



Generazione e stabilizzazione della densità di vapori alcalini tramite Light-Induced Atomic Desorption

S. Gozzini¹, L. Marmugi¹, A. Lucchesini¹
A. Burchianti², A. Bogi², C. Marinelli², E. Mariotti², L. Moi²

¹Istituto Nazionale di Ottica - CNR, U.O.S. di Pisa

²CNISM e Dipartimento di Fisica, Università di Siena

FOTONICA 2010, PISA 25-27 MAGGIO 2010



- 1 INTRODUZIONE
- 2 TECNICA SPERIMENTALE
LIAD
Apparato sperimentale
- 3 RISULTATI SPERIMENTALI
Stabilizzazione
Modulazione
- 4 CONCLUSIONI



- 1 INTRODUZIONE
- 2 TECNICA SPERIMENTALE
LIAD
Apparato sperimentale
- 3 RISULTATI SPERIMENTALI
Stabilizzazione
Modulazione
- 4 CONCLUSIONI



- 1 INTRODUZIONE
- 2 TECNICA SPERIMENTALE
LIAD
Apparato sperimentale
- 3 RISULTATI SPERIMENTALI
Stabilizzazione
Modulazione
- 4 CONCLUSIONI



- 1 INTRODUZIONE
- 2 TECNICA SPERIMENTALE
LIAD
Apparato sperimentale
- 3 RISULTATI SPERIMENTALI
Stabilizzazione
Modulazione
- 4 CONCLUSIONI



- Il controllo delle densità degli atomi alcalini si dimostra utile in fotonica, specie nella sensoristica basata sulle loro risonanze coerenti.
- I sistemi basati sul controllo termico tradizionale possono non essere utilizzabili in circostanze in cui il calore influisca pesantemente sul processo, sulle componenti o sul campione stesso.
- Qui si presenta un esperimento di stabilizzazione del vapore degli atomi di sodio e rubidio basato sul fenomeno LIAD (Light-Induced Atomic Desorption) su celle di misura a temperatura ambiente.



- Il controllo delle densità degli atomi alcalini si dimostra utile in fotonica, specie nella sensoristica basata sulle loro risonanze coerenti.
- I sistemi basati sul controllo termico tradizionale possono non essere utilizzabili in circostanze in cui il calore influisca pesantemente sul processo, sulle componenti o sul campione stesso.
- Qui si presenta un esperimento di stabilizzazione del vapore degli atomi di sodio e rubidio basato sul fenomeno LIAD (Light-Induced Atomic Desorption) su celle di misura a temperatura ambiente.



- Il controllo delle densità degli atomi alcalini si dimostra utile in fotonica, specie nella sensoristica basata sulle loro risonanze coerenti.
- I sistemi basati sul controllo termico tradizionale possono non essere utilizzabili in circostanze in cui il calore influisca pesantemente sul processo, sulle componenti o sul campione stesso.
- Qui si presenta un esperimento di stabilizzazione del vapore degli atomi di sodio e rubidio basato sul fenomeno **LIAD** (Light-Induced Atomic Desorption) su celle di misura a temperatura ambiente.



- Il LIAD è un processo non termico nel quale gli atomi adsorbiti in una superficie vengono rilasciati in fase vapore sotto illuminazione non risonante. Fenomeno scoperto nel 1993 dal Prof. A. Gozzini col poli-dimetil-siloxano (PDMS).
- Tale processo è già stato osservato anche con altri materiali come l'octadimetil-ciclo-tetrasiloxano (OCT), la paraffina, il quarzo, il vetro e l'acciaio.
- In questo esperimento il LIAD è controllato in celle di misura sigillate e rivestite di PDMS, ma anche semplicemente con vetro poroso.

Rif.: A. Gozzini et al., Nuovo Cimento **D 15**, 709 (1993)



- Il LIAD è un processo non termico nel quale gli atomi adsorbiti in una superficie vengono rilasciati in fase vapore sotto illuminazione non risonante. Fenomeno scoperto nel 1993 dal Prof. A. Gozzini col poli-dimetil-siloxano (PDMS).
- Tale processo è già stato osservato anche con altri materiali come l'octadimetil-ciclo-tetrasiloxano (OCT), la paraffina, il quarzo, il vetro e l'acciaio.
- In questo esperimento il LIAD è controllato in celle di misura sigillate e rivestite di PDMS, ma anche semplicemente con vetro poroso.

Rif.: A. Gozzini et al., Nuovo Cimento **D 15**, 709 (1993)



- Il LIAD è un processo non termico nel quale gli atomi adsorbiti in una superficie vengono rilasciati in fase vapore sotto illuminazione non risonante. Fenomeno scoperto nel 1993 dal Prof. A. Gozzini col poli-dimetil-siloxano (PDMS).
- Tale processo è già stato osservato anche con altri materiali come l'octadimetil-ciclo-tetrasiloxano (OCT), la paraffina, il quarzo, il vetro e l'acciaio.
- In questo esperimento il LIAD è controllato in celle di misura sigillate e rivestite di PDMS, ma anche semplicemente con vetro poroso.

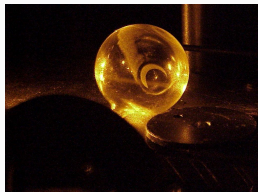
Rif.: A. Gozzini et al., Nuovo Cimento **D 15**, 709 (1993)



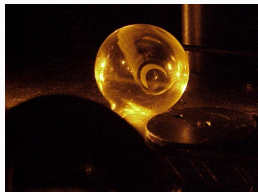
INO-CNR
ISTITUTO
NAZIONALE DI
OTTICA

OUTLINE
INTRODUZIONE
TECNICA SPERIMENTALE
RISULTATI SPERIMENTALI
CONCLUSIONI

LIAD
Apparato sperimentale



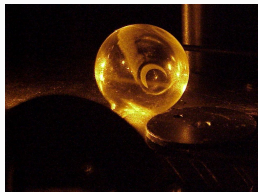
Fluorescenza del sodio con il LED **spento**



Fluorescenza del sodio con il LED **spento**



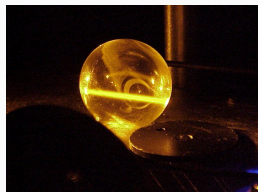
Fluorescenza del sodio con il LED **acceso**



Fluorescenza del sodio con il LED **spento**



Fluorescenza del sodio con il LED **acceso**



Fluorescenza del sodio con LED **on** e **filtro**



- Per indurre la fluorescenza del sodio, che serve da monitor della concentrazione, si usa un dye laser centrato sulla riga D_2 a 589 nm, pompato da un Ar^+ laser.
- Poichè l'effetto LIAD diventa più efficiente al diminuire della lunghezza d'onda d'illuminazione, si è scelto un array LED che emette nel blu (~ 435 nm) con intensità luminosa massima di 2 mW/cm^2 , con evidente contenimento di costi e ingombro.
- Per ottenere un livello di fluorescenza uguale al valore richiesto, il segnale di fluorescenza è usato come feedback per il controllo elettronico della corrente del LED ad un rate di 7 Hz.
- Una parte del fascio di probe viene mandata su una cella di Na di riferimento non rivestita, tenuta alla temperatura $\simeq 360$ K, con lo scopo di monitorare la stabilità del laser probe stesso.



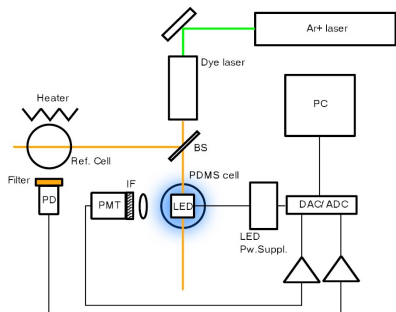
- Per indurre la fluorescenza del sodio, che serve da monitor della concentrazione, si usa un dye laser centrato sulla riga D₂ a 589 nm, pompato da un Ar⁺ laser.
- Poichè l'effetto LIAD diventa più efficiente al diminuire della lunghezza d'onda d'illuminazione, si è scelto un array LED che emette nel blu (~ 435 nm) con intensità luminosa massima di 2 mW/cm², con evidente contenimento di costi e ingombro.
- Per ottenere un livello di fluorescenza uguale al valore richiesto, il segnale di fluorescenza è usato come feedback per il controllo elettronico della corrente del LED ad un rate di 7 Hz.
- Una parte del fascio di probe viene mandata su una cella di Na di riferimento non rivestita, tenuta alla temperatura $\simeq 360$ K, con lo scopo di monitorare la stabilità del laser probe stesso.



- Per indurre la fluorescenza del sodio, che serve da monitor della concentrazione, si usa un dye laser centrato sulla riga D₂ a 589 nm, pompato da un Ar⁺ laser.
- Poichè l'effetto LIAD diventa più efficiente al diminuire della lunghezza d'onda d'illuminazione, si è scelto un array LED che emette nel blu (~ 435 nm) con intensità luminosa massima di 2 mW/cm², con evidente contenimento di costi e ingombro.
- Per ottenere un livello di fluorescenza uguale al valore richiesto, il segnale di fluorescenza è usato come feedback per il controllo elettronico della corrente del LED ad un rate di 7 Hz.
- Una parte del fascio di probe viene mandata su una cella di Na di riferimento non rivestita, tenuta alla temperatura $\simeq 360$ K, con lo scopo di monitorare la stabilità del laser probe stesso.



- Per indurre la fluorescenza del sodio, che serve da monitor della concentrazione, si usa un dye laser centrato sulla riga D₂ a 589 nm, pompato da un Ar⁺ laser.
- Poichè l'effetto LIAD diventa più efficiente al diminuire della lunghezza d'onda d'illuminazione, si è scelto un array LED che emette nel blu (~ 435 nm) con intensità luminosa massima di 2 mW/cm², con evidente contenimento di costi e ingombro.
- Per ottenere un livello di fluorescenza uguale al valore richiesto, il segnale di fluorescenza è usato come feedback per il controllo elettronico della corrente del LED ad un rate di 7 Hz.
- Una parte del fascio di probe viene mandata su una cella di Na di riferimento non rivestita, tenuta alla temperatura $\simeq 360$ K, con lo scopo di monitorare la stabilità del laser probe stesso.



ADC/DAC: convertitore analogico/digitale e vice versa;
BS: beam splitter;
IF: filtro interferenziale;
PC: personal computer;
PD: fotodiodo;
PMT: tubo fotomoltiplicatore.

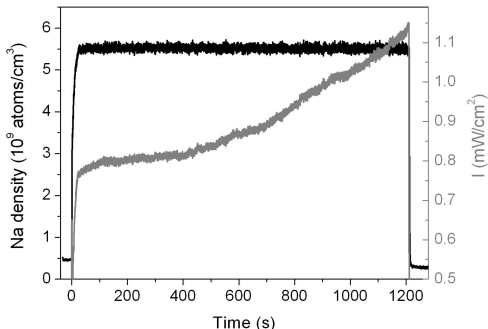


Figura: Densità del sodio in funzione del tempo, in presenza di stabilizzazione tramite LIAD da PDMS indotto dal LED blu (curva nera); intensità della luce del LED (curva grigia).

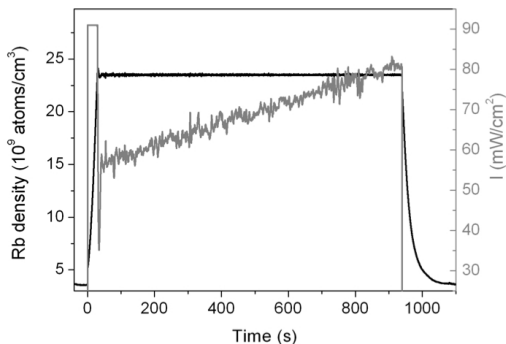


Figura: Densità del rubidio in funzione del tempo, stabilizzata tramite LIAD da vetro poroso indotto da diodo laser a 810 nm (curva nera); intensità della luce del diodo laser (curva grigia).



- Acceso il LED di feedback, la densità di vapore del Na raggiunge in pochi secondi il valore predefinito di $\sim 5.6 \times 10^9$ atomi/cm³, quattro ordini di grandezza maggiore dell'equilibrio ($T_{eq} = 372$ K). Poi rimane costante per ~ 20 min, con una precisione migliore dell'1%, mentre l'intensità del LED aumenta da 0.77 a 1.13 mW/cm² per compensare lo svuotamento del PDMS.
- Oltre a stabilizzare si può anche modulare a frequenze (0.1 – 1 Hz) superiori a quelle ottenibili per via termica.



- Acceso il LED di feedback, la densità di vapore del Na raggiunge in pochi secondi il valore predefinito di $\sim 5.6 \times 10^9$ atomi/cm³, quattro ordini di grandezza maggiore dell'equilibrio ($T_{eq} = 372$ K). Poi rimane costante per ~ 20 min, con una precisione migliore dell'1%, mentre l'intensità del LED aumenta da 0.77 a 1.13 mW/cm² per compensare lo svuotamento del PDMS.
- Oltre a stabilizzare si può anche modulare a frequenze (0.1 – 1 Hz) superiori a quelle ottenibili per via termica.



Nella modulazione seguente la densità atomica oscilla tra 1.6 e 4.5×10^9 atomi/cm³, pari a T_{eq} di 359 K e 370 K rispettivamente.

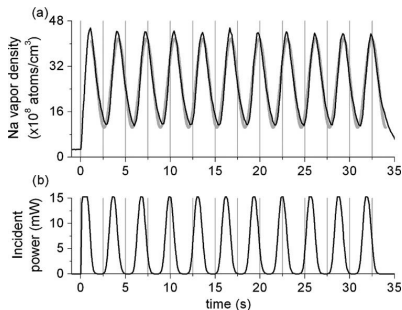


Figura: (a) Densità del sodio in funzione del tempo (curva nera) modulata da una forma sinusoidale (curva grigia); (b) luce incidente.



- Tramite LIAD si sono prodotte densità atomiche stabilizzate di sodio e rubidio significativamente superiori a quelle di equilibrio in celle di misura sigillate mantenute a T_{amb} .
- Il sistema, che consente il superamento delle tecniche termiche, è compatto ed economico: necessita solo di una sorgente luminosa anche non coerente e di bassa intensità variabile e di un semplice controllo elettronico di feedback.
- La densità atomica può essere modulata secondo funzioni predefinite ad una frequenza che può raggiungere gli Hz o le decine di Hz a seconda della geometria dell'apparato e del valore assoluto della modulazione richiesta, cosa praticamente impossibile con i sistemi termici tradizionali.
- Lavoro pubblicato su Opt. Lett. **34**, 2643 (2009)



- Tramite LIAD si sono prodotte densità atomiche stabilizzate di sodio e rubidio significativamente superiori a quelle di equilibrio in celle di misura sigillate mantenute a T_{amb} .
- Il sistema, che consente il superamento delle tecniche termiche, è compatto ed economico: necessita solo di una sorgente luminosa anche non coerente e di bassa intensità variabile e di un semplice controllo elettronico di feedback.
- La densità atomica può essere modulata secondo funzioni predefinite ad una frequenza che può raggiungere gli Hz o le decine di Hz a seconda della geometria dell'apparato e del valore assoluto della modulazione richiesta, cosa praticamente impossibile con i sistemi termici tradizionali.
- Lavoro pubblicato su Opt. Lett. **34**, 2643 (2009)



- Tramite LIAD si sono prodotte densità atomiche stabilizzate di sodio e rubidio significativamente superiori a quelle di equilibrio in celle di misura sigillate mantenute a T_{amb} .
- Il sistema, che consente il superamento delle tecniche termiche, è compatto ed economico: necessita solo di una sorgente luminosa anche non coerente e di bassa intensità variabile e di un semplice controllo elettronico di feedback.
- La densità atomica può essere modulata secondo funzioni predefinite ad una frequenza che può raggiungere gli Hz o le decine di Hz a seconda della geometria dell'apparato e del valore assoluto della modulazione richiesta, cosa praticamente impossibile con i sistemi termici tradizionali.

- Lavoro pubblicato su Opt. Lett. **34**, 2643 (2009)



- Tramite LIAD si sono prodotte densità atomiche stabilizzate di sodio e rubidio significativamente superiori a quelle di equilibrio in celle di misura sigillate mantenute a T_{amb} .
 - Il sistema, che consente il superamento delle tecniche termiche, è compatto ed economico: necessita solo di una sorgente luminosa anche non coerente e di bassa intensità variabile e di un semplice controllo elettronico di feedback.
 - La densità atomica può essere modulata secondo funzioni predefinite ad una frequenza che può raggiungere gli Hz o le decine di Hz a seconda della geometria dell'apparato e del valore assoluto della modulazione richiesta, cosa praticamente impossibile con i sistemi termici tradizionali.
- Lavoro pubblicato su *Opt. Lett.* **34**, 2643 (2009)