



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI



Instrumente Structurale
2007-2013

Program Operational Sectorial "Cresterea Competitivitatii Economice"

"Investitii pentru viitorul dumneavoastra"

Axa prioritară 2: „COMPETITIVITATE PRIN CDI”; Domeniul major de intervenție 2.1; Operațiunea 2.1.2

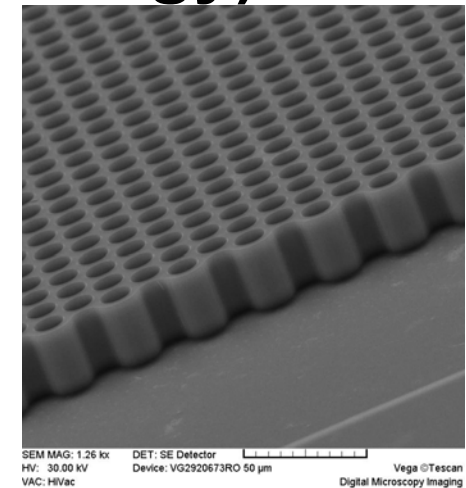
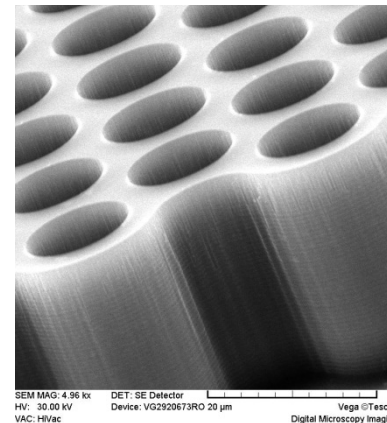
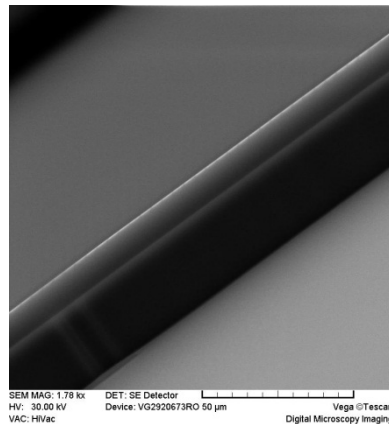
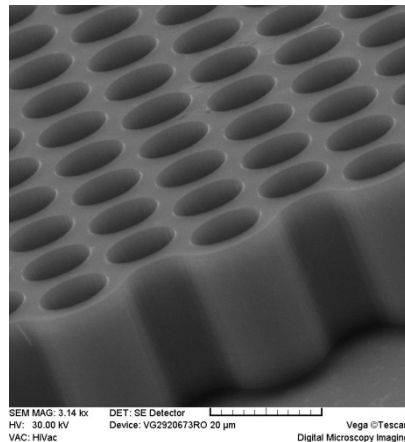
Titlul proiectului: „FABRICĂ MICROFLUIDICĂ PENTRU AUTO – ASAMBLAREA ASISTATĂ A NANOSISTEMELOR”

ID proiect : 665 ; Cod SMIS - CSNR : 12609 ; Contract numarul : 209/20.07.2010

Beneficiar: Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Microtehnologie IMT-București

Corodarea adanca a siliciului cu ioni reactivi

Prezentarea sistemului ICP-RIE PlasmaLab 100 (Oxford Instruments Plasma Technology)



MICRONANOFAB (<http://www.imt.ro/MICRONANOFAB/>)

1. Prezentarea sistemului PlasmaLab 100
2. Descrierea procesului de corodare
3. Procesul Bosch
4. Procesul Criogenic
5. Incheiere

Sistemul PlasmaLab System 100

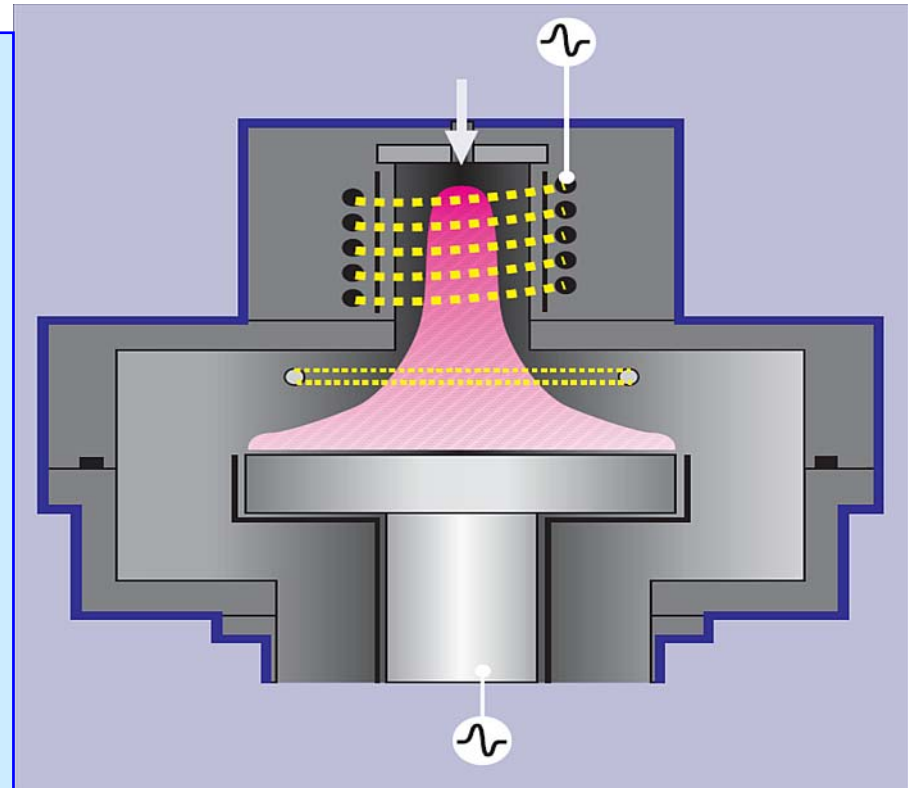
Sistemul de corodare PlasmaLab 100 produs de Oxford Instruments este un sistem de corodare cu plasma cuplata inductiv.

Sistemul este dotat cu doua inele de fixare, pentru plachete de 3 inch si respectiv 4 inch.

Cele doua surse de radio-frecventa pot controla individual puterea electrozilor planari si a bobinei inductive.

Temperatura electrodului inferior poate fi variata controlat intre -20°C si $+80^{\circ}\text{C}$ iar placheta este racita cu Helium.

Pe reactorul instalatiei sunt montate doua valve ultrarapide pentru SF_6 si C_4F_8 pentru a produce pereti verticali cat mai netezi.

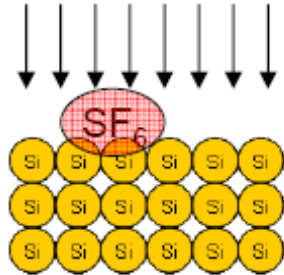


Viteza de corodare a siliciului în acest sistem este de $7.5 \mu\text{m}/\text{min}$, având o uniformitate pe placă mai mare de 97% și pereti verticali.

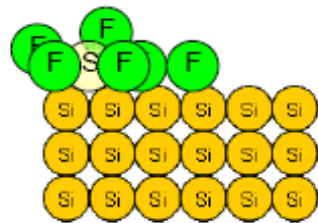
Oxford Instruments (2011)

Modele de corodare cu ioni reactivi

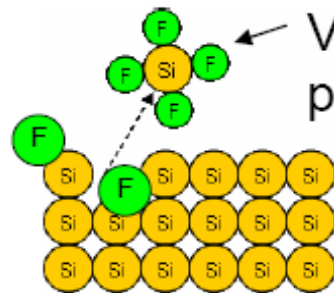
Ions & electrons



*Damage to
Si surface
and/or SF₆*



*Enhanced
dissociation
and/or
adsorption*



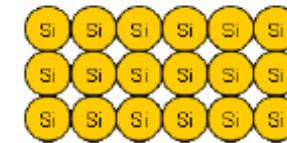
← Volatile
product

*Damage
may also
enhance
removal*

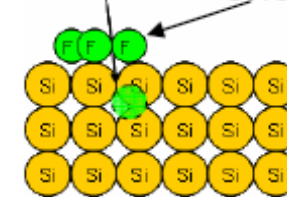
“Damage Enhancement model”

[Coburn and Winters (1978)]

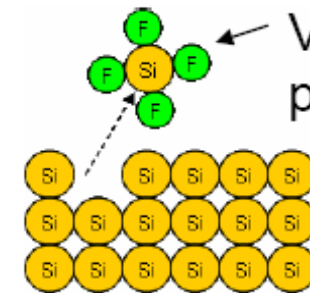
F- ion



Chemisorbed F



*Implanted ions
provide the energy
to chemically
sputter the
substrate material.*



← Volatile
product

“Reactive Spot model”

[Tachi (1985)]

Corodarea cu ioni reactivi (RIE)

RIE tipic

Plasma cuplata capacitiv astfel incat densitatea radicalilor si energia ionilor sunt cuplate

DRIE

- **Plasma cuplata inductiv (ICP):** controlul confinariei plasmei
- **Polarizare substrat:** controlul bombardamentului cu ioni
- **Densitate mare a radicalilor** fara a exista si o densitate mare a ionilor energetici → selectivitate mai mare
- **Bombardament cu ioni scazut,** ionii maresc reactivitatea chimica
- **Viteza de corodare mare** cu posibilitatea de a controla in acelasi timp selectivitatea, anizotropia si netezimea peretilor
- **Posibilitatea de a modela parametrii de proces** astfel incat sa se imbine corodarea fizica cu cea chimica pentru a obtine o corodare cu **viteza mare** si **anizotropia**

Corodarea cu ioni reactivi (RIE)

Corodare uscata cu doua componente

1. Corodarea fizica prin bombardament cu ioni si electroni
2. Corodare chimica cu reactivitatea asociata de plasma

Corodarea este independenta de orientarea cristalina a substratului

Se pot transfera in substrat configuratii submicronice cu pereti verticali

Cresterea vitezei de corodare

```
graph TD; A[Cresterea vitezei de corodare] --> B[Concentratie mai mare de reactanti in plasma]; A --> C[Energia ionilor mai mare]; B --> D[Scade anizotropia corodarii]; C --> E[Scade selectivitatea corodarii];
```

Concentratie mai mare de reactanti in plasma ↓

Cresterea presiunii → mai multe ciocniri intre speciile din plasma



Scade anizotropia corodarii

Energia ionilor mai mare

Cresterea puterii RF → mai multi radicali →
mai multi ioni de energii mari



Scade selectivitatea corodarii

Parametrii importanti pentru corodarea cu ioni reactivi

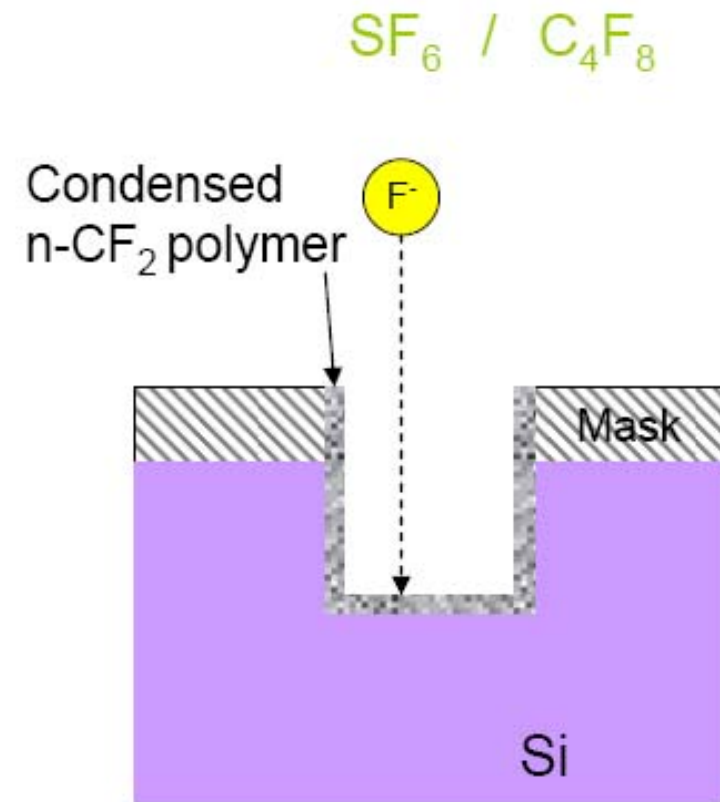
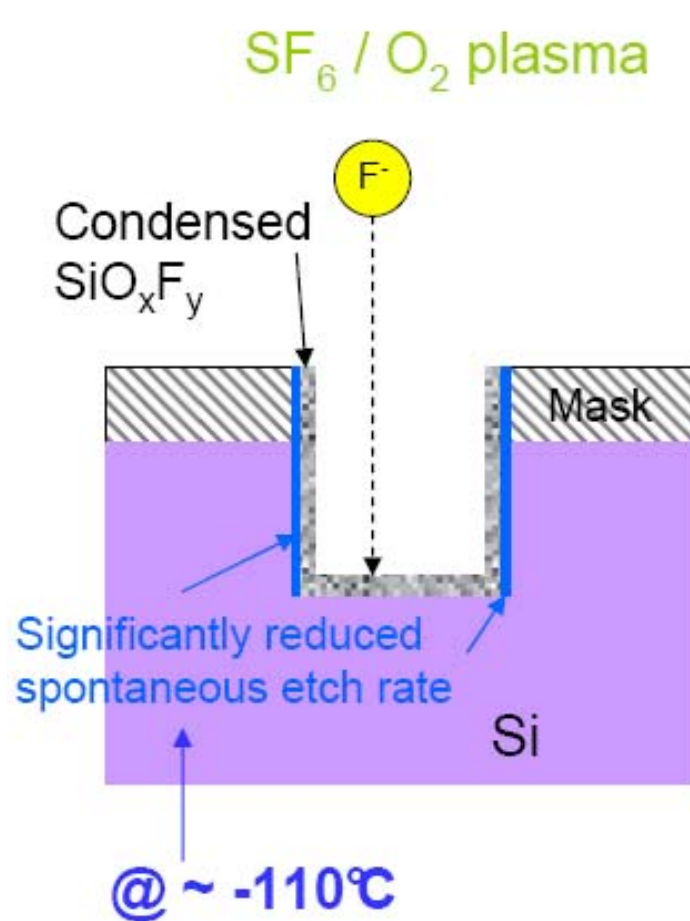
Densitate mare a plasmei la presiune joasa

- Presiune joasa => imprastiere minima a ionilor
 - Mentine traectoria verticala a ionilor
 - Control bun asupra profilului corodarii
- Transport bun al speciilor reactive in sectiuni reduse

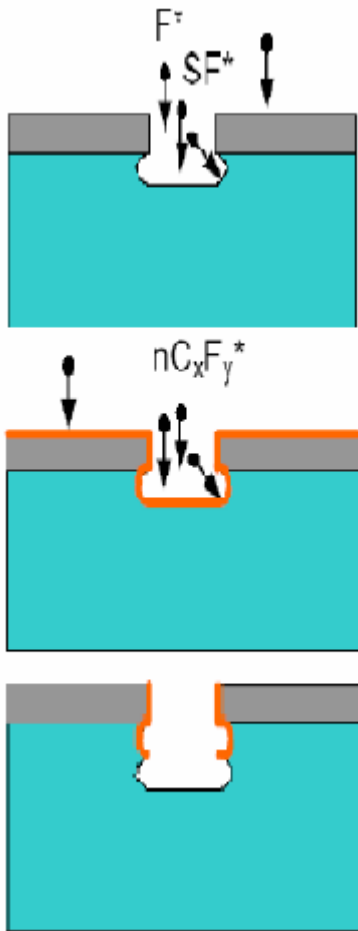
Concentratie redusa de O_2

- Mentine concentratii mari de F^+ in plasma
- Produsi volatili prin reactia cu SF_n si CF_n

Procese de corodare folosite in DRIE



Procesul Bosch



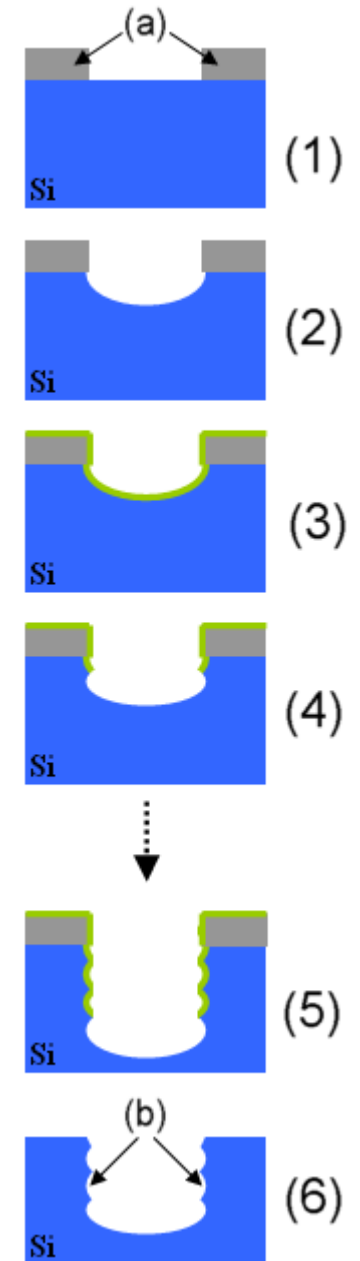
Qu (2006)

Procesul Bosch alterneaza **un pas de corodare** cu **unul de pasivare**. In timpul pasivarii se obtine un strat similar Teflonu-ului, inert la actiunea chimica a ionilor de fluor. In timpul pasului de corodare, stratul de pasivare este indepartat de pe suprafetele orizontale prin sputtering, in timp ce suprafetele verticale nu sunt afectate. Astfel, in timpul corodarii cu procesul Bosch, pe peretii verticali se observa ripluri orizontale.

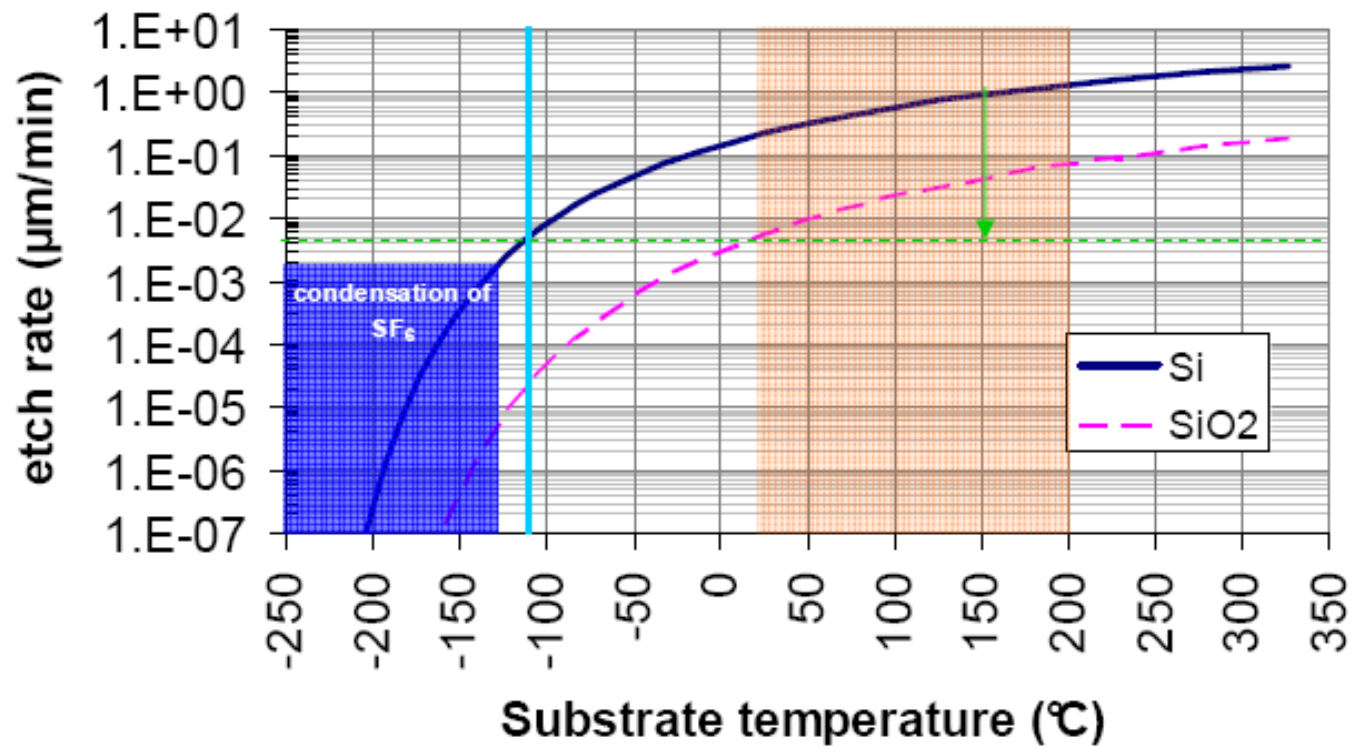
Corodarea siliciului se face cu SF_6 (hexafluorura de sulf)

Pasivarea se face cu C_4F_8 (octafluorocilcobutan) si se obtine o depunere rezistenta la corodare pe toata suprafata (inclusiv pe peretii verticali).

Fiecare pas, dureaza cateva secunde. In functie de timpul de corodare/pasivare, se poate controla dimensiunea riplurilor orizontale. **Cu cat pasul de corodare este mai lung, cu atat viteza de corodare este mai mare dar creste si inaltimea riplurilor orizontale.**



Viteza de corodare



SF_6 condenseaza la temperaturi mai mici de -130°C

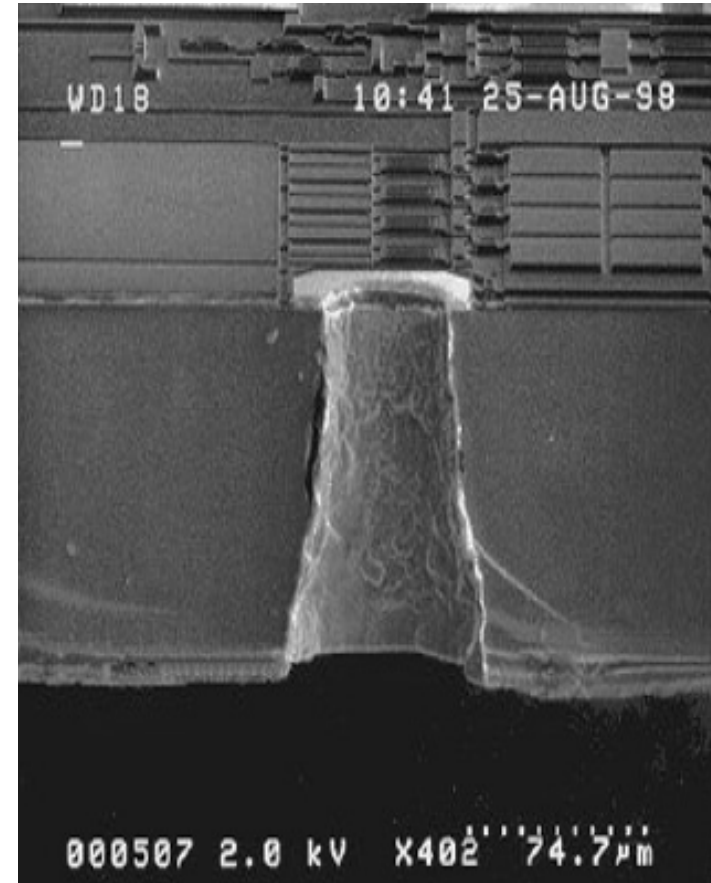
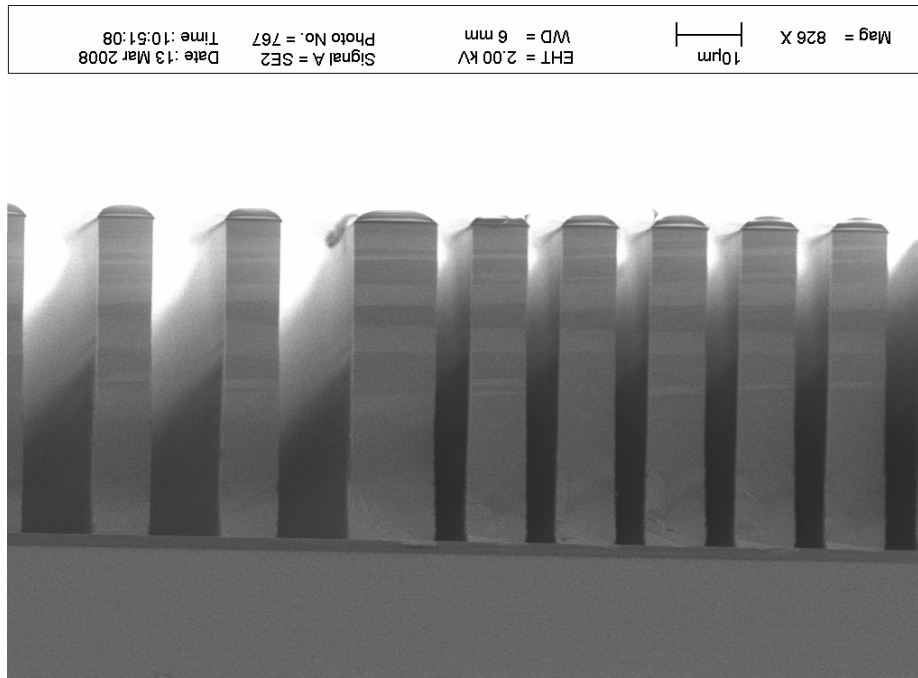
Roth (2001)

Procesul Bosch – variatia parametrilor de proces

Process	Deposition Process					Etch Process				
Increasing Parameter	C ₄ F ₈ flow	Pressure	ICP	DC bias	Step time	SF ₆ flow	Pressure	ICP	DC bias	Step time
Silicon etchrate	-	optimum pressure depends on ICP power	↑↑	↑↓	↓	↑	Pressure depends on ICP power	↑↑	↑	↑
PR etchrate	-		↑↑	↑↓	↓	-	↓↓	↑↑	↑	↑
Oxide etchrate	-		↑↑	↑↓	↓	-	↓↓	↑↑	↑	↑
Profile	↑ (more +ve)	↑ (more +ve)	↓↓ (more -ve)	↑ (more +ve)	↑ (more +ve)	↓ (more -ve)		↓↓ (more -ve)	↑ (more +ve)	↑ (more +ve)
Sidewall roughness	↓	↓	↑	↑↓	↑ (increased 'rippling')	↑	↑	↑	↑	↑ (increased 'rippling')
Surface roughness	needs correct dep/etch time ratio & sufficient ion density/energy				↑	- could be related to ceramic ICP tube surface quality				↓
Etchrate uniformity	↑↓	↑↓	↑	↑	↑↓	↑↓	↑	↑	↑	↑↓
Profile uniformity	↑↓	↑↓	↑	↑	↑↓	↑↓	↑↓	↑	↑	↑↓
"Bottling"	↓	No effect	↑	↓	↓	↑	No effect	↑	↓	↑
"Foot"	more polymer dep creates 'trenching' to counteract 'footing'			↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓

Procesul Bosch

Defecte: “footing” si “bottling”



Procesul Criogenic

Procesul criogenic foloseste temperatura redusa a plachetei ($-110\text{ }^{\circ}\text{C}$) pentru a reduce reactiile chimice dintre ionii reactivi si substrat. La temperaturi reduse, in mod spontan pe suprafatele expuse se formeaza un strat de SiO_xF_y inert la corodare. Corodarea efectiva se produce prin bombardamentul ionic al suprafetelor orizontale, producand pereti verticali netezi, fara ripluri orizontale. **La temperatura camerei, stratul de pasivare dispare.**

Principalul dezavantaj al procesului criogenic este temperatura redusa atat a electrodului inferior cat si a plachetei, ceea ce face ca produsii de reactie sa condenseaza si sa se depun pe suprafetele reci.

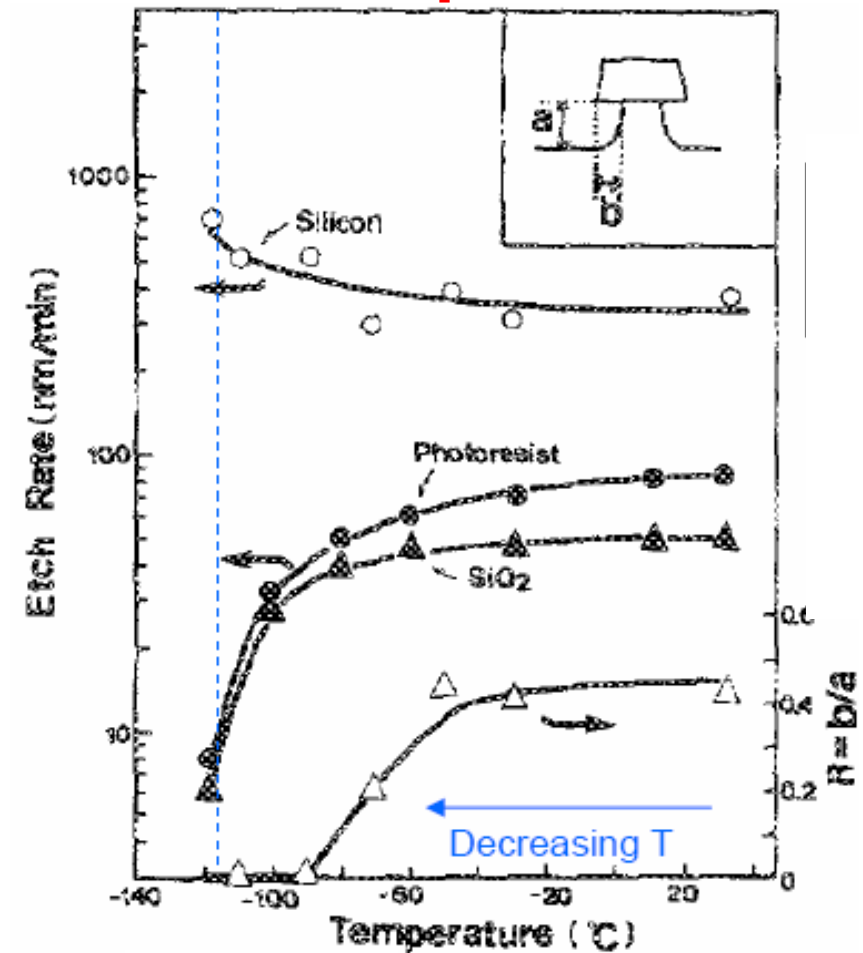
Procesul Criogenic

Viteza de corodare in functie de temperatura

Viteza de corodare a siliciului creste cu scaderea temperaturii

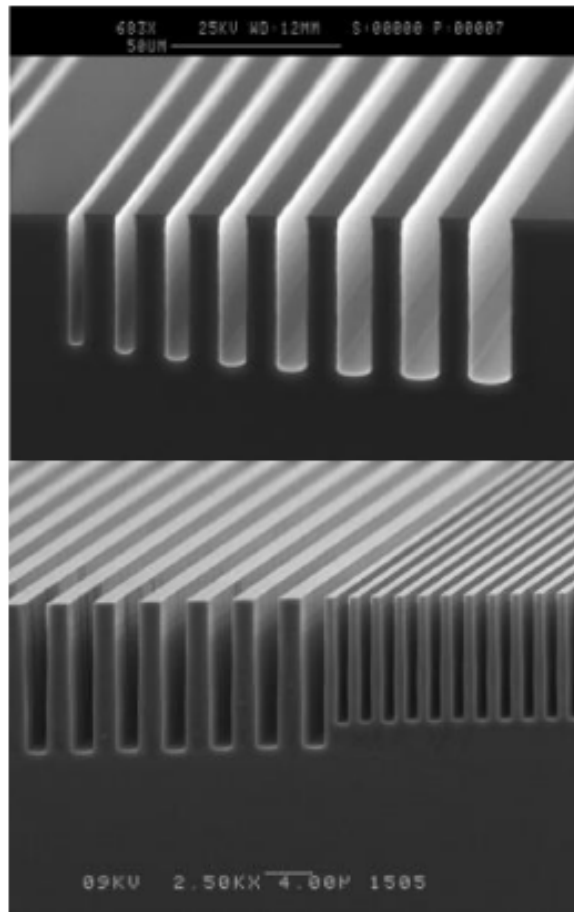
Viteza de corodare a straturilor de mascare (fotorezist sau oxid de siliciu) scade cu scaderea temperaturii

Pentru temperaturi sub -90°C , peretii sunt perfect verticali



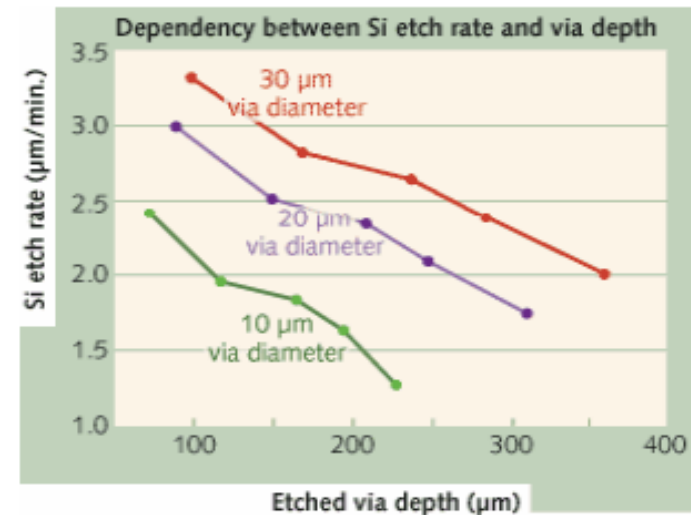
Tachi (1987)

Corodare dependenta de aria expusa



Walker (2001)

Via etching



Chambers et al., Surface Technology Systems, Advanced Packaging, 2005

http://ap.pennnet.com/Articles/Article_Display.cfm?Section=Articles&Subsection=Display&ARTICLE_ID=225422

Bosch versus Cryo

	Bosch	Cryo
Strat de pasivare	Polimer fluorocarbon	SiO_xF_y
Rugozitatea peretilor verticali	Apar ripluri orizontale vizibile (100 nm – 500 nm)	Pereti verticali netezi
Viteza de corodare	~ 7.5 $\mu\text{m}/\text{min}$	~ 5 $\mu\text{m}/\text{min}$
Selectivitatea fata de stratul de mascare	75:1 pentru fotorezist 200:1 pentru oxid	100:1 pentru fotorezist 1000:1 pentru oxid
Fotorezist	Procesul nu este sensibil la vechimea sau tipul de fotorezist folosit.	Grosimea maxima a fotorezistului 1.5 μm .
Cerinte speciale	• Pompe de vid eficiente • Valve ultra-rapide • Reactor si tevi de gaze incalzite	• Valve cu debite mici pentru oxigen • Racire cu N_2 Lichid • Sistem de prindere eficient

Va multumesc pentru atentie!