

Nanoelettronica

I° anno LS, 10 crediti

Prof. Alessandro Spinelli
Dip. di Elettronica e Informazione

alessandro.spinelli@polimi.it

Tel. (02 2399) 4001

home.dei.polimi.it/spinelli

Sommario

- Semiconduttori, elettronica e LS
- Di cosa si parla?
- Come è strutturato il corso?

Tecnologia dei semiconduttori



- Industria da 150 B\$/anno
- Probabilmente la più importante al mondo
 - Computer
 - Telecom/Internet/cellulari
 - Optoelettronica
 - Automazione
 - ...

La LS in Ing. Elettronica



Sbocchi professionali (post LS o Ph.D)

Corsi “classici” di elettronica (p. es., elettronica analogica e digitale)



PMI del territorio, dove l'elettronica fa da supporto al prodotto

Corsi “specifici” di indirizzo (p. es., nanoelettronica, disp. optoelettronici)



Aziende *hi-tech* in Italia o all'estero, dove si fa nanoelettronica e/o nanotecnologie

Esempi – 1



Tommaso Borghi
Ph.D. 2009

Flextronics medical,
Monza



Matteo Rigamonti
Ph.D. 2004

CEFRIEL, Milano



Andrea Pacelli
Ph.D. 1998

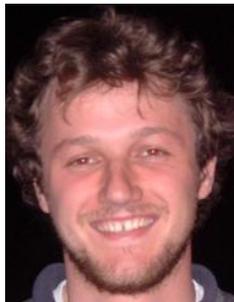
King & Spalding
(ufficio legale), NY

Esempi – 2



Davide Mantegazza
Ph.D. 2008

Intel, USA



Andrea Redaelli
Ph.D. 2007

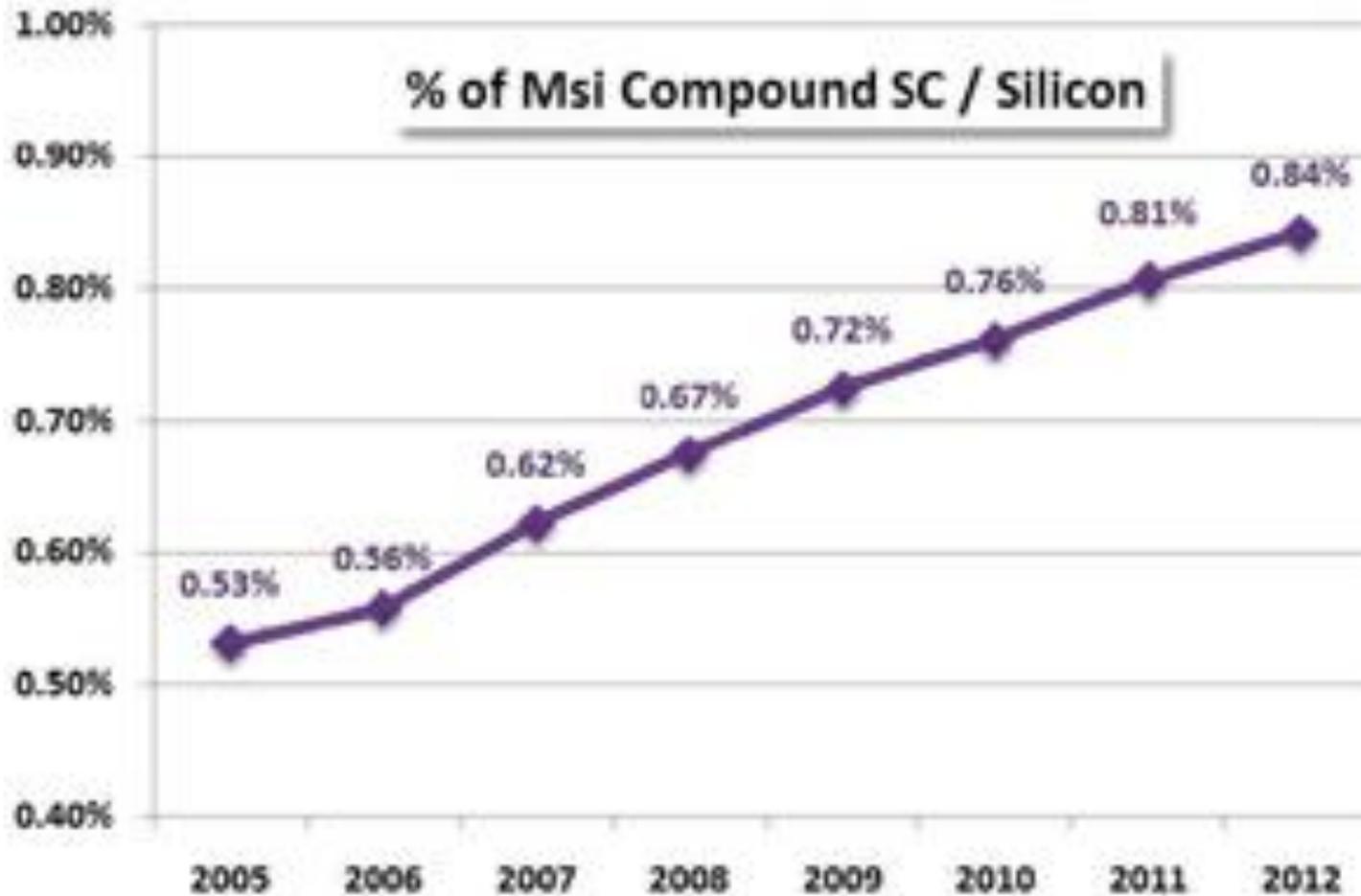
Numonyx, Agrate
Brianza



Agostino Pirovano
Ph.D. 2004

Numonyx, Agrate
Brianza

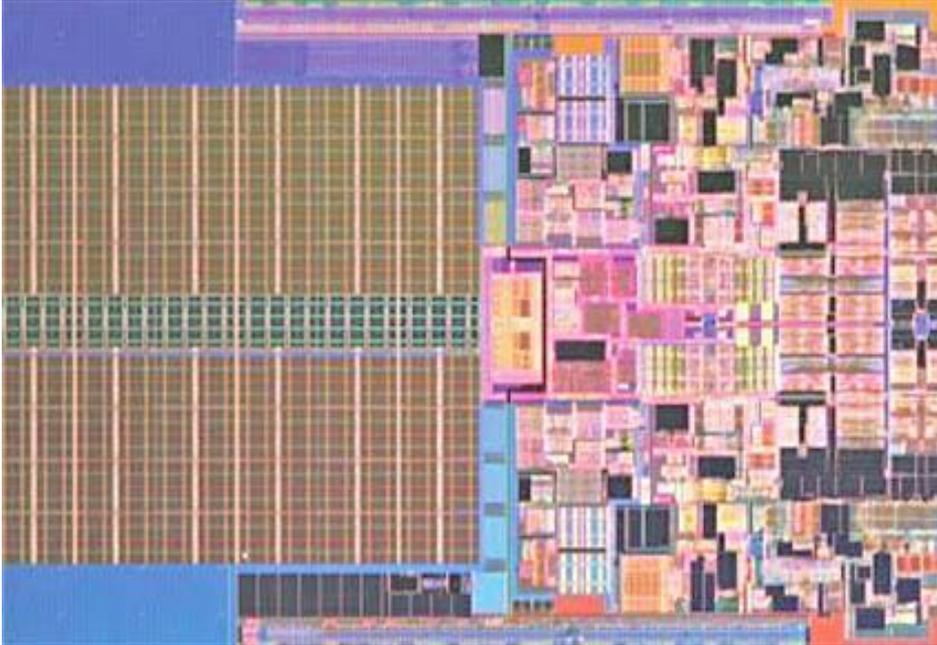
Quale semiconduttore?



Quale tecnologia al Si?

- Non ho trovato dati recenti
- Dati del 1998
 - CMOS: 75%
 - Bipolari: 20%
- La percentuale di mercato dei CMOS è certamente aumentata

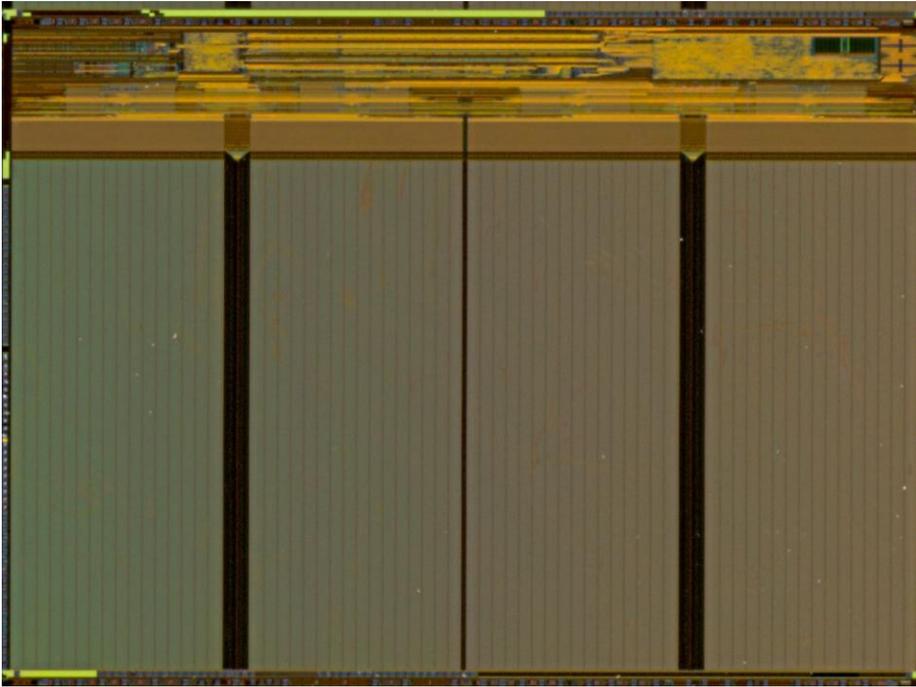
I CMOS oggi – 1



Intel Penryn (2007)

- Tecnologia da 45 nm
- L_{gate} da 35 nm
- Ossido di gate in high-K (1 nm EOT)
- Gate in metallo
- 410 milioni di MOS
- Clock a 3 GHz
- Circa 110 mm²
- Dissipazione 80 W

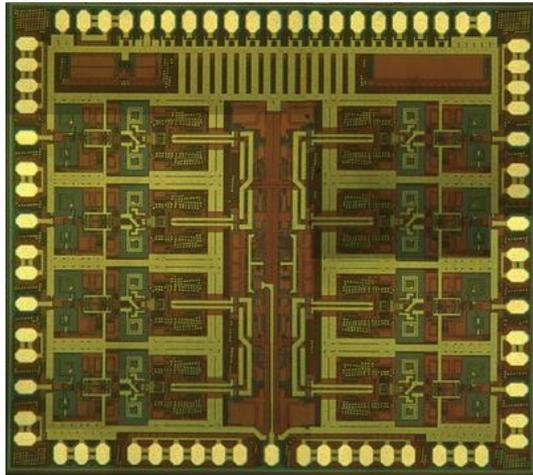
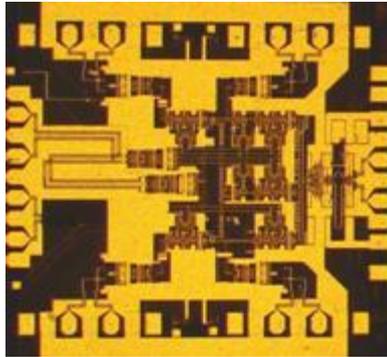
I CMOS oggi – 2



- Tecnologia da 48 nm
- 8 Gb (2 bit/cella)
- 4 miliardi di transistori
- Ossido di tunnel da 7 nm

Numonyx NAND Flash

I bipolari oggi – applicazioni



- Progetti a componenti discreti
- Applicazioni di alte frequenze
- Alte correnti

Motivazioni

- Semiconduttori, elettronica e LS
- Di cosa si parla?
- Come è strutturato il corso?

Nota al programma

- LS in Elettronica è stata riorganizzata a partire da AA 2008-09
- Il corso di Nanoelettronica è stato spostato al primo anno, in sostituzione del corso di Dispositivi elettronici
- È di fatto un corso avanzato di Dispositivi micro-nanoelettronici

Programma del corso

- Ripasso di fisica dei semiconduttori
 - Struttura a bande e concentrazioni di portatori
 - Elettroni, lacune, drogaggio, livelli di Fermi...
 - Equazioni di continuità e diagrammi a bande
- Diodi a giunzione p-n
 - Ripasso ed approfondimento
- BJT
 - Funzionamento e caratteristiche avanzate
- MOS
 - Condensatore e transistor, cenni agli effetti del 2° ordine

Motivazioni

- Semiconduttori, elettronica e LS
- Di cosa si parla?
- Come è strutturato il corso?

Struttura

- Lezioni
 - Enfasi sulla **comprensione fisica**
 - I calcoli sono necessari (e utili), ma non imparate a memoria tutte le formule
 - **No slides**
- Esercitazioni (Ing. Christian Monzio Compagnoni)
 - Approfondimento dei concetti
 - Esercizi numerici (dove possibile) e simulazioni
- Seminari (Numonyx)
- Ricevimento studenti: **sempre**
- **Il Vostro parere è importante!**

Orario delle lezioni

	Lun	Mar	Mer	Gio
8.15 – 9.15				
9.15 – 10.15				
10.15 – 11.15		D23		
11.15 – 12.15		D23		
12.15 – 13.15				
14.15 – 15.15			D22 (es.)	D02
15.15 – 16.15			D22 (es.)	D02
16.15 – 17.15			D22 (es.)	D02

Prerequisiti

- Elettrostatica
- Concetti base sui semiconduttori
 - Principi di struttura a bande, elettroni, lacune, deriva e diffusione,...
- Dispositivi
 - Utili le conoscenze di base sul funzionamento delle giunzioni p-n (che ripassiamo comunque)

Libri di testo

- Sui dispositivi
 - C.-T. Sah, “Fundamentals of solid-state electronics”, World scientific, 1991.
 - R. S. Muller, T. I. Kamins, “Device electronics for integrated circuits”, 3rd ed., Wiley-VCH, 2003.
 - D. A. Neamen, “Semiconductor physics and devices”, 3rd ed., McGraw-Hill, 2002.
 - S. M. Sze, K. Ng, “Physics of semiconductor devices”, 3rd ed., Wiley Interscience, 2007. Quest’ultimo è più utile come riferimento che come testo didattico.
- Un testo più avanzato per le parti sui MOS e bipolari è:
 - Y. Taur, T. H. Ning, “Fundamentals of modern VLSI devices”, 2nd ed., Cambridge Univ. Press, 2009.
- Disponibili in biblioteca centrale
- Altre info su home.dei.polimi.it/spinelli

Modalità d'esame

- Solo colloquio orale
 - Comprensione dei fenomeni
 - Trend/andamenti/dipendenze
 - Limiti/applicabilità delle teorie
 - Derivazione/impostazione delle relazioni

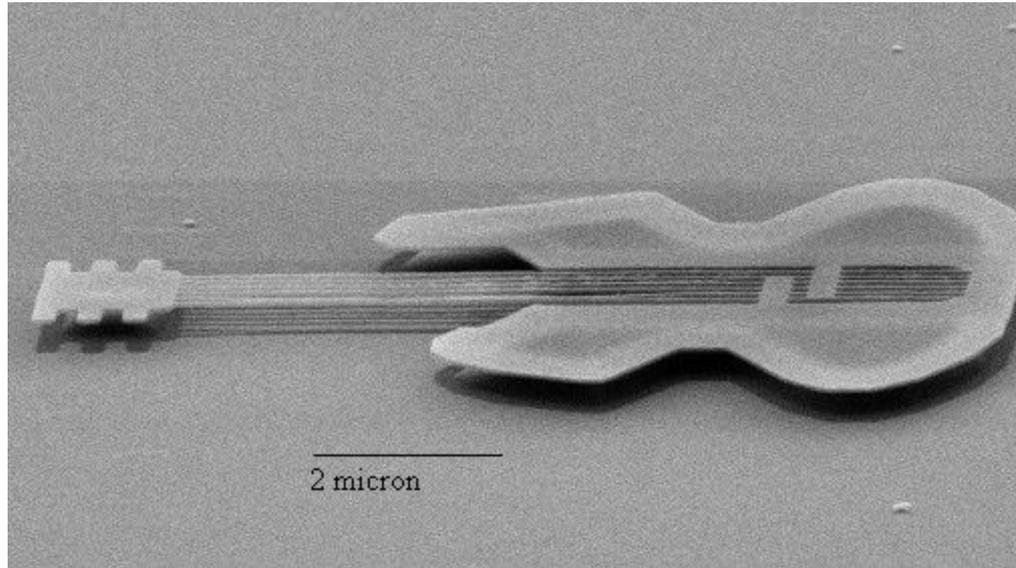
 - Prima domanda: argomento a piacere ⇒
preparate bene (almeno) un argomento

Il Vostro docente

- Laurea in Ing. Elettronica, 1992
- Dottorato in Ing. Elettronica, 1995/96
- Visiting Scholar (UTSI, USA), 1995
- Consulente per STMicroelectronics, 1996
- Ricercatore Universitario al Politecnico di Milano, 1997
- Prof. Associato all'Univ. di Como, 1998
- Visiting Professor (ENSERG, Francia) 2001
- Trasferimento al Politecnico di Milano, 2004
- Prof. Ordinario al Politecnico di Milano, 2006

- Attività di ricerca: dispositivi micro- e nanoelettronici, circuiti integrati per neuroelettronica e brain-machine interface

Inizia la... “musica”



Nanoguitar, Cornell Univ.

Prossima lezione: ripasso di fisica dei semiconduttori e della giunzione p-n