

# Idee, tecnologie, sviluppi... solo particelle elementari ?

Una descrizione concisa di alcune recenti investigazioni su settori di interesse strumentale nel campo della fisica sperimentale (HEP), in particolare delle architetture dei sistemi complessi e delle tecnologie connesse, mette in evidenza l'importanza di un legame stretto fra idee, risorse tecnologiche e interdisciplinarietà per un futuro che può essere anche non HEP.

# Idee, tecnologia, sviluppi....

A gennaio 2007 in un incontro locale del GrI avevo indicato l'interesse per tre linee di sviluppo a medio/lungo termine:

- metodi di distribuzione della potenza elettrica nei tracciatori
- architetture per l'inserimento del tracciatore (CMS) nel trigger di primo livello
- nuovi materiali compositi per dispositivi attivi (sensori..)

# ● distribuzione della potenza elettrica nei tracciatori

## **Step-down converter with switched capacitors at high frequency**

NIM A 2008, Elsevier B.V. doi:10.1016/j.nima.2008.07.119

L. Carraresi <sup>a)</sup>, S. Conti <sup>a)</sup>, L. Isabella <sup>b)</sup>, G. Parrini <sup>a)</sup>

[ a)- INFN-Dipartimento di Fisica, b)-LABEN]

La descrizione del problema di alimentare 10 M-chan. di rivelatori al Si distribuiti su una superficie di 220 m<sup>2</sup> è disponibile in

“Il Tracciatore di CMS: gestione dei 15000 ampere....”

(Nov 2008, <http://www.fi.infn.it/sez/seminaricdshome.htm>).

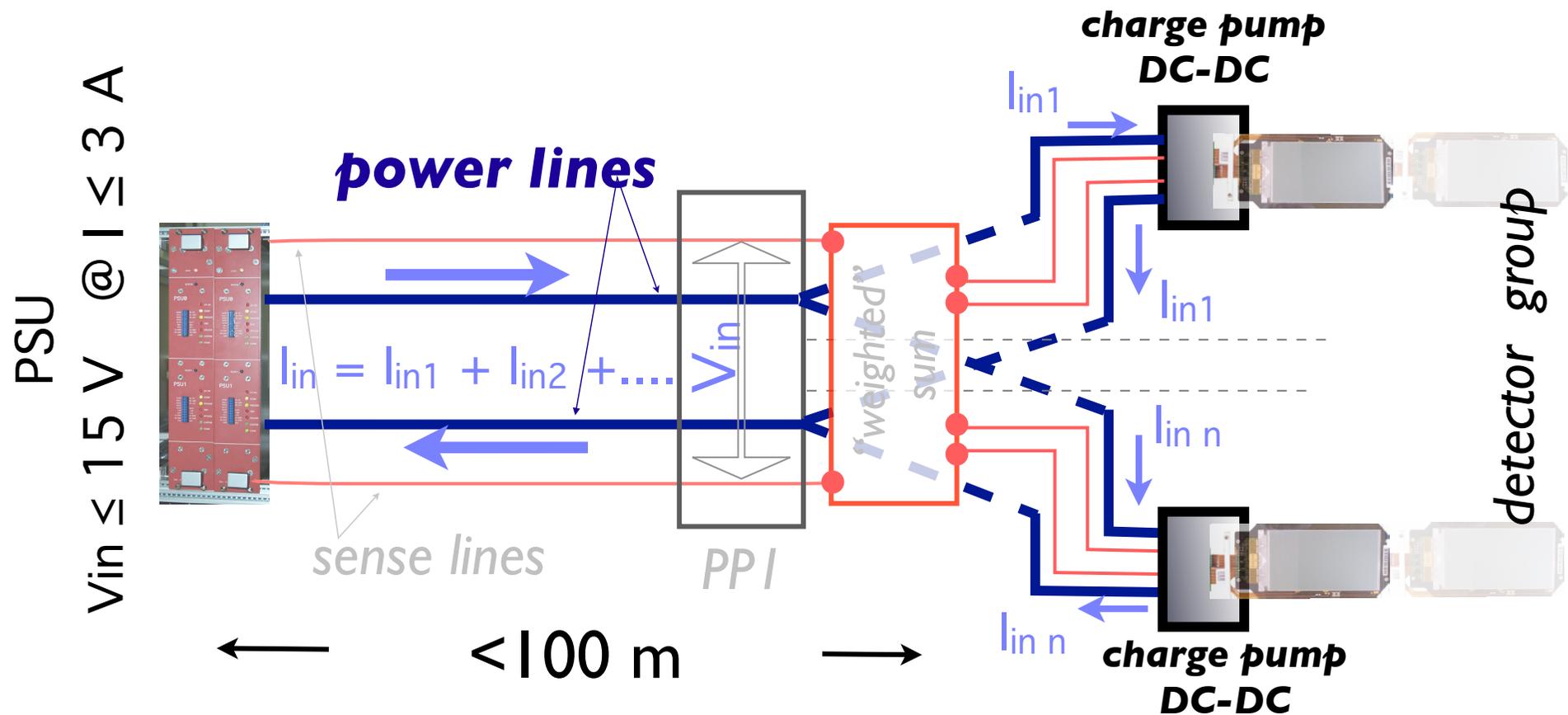
# I punti "critici"

- ✓ Efficienza di trasporto della potenza dovuta alla resistenza dei cavi: a CMS  $\leq 50\%$  si perde per riscaldare i cavi.
- ✓ Qualità dei cavi: per questo a CMS abbiamo inventato qui a Firenze il cavo LIC a bassissima induttanza ed alta capacità ( $L \leq 15$  nH/m,  $C \approx 7$  nF/m)
- ✓ Isolamento fra migliaia di canali di alimentazione: per CMS abbiamo imposto a Caen soluzioni circuitali inedite per isolare i circa 2000 canali.
- ✓ Flessibilità di distribuzione colla minima dissipazione di potenza e la minima interferenza fra correnti di ritorno (problema con alte correnti)

Ai prossimi Collider adronici (SLHC) efficienza e flessibilità sono ancora più critiche a causa delle maggiori correnti dovute alle tensioni di  $\approx 1$  V (elettronica) ma soprattutto per la richiesta di un maggior numero di canali (fisica).

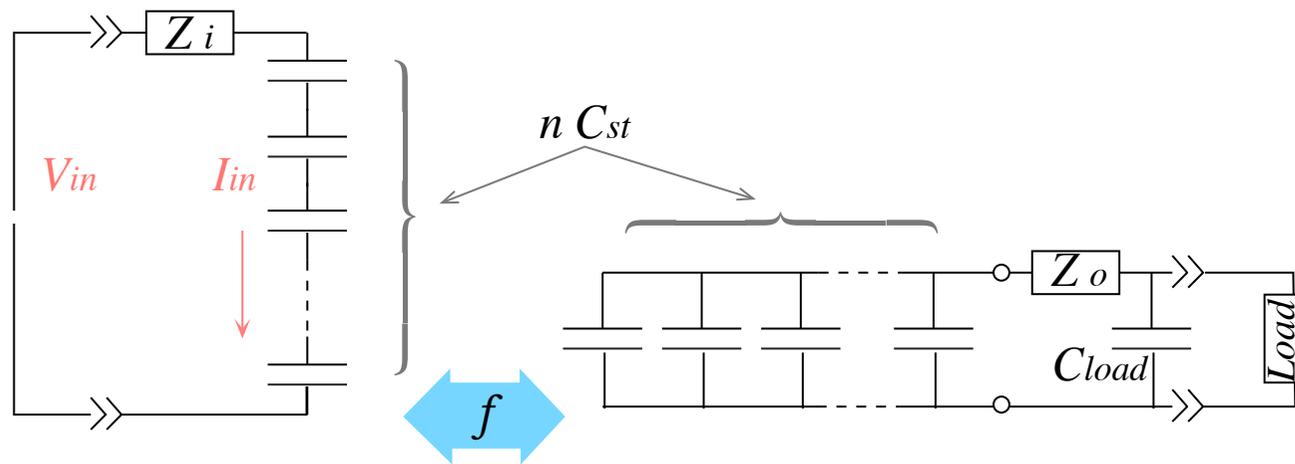
# DC-DC converter per la distribuzione di potenza

..... tante "batterie" a bassa tensione e alta corrente ricaricate in tempo reale dal PSU remoto (baracca) ad alta tensione ( $\approx \times 5$ ) e bassa corrente ( $\approx \times 1/5$ )

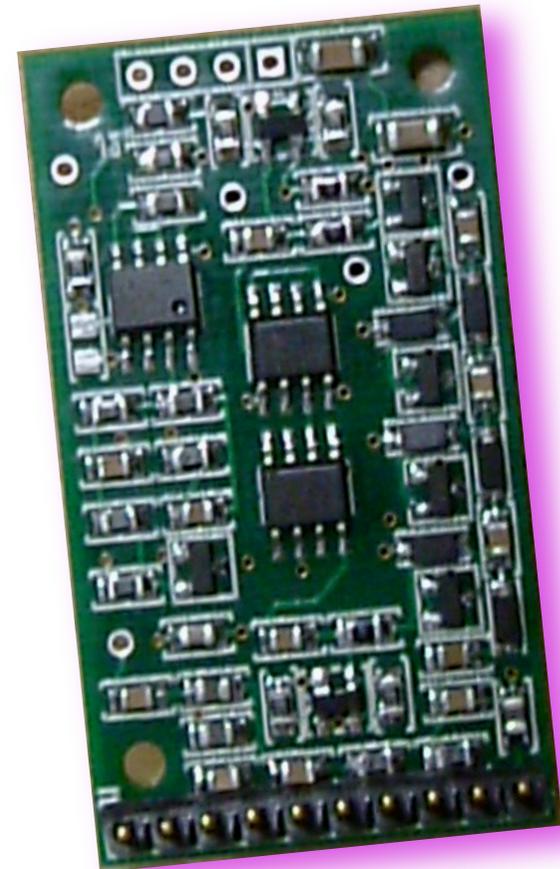


# Charge pump DC-DC converter: prototipo con tecnologia discreta

DACEL



schema di principio



## ..... Conclusion

.....we have reached a good understanding of the efficiency of capacitor charge pump regulators in the MHz region.

Operation at  $\geq 5$  MHz feasible (two banks architecture) but work must be done with respect to:

-  ● MOS (floating body, gate capacitance,..). Power JFET?
- SWs driving
- Layout( parasitic impedances)

Il prototipo rimane l'unico esempio di dc-dc converter per sistemi della complessità di un tracciatore con efficienza misurata (!) meglio del 70% a 5 MHz e a  $\approx 1$  V.

Difficile proseguire senza adeguata capacità di disegno nelle tecnologie attuali



# ● architetture per l'uso del tracciatore (CMS) nel trigger di primo livello

- **Track Momentum Discrimination Using Cluster Width in Silicon Strip Sensors for SLHC**

G.Parrini, G.Barbagli, F.Palla  
TWEPP07, 3-7 september 2007, Prague, Czech Republic  
[ *INFN- Dip. Fisica (Firenze), INFN (Pisa)* ]

- **Tracking in the trigger: from the CDF experience to CMS upgrade**

PoS(Vertex 2007)034 *F. Palla and G. Parrini*  
[ *INFN- Dip. Fisica (Firenze), INFN (Pisa)* ]

- **Proposal for a First Level Trigger based on Tracking**

WG: Tracker/Trigger, CMS, Submitted 31 October 2008  
[http://cms-tracker.web.cern.ch/cms-tracker/TKSLHC/Palla\\_RDproposal.pdf](http://cms-tracker.web.cern.ch/cms-tracker/TKSLHC/Palla_RDproposal.pdf)

[ IN2P3-CNRS, Lyon, INFN and Univ. Bari, INFN and CNR Florence, INFN and Univ. Florence, INFN and Univ. Pisa and Scuola Normale Sup. Pisa, ICFO Barcelona, Boston University, University of Minnesota, Brown University ]

- **Error-Free 10.7 Gb/s Digital Transm. over 2 km Optical Link Using an Ultra-Low Voltage Electro-Optic Modulator**

M.Meschini, G.Parrini, S.Pelli, D. Janner, M. Belmonte, V.Pruneri  
CERN-2009-006, TWEPP09 Proc. (2009), p.584, 21-25 Sept. 2009, Paris

- **Ultra low power consumption 10.7 Gb/s transmission over 2 km single mode fiber optics link**

D. Janner, M. Belmonte, M. Meschini, G. Parrini, S. Pelli, V. Pruneri  
ICFO Barcellona, OCLARO Milano, INFN Dip. Fis. e CNR Firenze  
Wit2010 , 3-5 February 2010 , Berkeley

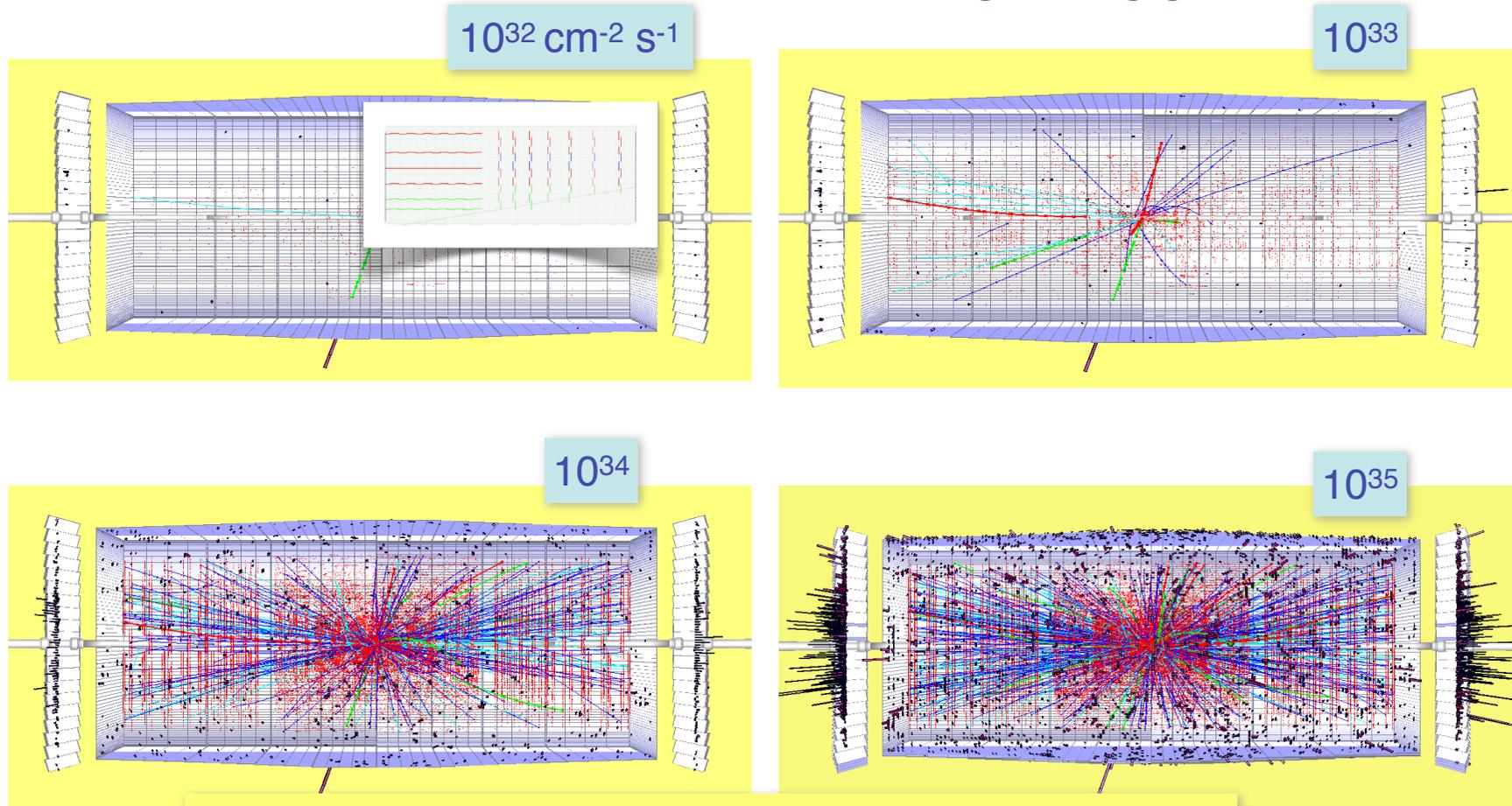
- **Guessing the geometric features of a particle trajectory in a magnetic field by measuring one point and its tangent.**

G.Parrini, F.Palla, G.Barbagli, M.Meschini  
[INFN e Dip. Fis. Firenze, INFN Pisa]  
Wit2010 , 3-5 February 2010 , Berkeley

- **Concepts and validations of a pT based tracker trigger using single and double sensors strip modules using CMS data**

F.Palla, G.Parrini, D.Contardo, G.Boudoul, J.Bernardini, R.Dell'Orso, N.Beaupere  
[ IPNL, Lyon: INFN, University and Scuola Normale, Pisa: INFN and University, Florence]

# Motivation for L1 Tracking Trigger



**At SLHC CMS faces new challenges, in particular for both Tracking and Triggering**

I. Osborne

bunch crossing rate  $20 \div 40 \text{ MHz}$  :  $400 \div 200$  interazioni/bxing

# “L'ago nel pagliaio”

$\approx 10^4$  particelle cariche/b-xing  
attraversano gli strati di rivelazione  
del tracciatore ( $\eta < 2.5$ ):

$1/10^N$  sono di interesse ( $N > 8$  ?)

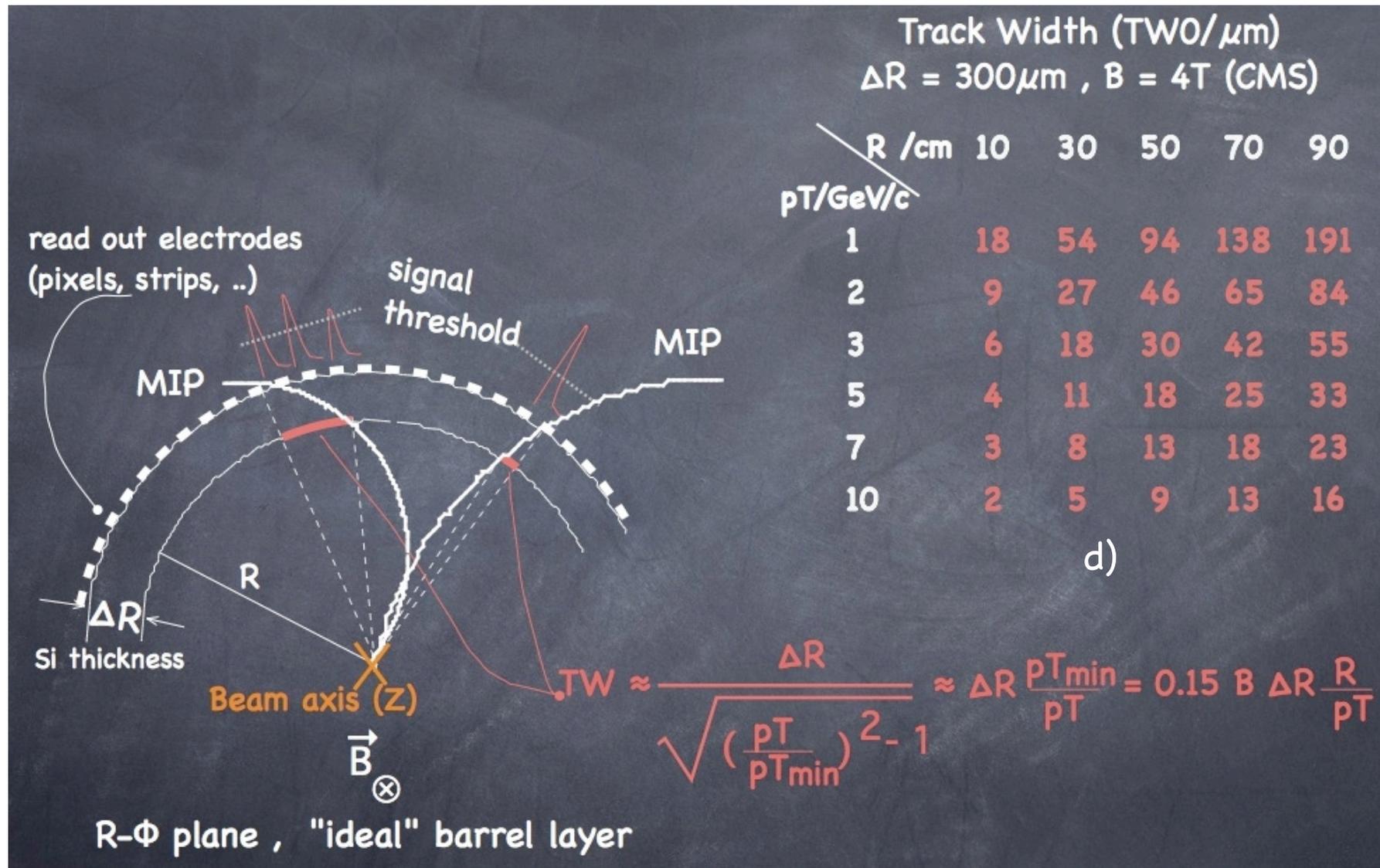


L'eliminazione di particelle a basso impulso trasverso ( $p_T < 2 \text{ GeV}/c$ ) abbassa il “fondo” di particelle primarie (minimum bias) di quasi un fattore 100, è l'appiglio per contenere il trigger rate di primo livello entro i 100 kHz. Altri aspetti importanti sono la conoscenza del vertice di provenienza della traccia e il suo isolamento.

Il tracciatore è “il rivelatore” per le misure di  $p_T$ , oltre che per la geometria della traccia, da qui l'interesse a trovare le varianti opportune alle attuali architetture di costruzione per un trigger di livello 1.

# Track Width (Barrel)

Punto di Partenza : eliminare le tracce con larghezza “eccessiva” è una buona strategia di selezione, (non può essere l’unica).



# Selection efficiencies: solo 1/pT\* term

$$pT^* \Big|_{100\%} \approx \frac{1}{N_{cut} - 2} \times \frac{\Delta}{pitch}$$

$$pT^* = pT/pT_{min}$$

$$pT_{min} = 0.3 \text{ B(T)} \text{ R(m)}/2$$

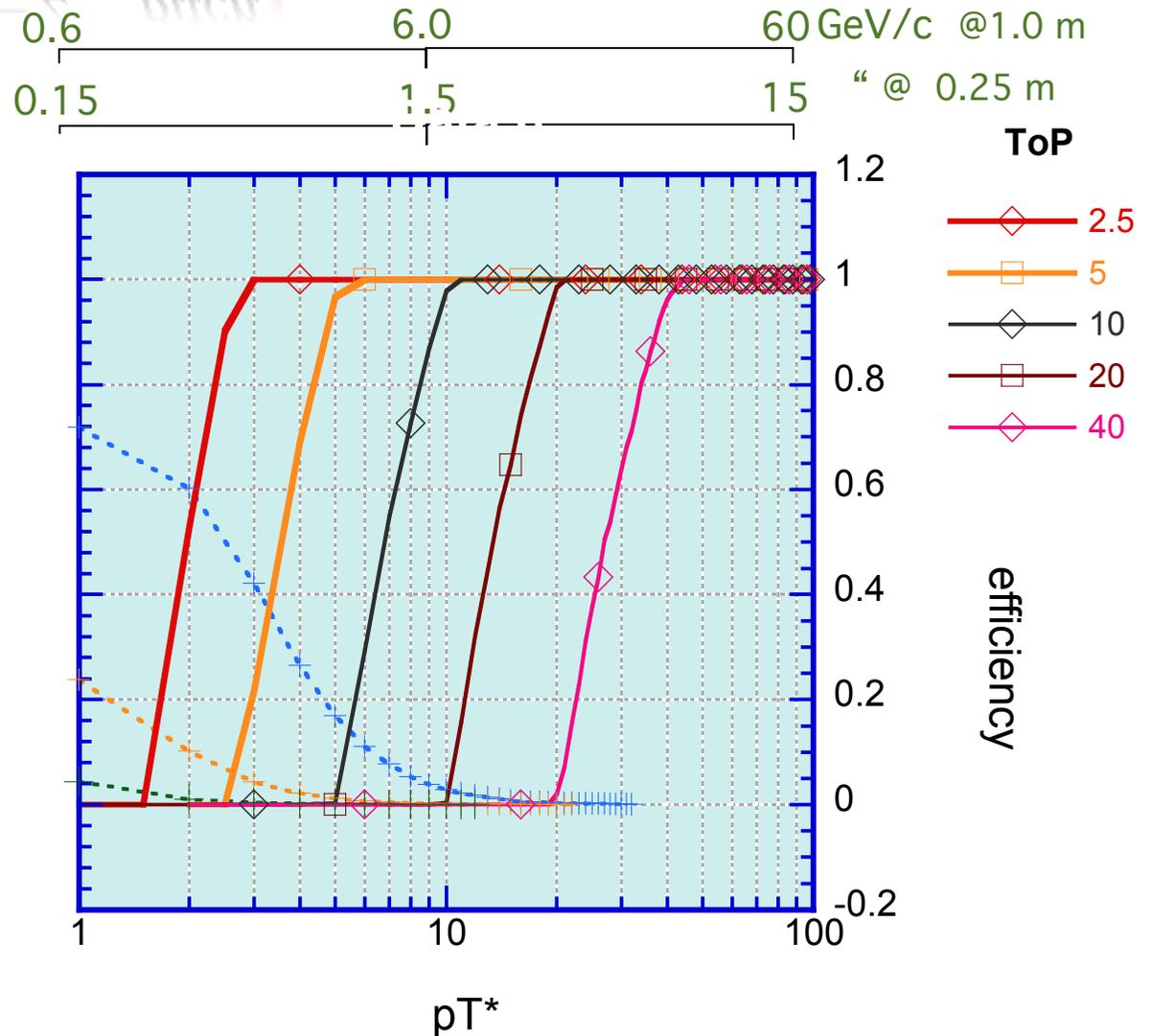
$$\Rightarrow \text{CMS} \Rightarrow 0.6 \text{ R(m)}$$

$$2 < \text{ToP} < 10$$

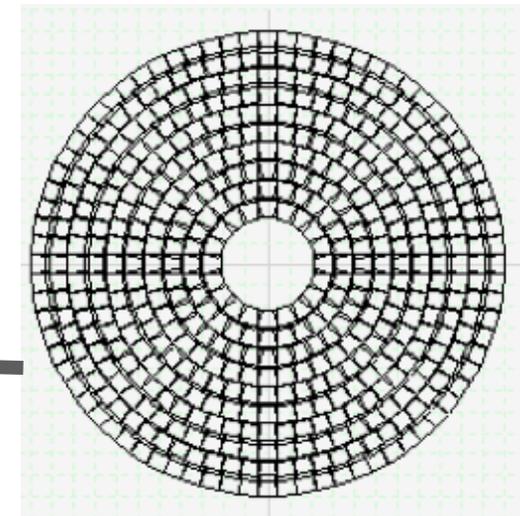
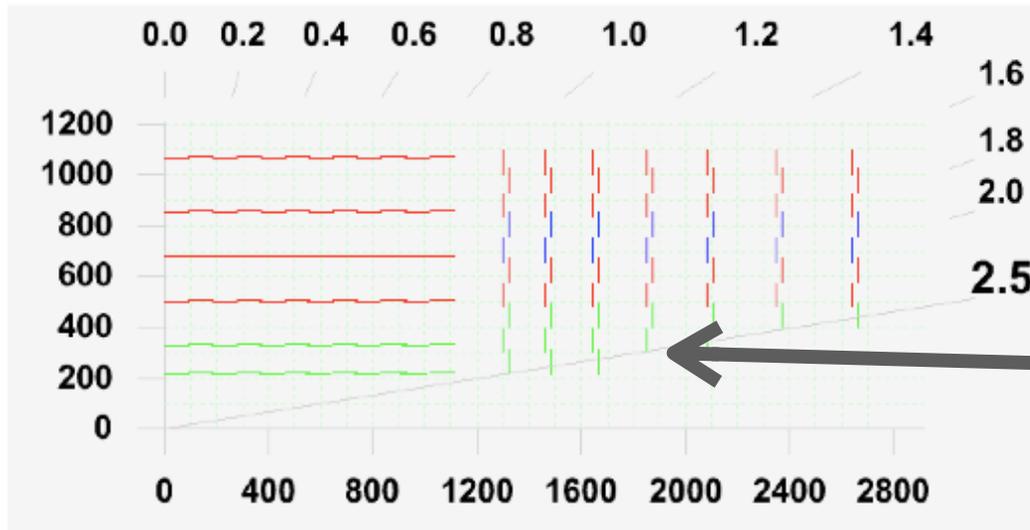
singolo sensore

$$\text{ToP} < 5$$

doppio sensore



# TW per gli end caps



$$pT|_{0\%} \approx \frac{1}{N_{cut} - 1} f \cdot ToP \cdot pT_{min}$$

$$pT|_{100\%} \approx \frac{1}{N_{cut} - 2} f \cdot ToP \cdot pT_{min}$$

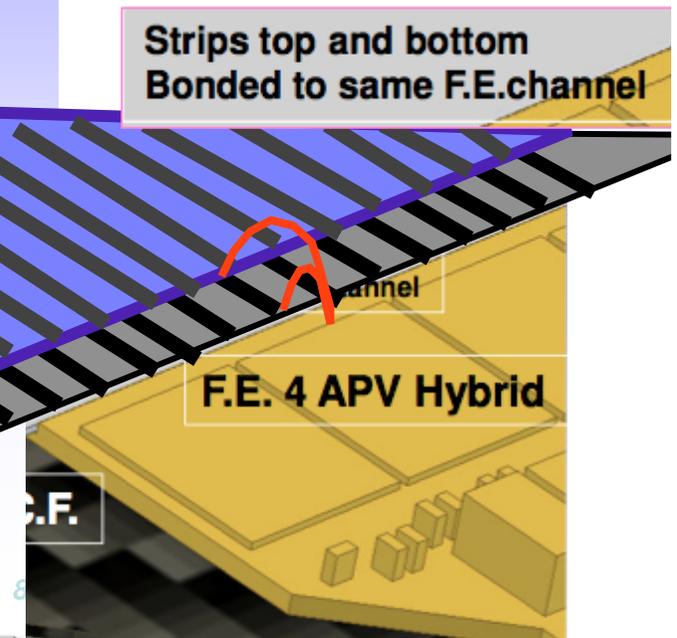
$f = R/Z$  is  $< 1$  and hence **higher ToPs** are needed for pT cuts similar to those of the barrel.

To keep a pT constant threshold ToP must be changed from disk to disk and from ring to ring.

# Prototypes: modules

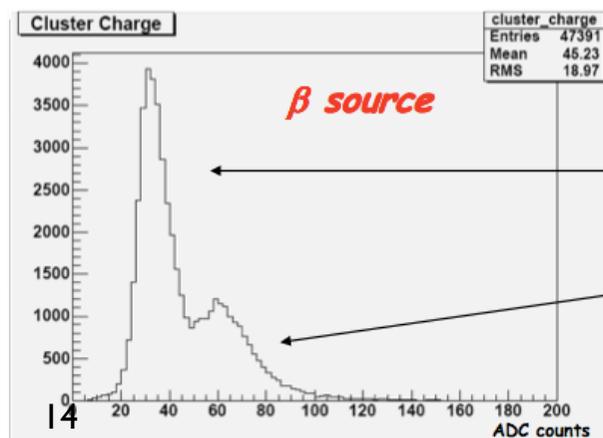
stacked strip sensor  
per ToP  $\geq 50$  ?

- **Material used:**
  - Spare parts of the CMS tracking detector
- **Two configurations**
  - **Stacked modules**
    - 2.3 mm apart
    - Strip length 9 cm
  - **Module A**
    - Pitch 80  $\mu\text{m}$
    - Strips from top and bottom sensor read out by **cor channels**
      - Proposal by R. Horisberger
  - **Module B**
    - Pitch 120  $\mu\text{m}$
    - Strips from top and bottom sensor read out by the same F.E. channel
      - Proposal by G. Parrini



3-5 February 2010

A. Messineo WIT2010 Lawrence Berkeley National Lab





# The size of the problem



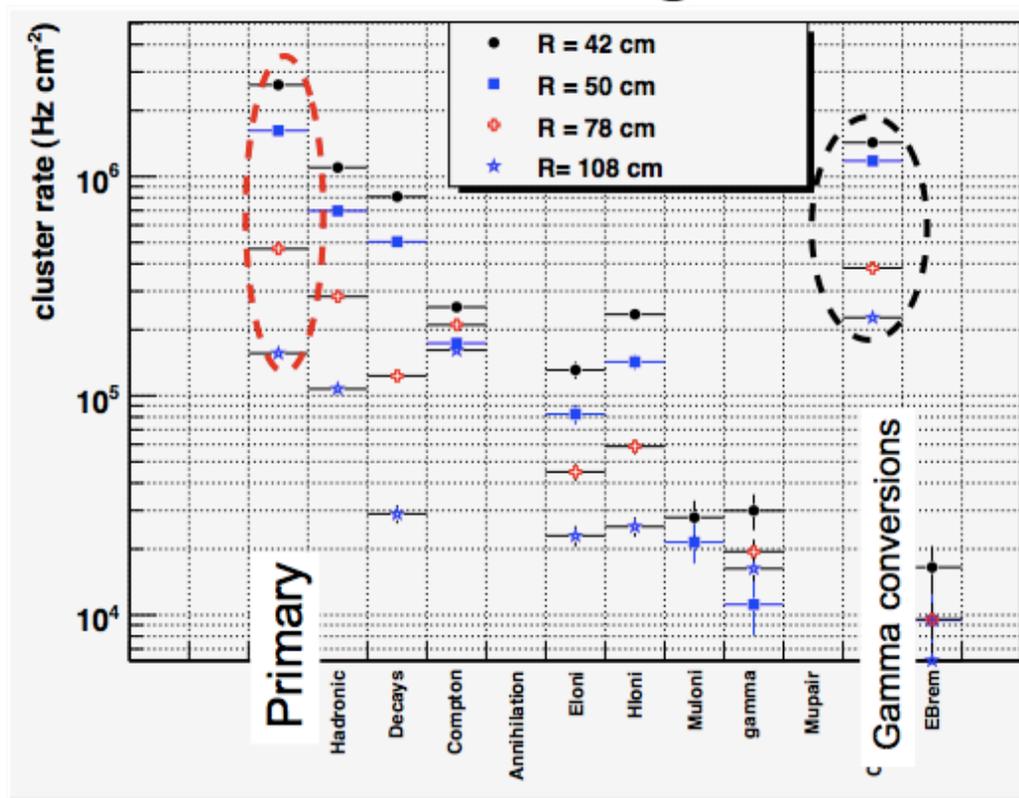
**Huge data rate at  $10^{35} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$**

**Even with a short strip length, that keeps the occupancy to  $\sim 1\%$ , the data rate of the fired strips is large**

- **R=50 cm:  $\sim 20 \text{ MHz cm}^{-2}$**
- **R=70 cm:  $\sim 10 \text{ MHz cm}^{-2}$**
- **R=100 cm:  $\sim 3 \text{ MHz cm}^{-2}$** 
  - ➔ **This of course depends on the electronics details**
- **Strips can be clustered to reduce the data rate, typically by a factor  $\sim 3$ , but still large**
- **Note the large fraction of the hits coming from photon conversions and nuclear interactions**

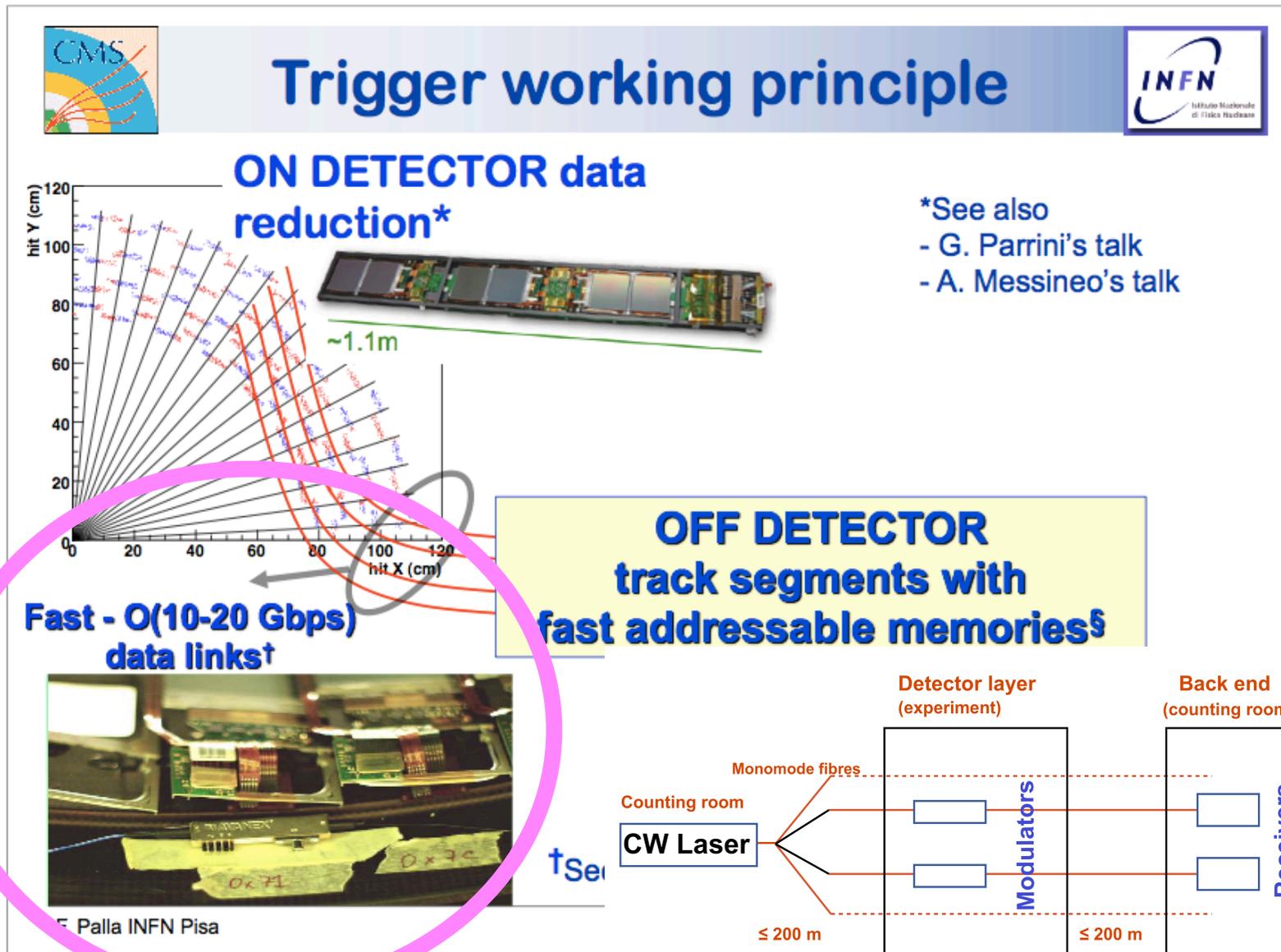
**Select only the clusters from “high pT” tracks, based on their typical size**

Cluster rate  
CMS SLHC Simulation  
with 400 Min Bias @ 20 MHz



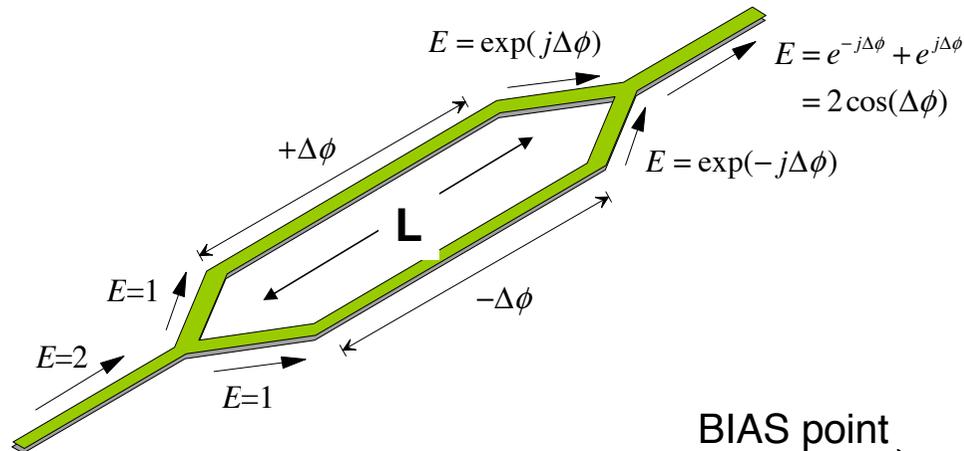
**Il grosso fondo non “primario” abbassa a  $\leq 1/10$  la selezione TW**

# Nostra proposta: correlare all'esterno i cluster selezionati su 4 piani



anche questo nasce a Firenze, assieme alla selezione TW e allo stacked strip sensor per alti ToP

# Link ottici, Mach-Zender (LiNbO3)

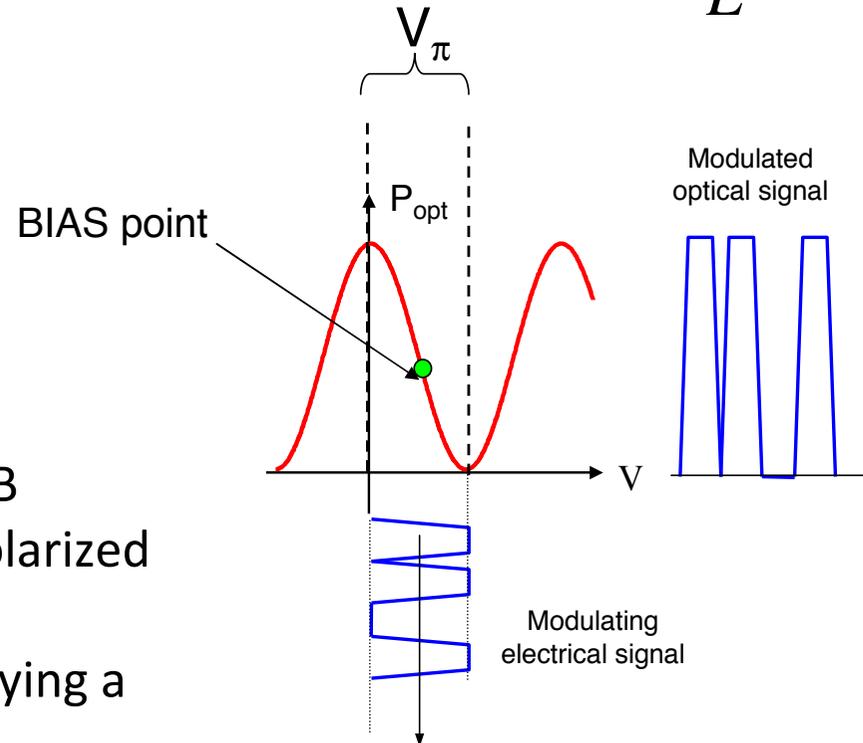


Switching Voltage:

$$V_{\pi} \propto \frac{\lambda}{L}$$

In commercial modulators:

- Typical extinction ratio 20 dB
- The input optical signal is polarized (integrated polarizer)
- Bias point is adjusted employing a feedback loop



≈ 0.5 Vpp @ BER 1e-12

"nostro" centro!

la polarizzazione è il prossimo

## nuovi materiali compositi per dispositivi attivi (sensori..)

### **Silicon-on-diamond material by pulsed laser technique**

S. Lagomarsino, G. Parrini, S. Sciortino, M. Santoro, M. Citroni et al

Appl. Phys. Lett. **96**, 031901 (2010); doi:10.1063/1.3291043

[ I N F N - Dip Fisica, Dip Energetica, LENS, INOA-CNR (Firenze)

I N F N - Dip d'Ing Elettronica e dell'Informazione (Perugia) ]

### **Study of laser bonding of silicon to diamond for silicon-on-diamond (SOD) technology**

S. Lagomarsino, S. Sciortino et al.

*E-MRS 2009 Spring Meeting, june 8-12 2009, Strasbourg, France*

### **A novel method of preparation of silicon-on-diamond (SoD) materials**

*Diamond2009, 6-10 September 2009, Athens, Greece*

### **New perspectives for the Silicon-On-Diamond material**

*RD09, October 1st, 2009, Florence, Italy*

[ I N F N - Dip Fisica, Dip Energetica, LENS, INOA-CNR (Firenze), I N F N - Dip d'Ing Elettronica e dell'Informazione (Perugia), INFN Bari, IIT Genova]

### **Perspectives on silicon-on-diamond devices**

S. Sciortino et al

*CARAT 1st Workshop, GSI, 14 December 2009*

# Perchè il Diamante

È un isolante elettrico (BG = 5.5 eV) con bassa costante elettrica ( $\approx 5.7$ ) ed alto breakdown ( $\approx 10^7$  V/cm) ma

..... conduce benissimo il calore (Therm. Cond.  $> 5 \times TC_{Cu}$ )

.... ha una elevata mobilità per le coppie e, h ( $1800, 1200 \text{ cm}^2/\text{V.s}$ ) prodotte al suo interno da agenti ionizzanti esterni.

È trasparente alla radiazione e.m fino all'UV ( $\approx 200$  nm), ha una lunghezza di radiazione di 12.2 cm (9.4 cm Si).

Ha una buona resistenza contro il danneggiamento da radiazione

☹ Energia media per creazione coppia e-h, 13 eV (3.6 eV Si)

☺ Ottime proprietà bio-elettrochimiche (elettrodi)

# Saldatura Laser Si-D

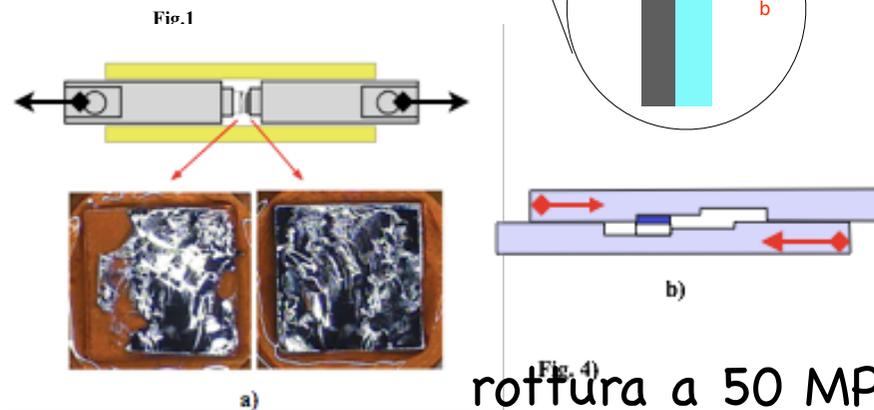
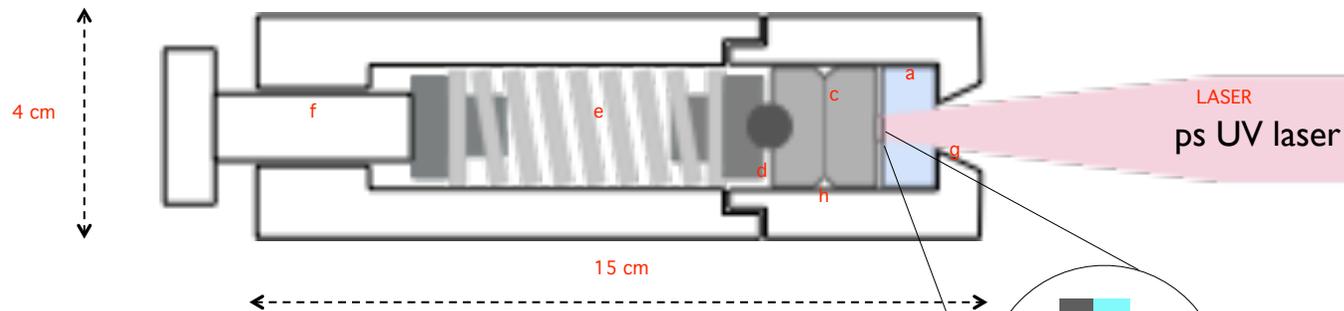
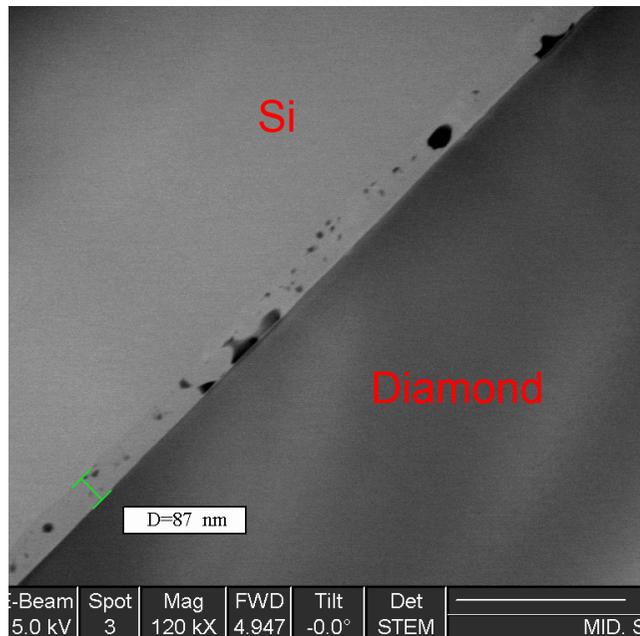


Immagine STEM



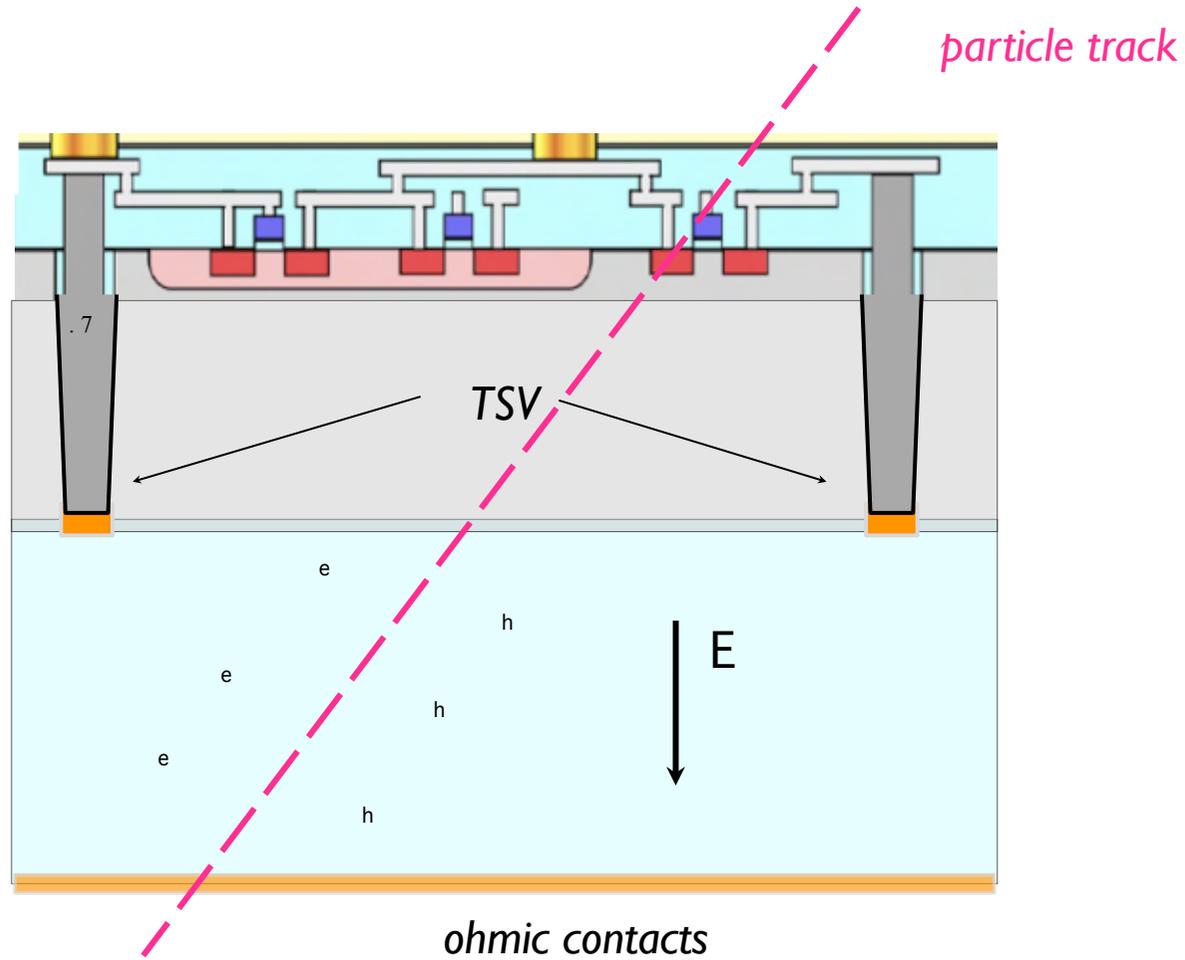
RAPSODIA

# Pix/strip detector

CHIPSODIA

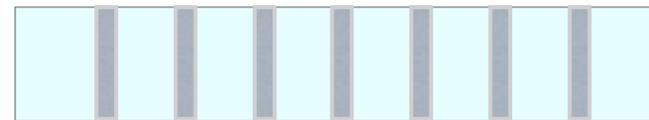
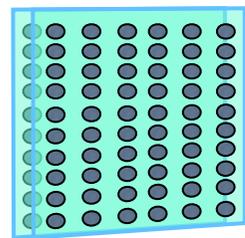
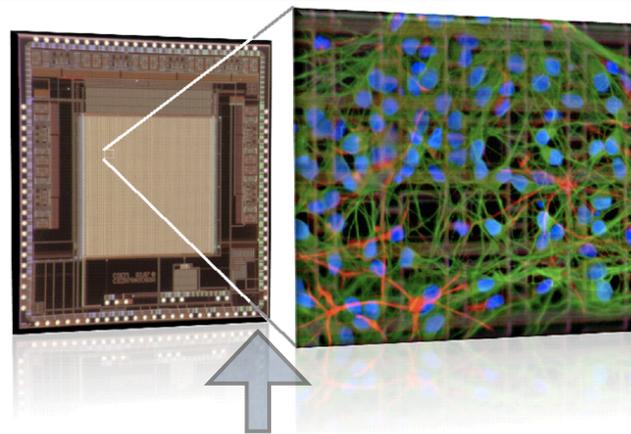
**S**  
**O**  
**D**

Si  
diamond



# Multi Electrode Array e cellule neuronali

CHIPSODIA



spessore

diamante+colonne grafite passanti

# retina artificiale

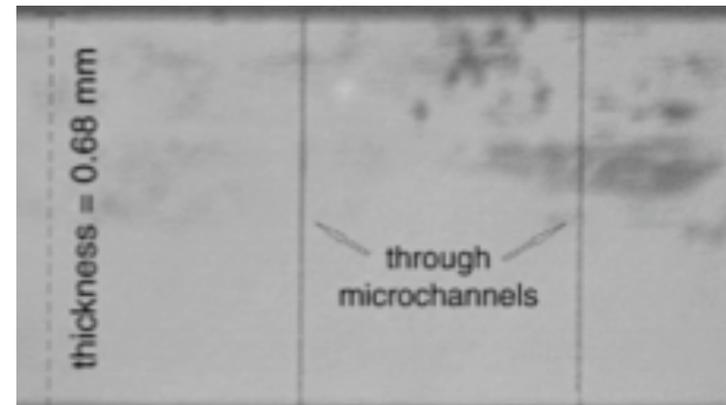
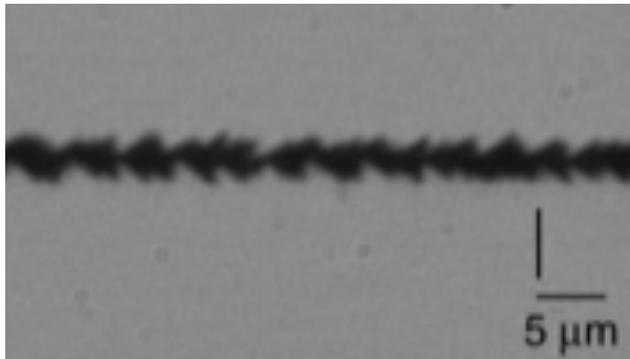
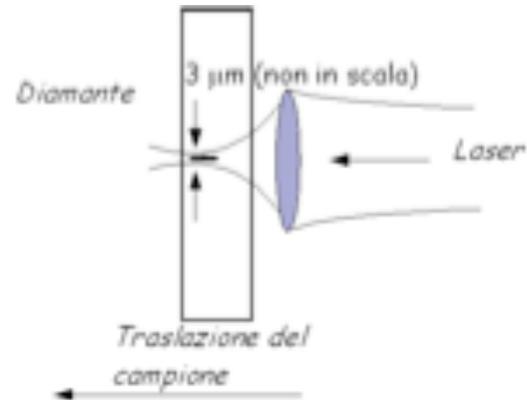
**Silicon retina prostheses capable of being implanted inside the eyes to restore sight are entering the third generation with the aim of enabling reading, facial recognition and unaided mobility for previously blind patients.**

The U.S. Department of Energy has awarded major responsibility for the development of a third-generation retina prosthesis to Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL, Livermore, Calif.).

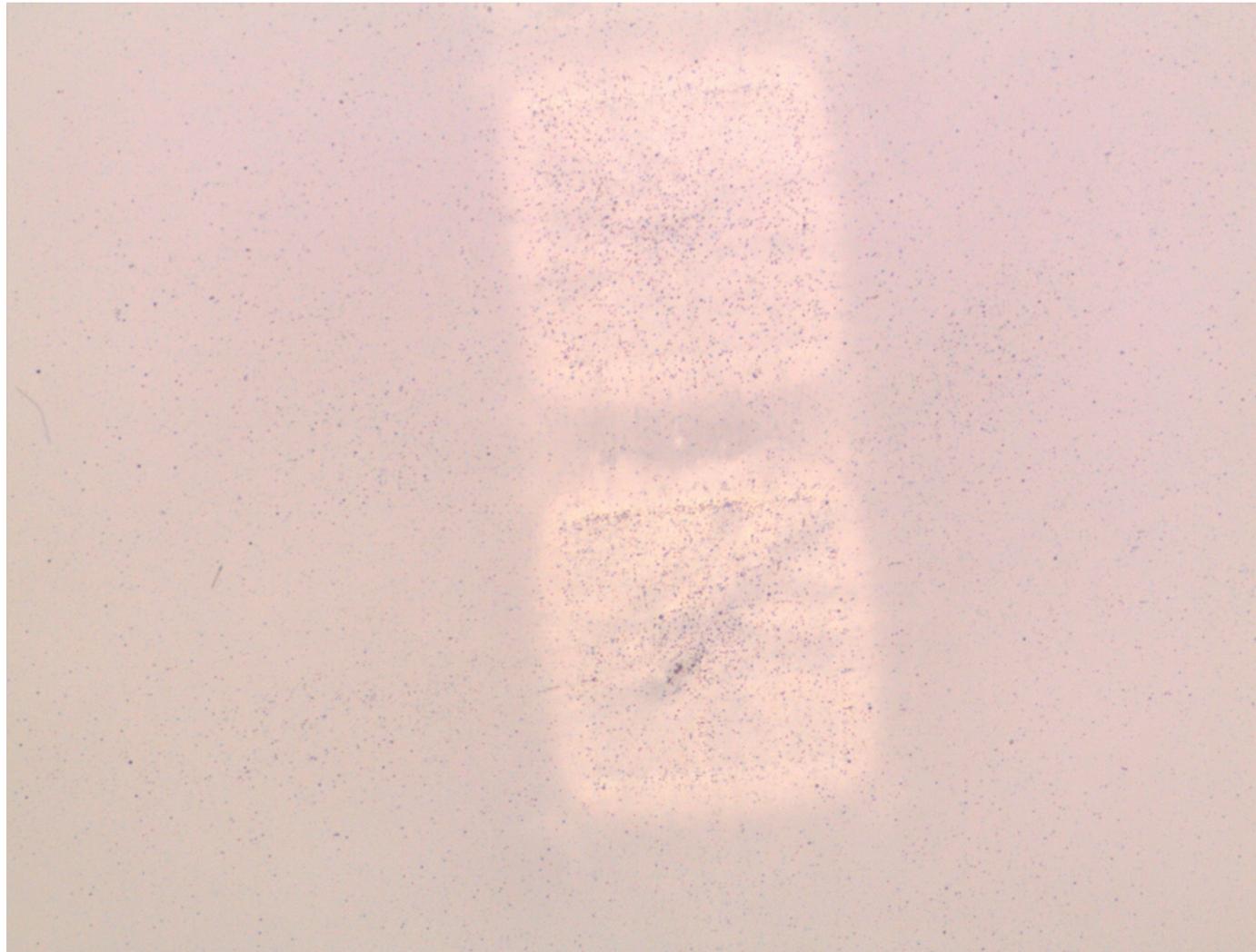
.....The goal of the third generation of the implant will be to increase the electrode array to more than 200 electrodes, which will enable the near instantaneous recognition of text for reading,.....

...The artificial retinas are being fabricated on silicon wafers by LLNL with the assistance of four other national laboratories, four universities and a private company, Second Sight Medical Products (Sylmar, Calif.),...

# Canali grafitici ottenuti per “scrittura” laser diretta attraverso un film spesso di diamante



# laser deposition oro sul diamante (confidenziale)



# Conclusioni

Gli eventi mediatici di questi ultimi tempi colpiscono per dimensioni e complessità delle soluzioni in gioco.

Alle loro spalle hanno tecnologie consolidate (soprattutto silicio, ma anche computing, criogenia ecc. ) che risalgono a più di 20 anni fa.

Alcune di queste sono più specifiche della fisica delle particelle elementari in quanto nate "lí", ma anche queste ormai interessano altri campi di indagine e di ricerca.

Nuove sfide nel campo della Fisica richiedono fin da ora nuove tecnologie.

La riflessione è come la nostra struttura di ricerca garantirà e/o farà (ri) crescere le condizioni necessarie alla nascita di queste che inevitabilmente potranno essere sempre più interdisciplinari.



# Proposal Trigger

D. Contardo, N. Giraud, W. Tromeur, Y. Zoccarato  
*IN2P3-CNRS, Lyon, France*

M. De Palma, G. De Robertis, L. Fiore  
*INFN and University of Bari, Bari, Italy*

S. Pelli, G. Nunzi Conti  
*INFN and CNR Florence, Florence, Italy*

G. Barbagli, R. D'Alessandro, M. Meschini, G. Parrini  
*INFN and University of Florence, Florence, Italy*

R. Dell'Orso, A. Messineo, F. Palla, E. Vataga  
*INFN, University of Pisa and Scuola Normale Superiore, Pisa, Italy*

D. Janner, V. Pruneri  
*ICFO, Barcelona, Spain*

E. Hazen, U. Heintz  
*Boston University, Boston, Massachusetts, USA*

R. Rusack  
*University of Minnesota, Minneapolis, Minnesota, USA*

G. Landsberg, M. Narain  
*Brown University, Providence, Rhode Island, USA*

# collaborazione RAPSODIA

S. Lagomarsino<sup>1,2</sup>, G. Parrini<sup>1,3</sup>, S. Sciortino<sup>1,2</sup>, M. Santoro<sup>1,4,5</sup>, M. Citroni<sup>1,4</sup>, M. Vannoni<sup>1,6</sup>,  
A. Fossati<sup>1,7</sup>, F. Gorelli<sup>4,5</sup>, G. Molesini<sup>1,6</sup>, A. Scorzoni<sup>8,9,10</sup>.

1 Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Firenze, Via Sansone 1, 50019 Sesto Fiorentino (Firenze), Italy.

2 Dipartimento di Energetica, Università di Firenze, Via di Santa Marta 3, 50139 Firenze, Italy

3 Dipartimento di Fisica, Università di Firenze, Via Sansone 1, 50019 Sesto Fiorentino (Firenze), Italy

4 European Laboratory for Non-Linear Spectroscopy, University of Florence, 50019 Sesto Fiorentino (Firenze), Italy

5 CNR-INFN CRS-SOFT, c/o Università di Roma “La Sapienza,” 00185, Roma, Italy

6 INOA-CNR, Largo E. Fermi 6, 50125 Firenze, Italy

7 Dipartimento di Ingegneria Civile, Università di Firenze, Via di Santa Marta 3, 50139 Firenze, Italy

8 Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Perugia, 06123 Perugia, Italy

9 Dipartimento d’Ingegneria Elettronica e dell’Informazione, Università di Perugia, 06125 Perugia, Italy

10 IMM-CNR Sezione di Bologna, 40129 Bologna, Italy