

CONVERSIONE PLASMA-ASSISTITA DI METANO

Arturo Popoli, Giacomo Pierotti, Andrea Cristofolini

Dipartimento di Ingegneria dell'Energia Elettrica e dell'Informazione – DEI
Università di Bologna – Viale Risorgimento 2, 40136 Bologna

La conversione plasma-assistita del metano (CH_4) è una strategia innovativa per la conversione del metano in idrogeno, e altri gas di interesse industriale, come etilene (C_2H_2) e acetilene (C_2H_4). L'uso dei plasmi non-termici ha lo scopo di superare le limitazioni termodinamiche e cinetiche dei processi di conversione convenzionali, che – a causa della bassa reattività del metano – devono essere realizzati a temperature tra 700 e 1000°C .

I plasmi non termici, in particolare quelli generati in configurazioni a scarica dielettrica barriera (DBD) o a microonde, consentono invece l'attivazione di pathway reattivi altrimenti inaccessibili a temperatura ambiente, favorendo la formazione di specie intermedie come il radicale metile (CH_3), e migliorando la selettività verso i prodotti di conversione desiderati. Inoltre, la possibilità di alimentare direttamente tali sistemi con fonti energetiche rinnovabili rende l'utilizzo dei plasmi non termici una soluzione tecnologicamente competitiva e attrattiva nel contesto della decarbonizzazione e della chimica sostenibile [1].

Le attività del gruppo hanno riguardato l'implementazione di un sistema cinetico dettagliato, per studiare le caratteristiche elettriche e l'efficienza di conversione di una scarica DBD nano-pulsata (9 kV) in una miscela He- CH_4 a temperatura ambiente. Le cross section per i processi da impatto elettronico con gli idrocarburi C_xH_y e C_xH_y^+ sono state calcolate seguendo l'approccio proposto in [2], mentre i processi cinetici che coinvolgono il CH_4 sono stati ottenuti da [3]. Le reazioni sono state implementate nel codice Merlin, sviluppato internamente all'unità.

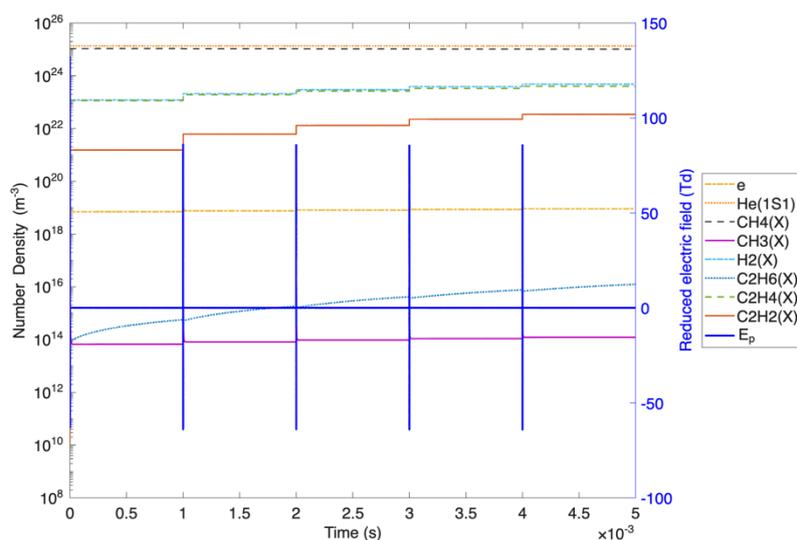


Figura 1. Andamento temporale di alcune specie chimiche selezionate e del campo ridotto applicato al gap durante 5 impulsi di tensione.

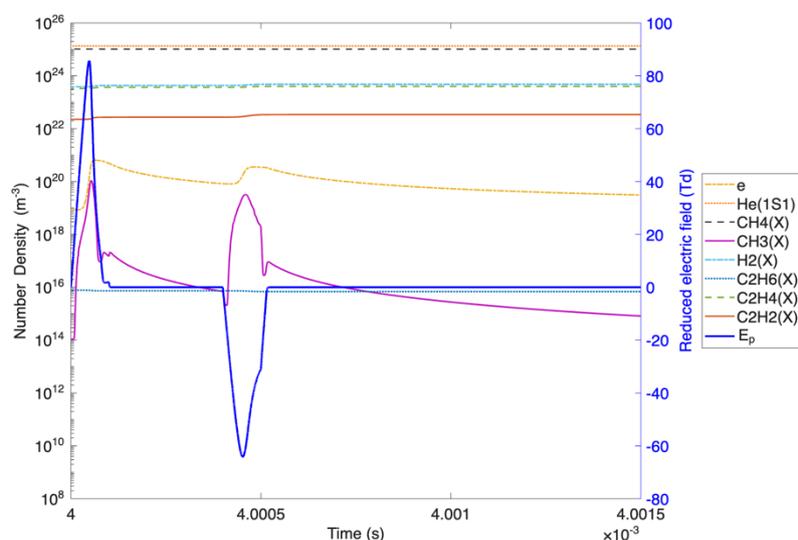


Figura 2. Andamento temporale di alcune specie chimiche selezionate e del campo elettrico applicato al gap, durante l'ultimo tra i 5 impulsi di tensione considerati.

All'interno del codice è stato implementato un modello di circuito elettrico equivalente, per tenere conto degli effetti fisici dall'accumulo di carica elettrica sulle pareti dielettriche del reattore, così come della caduta di tensione dovuta alla resistenza di plasma (che è funzione fortemente lineare del campo elettrico applicato).

Le Fig. (1) e (2) riportano l'andamento temporale delle densità di numero calcolate a partire da una miscela iniziale He(55%)-CH₄. Si può osservare in Fig. (1) come la percentuale di H₂, di acetilene ed etilene cresca ad ogni impulso successivo. La Fig. (2) riporta un ingrandimento dell'ultimo tra i 5 impulsi considerati. Si può osservare una asimmetria tra il campo durante la scarica positiva e quella negativa – dovuto al cambiamento delle proprietà della miscela causato dall'impulso positivo. Si nota anche come il radicale metile abbia una reattività considerevolmente maggiore rispetto alle altre specie.

BIBLIOGRAFIA

- [1] A. Fridman and L. A. Kennedy, *Plasma Physics and Engineering*. Boca Raton: CRC Press, 2014. doi: 10.1201/9781482293630.
- [2] R. K. Janev and D. Reiter, "Collision processes of C₂H₃ and C₂H₃⁺ hydrocarbons with electrons and protons," *Phys. Plasmas*, vol. 11, no. 2, pp. 780–829, Feb. 2004, doi: 10.1063/1.1630794.
- [3] E. Morais and A. Bogaerts, "Modelling the dynamics of hydrogen synthesis from methane in nanosecond-pulsed plasmas," *Plasma Process. Polym.*, vol. 21, no. 1, p. 2300149, 2024, doi: 10.1002/ppap.202300149.