

Pembangkitan gelombang kejut plasma oleh laser CO₂ dan aplikasinya untuk analisis spektrokimia

Hendrik Kurniawan, author

Deskripsi Lengkap: <https://lib.ui.ac.id/detail?id=91286&lokasi=lokal>

Abstrak

ABSTRAK

Dengan mengfokuskan berkas pulsa laser karbon dioksida pada berbagai macam target pada tekanan rendah, akan terbentuk plasma yang unik. Dalam disertasi ini struktur dan dinamika dari plasma yang unik ini dapat diperoleh dengan mengembangkan metode pengamatan plasma yang baru yaitu pengukuran distribusi ruang dari intensitas emisi pada berbagai waktu tunda. Plasma ini terdiri atas dua bagian; pertama yaitu bagian kecil dari plasma (disebut plasma primer) yang memancarkan spektrum emisi kontinu hanya untuk beberapa sentimeter di atas permukaan target. Bagian yang lain (plasma sekunder) mengembang sesuai waktu disekeliling plasma primer, memancarkan spektrum garis atomik yang sangat tajam dengan emisi latar belakang yang sangat rendah.

Juga ditunjukkan bahwa emisi dari atom-atom yang terpancar keluar dari target membentuk struktur kulit (tipis), dan ionisasi dari atom-atom berlangsung lebih lambat dari pada eksitasi dari atom-atom netral. Laju pergeseran dari muka emisi adalah sebanding dengan waktu pangkat dua per lima. Juga berhasil diamati bahwa titik dimana sinyal emisi mulai tampak adalah sama untuk berbagai macam target meskipun berbeda pada berat atomnya. Hasil ini mendukung model bahwa plasma sekunder dibentuk mengikuti prinsip gelombang kejut dengan plasma primer sebagai sumber energi awal.

Dengan memakai gas helium dan argon disekeliling target pada tekanan rendah, dua proses eksitasi yang berbeda terjadi pada saat pembentukan plasma sekunder. Proses eksitasi pertama disebabkan oleh mekanisme gelombang kejut, sedangkan eksitasi kedua disebabkan oleh tingkat energi metastabil pada gas mulia. Proses eksitasi kedua ini menyalurkan energi metastabil yang disimpan oleh gas mulia pada atom-atom yang dipancarkan oleh target meskipun lama setelah pulsa laser berakhir, sehingga menghasilkan intensitas emisi yang lebih tinggi di gas mulia dibandingkan di udara.

Temperatur tinggi pada plasma sekunder sebagai akibat dari kecepatan propagasi yang tinggi dari muka plasma menyebabkan plasma ini sangat cocok digunakan untuk mendeteksi atom-atom halogen yang biasanya sangat sukar diidentifikasi karena tingkat energinya yang sangat tinggi. Aplikasi analitis untuk mendeteksi unsur halogen pada contoh bubuk kimia maupun kalsium pada bahan makanan menunjukkan hubungan yang linear pada kurva kalibrasi. dalam metode Laser Microprobe Spectrochemical Analysis (LHSA) yang umum dipakai hingga saat ini untuk analisa spektrokimia, tidak terdapat hubungan yang linier pada kurva kalibrasinya karena timbul penyerapan sendiri (self absorption) yang sangat kuat. Jumlah minimum yang dapat dideteksi untuk Cl adalah 5 ppm dan 10 ppm untuk Ca, yang jauh lebih baik dibandingkan dengan metode Induction Couple Plasma (ICP) maupun metode lain. Hingga saat ini metode ICP adalah metode terbaik yang banyak dipakai untuk analisa elemen-elemen pada bahan makanan. Metode

kami akan dikembangkan menjadi metode analisa kuantitatif yang cepat, akurat dan. memiliki sensitivitas yang tinggi tidak Baja pada bahan makanan tetapi juga pada bahan biologi, geologi dan lain-lain.

ABSTRACT

A study has been conducted on the formation of the unique plasma generated by focusing a TEA CO₂ laser onto various targets with low pressure surrounding gases. A new method of time-resolved measurement of spatial distribution of the plasma was carried out for analyzing the plasma structure and dynamics. The unique laser induced plasma consists of two distinct regions; the first is a small area of plasma (called primary plasma), which gives off intense continuous emission spectra for a short time just above the surface of the target. The other area (secondary plasma) expands with time around the primary plasma, emitting sharp atomic line spectra with negligibly low background signals.

It is clearly shown that emission due to the gushed atoms from the target form shell structure, and the ionization of the atoms proceeds at slower rate than the excitation of the neutral atoms. The displacement of the emission expansion is proportional to the two-fifths power of time. It has been also observed that the rising point in the time-resolved spatial distribution of the emission is the same regardless of the difference in atomic weight. These results support the model that the secondary plasma is excited by a shock wave with primary plasma serving as the initial explosion source.

By using helium and argon as a surrounding gases, two different excitation processes take place in forming the secondary plasma. The first excitation process is due to the shock wave mechanism, while the second process is due to the metastable state of the noble gases. It is believed that this second process transfers metastable energy to the vaporized atoms of the target for emission, even long after the laser bombardment ends, thus giving total emission intensity that is higher in the noble gases than yielding in air.

The high temperature generated in the secondary plasma as a result of its high propagating front speed has made it favorable for use in detecting atoms such as halogens which are usually very difficult to identify because of their high lying electronic energy level. Analytical application to the detection of halogen atoms in chemical powder and calcium in food material shows good linearity in the calibration curve. In the ordinary Laser Microprobe Spectra-chemical Analysis (LMSA), the calibration curve is not linear due to the strong self absorption. The detection limit of Cl, Ca is 5 ppm and 10 ppm respectively which is better than ICP (50 ppm for Cl) and other methods. So far, ICP emission spectrometry has been used as the most convenient method for simultaneous multi elemental analysis of food materials. Our method will be developed as a rapid, high-precision, highly sensitive quantitative analytical method for not only food materials but also other biological and geological samples.