الفصل السادس

Chapter (6)

استنتاجات وتوصيات لنظرة مستقبلية

Conclusion and Future Work

6.1 Conclusion 1–6 الاستنتاجات

في هذه الدراسة أجريت الحسابات لتفسير ظاهرة انهيار غاز النيتروجين المستحث بليزر ثاني أكسيد الكربون تحت الشروط المعملية التي أعطيت بواسطة كامكو مجموعته (Camacho et al, 2007). أجريت هذه القياسات لدراسة تأثير وجود كثافة ابتدائية من الالكترونات على قيم عتبة شدة الاستضاءة اللازمة للانهيار واستخدم لذلك مصدر لأشعة ليزر ثاني أكسيد الكربون يعمل بطول موجي 9.621 µm وطول نبضه 60 ns لتشعيع غاز النيتروجين الجزيئ على مدى ضغط الغاز يترواح ما بين Torr (26.3-760) .

وفي هذه الحسابات تم تطوير نموذج عددي للتدرج الالكتروني وضع سابقاً بواسطة (Evans and Gamal ,1980) وتم تطويره بواسطة جمال ومجموعته (Gamal et al ,1980) يستخدم هذا النموذج **أولاً** : لحساب عتبة شدة الاستضاءة اللازمة للانهيار كدالة في ضغط الغاز في حالة عدم وجود كثافة ابتدائية للالكترونات في حيزالتفاعل وأعطت نتائج هذه الحسابات ما يلي :

- توافق بين القيم المحسوبة لعتبة شدة الاستضاءة والقيم المقاسة عملياً على مدى ضغط الغاز تحت الاختبار ، مما يؤكد صلاحية النموذج المطور في تفسير القياسات المعملية .

- دالة توزيع طاقة الالكترونات عند قيم مختلفة لضغط الغاز وذلك عند منتصف زمن النبضة ونهايتها لتحديد العمليات الفيزيائية المسؤلة عن زيادة كثافة طاقة الإلكترونات وفقدها حيث أوضحت هذه العلاقة الدور الفعال الذي تلعبه عميلة الإثارة الإهتزازية للجزيء في فقد طاقة الإلكترونات عند المدى المنخفض للطاقة ، وتأثير ذلك على نمو كثافة الإلكترونات ، بالإضافة إلى فقد طاقة الإلكترونات نتيجة لعمليات تصادم غير المرن المؤدي إلى الإثارة الإلكترونية للجزيء .

- وأوضحت هذه الدراسة أيضاً أن عمليات الفقد تؤثر بشكل فعال نهاية زمن النبضة .أكد ذلك دراسة التكوين الزمني لكثافة الإلكترونات والتي لوحظ أن نمو الكثافة خلال النصف الأخير من زمن النبضة ، حيث تبدأ الكثافة بقيم منخفضة جداً في المراحل الأولى للزمن وتبدأ في الزيادة فقط في المنتصف حول زمن النبضة كما لوحظ أن ضغط الغاز لا يغير في سلوك التكوين الزمني لكثافة الإلكترونات .

- أوضحت دراسة التغير الزمني لمتوسط طاقة الإلكترون أن عمليات التصادم غير المرن يزداد معدلها بزيادة ضغط الغاز كما أن قيم متوسط الطاقة تتأثر بشكل فعال بقيمة عتبة شدة الإستضاءة اللازمة للإنهيار، بالإضافة لذلك فأن تغير متوسط طاقة الإلكترون يتبع التغير الزمني لعتبة شدة الإستضاءة حيث يأخذ شكلاً جاوسياً حيث تزداد قيمته عند منتصف زمن النبضة .

- من هذه النتائج يتضح أن إنهيار غاز النيتروجين المستحث بواسطة ليزر ثاني أكسيد الكربون يتم كلية بواسطة عمليات تصادمية يظهر تأثيرها في النصف الأخير من زمن النبضة ، وأكد ذلك دراسة التغير الزمني لدالة توزيع طاقة الإلكترونات والتي أوضحت أن تكون البلازما يحدث فقط عند نهاية زمن النبضة و مع زيادة ضغط الغاز يقترب تكون البلازما من النصف الأخير من زمن النبضة .

- أوضحت دراسة تأثير عمليات فقد الإلكترونات نتيجة لانسيابها خارج حيز التفاعل الدور الفعال الذي تلعبه عملية الفقد عند القيم المنخفضة لضغط الغاز في ظاهرة انهيار غاز النيتروجين . بينما عند الضغوط المرتفعة فإن عملية التفكك الجزيئي تمثل العامل

الأساسي لتحديد عتبة شدة الإستضاءة اللازمة لإنهيار الغاز وقد اتفقت نتائج هذه الحسابات مع القياسات المعملية التي أكدت أن قياس الإنبعاث الطيفي من منطقة التفاعل أعطي خطوط طيفية ذرية لعتبة شدة استضاءة عالية مما يؤكد التفكك الجزيئ لغاز النيتروجين .

ثانيا : لدراسة تأثير وجود كثافة ابتدائية من الإلكترونات لحيز التفاعل تم تطبيق النموذج العددي المطور لحساب عتبة شدة الاستضاءة اللازمة لإنهيار الغاز تحت نفس الشروط المعملية التي أعطيت بواسطة كامكو ومجموعته (Camacho et al, 2007) .
وأوضحت مقارنة القيم المحسوبة بالقيم المقاسة عملياً توافقاً مناسباً مما أشار إلى صلاحية النموذج .

- لإبراز الدور الذي تلعبه الكثافة الإبتدائية للإلكترونات في حيز التفاعل على دالة توزيع طاقة الإلكترونات ومعاملاتها تم عرض النتائج على شكل مقارنة بين دالة التوزيع ومعاملاتها في حالة وجود وعدم وجود كثافة الإلكترونات عند قيم لضغط الغاز و تم إختيارها بحيث تشترك في القياسات المعملية لكلا الحالتين .

- أظهرت نتائج الحسابات :

- أن وجود كثافة ابتدائية من الالكترونات في حيز التفاعل يؤدي إلى انخفاض قيم عتبة شدة الإستضاءة اللازمة للانهيار .
- وزيادة كثافة الالكترونات عند بداية زمن النبضة وهذا بالتالي أدى إلى اهمال الدور الذي تلعبه عمليات فقد الالكترونات بانسيابها خارج حيز التفاعل .
- زيادة معدل التصادم غيرالمرن المؤدي إلى زيادة كثافة المستويات المثارة وكذلك التأين ، وأوضح ذلك الانحدار السريع في دالة توزيع طاقة الالكترونات عند قيم طاقة الاثارة الالكترونية للجزئ . بالإضافة لذلك فإن وجود كثافة ابتدائية للالكترونات أدى إلى التغلب على فقد طاقة الالكترونات خلال الإثارة الاهتزازية .
- وعلى العكس من ذلك فإن وجود كثافة ابتدائية من الالكترونات في حيز التفاعل أدى إلى زيادة تأثير عملية التفكك الجزيئي على فقد طاقة الالكترونات .

6–2 اقتراحات لنظرة مستقبلية للبحث

6 .2 Suggestions for Future Work

كما رأينا في هذا النموذج أن عملية فقد طاقة الالكترونات خلال إثارة مستويات الطاقة الاهتزازية تمت معالجتها كعملية حرارية ولها تأثير فعال فقط في المستوى الأرضي لجزيء النيتروجين .

ولمعالجة أكثر واقعية يجب أخذ في الإعتبار جميع مستويات الطاقة الاهتزازية المصاحبة لكل مستوى الكتروني ، كذلك الانتقالات بين هذه المستويات وتأثيرها على دالة توزيع طاقة الالكترونات وكثافة الالكترونات ، حيث أن هذه المستويات تعمل بقدر كبير على امتصاص الطاقة المصاحبة لأشعة الليزر . بالإضافة إلى ذلك فإن دراسة خصائص أشعة الليزر التي تؤدي إلى انهيار غاز النيتروجين تمثل الخطوة الأولى لدراسة شاملة تحدد فيها عتبة شدة استضاءة أشعة الليزر التي يمكنها أن تنتشر في الهواء الجوي دون انهيار كتطبيق هام للدراسات البيئية التي تعنى بتلوث الهواء وكذلك قدح البرق لحماية الطائرات من الصواعق .