

Chemische Zerstäubung durch simultanen Beschuss von Kohlenstoff mit Argonionen und molekularem Sauerstoff

Wolfgang Jacob, Michael Schlüter, Christian Hopf, T. Schwarz-Selinger

Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 85748 Garching, Germany

Inhalt

- Experimenteller Aufbau
- Parameterabhängigkeiten
- Modell
- Vergleich Experiment-Modell
- Zusammenfassung

- Erosion redeponierter Schichten in Fusionsanlagen
- Ashing von Photoresist in der Mikroelektronik
- Wirkmechanismen größtenteils noch unverstanden

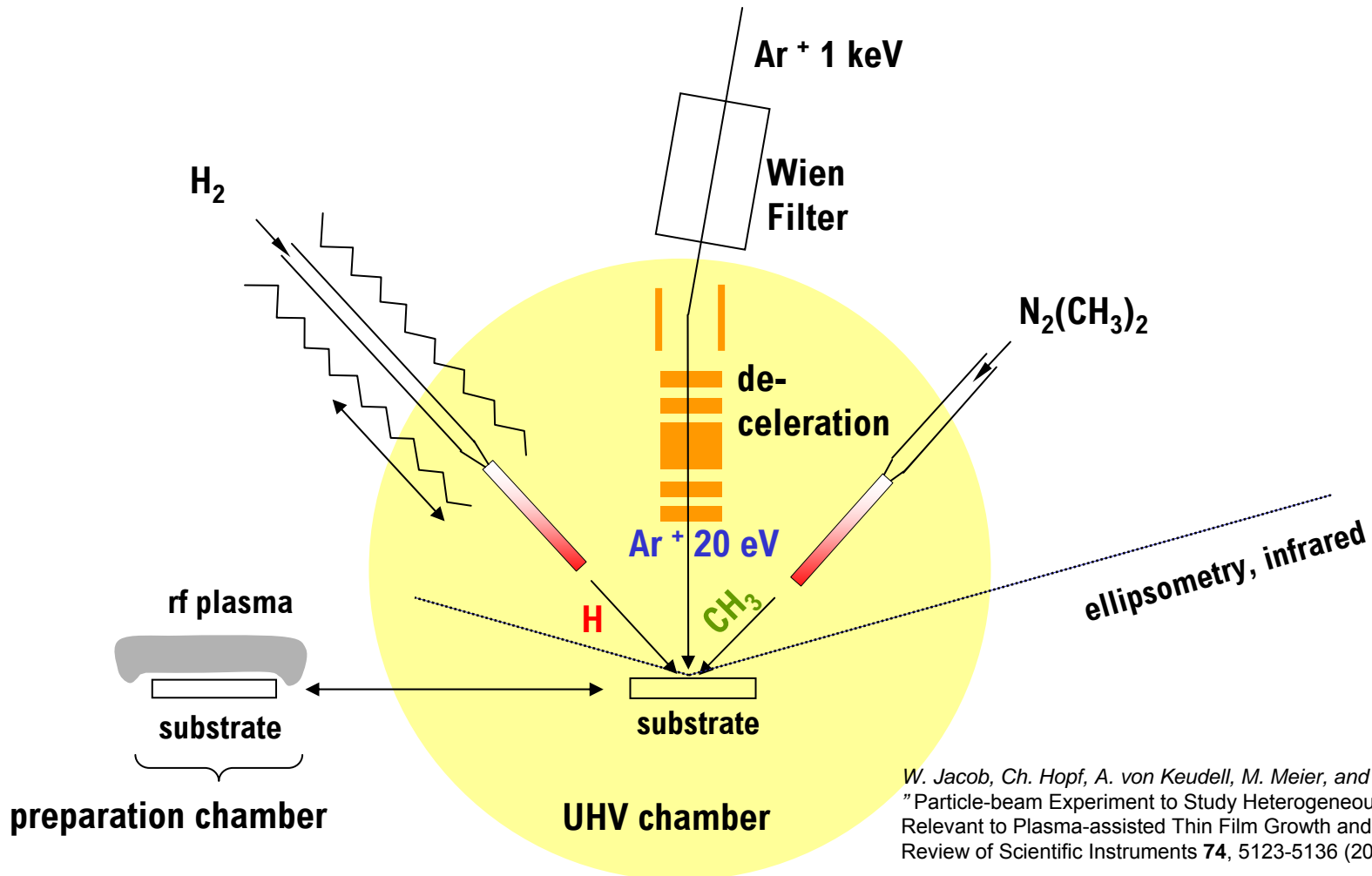
Fragen:

Welches sind die wirklich reaktiven Spezies im O_2 -Plasma (nur Ionen, O-Atome, Ozon, ...)?

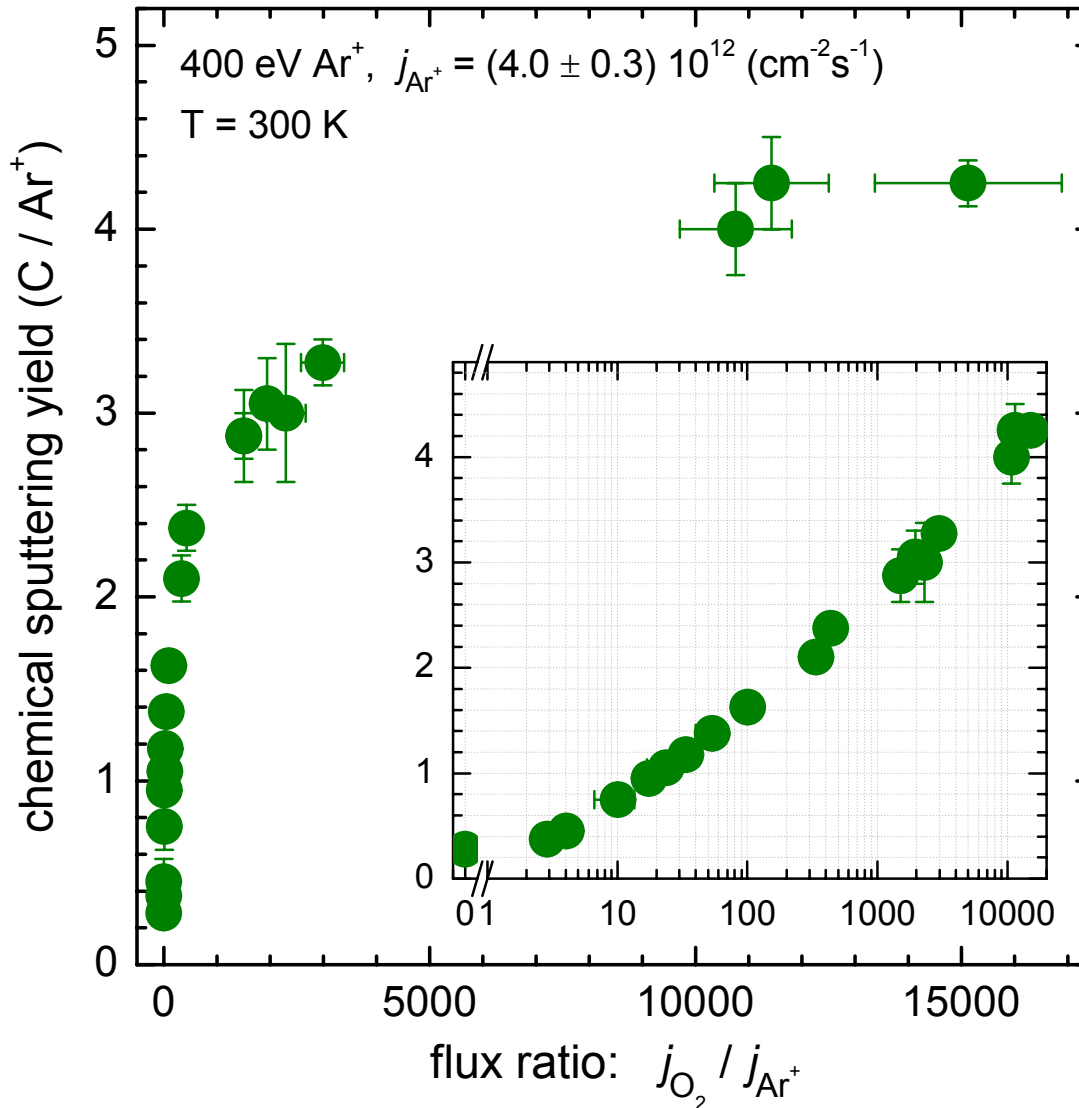
Ionen-Neutralteilchen-Wechselwirkung?

**→ Untersuchung der Ionen- O_2 -WW
in wohldefiniertem Experiment!**

UHV experiment with 2 radical beam sources and one ion beam source



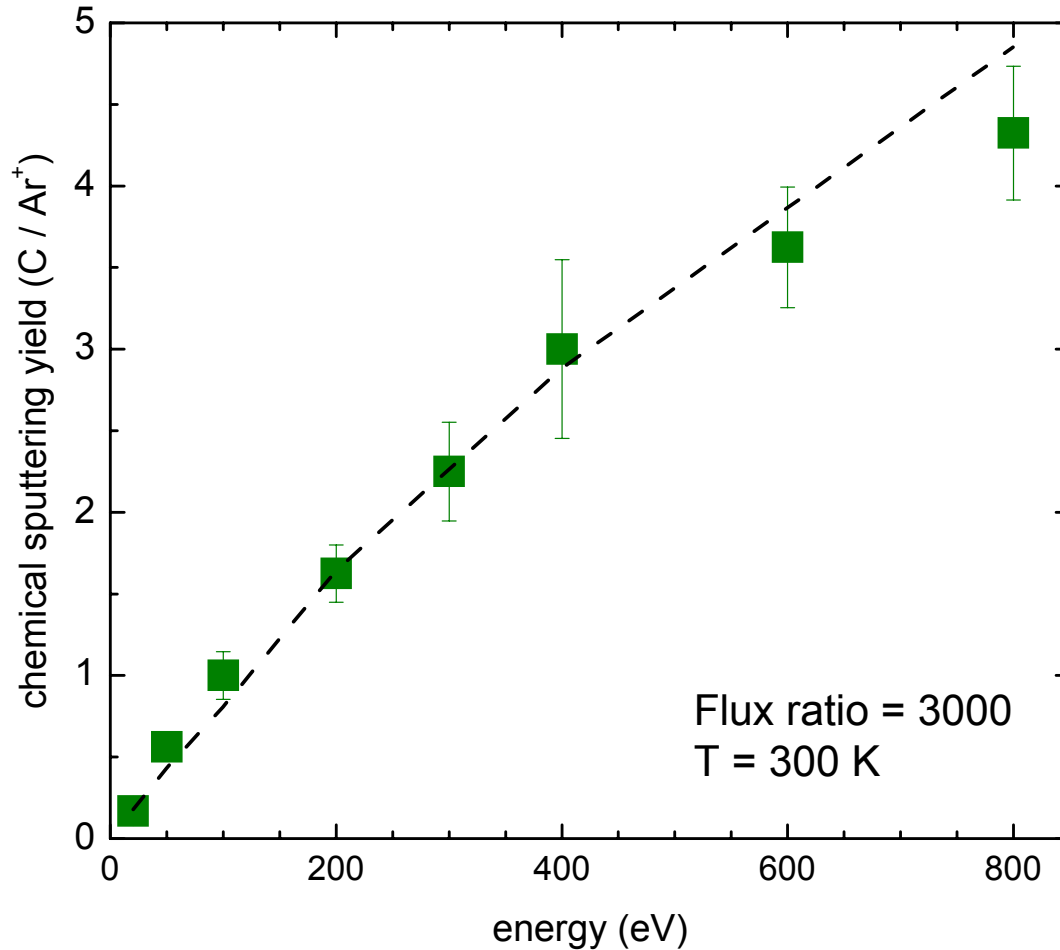
W. Jacob, Ch. Hopf, A. von Keudell, M. Meier, and T. Schwarz-Selinger: "Particle-beam Experiment to Study Heterogeneous Surface Reactions Relevant to Plasma-assisted Thin Film Growth and Etching", Review of Scientific Instruments **74**, 5123-5136 (2003).



Ausbeute steigt
von ca. 0,3 (Ar⁺ alleine)
auf >4 (Ar⁺ + O₂)

Ausbeute in Anwesenheit von
O₂ viel größer als physikalische
Zerstäubung (TRIM.SP)

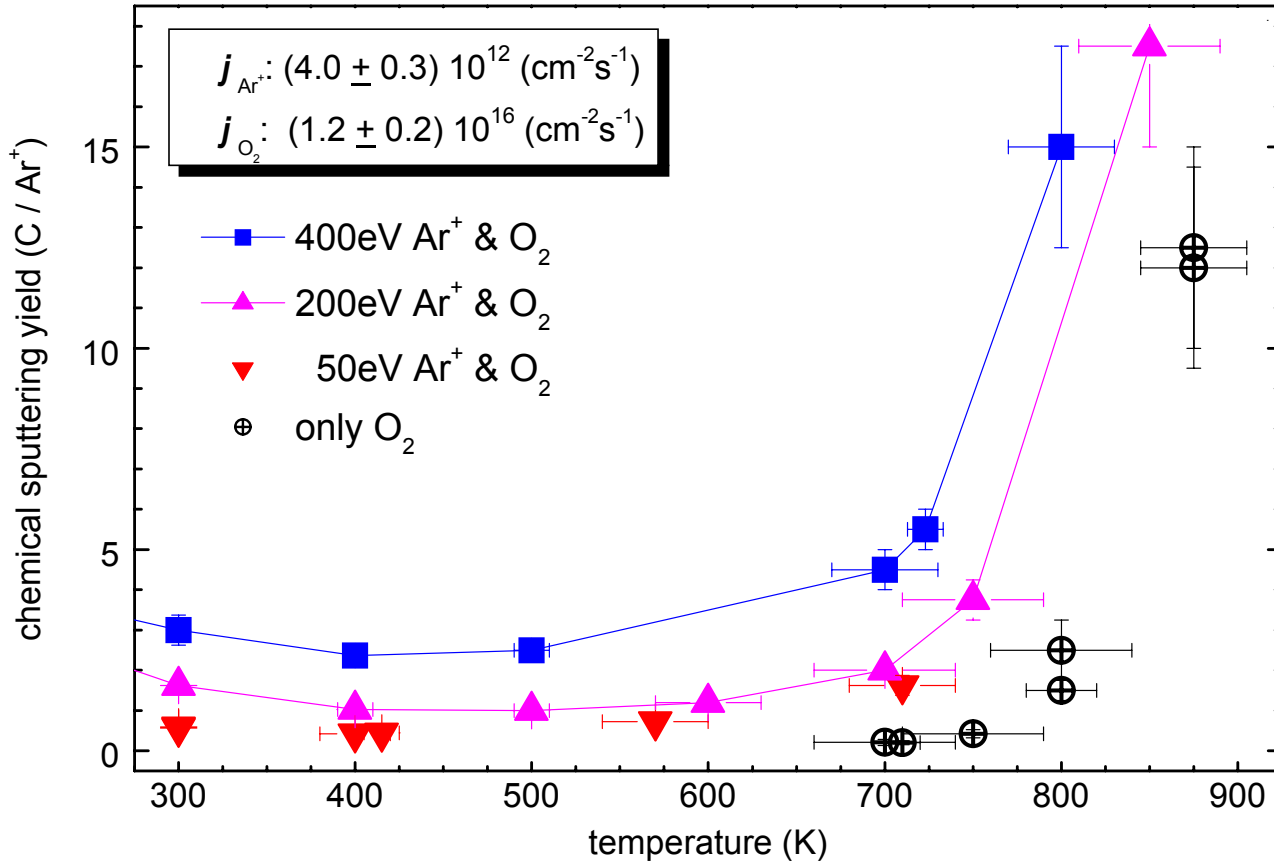
Anfangs steiler Anstieg,
Sättigung bei hohen
Flussverhältnissen



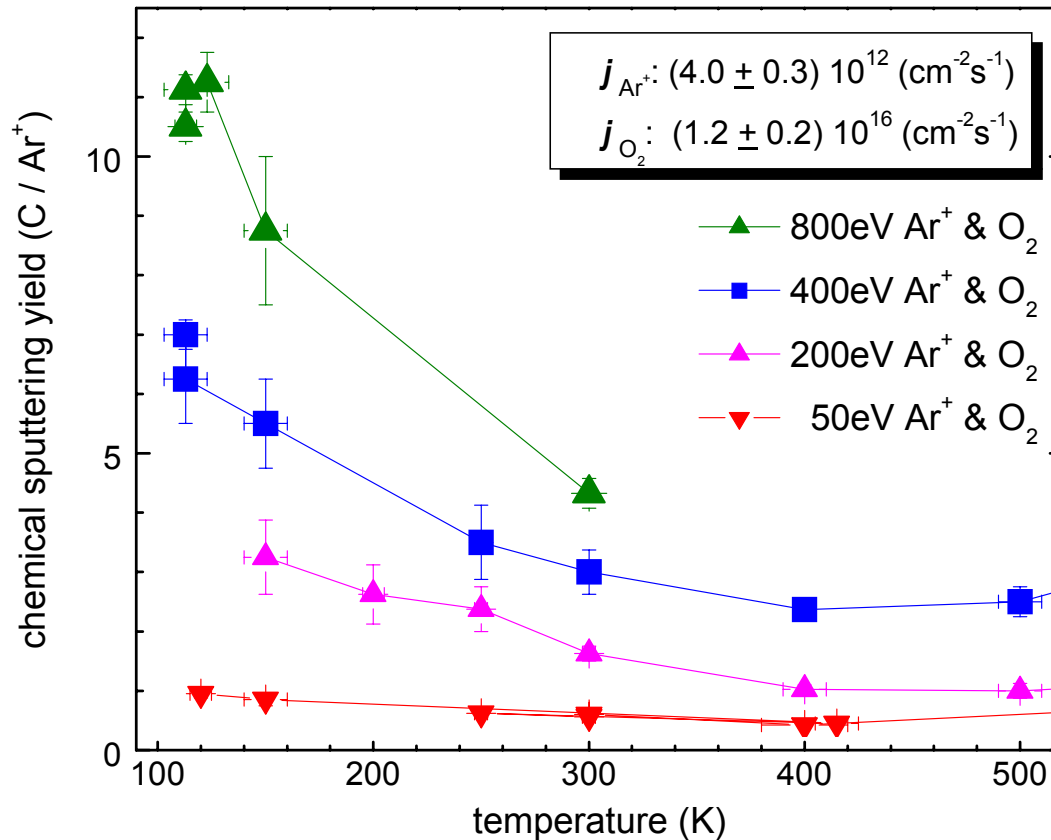
Starker Anstieg mit steigender Ionenenergie

Schädigung durch Ionen spielt offensichtlich eine Rolle

Noch keine Sättigung bis 800 eV



Starker Anstieg mit zunehmender Temperatur
Bei $T > 750$ K setzt Verbrennung (auch ohne Ionenbeschuss) ein
Aber auch hier deutliche Erhöhung durch Ionenbeschuss



Anstieg der Erosionsausbeute auch hin zu niedrigeren Temperaturen
Tritt für alle Ionenenergien auf
Überraschender neuer Effekt! Erklärung?

1. Ionenbeschuss erzeugt reaktive Plätze („dangling bonds“)
O₂ aus der Gasphase reagiert mit diesen dangling bonds
2. O₂ aus der Gasphase adsorbiert an der Oberfläche und desorbiert
thermisch aktiviert (→ temperaturabhängige Bedeckung)
Ionenbeschuss induziert chemische Reaktion zwischen O_{2,ads} und C
3. Ioneninduzierte Effekte sind stark energieabhängig und können mit TRIM
berechnet werden

3 Typen von Oberflächenplätzen:

Θ_C : Kohlenstoff

Θ_{CO} : C-O oder C-O₂

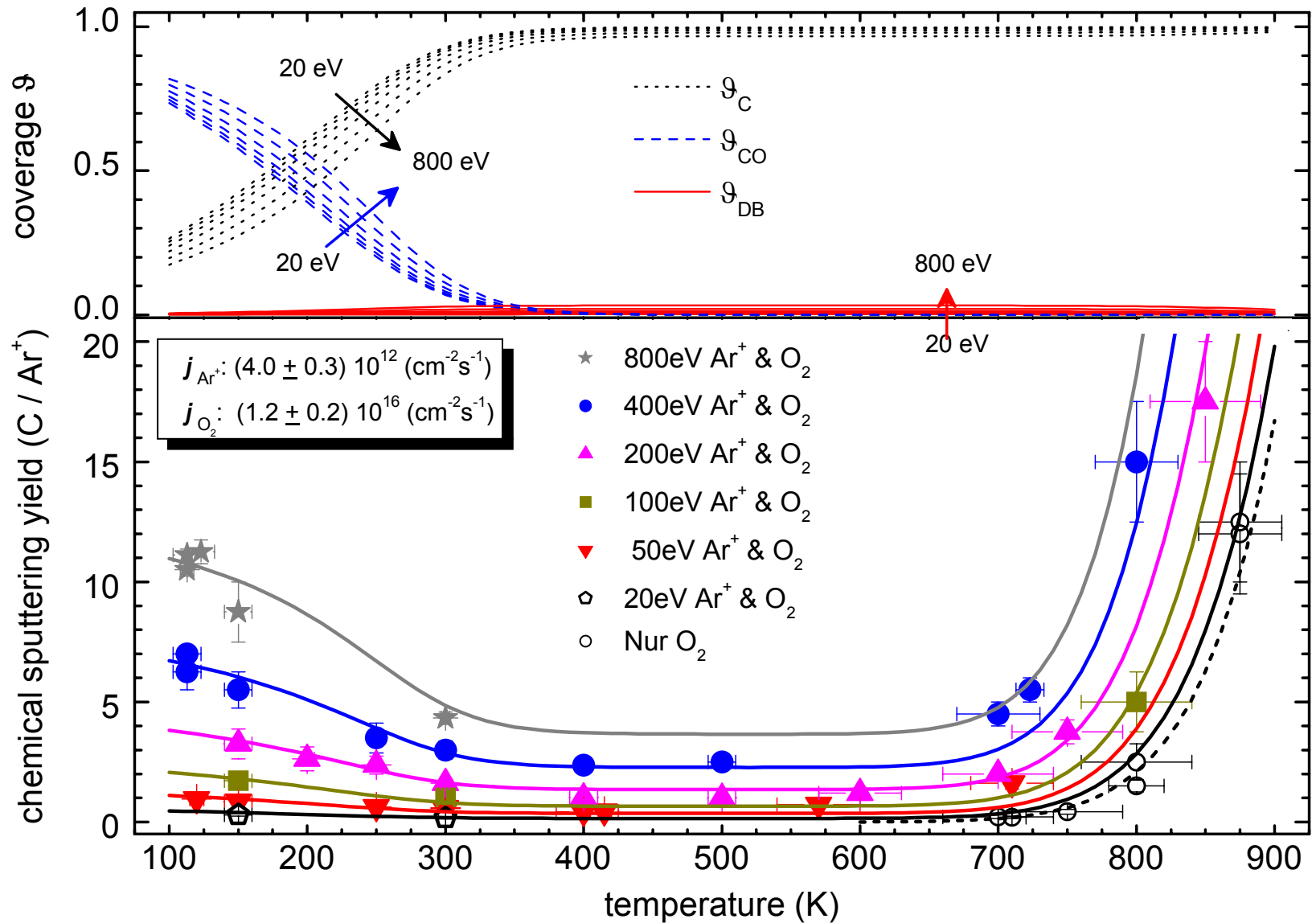
Θ_{db} : dangling bonds

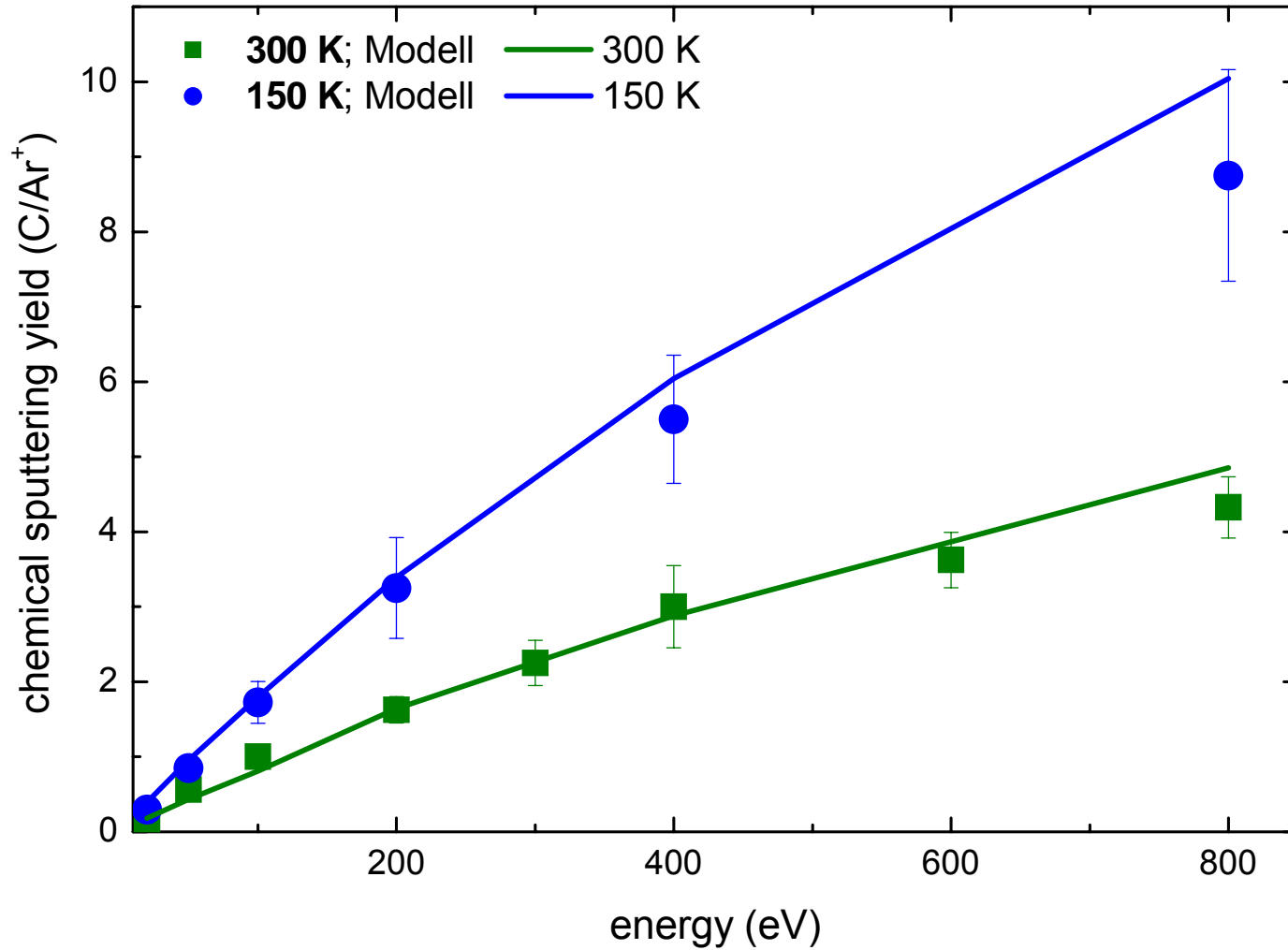
7 aktive Prozesse mit 8 Parametern
(einfachstes mögliches Modell)

Ratengleichungssystem für die 3 Bedeckungen

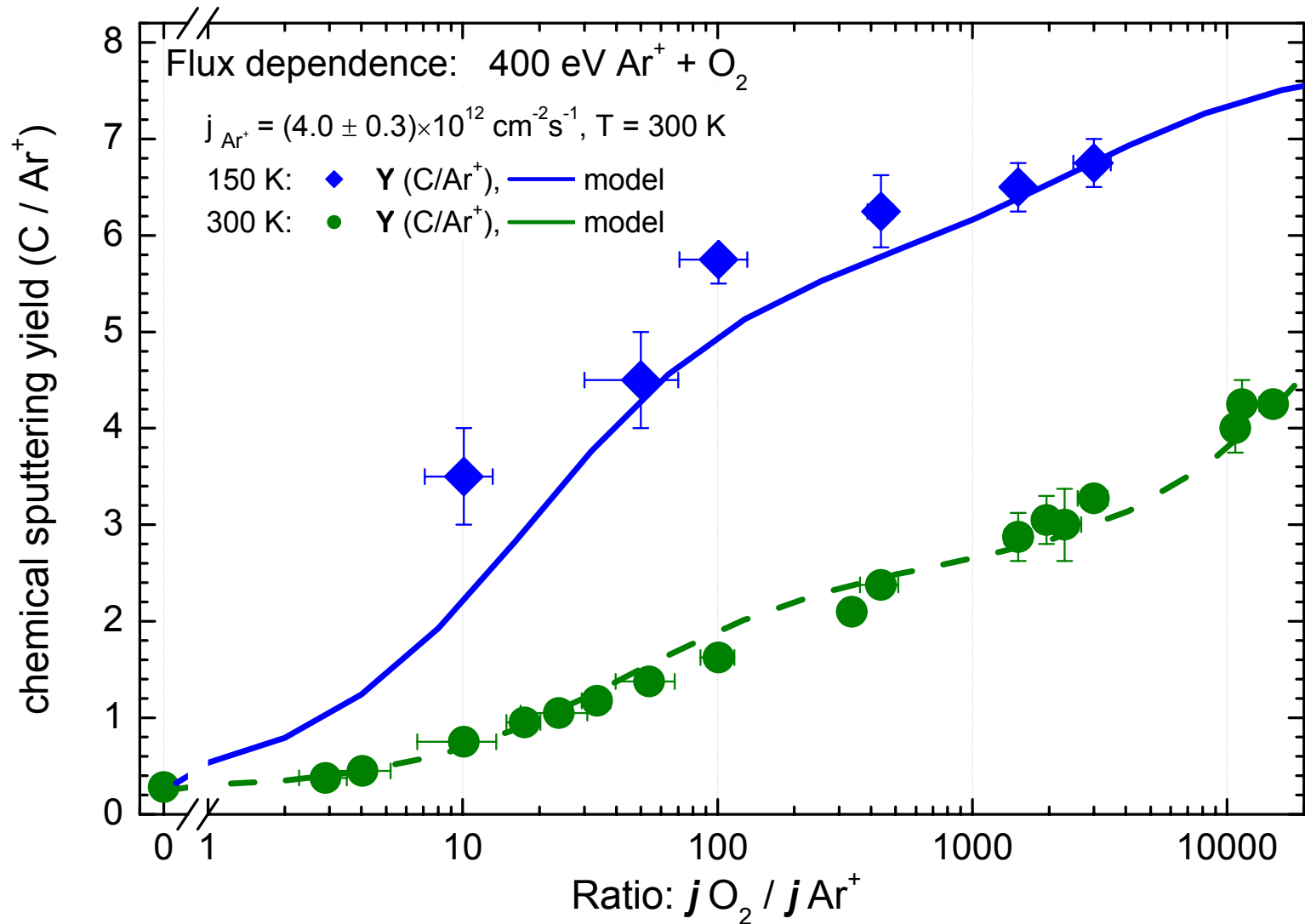
Konsistente Beschreibung von
Temperaturabhängigkeit
Energieabhängigkeit
Flussabhängigkeit

Vergleich Modell-Exp.: Temperaturabhängigkeit





Vergleich Modell-Exp.: Flussabhängigkeit



- **Beschuss von a-C:H Filmen mit Ionen führt im Beisein von O_2 zu starker chemischer Zerstäubung**
- **Zerstäubungsausbeute steigt mit**
 - zunehmendem Flussverhältnis (O_2 /Ionen)
 - zunehmender Ionenenergie
 - bei $T > 400$ K mit zunehmender T (Verbrennung)
 - bei $T < 300$ K mit abnehmender T (Reaktion mit $O_{2, ads}$)
- **Ratengleichungsmodell erlaubt konsistente Beschreibung**