بیست و یکمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران
و هفتمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
۲۳ تا ۲۵ دی ماه ۱۳۹۳، دانشگاه شهید بهشتی

بررسی اثر بخار آب بر قدرت تفکیک پیک در دستگاه طیف سنج تحرک یونی

محسن لطیف[۱و۲]، مهرداد رضائی گل قند[۱]، حمیدرضا قمی[۱]

[۱]پژوهشکده لیزر وپلاسما، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

چکیده – در این مقاله اثر بخار آب بر توان تفکیک (*Resolving Power*) پیک حاصل از یونها در دستگاه طیف سنج تحرک یونی (*IMS*) بررسی شده است. ابتدا پیک یونهای اولیه حاصل از یونیزاسیون کورونا در دستگاه *IMS* بدون گاز معرف ثبت گردید و سپس با تزریق کردن استون به عنوان گاز معرف، رطوبت موجود در دستگاه توسط واکنشهای شیمیایی حاصل از استون و بخار آب حذف گردید و مجددا پیک حاصله ثبت و با پیک قبلی مقایسه گردید. ملاحظه شد که در حالت دوم پهنای پیک به صورت چشم گیری کاهش و متعاقبا قدرت تفکیک افزایش یافت.

کلید واژه - توان تفکیک، طیف سنجی تحرک یونی، گاز معرف

The effect of water vapor on resolving power of peak in Ion Mobility Spectrometry (IMS)

Mohsen Latif[۱], Mehrdad Rezaei Golghand[۱], Hamidreza Qomi[۱]

[۱] Laser and Plasma Research Institute, Shahid beheshti University, Tehran, Iran.

Abstract- In this paper the effect of water vapor on resolving power of ions in Ion Mobility Spectrometer (IMS) has been investigated. First of all the primary peak of reactant ions (RIP) generated by corona discharge ionization source in IMS system was recorded without reagent gas, then by inserting acetone as reagent gas, moisture has been eliminated by chemical reactions between acetone and water, and again resulting peak has been recorded and compared with previous one. It was observed that the second peak width is much thicker and subsequently has better resolving power than the first one.

Keywords: ion mobility spectrometry, reagent gas, resolving power.

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-02]

۱- مقدمه

طیف سنجی تحرک یونی (IMS) از دهه‌ها پیش برای شناسایی مواد فرار و نیمه فرار ساخته شده است که اساس کار آن بر مبنای میزان تحرک پذیری یونها ست که در یک میدان الکتریکی یکنواخت شتاب داده می‌شود و یونها بر حسب جرم و ساختار مولکولیشان با سرعت‌های متفاوتی به گیرنده می‌رسند و در نهایت با استفاده از یک تقویت کننده جریان به ولتاژ، به سیگنالهای معناداری تبدیل می‌شود[۱]. یک سیستم طیف سنج یونی خوب، علاوه بر اینکه باید دارای حساسیت بالایی باشد، باید قدرت ارائه اطلاعات سودمند با استفاده از تحرک پذیری یونها را دارا باشد. از این روست که بحثهای توان تفکیک و تفکیک پذیری (Resolution) مطرح می‌شود چرا که در یک دستگاه آنالیز خوب توانایی شناسایی مواد مختلف در یک مخلوط پیچیده تا حد زیادی به توان تفکیک آن وابسته است. توان تفکیک R_p به صورت نسبت زمان رسیدن t_d به پهنا در نصف مقدار بیشینه (FWHM) w_h دسته یونهای رسیده تعریف می‌شود [۲]:

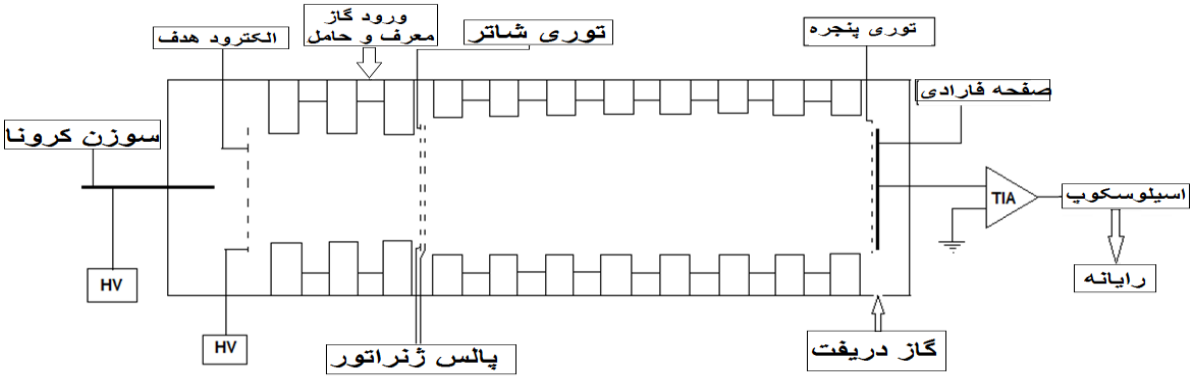
$$R_p = \frac{t_d}{w_h} \qquad (۱)$$

۲- چیدمان تجربی:

چیدمان تجربی دستگاه در شکل ۱ نشان داده شده است، دستگاه متشکل است از: دستگاه اصلی IMS (که در پژوهشکده لیزر و پلاسمای دانشگاه شهید بهشتی ساخته شده است) منابع تغذیه ولتاژ بالا، پالس ژنراتور، تقویت کننده جریان به ولتاژ (ترانس امپدانس)، اسیلوسکوپ و رایانه. دستگاه IMS از سه قسمت اصلی منطقه کرونا، منطقه واکنش و منطقه دریفت تشکیل شده است. منبع یونیزاسیون تخلیه کرونا با هندسه‌ی سیم به صفحه می‌باشد. سیم به عنوان الکترود مثبت از جنس تنگستن با قطر حدود ۵۰ میکرومتر و الکترود هدف نیز یک حلقه آلومینیومی به قطر داخلی ۱۵ میلی‌متر می‌باشد. ناحیه واکنش متشکل از سه حلقه‌ی آلومینیومی با قطر داخلی ۲۵ میلیمتری با ضخامت ۵ میلیمتر است که توسط حلقه‌های تفلونی از هم مجزا شده‌اند، در انتهای ناحیه واکنش توری شاتر قرار دارد که توسط یک پالس ژنراتور در زمانهای میکروثانیه باز و بسته می‌شود و مانع از نفوذ پیوسته یونها به قسمت دریفت می‌شود، توری شاتر متشکل از سیمهای تنگستنی است که با فاصله ۱ میلی-متر از هم قرار دارند. ناحیه دریفت متشکل از حلقه‌هایی با قطر داخلی ۳۶ میلی‌متری و ضخامت ۵ میلی‌متری است که توسط حلقه‌های تفلونی با ضخامت ۴ میلی‌متری از هم مجزا شده اند. ، همه‌ی حلقه‌ها از طریق مقاومتهای ۱ مگا اهمی به هم متصل شده‌اند تا میدان الکتریکی یکنواخت لازم را ایجاد کنند. در انتهای ناحیه‌ی دریفت، صفحه‌ی فارادی به عنوان گیرنده قرار دارد که از طریق تقویت کننده جریان به ولتاژ به اسیلوسکوپ و از آنجا به رایانه متصل شده است. که توسط اسیلوسکوپ منحنی شدت یونها (ولتاژ) بر حسب زمان دریفت رسم می‌شود و پیک یونهای واکنش دهنده‌ی اولیه (RIP) را ایجاد میکند.

جهت بررسی اثر بخار آب بر پیک یونهای واکنش‌دهنده‌ی اولیه (RIP) ابتدا دستگاه را با گاز نیتروژن به عنوان گاز دریفت روشن کرده و پیک را ثبت کردیم، سپس با افزودن بخار استون به عنوان گاز معرف از طریق گاز نیتروژن به عنوان گاز حامل و همچنین با حضور گاز دریفت در خلاف جهت پیک دوم را ثبت کردیم. در ابتدا در حضور گاز نیتروژن واکنشهای زیر را در ناحیه یونیزاسیون داریم:

$$N_2 + e^- \rightarrow N_2^+ + 2e^- \qquad (۲)$$



شکل ۱: چیدمان تجربی دستگاه IMS (محل ورود گاز دریفت و معرف و حامل مشخص است)

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-02]

$$N_2^+ + 2N_2 \rightarrow N_4^+ + N_2 \quad (3)$$

$$N_4^+ + H_2O \rightarrow H_2O^+ + N_4 \quad (4)$$

$$H_2O^+ + H_2O \rightarrow (H_2O)H^+ + OH \quad (5)$$

$$(H_2O)H^+ + nH_2O \rightarrow (H_2O)_nH^+ \quad (6)$$

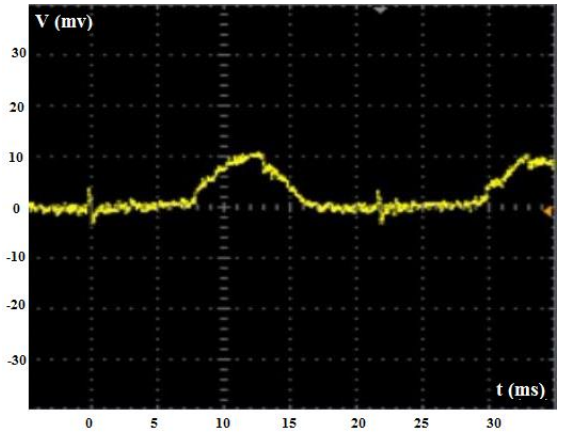
$$C_3H_6O + (H_2O)_nH^+ \rightarrow C_3H_6OH^+ + nH_2O \quad (7)$$

اگر غلظت بخار آب موجود در دستگاه زیاد باشد، در واکنش ۶ مقدار n از ۱ الی ۴ می تواند ادامه پیدا کند و از آنجا که این یون های خوشه‌ای جرمهای بسیار نزدیک به هم دارند پیک های کنار هم تشکیل داده و باعث پهن شدگی کلی پیک می شوند. از طرفی این یون های خوشه ای بسیار ناپایدار می باشند و براحتی در حین حرکت در طول ناحیه رانش می توانند از هم جدا و تفکیک شوند و باعث کاهش شدت پیک حاصله شوند.

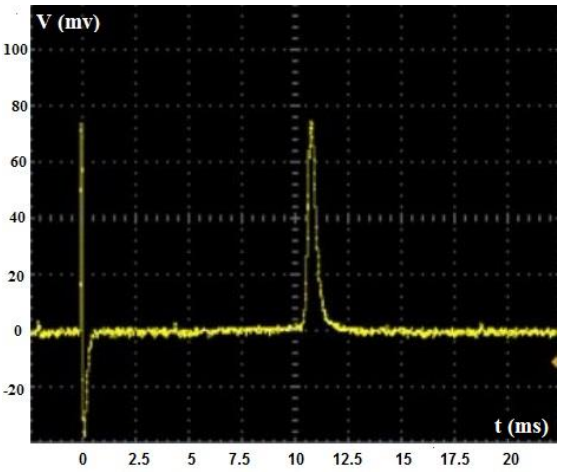
با افزودن استون به عنوان گاز معرف، یون های تشکیل شده در ناحیه یونیزاسیون تغییر ماهیت داده و در واقع واکنش ۷ غالب شده و استون به عنوان پیک نهایی تشکیل می شود. غلظت استون در دستگاه کنترل شده می‌باشد به طوری که در هر لحظه غلظت استون ورودی به دستگاه زیر ۱۰ppb می باشد، لذا واکنش ۷ نمی تواند تا مراتب بالاتر تشکیل شود به همین دلیل پیک حاصله از پهنای کمتری برخوردار می باشد و هم چنین این واکنش ها بسیار پایدار می باشند و در حین حرکت در ناحیه رانش دچار تفکیک نشده و به همین دلیل پیک حاصله دارای شدت زیادی می باشد.

۳- نتیجه‌گیری

با مقایسه‌ی دو پیک به دست آمده در شکل‌های ۲ و ۳ ملاحظه می‌گردد که پهنای پیک از ۸ میلی‌ثانیه به ۱,۵ میلی‌ثانیه کاهش یافته و در نتیجه توان تفکیک از ۲ به ۲۲ رسید که دلیل آن تغییر یون های تشکیل شده در ناحیه تخلیه کرونا می باشد.



شکل۲: پیک مربوط به RIP قبل از تزریق استون



شکل ۳: پیک مربوط به RIP بعد از تزریق استون

مراجع

[۱] Eiceman G.A., (۲۰۰۲) *Ion-mobility spectrometry as a fast monitor of chemicalcomposition*. Trends Anal. Chem., ۲۱: ۲۵۹.

[۲] Eiceman G.A., Karpas Z., Hill jr H.H., *Ion Mobility Spectrometry, third edition*, p ۱٦٥, CRS press, ۲۰۱٤

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-02]