

Accessori di campionamento ATR per lo spettrometro FTIR Agilent Cary 635

Un modo facile e versatile per eseguire misurazioni FTIR

Introduzione

La riflettanza totale attenuata (ATR) è la metodologia di campionamento più utilizzata nella spettroscopia infrarossa in trasformata di Fourier (FTIR). Questa popolarità è dovuta alla sua capacità di misurare in modo rapido e semplice un'ampia gamma di tipi di campione, tra cui liquidi, solidi, polveri, semisolidi e paste. Lo **spettrometro FTIR Agilent Cary 635** utilizza un concetto modulare versatile, in cui moduli di campionamento ottimizzati con precisione vengono collegati alla parte anteriore del motore FTIR Cary 635. A seconda dell'applicazione o del campione specifico, vengono utilizzati sensori ATR diversi. Le ottiche con allineamento permanente consentono di sostituire un'ampia gamma di moduli in pochi secondi, senza richiedere alcun allineamento da parte dell'utente. Il sistema FTIR Cary 635 supporta un'ampia selezione di sensori ATR e offre la possibilità di passare istantaneamente da un sensore ATR all'altro.

Per la maggior parte delle applicazioni, per FTIR Cary 635 sono disponibili moduli di campionamento ATR a riflessione singola in seleniuro di zinco (ZnSe), cristallo di diamante e germanio (Ge). Questi moduli vengono utilizzati con una pressa per campioni e sono eccellenti per l'analisi di materiali solidi, ma anche di liquidi, paste e gel. Il sensore in diamante è estremamente durevole ed è la scelta migliore per i materiali più duri. Il sensore in ZnSe è una buona scelta per i solidi più morbidi. Il sensore in Ge, con una lunghezza del percorso ottico più breve, è la scelta migliore per i campioni altamente assorbenti. Inoltre, il modulo di campionamento ATR in ZnSe a riflessioni multiple rappresenta un'ottima opzione per l'analisi di liquidi, paste e gel, che richiedono una maggiore sensibilità.

Poiché queste tecnologie di campionamento sono progettate su misura per il sistema FTIR Cary 635, l'analista può avere fiducia nei risultati, indipendentemente dal sensore ATR scelto per la propria applicazione. Questa progettazione su misura si traduce nelle massime prestazioni, sensibilità e facilità d'uso rispetto a qualsiasi spettrometro della stessa classe.

Questa nota tecnica esamina i sensori ATR disponibili per lo spettrometro FTIR Cary 635 (Figura 1). Descrive quale sensore selezionare per un tipo di campione specifico e riepiloga le applicazioni tipiche della spettroscopia FTIR ATR con il sistema FTIR Cary 635.



Figura 1. Lo spettrometro FTIR Agilent Cary 635 può essere dotato dei moduli di campionamento idonei a coprire tutte le esigenze analitiche. Il modulo di campionamento ATR in diamante è ideale per l'analisi FTIR di solidi, liquidi, gel e polveri.

Funzionamento

Nel campionamento ATR, la luce infrarossa (IR) attraversa un cristallo, subisce almeno una riflessione interna totale all'interfaccia cristallo-campione e la luce riflessa raggiunge il rivelatore FTIR. Durante la riflessione interna, una parte della luce IR penetra nel campione, dove può essere assorbita. La porzione di luce che entra nel campione è chiamata onda evanescente. La profondità di penetrazione dell'onda evanescente nel campione è definita dalla differenza di indice di rifrazione tra il campione e il cristallo ATR. Per tenere conto dei diversi tipi di campione e dei diversi requisiti di lunghezza del percorso ottico, come sensori ATR vengono utilizzati diversi materiali con indici di rifrazione differenti.

ATR a riflessione singola

Le misurazioni a riflessione singola consentono al fascio di luce di subire una riflessione interna nel cristallo una sola volta (Figura 2).

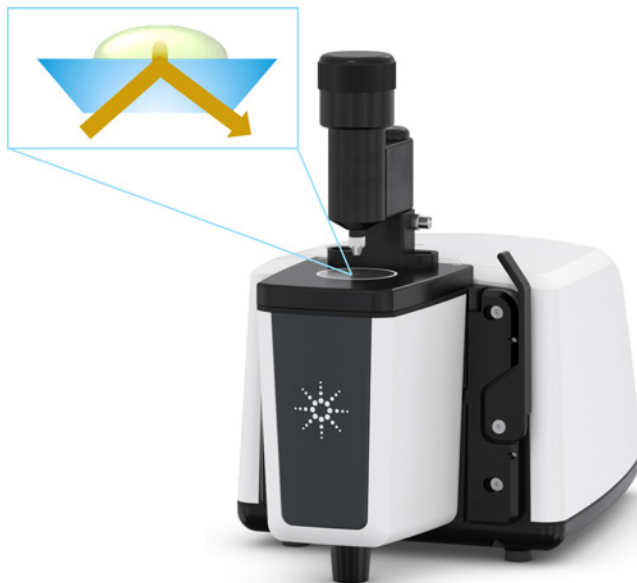


Figura 2. Accessorio ATR a riflessione singola per lo spettrometro FTIR Agilent Cary 635.

ATR a riflessioni multiple

Al contrario, i sensori ATR a riflessioni multiple utilizzano un cristallo più lungo, che consente al fascio di luce di essere riflesso totalmente sulla superficie del campione più volte prima della rivelazione (Figura 3). Di conseguenza, la luce IR interagisce con il campione in corrispondenza di ciascun punto di riflessione, fornendo una lunghezza del percorso ottico effettiva più lunga. Questo aumenta la sensibilità della misurazione ed è ideale per applicazioni complesse che richiedono un limite di rivelabilità più basso e una raccolta dati più rapida.

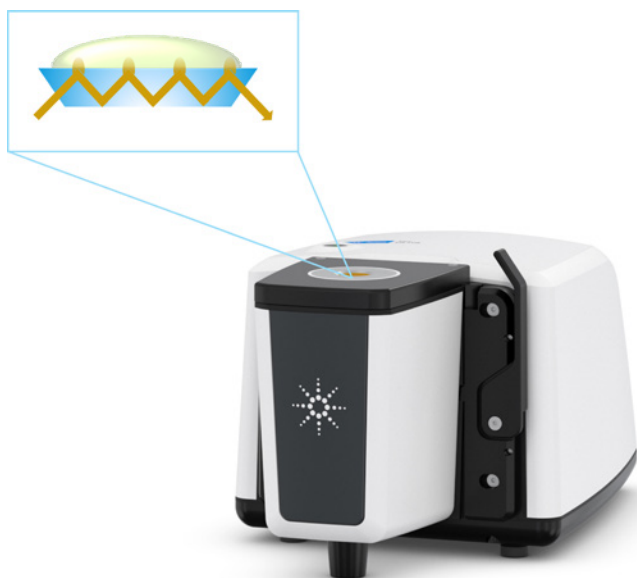


Figura 3. Accessorio ATR a riflessioni multiple per lo spettrometro FTIR Agilent Cary 635.

Misurazioni dei campioni

Per analizzare campioni liquidi o paste utilizzando i moduli ATR, una piccola goccia di campione viene depositata sul cristallo ATR. La misurazione viene eseguita e, al termine, il cristallo può essere pulito con un solvente delicato, se necessario.

Per analizzare polveri, film sottili o altri campioni solidi, il campione viene posizionato sul cristallo ATR e pressato mediante la pressa orientabile per garantire un contatto ottimale tra campione e cristallo. Dopo la misurazione, il campione può essere recuperato; questa caratteristica è ideale per campioni disponibili in quantità ridotte o costosi. Il cristallo può quindi essere pulito con un solvente delicato, se necessario.

La pressa orientabile sui moduli ATR a riflessione singola applica la pressione ottimale per il materiale del sensore ATR utilizzato. La pressa orientabile può essere ruotata di 360 gradi per facilitare l'accesso al cristallo ATR per il campionamento o la pulizia. La pressa può inoltre essere rimossa quando non è necessaria (ad es. quando vengono analizzati solo campioni liquidi). Il modulo ATR a riflessioni multiple viene utilizzato esclusivamente per campioni liquidi e quindi non richiede una pressa.

Sensori ATR per FTIR Cary 635

Sia che le applicazioni richiedano il modulo a riflessione singola in ZnSe, diamante o Ge, oppure il modulo in ZnSe a riflessioni multiple, il sistema FTIR Cary 635 offre prestazioni ai vertici della categoria. A differenza di altri spettrometri FTIR che utilizzano accessori di terze parti, la tecnologia di campionamento per FTIR Cary 635 è progettata su misura dagli ingegneri Agilent ed è perfettamente adattata alle caratteristiche ottiche dello spettrometro. Il design robusto che non richiede allineamento consente la sostituzione istantanea di queste tecnologie di campionamento ATR, permettendo di gestire facilmente qualsiasi tipo di campione. I diversi moduli ATR per lo spettrometro FTIR Cary 635 sono descritti nella Tabella 1.

Tabella 1. Moduli ATR per lo spettrometro FTIR Agilent Cary 635.

Modulo ATR	Intervallo di lunghezze d'onda	Lunghezza del percorso ottico effettiva	Tipo di campione	Pressa orientabile
Modulo ATR in ZnSe a riflessione singola	Da 5.100 a 600 cm^{-1}	1,1 μm a 4.000 cm^{-1} 2,6 μm a 1.700 cm^{-1} 7,3 μm a 600 cm^{-1}	Campioni tal quali o concentrati; solidi morbidi, paste, gel, liquidi; non acidi o basi forti	Sì
Modulo ATR in ZnSe a riflessioni multiple	Da 5.100 a 600 cm^{-1}	5,5 μm a 4.000 cm^{-1} 13,0 μm a 1.700 cm^{-1} 36,5 μm a 600 cm^{-1}	Componenti a concentrazioni più basse, soluzioni più diluite; paste, gel, liquidi; non acidi o basi forti	No
Modulo ATR in Di a riflessione singola	Da 6.300 a 350 cm^{-1} ^a Da 5.100 a 600 cm^{-1} ^b	1,1 μm a 4.000 cm^{-1} 2,6 μm a 1.700 cm^{-1} 7,3 μm a 600 cm^{-1}	Solidi duri, particolati, polimeri, paste, liquidi; tutti gli intervalli di pH	Sì
Modulo ATR in Ge a riflessione singola	Da 5.100 a 600 cm^{-1}	0,15 μm a 4.000 cm^{-1} 0,36 μm a 1.700 cm^{-1} 1,02 μm a 600 cm^{-1}	Polimeri caricati con nerofumo	Sì

^a Motore FTIR Cary 635 con ottiche in KBr

^b Motore FTIR Cary 635 con ottiche in ZnSe

Moduli ATR in seleniuro di zinco (ZnSe)

Il ZnSe è un materiale di tipo semiconduttore utilizzato da molti anni come elemento sensibile ATR. È relativamente duro, presenta un ampio intervallo di lunghezze d'onda ed è insolubile in acqua. Per questo motivo rappresenta una scelta eccellente per solidi flessibili, paste, gel e liquidi. Può essere utilizzato per analizzare soluzioni acquose nell'intervallo di pH compreso tra 5 e 9. Il sistema FTIR Cary 635 offre due varianti della tecnologia di campionamento in ZnSe: sensori a riflessioni multiple e a riflessione singola.

Modulo ATR in ZnSe a riflessione singola

Grazie al percorso ottico relativamente breve della luce infrarossa nel campione, questo sensore è ideale per campioni tal quali, ossia campioni relativamente concentrati o puri. Il modulo in ZnSe a riflessione singola è una buona scelta per l'identificazione di materiali più morbidi, nonché di liquidi viscosi. Quando si misurano solidi, ad esempio film polimerici, può essere utilizzato con il sistema FTIR Cary 635. Il modulo ATR in ZnSe è raffigurato nella Figura 4.



Figura 4. Modulo ATR in seleniuro di zinco per lo spettrometro FTIR Agilent Cary 635.

Modulo ATR in ZnSe a riflessioni multiple

Le prestazioni eccezionali del sistema FTIR Cary 635, combinate con la lunghezza del percorso ottico maggiore del sensore ATR a riflessioni multiple, danno luogo a un sistema spettrometrico dalla sensibilità impareggiabile. È possibile misurare componenti a concentrazioni più basse in paste, gel e liquidi. Possono essere analizzati anche soluti in soluzioni acquose diluite o concentrate nell'intervallo di pH compreso tra 5 e 9. Poiché il sensore a riflessioni multiple è leggermente incassato nel supporto in acciaio inossidabile, è ideale per l'analisi di campioni liquidi non viscosi. Questo sensore è una scelta superiore quando sono richieste misurazioni qualitative o quantitative. Non è raccomandato per l'uso con materiali solidi, poiché non viene utilizzato con il morsetto a pressione. Il modulo ATR in ZnSe a riflessioni multiple è raffigurato nella Figura 5.



Figura 5. Accessorio ATR in seleniuro di zinco a riflessioni multiple per lo spettrometro FTIR Agilent Cary 635.

Modulo ATR in diamante (Di) a riflessione singola

L'impiego del diamante come materiale ATR ha rivoluzionato il campionamento FTIR. I campioni più duri, come minerali e polimeri più duri, possono essere analizzati facilmente con questo sensore grazie alla sua resistenza ai graffi. L'ATR in diamante è inoltre resistente ad acidi e basi forti ed è eccellente per la misurazione di soluzioni acquose ad alto o basso pH. L'ATR in diamante per il sistema FTIR Cary 635 è un sensore a riflessione singola utilizzato con la pressa per campioni per consentire un buon contatto tra il materiale da analizzare e la superficie in diamante. Come sensore a riflessione singola, è ideale per sostanze tal quali o pure sotto forma di particolati, polveri o altri materiali duri. Il design esclusivo dell'ATR in diamante per il sistema FTIR Cary 635 garantisce un'elevata trasmissione di energia; inoltre, la combinazione dello spettrometro con la tecnologia di campionamento in diamante offre in genere prestazioni superiori rispetto ad altri sistemi FTIR di routine. Il modulo ATR in diamante a riflessione singola è raffigurato nella Figura 6.



Figura 6. Modulo ATR in diamante a riflessione singola per lo spettrometro FTIR Agilent Cary 635.

Modulo ATR in germanio (Ge) a riflessione singola

Il Ge è un elemento fragile, duro e semimetallico con un elevato indice di rifrazione, che determina una minore profondità di penetrazione della radiazione infrarossa. Il sistema FTIR Cary 635 utilizza un elemento ATR in Ge a riflessione singola, che rappresenta una scelta eccellente per l'analisi di materiali altamente assorbenti o contenenti componenti a elevata dispersione. Campioni come i polimeri contenenti nerofumo vengono spesso analizzati con l'ATR in Ge. O-ring, guarnizioni e pneumatici in gomma nera sono tutti esempi di materiali particolarmente adatti all'analisi con il modulo di campionamento ATR in Ge del sistema FTIR Cary 635. Il modulo ATR in germanio a riflessione singola è raffigurato nella Figura 7.



Figura 7. Modulo ATR in germanio a riflessione singola per lo spettrometro FTIR Agilent Cary 635.

Esempi di applicazioni

L'analisi ATR è ampiamente utilizzata in ambito industriale e accademico in una vasta gamma di applicazioni. Agilent fornisce molte note applicative che dimostrano l'uso dei moduli ATR e offrono confronti con altre tecniche di campionamento disponibili. Di seguito è riportato un riepilogo di alcune delle note applicative attualmente disponibili. Una raccolta completa di applicazioni è disponibile sul sito web Agilent.

Pharmaceutical Packaging Materials Quality Control and USP Chapter <661.1> Compliance

Questo studio si concentra sull'uso della spettroscopia FTIR per l'analisi dei polimeri utilizzati nel confezionamento farmaceutico. È stato utilizzato un modulo ATR in diamante per determinare le differenze tra confezionamenti di marca e generici, nonché per dimostrare l'individuazione di prodotti farmaceutici contraffatti. È stata inoltre dimostrata l'applicabilità dello spettrometro FTIR alle normative USP sul confezionamento farmaceutico, descritte nel capitolo <661.1> Plastic Materials of Construction.

[Scarica la nota applicativa completa.](#)

Determination of Sucrose Levels in Infant Cereals

Questo studio ha determinato la quantità di zucchero presente in diverse marche di cereali per la colazione destinati ai bambini. I campioni di cereali sono stati macinati fino a ottenere una polvere e posizionati direttamente sul modulo ATR in diamante per quantificare le concentrazioni di saccarosio. I risultati ottenuti hanno mostrato un'ottima correlazione con i dati HPLC degli stessi campioni.

[Scarica la nota applicativa completa.](#)

Quick Identification and Qualification of Pharmaceuticals

Questo studio evidenzia la sensibilità dell'analisi ATR-FTIR dei prodotti farmaceutici nella classificazione e valutazione della purezza di materie prime specifiche. È stato utilizzato un modulo di campionamento ATR in diamante per analizzare campioni di acido acetilsalicilico puro e contaminato. Le funzionalità esclusive di impostazione della logica del software MicroLab Agilent consentono l'identificazione, la qualifica e la semplice distinzione tra diverse qualità di materie prime e ingredienti nelle applicazioni farmaceutiche.

[Scarica la nota applicativa completa.](#)

Fuel Blend Analysis Using a 5 Bounce ZnSe ATR Accessory

In questo studio è stata determinata la composizione di diverse miscele di combustibile. È stato utilizzato un modulo ATR in ZnSe a riflessioni multiple per analizzare in modo riproducibile miscele diesel/butanolo, senza necessità di preparazione del campione. Questo ha fornito informazioni sulla quantità e sui fenomeni di miscelazione a livello molecolare.

[Scarica la nota applicativa completa.](#)

Analisi dei livelli di alcol nei disinfettanti per le mani

È stato utilizzato un modulo ATR in diamante per quantificare il contenuto di alcol nei disinfettanti per le mani. Il software MicroLab è stato utilizzato per sviluppare un metodo di controllo qualità (QC) di routine che identificava automaticamente il tipo di alcol e determinava con precisione la concentrazione di alcol.



Figura 8. Il campione tal quale di disinfettante per le mani viene depositato sull'accessorio ATR. Il software MicroLab Agilent utilizza flussi di lavoro guidati da immagini per aiutare gli utenti a seguire ogni fase della misurazione, incluse pulizia e campionamento.

[Scarica il volantino applicativo.](#)

Detection of Counterfeit Pharmaceuticals

In questo studio, è stato utilizzato un modulo ATR in diamante per acquisire spettri IR di compresse farmaceutiche autentiche e campioni placebo. Gli spettri sono stati confrontati con una libreria IR completa mediante il software MicroLab. Per farmaci importanti e spesso contraffatti, etambutolo cloridrato e cefuroxima axetil, è stato rilevato che lo spettrometro FTIR differenziava in modo affidabile i campioni autentici da quelli contraffatti.



[Scarica la nota applicativa completa.](#)

Automated FT-IR Screening Method for Cocaine Identification in Seized Drug Samples

È stato utilizzato un modulo ATR in diamante per acquisire spettri IR di campioni di cocaina sequestrati. Insieme ad un metodo automatizzato nel software MicroLab, lo spettrometro FTIR è stato in grado di identificare la presenza di cocaina, mostrando una buona correlazione con la concentrazione di cocaina determinata mediante HPLC. La configurazione strumento-software si è dimostrata idonea come metodo non distruttivo per lo screening preliminare di sostanze stupefacenti sequestrate sospettate di contenere cocaina.

[Scarica la nota applicativa completa.](#)

Ulteriori informazioni

- [Agilent Cary 635 FTIR Spectrometer](#)
- [MicroLab FTIR Software](#)
- [MicroLab Expert](#)
- [FTIR Analysis & Applications Guide](#)
- [FTIR Spectroscopy Basics – FAQs](#)
- [ATR-FTIR Spectroscopy Overview](#)

www.agilent.com/chem/cary635

DE-011798

Le informazioni fornite sono soggette a modifica senza preavviso.

© Agilent Technologies, Inc. 2022, 2026
Stampato negli Stati Uniti, 28 agosto 2026
5991-68581TE