La tecnica CRD prevede l'indirizzamento di un fascio laser in un risonatore ad alta finesse. Una volta raggiunto un determinato livello di caricamento di luce in cavità, il laser viene rapidamente spento, e viene rivelato il decadimento esponenziale della luce che esce dalla cavità. La costante di tempo del decadimento è legata alle perdite nella cavità. In una cavità vuota, le perdite sono dovute solo agli specchi; tuttavia, se è presente un gas assorbente, il tempo di decadimento è più breve. Confrontando i tassi di decadimento tra una cavità piena e una vuota, è possibile determinare la concentrazione della specie assorbente all'interno della cavità.

C14-SCAR può essere usato per la datazione al radiocarbonio, metodo che fornisce la stima dell'età di materiali a base di carbonio. L'età può essere stimata misurando la quantità di carbonio-14 presente in campioni attraverso la sua comparazione con uno standard di riferimento internazionale. I campioni che sono stati datati dall'introduzione del metodo includono carbone, legno, semi, ossa, conchiglie, pelle, suolo, capelli, ceramica, polline, pitture murali, coralli, tessuti, carta o pergamena, resine.

### DETTAGLI TECNICI:

Il sistema C14-SCAR fornito dalla Seconda Unità a Pozzuoli del CNR-INO opera con due laser a cascata quantica (QCL) che emettono circa 100mW a 4.5 $\mu$ m. Entrambi i laser sono alimentati da alimentatori di corrente a ultra-basso rumore e sono protetti da feedback attraverso isolatori ottici. Il primo laser, utilizzato per eseguire il cavity ring-down (CRD), è accoppiato alla cavità ad alta finesse e viene bloccato alla cavità, per una stabilità ottimale della risonanza, tramite la tecnica Pound-Drever-Hall. Per riferire il primo laser alla frequenza assoluta del secondo, viene rilevata la nota di battimento tra i due laser, mantenuta a una frequenza costante da un circuito di feedback che controlla la lunghezza della cavità. Un modulatore acusto-ottico (AOM) assicura lo spegnimento completo del raggio laser per avviare ogni evento di ring-down della cavità.

La cavità ottica è dotata di un sistema di vuoto per caricare e scaricare il gas da misurare, raccordi multipli per collegare manometri e una pompa a vuoto, ed è equipaggiata con 8 termistori per la misurazione della temperatura, monitorati da un monitor multisensore. Progettata per operare a temperature inferiori a 170 K grazie all'alta isolamento termica dall'ambiente esterno, è collegata a un criocooler e presenta specchi altamente riflettenti che assicurano una finesse ottica > 100.000.

Il raggio laser che fuoriesce dalla cavità durante ciascun evento di CRD è rilevato da un fotodiodo al mid-IR raffreddato termoelettricamente. Il fotocorrente è elaborato da un preamplificatore transimpedenza e inviato a un oscilloscopio digitale ad alta risoluzione (22 bit, 1 MS/s) all'interno di un'architettura PXI, che include moduli aggiuntivi.

Un criocooler Joule-Thomson, refrigerato ad acqua, a bassa vibrazione raffredda la cella di misurazione a 170 K. Un chiller termoelettrico fornisce acqua fredda in circolazione per raffreddare il criocooler, l'AOM e il suo driver RF.

Lo strumento C14-SCAR è fornito con un software basato su GUI LabVIEW per il controllo dello strumento, l'acquisizione del segnale e l'analisi del segnale.



Figura: spettrometro C14-SCAR

#### MAGGIORI INFORMAZIONI:

- Delli Santi, M. G., Inero, G., Bartalini, S., Cancio, P., Carcione, F., Galli, I., Giusfredi, G., Mazzotti, D., Bulgheroni, A., Martinez Ferrig, A. I., Alvarez-Sarandes, R., Aldave de Las Heras, L., Rondinella, V. V., & De Natale, P. (2022). Precise radiocarbon determination in radioactive waste by a laser-based spectroscopic technique. PNAS, <https://doi.org/10.1073/pnas.2122122119>.
- Delli Santi, M. G., Bartalini, S., Cancio, P., Galli, I., Giusfredi, G., Haraldsson, C., Mazzotti, D., Pesonen, A., & de Natale, P. (2021). Biogenic Fraction Determination in Fuel Blends by Laser-Based <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> Detection. Advanced Photonics Research 2, 2000069. <https://doi.org/10.1002/adpr.202000069>
- Galli, I., Bartalini, S., Cancio, P., de Natale, P., Mazzotti, D., Giusfredi, G., Fedi, M. E., & Mandò, P. A. (2013). Optical detection of radiocarbon dioxide: First results and AMS intercomparison. Radiocarbon 55, 213. [https://doi.org/10.2458/azu\\_js\\_rc.55.16189](https://doi.org/10.2458/azu_js_rc.55.16189)
- Galli, I., Bartalini, S., Ballerini, R., Barucci, M., Cancio, P., de Pas, M., Giusfredi, G., Mazzotti, D., Akikusa, N., & de Natale, P. (2016). Spectroscopic detection of radiocarbon dioxide at parts-per-quadrillion sensitivity. Optica 3, 385. <https://doi.org/10.1364/OPTICA.3.000385>
- Galli, I., Bartalini, S., Borri, S., Cancio, P., Mazzotti, D., de Natale, P., & Giusfredi, G. (2011). Molecular gas sensing below parts per trillion: Radiocarbon-dioxide optical detection. Physical Review Letters 107, 270802. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.107.270802>
- Giusfredi, G., Bartalini, S., Borri, S., Cancio, P., Galli, I., Mazzotti, D., & de Natale, P. (2010). Saturated-absorption cavity ring-down spectroscopy. Physical Review Letters 104, 110801. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.104.110801>

Referenti: M. Giulia Delli Santi [mariagiulia.dellisanti@ino.cnr.it](mailto:mariagiulia.dellisanti@ino.cnr.it), Pasquale Maddaloni  
[pasquale.maddaloni@ino.cnr.it](mailto:pasquale.maddaloni@ino.cnr.it)