

Peranan Paras-paras 3P_0 dan 3P_2 terhadap Pekali Pengionan Sekunder dalam Nyahcas Townsend

W.MAHMOOD BIN MAT YUNUS.

Jabatan Fizik.

Fakulti Sains dan Pengajian Sekitar.

Universiti Pertanian Malaysia.

43400 Serdang, Selangor, Malaysia.

Key words: Paras teruja; 3P_0 dan 3P_2 dan Pekali Pengionan Sekunder.

ABSTRAK

Sumbangan atom-atom pada paras tenaga 3P_0 dan 3P_2 kepada pekali pengionan sekunder dalam suatu nyahcas Townsend dibincangkan. Untuk sampel gas kripton kelas penyelidikan, nilai teori δ / α (proses dominan dalam sela $E/p < 50 \text{ volt cm}^{-1} \text{ torr}^{-1}$) bersetuju dengan nilai ujikaji, ω / α . Bagaimanapun dalam kes sample kripton kelas penyelidikan yang dituliskan, telah diperhatikan hanya atom pada paras tenaga 3P_2 sahaja yang menyumbangkan peranan kepada pekali pengionan sekunder.

ABSTRACT

The contribution of the 3P_0 and 3P_2 levels to the secondary ionization coefficient in a Townsend discharge are discussed. In the case of a research grade krypton gas sample, the theoretical values of δ / α (the dominant process in the range $E/p < 50 \text{ volt cm}^{-1} \text{ torr}^{-1}$) are in good agreement with the experimental values of ω / α . However, in the case of purified research grade krypton gas samples, it seems likely that only atoms in the 3P_2 level contributed to the secondary ionization coefficient.

PENGENALAN

Pekali pengionan sekunder boleh ditakrifkan sebagai jumlah elektron yang dibebaskan dalam gas oleh proses pengionan sekunder semasa berlakunya perlanggaran dengan atom-atom gas atau pada katod per setiap perlanggaran. Proses pengionan sekunder yang mungkin berlaku dalam gas dan juga pada katod digambarkan oleh simbol ω / α dalam persamaan Townsend

$$\frac{I}{IC} = \frac{C(\exp(\alpha d))}{1 - \omega/\alpha [\exp(\alpha d) - 1]} \dots\dots\dots 1$$

boleh ditulis sebagai perjumlahan semua proses-pengionan sekunder yang mungkin berlaku. Proses-tersebut telah dicadangkan oleh Llewellyn-Jones dan Parker (1950, 1952) sebagai berikut;

$$\omega/\alpha = \gamma + \delta/\alpha + \epsilon/\alpha + \beta/\alpha + \eta/\alpha \dots\dots 2$$

Simbol yang digunakan pada sebelah kanan persamaan (2) itu membawa maksud pembebasan

elektron oleh perlanggaran: ion positif Υ , foton δ / α , dan atom teruja ϵ / α , dengan katod; dan pengionan atom-atom gas oleh ion positif β / α dan foton η / α dalam gas.

Telahpun diketahui bahawa tidak semua proses sekunder (persamaan 2) berlaku serentak, tetapi ia bergantung kepada keadaan tiub nyahcas, iaitu; jenis gas, bahan katod dan nilai E/p (nisbah medan elektrik kepada tekanan gas) dan tekanan gas, p.

Morgan (1956) dalam penyelidikannya terhadap gas hidrogen telah membuat kesimpulan bahawa untuk nilai $E/p < 50$, proses pengionan sekunder yang dominan ialah δ / α , dan untuk $E/p \sim 300$, proses pembebasan elektron oleh perlanggaran ion positif Υ dengan katod memainkan peranan utama terhadap pekali pengionan sekunder, ω / α . Rees (1963) juga telah menyasarkan hal yang serupa, dalam ujikaji yang telah dilakukan atas pengionan gas helium. Beliau dapati

pada julat $3 < E/p < 5$ (volt $\text{cm}^{-1} \text{ torr}^{-1}$) setara dengan julat tekanan $150 < p < 560$ torr, proses δ / α ialah proses sekunder yang utama yang memberi sumbangan kepada nilai ω / α .

Dengan yang demikian tujuan utama kertas ini ialah untuk membincangkan proses yang sama, seperti yang telah disarankan oleh Morgan (1956) dan Rees (1963). Untuk itu gas sampel kripton dalam julat $14 < E/p < 44$ setara dengan tekanan gas $22 < p < 130$ torr telah diambil kira dalam mengira nilai δ / α secara teori (W. Mahmood 1985).

Rajah 1 menunjukkan gambarajah paras tenaga atom kripton yang mengandungi paras asas dan empat paras teruja untuk taburan elektron $4p^5 5s$. 1P_1 dan 3P_0 ialah paras tenaga yang mempunyai masa hayat yang pendek yang mengeluarkan pancaran resonan, manakala 3P_0 dan 3P_2 ialah paras tenaga metastabil yang mempunyai masa hayat lebih daripada 1.0 saat.

Pada umumnya atom kripton yang teruja boleh dimusnahkan melalui proses-proses berikut;

1. perlanggaran dua-jasad atau tiga-jasad dengan atom yang neutral yang mungkin membentuk molikut yang teruja.

2. pemancaran sinaran resonan, yang mungkin akan terbebas keluar daripada kawasan nyahcas.
3. peresapan atom metastabil keluar daripada kawasan nyahcas dan hentaman dengan dinding bekas.
4. kesan Penning.
5. perlanggaran antara atom teruja dengan atom teruja yang lain.
6. Perlanggaran antara atom teruja dengan elektron atau ion positif.

Proses-proses yang dominan bergantung kepada ketumpatan atom yang teruja dan ketulenannya sampel gas; pada ketumpatan atom metastabil yang rendah dan sampel gas cukup tulen, kesan proses 4, 5, dan 6 boleh diabaikan.

Pengiraan secara teori nilai δ / α untuk nyahcas kripton.

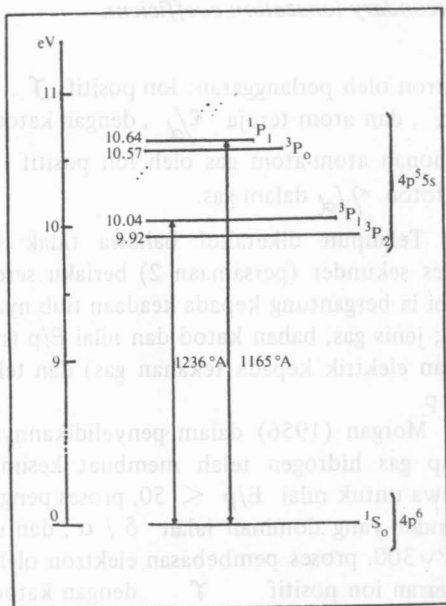
Secara teori pengiraan, nilai δ / α telah disarankan oleh Jones dan Llewellyn-Jones (1962), sebagai

$$\frac{\delta}{\alpha} = K g \left[\frac{k_1 \theta_1}{p} + \frac{k_2 \theta_2}{p} \right] \frac{p}{\alpha} \dots\dots\dots 3$$

di mana, K dan g ialah faktor penyerakan balik dan faktor geometri untuk tiub nyahcas ($g = 0.433$, Abdullah 1982). Nilai K ditentukan daripada formula penyerakan balik Thomson, iaitu

$$K = \left[1 + \frac{u}{\sqrt{6\pi w_-}} \right]^{-1} \dots\dots\dots 4$$

u dan w_- ialah halaju dan halaju hanyut elektron, manakala k dan θ ialah pemalar bagi kecekapan pembebasan elektron oleh foton pada katod (iaitu bilangan elektron yang dibebaskan daripada katod tidak beresonan yang dihasilkan oleh pemusnahan atom metastabil. Indeks 1 dan 2 dirujuk kepada paras tenaga 3P_0 dan 3P_2 . p dan α masing-masing mewakili tekanan dan pekali Townsend primer. Untuk tujuan pengiraan nilai δ / α pada laporan ini, nilai k_1 dan k_2 diambil sebagai 2×10^{-7} elektron per foton (Walker 1955). Sementara nilai α diambil daripada nilai yang telah dilaporkan oleh W. Mahmood (1986) untuk julat $14 < E/p < 44$ volt $\text{cm}^{-1} \text{ torr}^{-1}$ setara dengan nilai tekanan $22 < p < 130$ torr.



Rajah 1 Paras tenaga atom kripton. 1P_0 dan 3P_1 paras resonan. 3P_0 dan 3P_2 paras metastabil.

HASIL DAN PERBINCANGAN

Nilai δ / α yang dikira dengan menggunakan persamaan 3 dan nilai ujikaji ω / α yang didapati oleh W. Mahmood (1986) disenaraikan pada Jadual 1. Plot δ / ω sebagai fungsi E/p ditunjukkan pada Rajah 2. Dalam batasan ketidakpastian nilai ω / α yang ditentukan secara kaedah Townsend (W. Mahmood 1985) dapat dikatakan bahawa nilai δ / α secara teori bersetuju dengan nilai ujikaji ω / α . Bagi sampel gas kripton yang lebih tulen, persetujuan tersebut dipenuhi apabila hanya atom pada paras 3P_0 sahaja diambil kira sebagai penghasil foton tidak beresonan yang memberi sumbangan kepada ω / α . Walaupun demikian merujuk kepada rajah (2b) pada E/p < 20 volt cm⁻¹ torr⁻¹ terdapat beberapa nilai ω / α yang tidak bersetuju dengan nilai teori δ / α . Daripada percanggahan itu tidaklah dapat dibuat kesimpulan yang tepat tentang proses yang dominan untuk sela E/p < 20. Ini

disebabkan oleh ketidakpastian penentuan nilai ω / α yang tidak sahaja bergantung kepada ketidakpastian nilai α , malah bergantung kepada ketidakpastian nisbah pertumbuhan arus pada nilai E/p yang kecil (W. Mahmood 1985).

Secara am dapat diambil kesimpulan bahawa dengan adanya gas-gas asing dalam kripton kelas penyelidikan, dapat menyebabkan atom-atom mempunyai kemungkinan yang sama untuk teruja kepada kedua-dua paras mestabil 3P_0 dan 3P_2 .

Tidaklah dapat dipastikan dengan jelas mekanisme yang menyebabkan proses tersebut berlaku, ini kerana ketidakpastian penentuan nilai ω / α (W. Mahmood 1985) itu dianggarkan ~ 20%. Untuk menentukan mekanisme yang bertanggungjawab terhadap proses yang berlaku dengan lebih pasti, ujikaji-ujikaji patut dilakukan dengan teliti dalam menentukan nilai ω / α dan ketulenan sampel gas yang baik. Oleh sebab kedua-

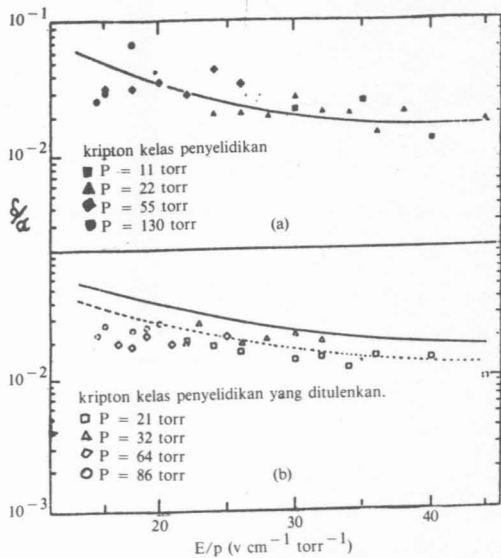
JADUAL (1)
 Nilai teori, δ / α dibanding dengan nilai ujikaji, ω / α
 Sampel: Kripton kelas penyelidikan.

P torr.	E / p V/cm. torr ⁻¹	$\delta / \alpha \times 100$	$\omega / \alpha \times 100$
22	44	1.64	1.84
	38	1.74	2.11
	36	1.70	1.47
	34	1.96	2.04
	32	1.94	2.13
	30	2.23	2.77
	28	2.18	1.98
55	26	2.38	2.01
	24	2.55	2.05
	26	2.70	3.45
	24	3.11	4.25
130	22	2.96	2.80
	20	3.50	3.44
	18	3.94	3.29
	16	4.63	3.16
	14	5.57	6.67
	16	5.05	3.06
	14	5.83	2.48

sambungan Jadual (1).

Sampel: Kripton kelas penyelidikan yang ditulenkan.

p torr	E/p V/cm. torr ⁻¹)	$\delta/\alpha \times 100$ (³ P _o dan ³ P _o)	$\delta/\alpha \times 100$ (³ P _o sahaja)	$\delta/\alpha \times 100$
21	44	1.75	1.27	0.98
	40	2.01	1.46	1.41
	36	1.93	1.40	1.94
	34	2.31	1.60	1.27
	32	2.49	1.81	1.48
	30	2.71	1.96	1.45
	26	2.62	1.90	1.61
	24	3.01	2.18	1.81
32	22	3.60	2.61	2.01
	32	2.40	1.74	1.94
	30	2.65	1.93	2.28
	28	2.73	1.98	1.97
	26	2.95	2.14	1.95
	23	3.28	2.38	2.54
	22	3.68	2.67	1.94
64	19	4.11	2.98	2.31
	25	2.95	2.14	2.14
	21	3.54	2.57	1.97
	19	4.21	3.06	2.25
	18	4.33	3.15	1.81
86	17	4.86	3.53	1.91
	20	3.73	2.70	2.89
	19	4.54	3.30	2.56
	18	4.84	3.50	2.41
	16	4.91	3.56	2.77
	15	5.22	3.79	2.31



Rajah 2 Perbandingan nilai teori δ/α dengan nilai ujikaji ω/α untuk sampel kripton.

— Nilai teori, δ/α
 - - - - - Nilai teori, δ/α yang hanya atom pada $3P_0$ sahaja yang diambil kira.

dua paras resonan pada atom kripton berada terlalu dekat dengan paras metastabil (~ 0.1 eV) kemungkinan wujud atom yang saling bertukar di antara kedua-dua paras tersebut.

PENGHARGAAN

Pengarang ingin mengambil kesempatan ini untuk mengucapkan setinggi-tinggi penghargaan kepada

Department of Physics, University College of Swansea, U.K. kerana menyediakan segala kemudahan dan kelengkapan sehingga kerja-kerja dalam laporan ini dapat disiapkan. Juga ucapan terima kasih ditujukan kepada A.W. Williams, di Jabatan yang sama atas pertolongan dan perbincangan yang diberikan.

RUJUKAN

ABDULLA, R.R (1982): Ph. D Thesis University of Wales, U.K.
 JONES, E and Llewellyn-Jones, F. (1962): Theory of secondary emission of electrons in hydrogen. *Proc. Phys. Soc.*, **80**: 459-464.
 LLEWELLYN-JONES, F. and PARKER, A.B. (1950). (1950): Mechanism of the electric spark. *Nature* **165**: 960-962.
 LLEWELLYN-JONES, F. and PARKER, A.B. (1952): Electrical breakdown of gases, I. Spark mechanism in air. *Proc. Roy. Soc.* **213**: 185-202.
 MORGAN, C.G. (1956): Temporal growth of ionization in gases. *Phys. Rev.* **104**: 566-571.
 RESS, D.B. (1963): Ph. D Thesis University of Wales, U.K.
 WALKER, W.C. WAINFAN, N. and WEISSLER, G.L. (1955): Photoelectric yields in the vacuum ultraviolet. *J. Appl. Phys.* **26**: 1366-1371.
 W. MAHMOOD MAT YUNUS (1986): Ionization coefficients and breakdown potential in krypton. *Pertanika*. **9**: 387-392.
 W. MAHMOOD MAT YUNUS (1985): Ph.D Thesis University of Wales, U.K.

(Received 20 February, 1987)