

Autopsia di uno scarto elettronico

Massimo Vanzi

Andrea Morelli, Ruggero Pintus, Giovanni G.Taccori

Università di Cagliari

Dipartimento di Ingegneria Elettrica ed Elettronica

vanzi@diee.unica.it



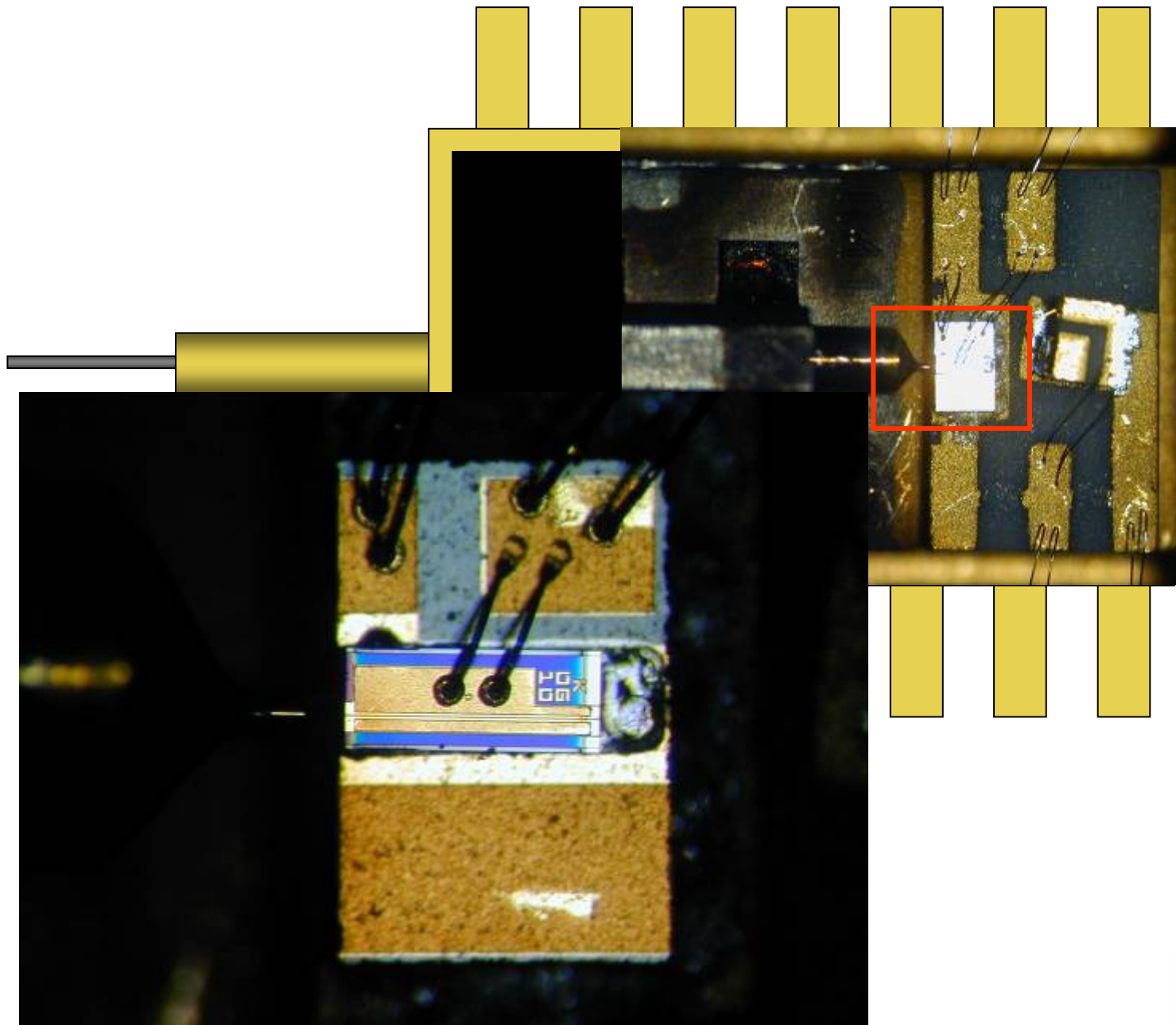
Dipartimento di Ingegneria Elettrica ed Elettronica

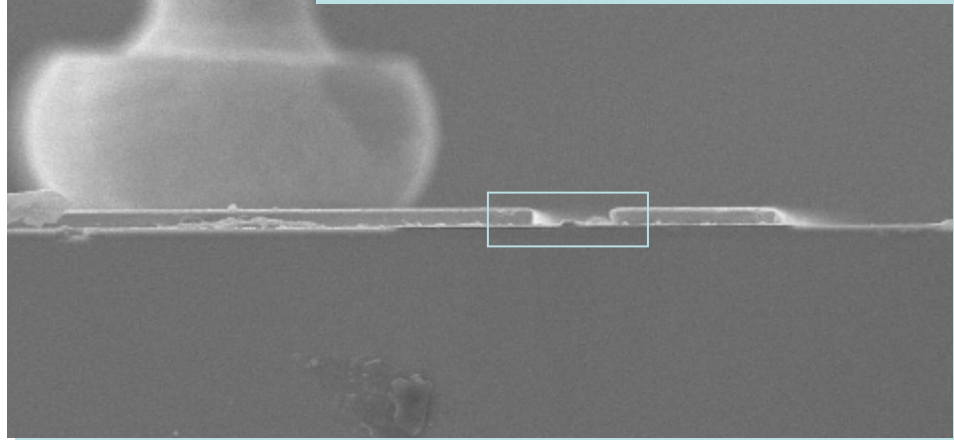
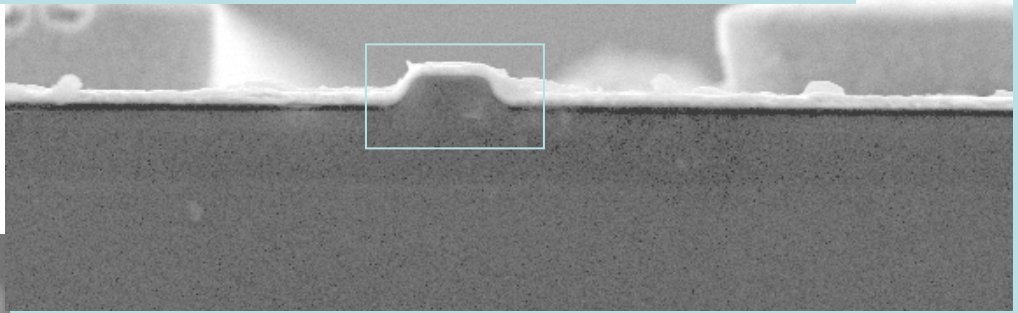
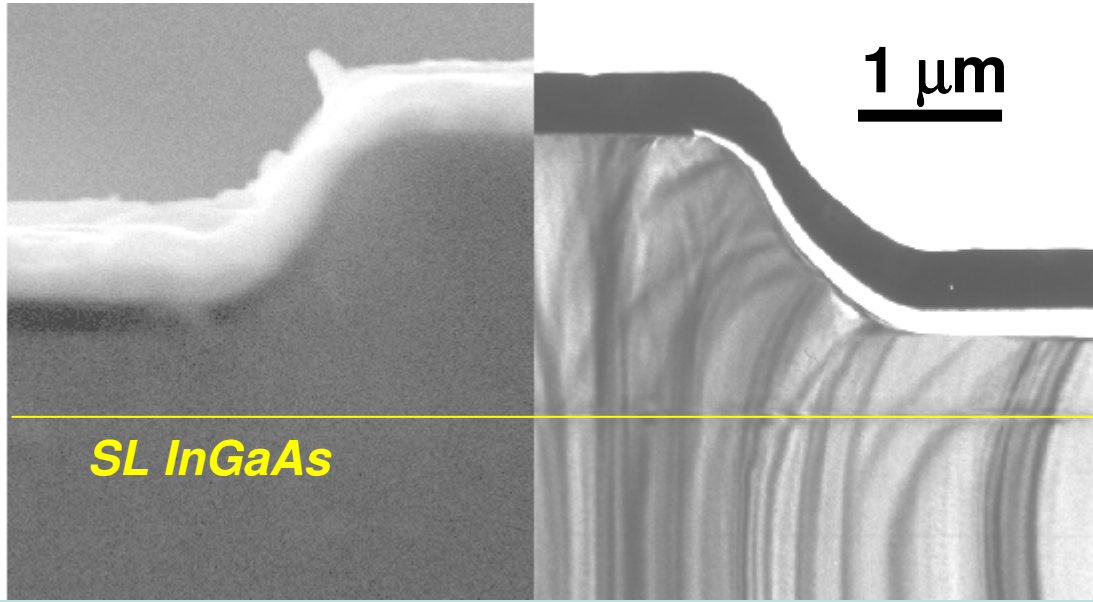
SardegnaRicerche

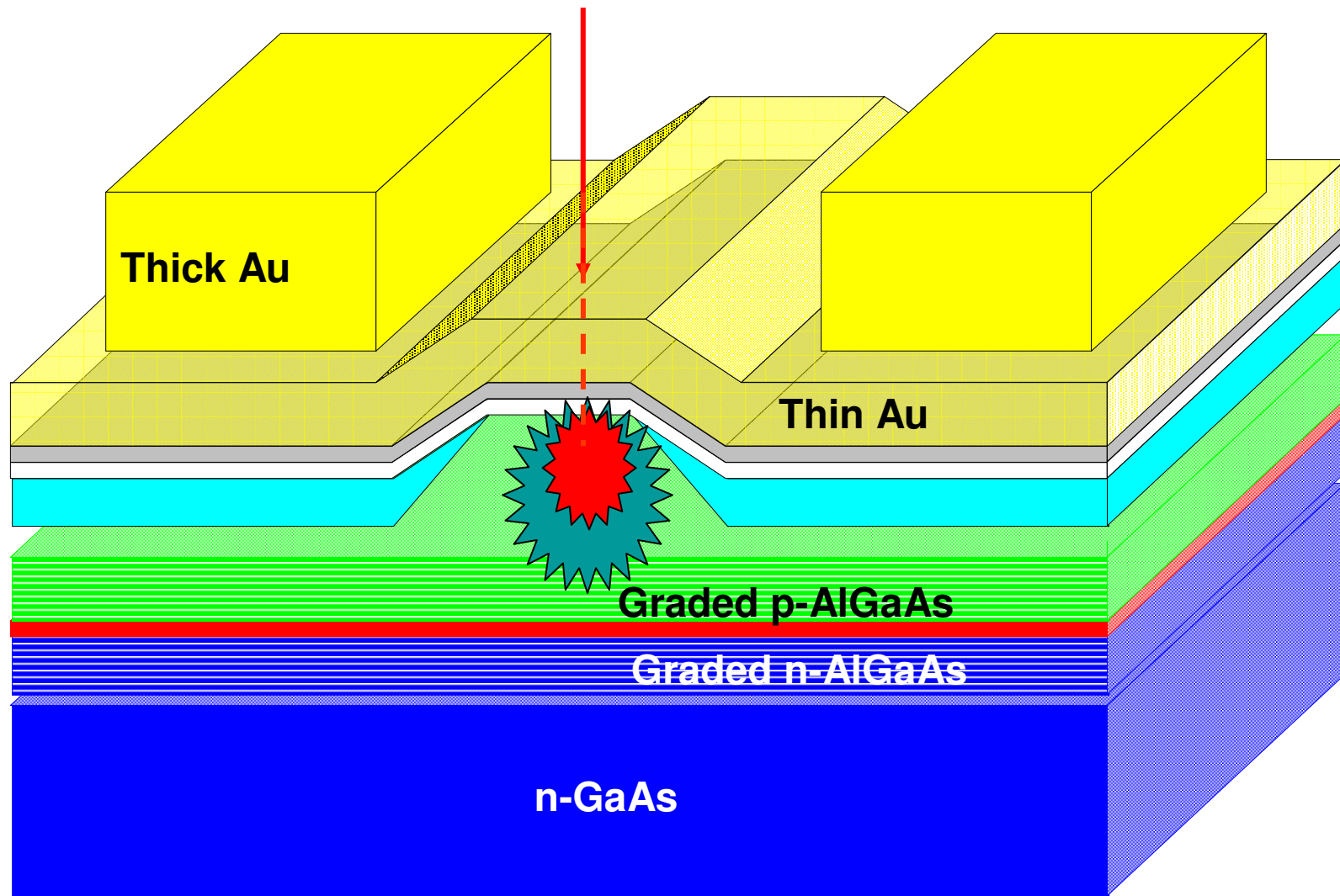
Come è cominciato tutto...



Il *problema* della presenza di oro nella diagnostica di dispositivi optoelettronici



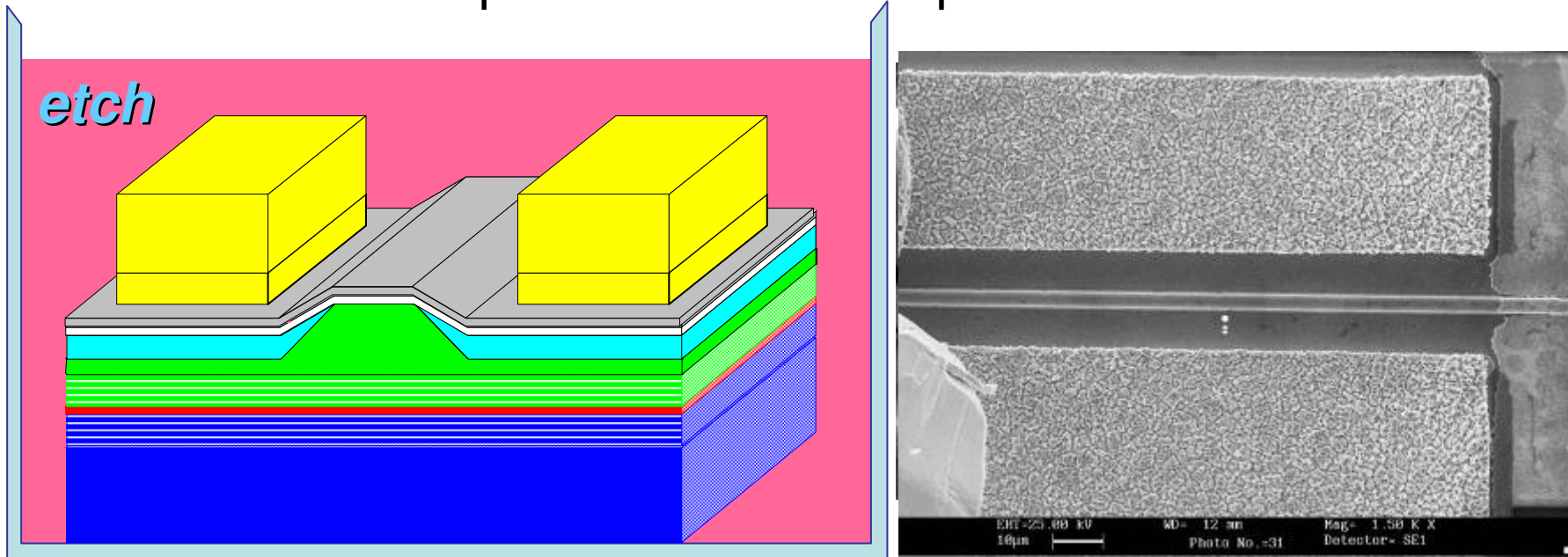




SL SQW InGaAs

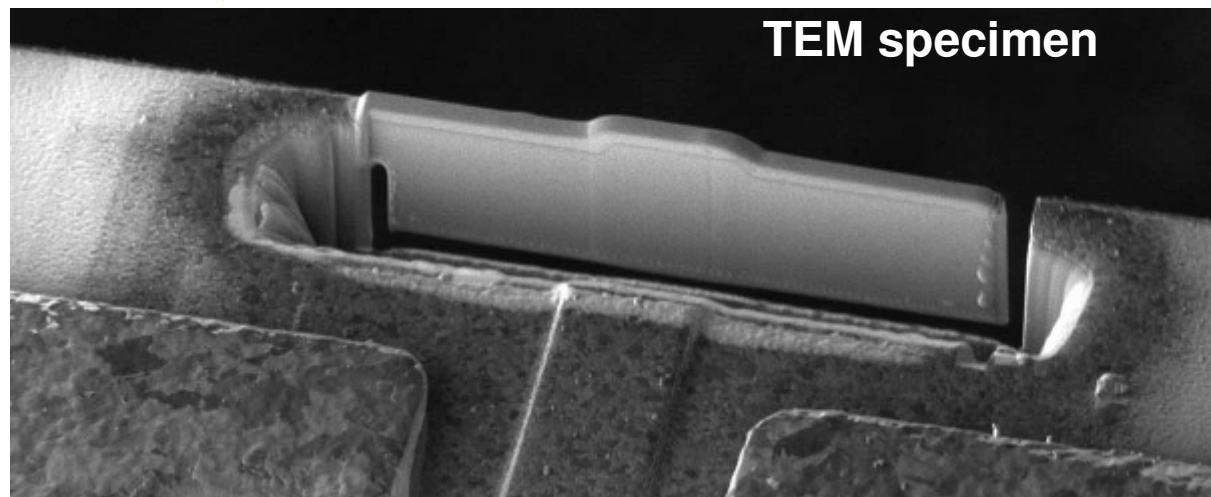
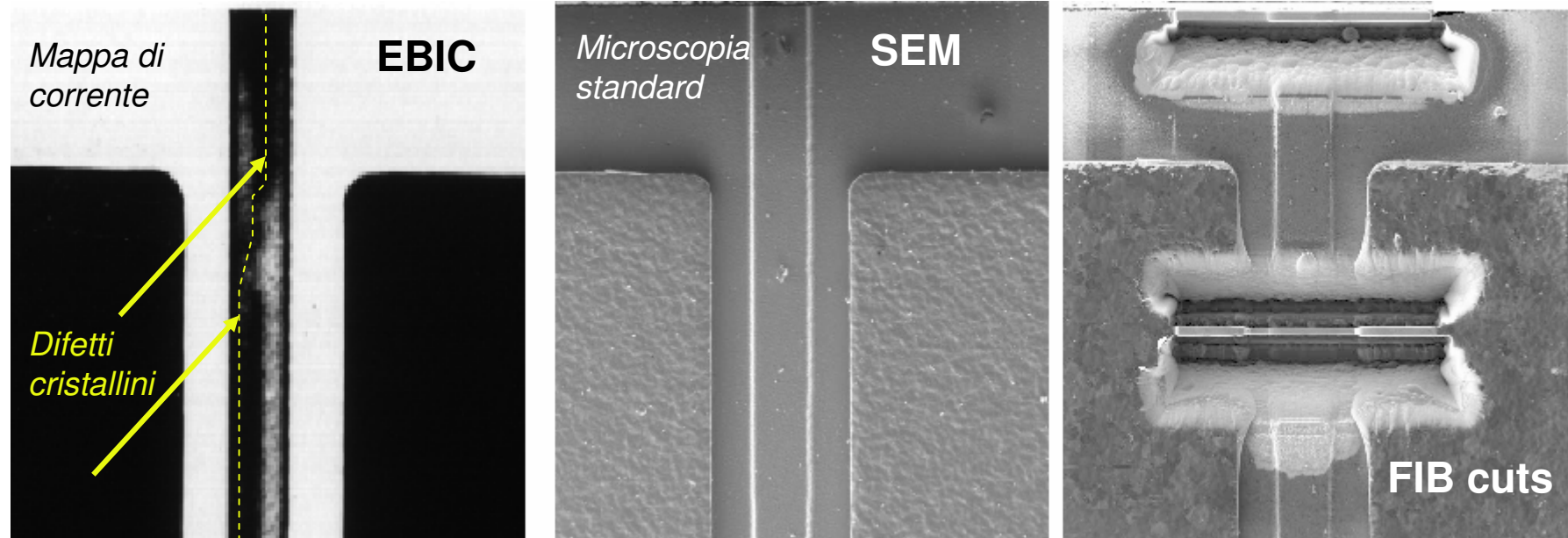


Sperimentazione della nuova “formula”:
entro pochi minuti a temperatura ambiente

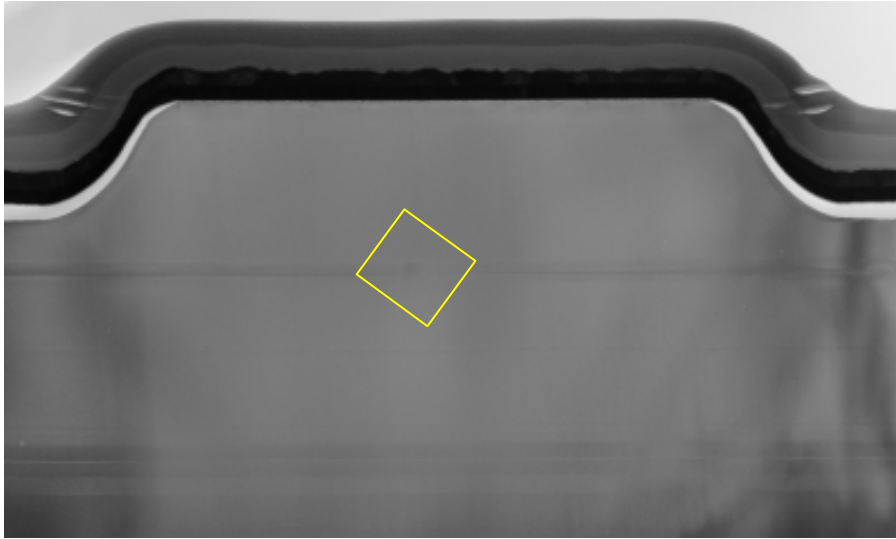


fino alla pulizia completa della superficie del Pt,
e mantenendo I fili aderenti all'oro spesso

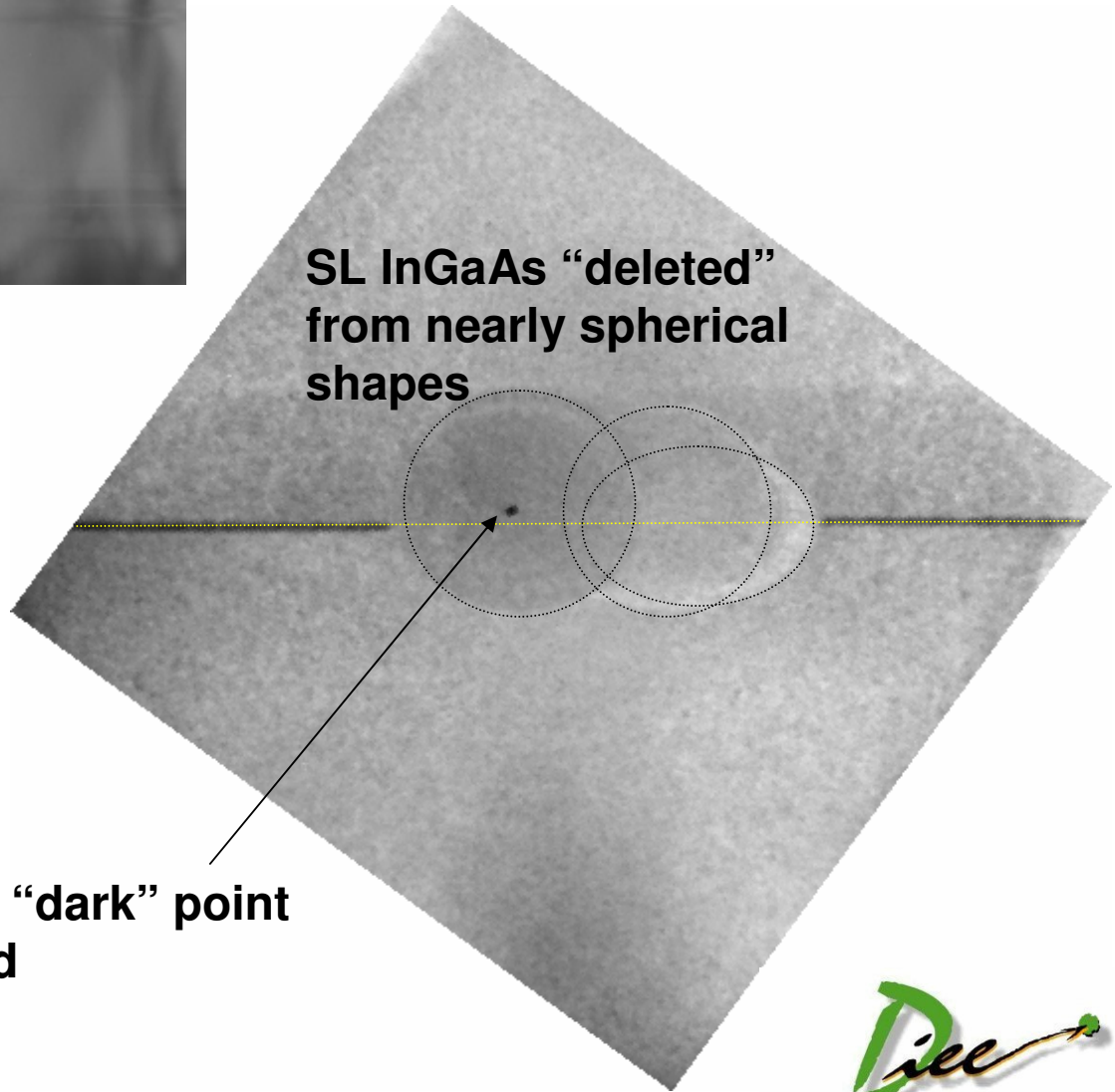
Risultato: difetti prima invisibili ora appaiono al Microscopio Elettronico



*Preparazione di sezioni
sottili contenenti i difetti,
per analisi successive*



**Suddenly failed device:
nearly perfect lattice**



**SL InGaAs “deleted”
from nearly spherical
shapes**

**No defects even
at higher magnification**

**1 single “dark” point
centered**



Il problema inverso: cercare l'oro nascosto nella microelettronica.

- Dove è?
- Quanto ce ne è?
- Assieme a quali altri materiali?

Studio di caratterizzazione tecnologica svolto su:

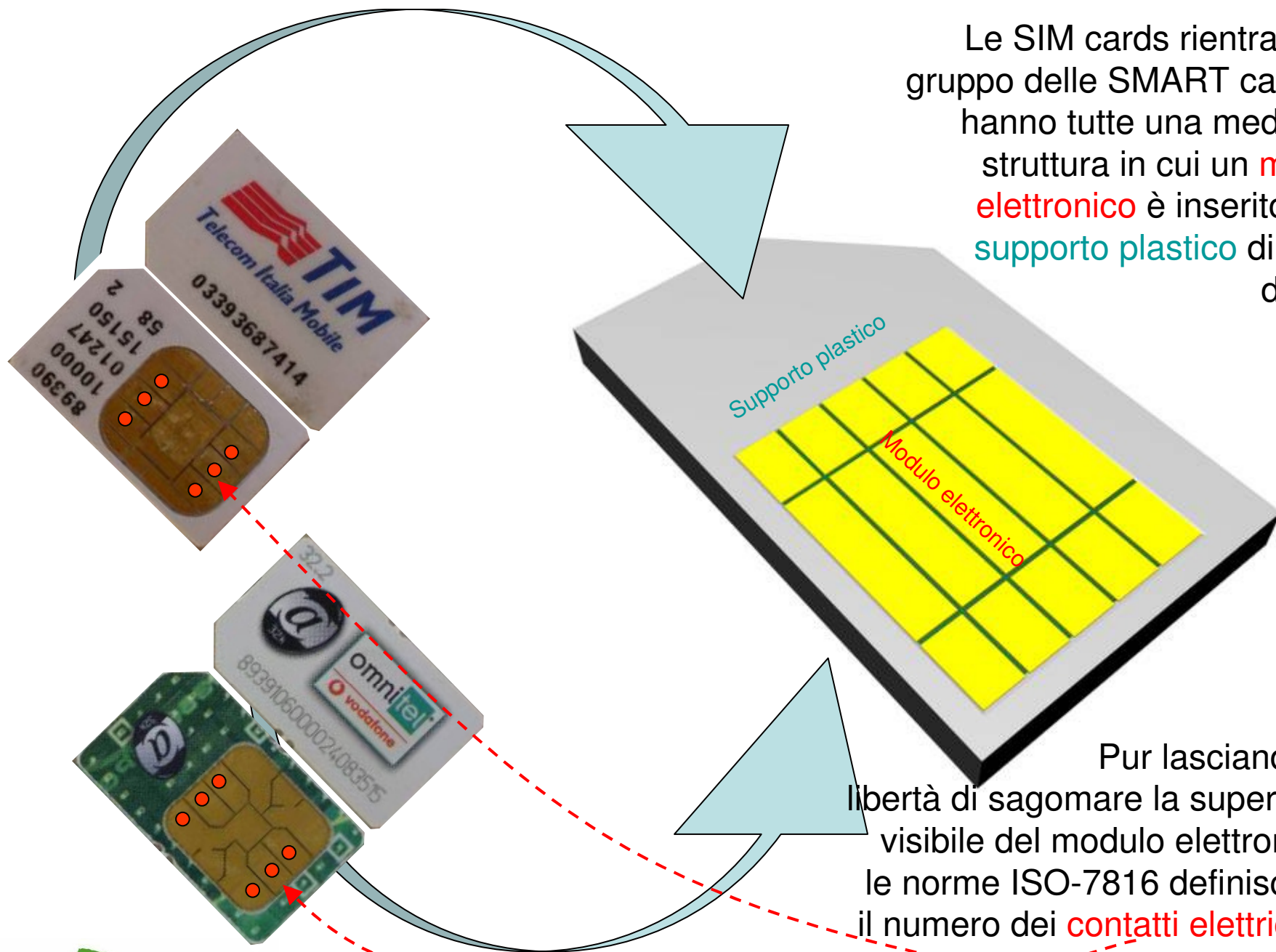
- SIM CARDS
- CARTUCCE PER STAMPANTI
- SCHEDE ELETTRONICHE



SIM CARDS

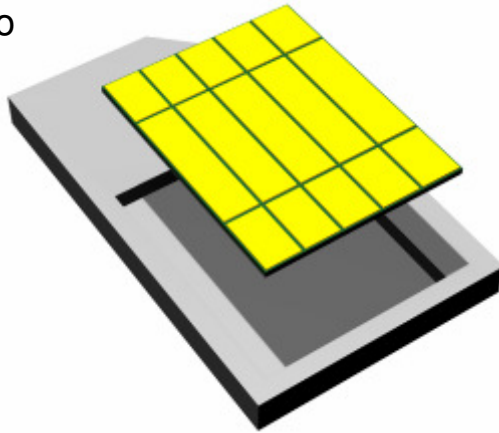


Le SIM cards rientrano nel gruppo delle SMART cards ed hanno tutte una medesima struttura in cui un **modulo elettronico** è inserito in un **supporto plastico** di forma definita

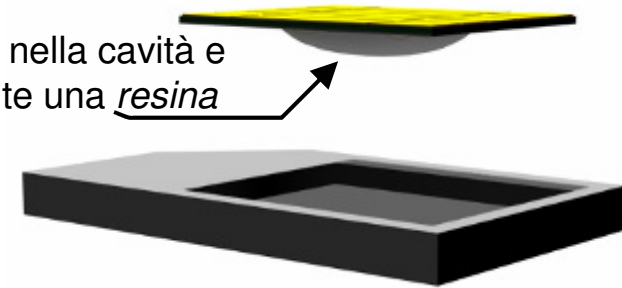


Pur lasciando la libertà di sagomare la superficie visibile del modulo elettronico, le norme ISO-7816 definiscono il numero dei **contatti elettrici**, le loro distanze e le loro dimensioni minime

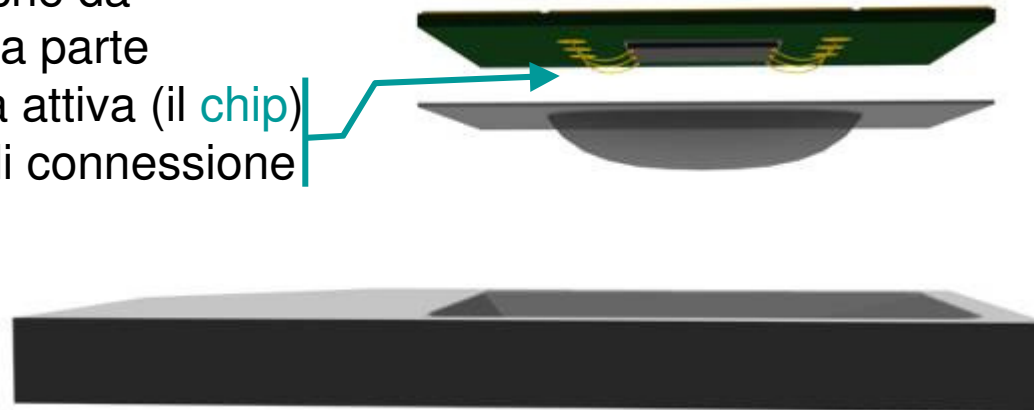
Una cavità scavata nel supporto
plastico fa da sede al modulo
elettronico



Questo viene inserito nella cavità e
fissato a questa tramite una *resina*
adesiva



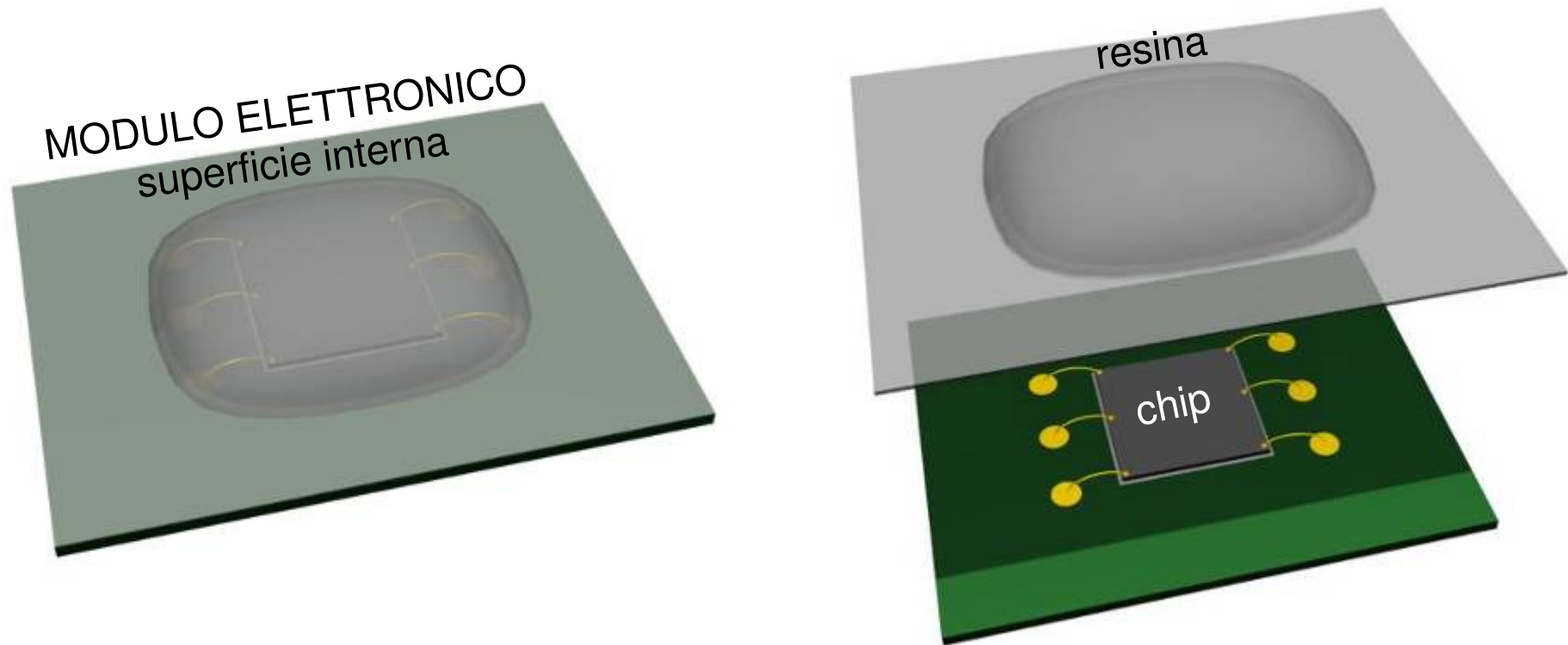
La resina fa anche da
protezione per la parte
microelettronica attiva (il *chip*)
e per i suoi *fili* di connessione



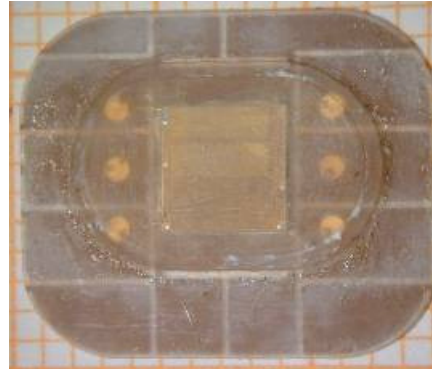
Il supporto plastico e la resina non contengono alcun tipo di metallo.

Dice

Risulta che, a livello di metalli, il modulo elettronico ne porta sia sulla superficie esterna, come visibile a occhio nudo, sia sulla superficie interna, in modo osservabile solo dopo la rimozione del modulo dal supporto plastico e la eliminazione della resina.

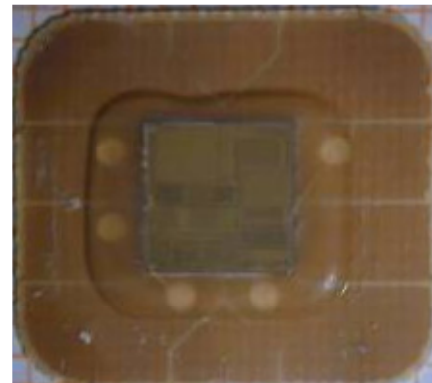


Il Modulo Elettronico



TIM

Eliminato il supporto
plastico, la trasparenza di
alcune resine consente,
sul retro del modulo
elettronico, di intravedere
il chip e, attorno ad esso,
le aree circolari di
contatto, che sono
connesse al chip tramite
fili d'oro.

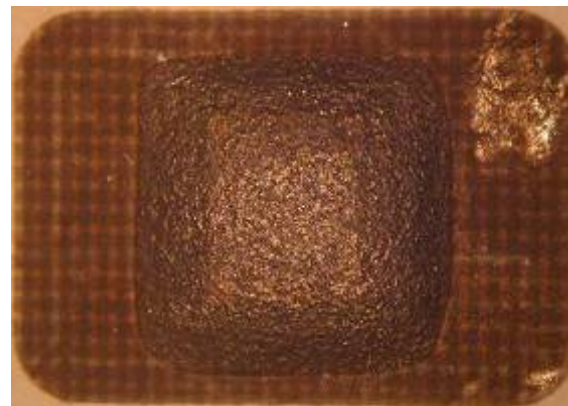


Omnitel

Le aree di contatto, che
sono direttamente
connesse alla superficie
esterna, sono
normalmente ricoperte
d'oro.



Superficie esterna



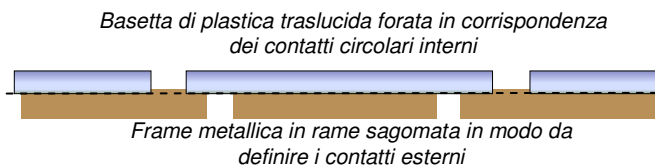
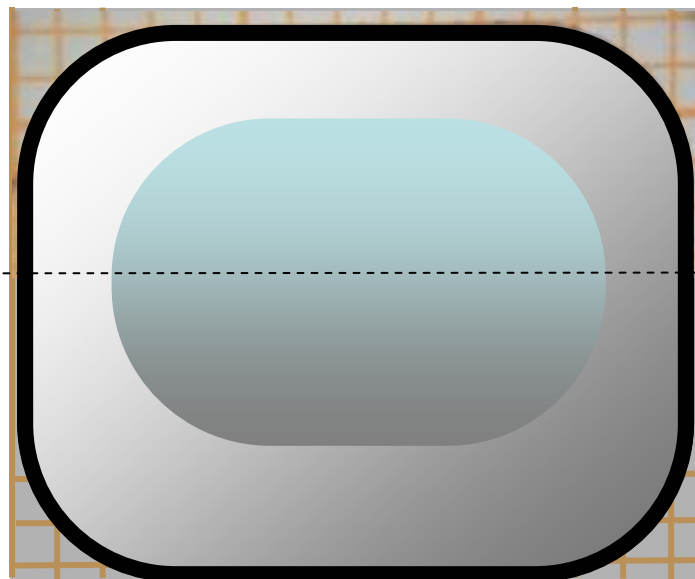
Superficie interna

WIND



Processo di finitura e assemblaggio del modulo elettronico

Rif. SIM card TIM



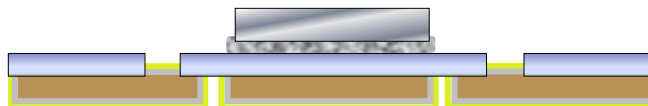
Micro-scheda stampata:
Basetta di plastica metallizzata in rame



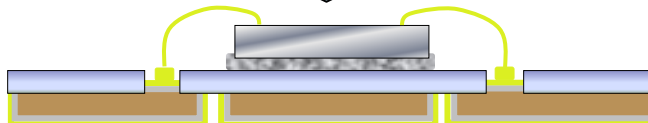
Finitura elettrolitica
in nichel



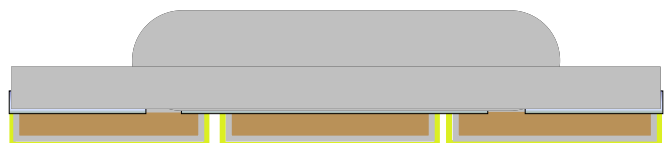
Finitura elettrolitica
in oro



Incollaggio chip con
resina caricata con Ag



Estrusione e saldatura
termomeccanica dei fili d'oro

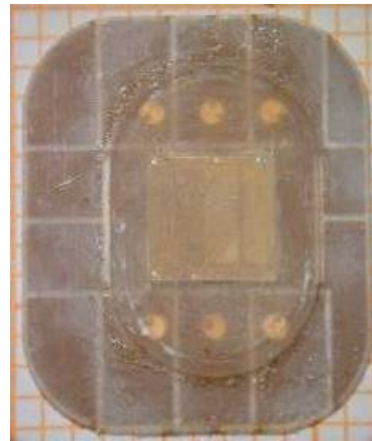


Protezione con resina adesiva ed invio
al montaggio sul supporto plastico



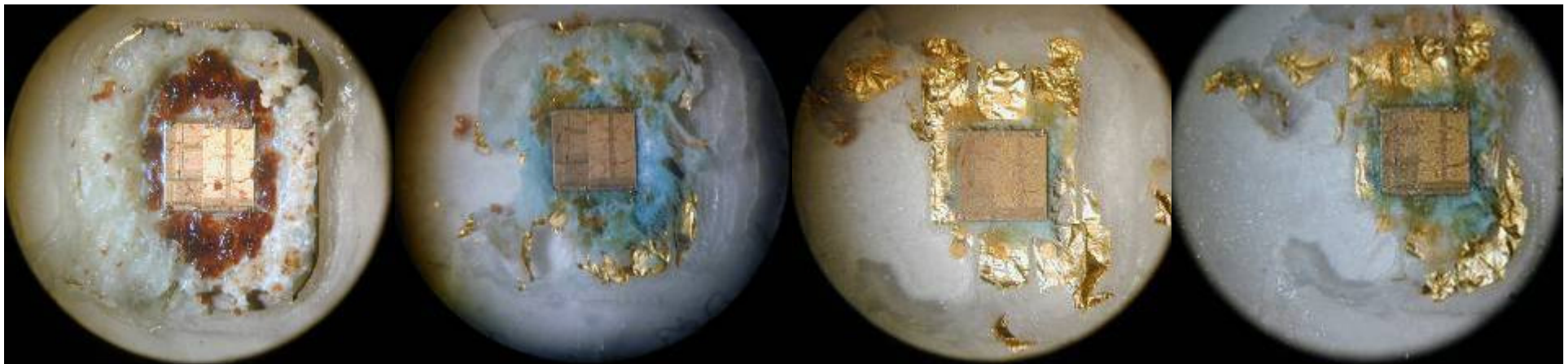
Rimuovere le resine significa usare acidi (solforico, nitrico)

Stato iniziale

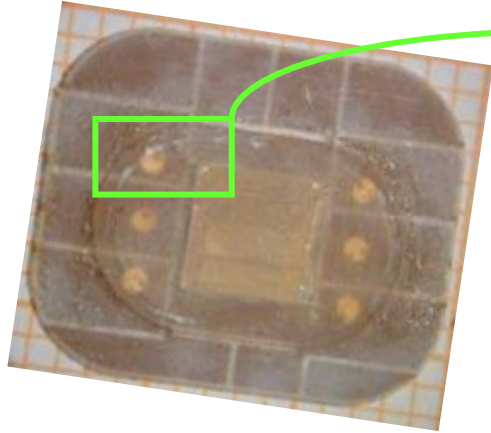


Il rame si scioglie anche meglio della plastica

Oro e Silicio non vengono intaccati

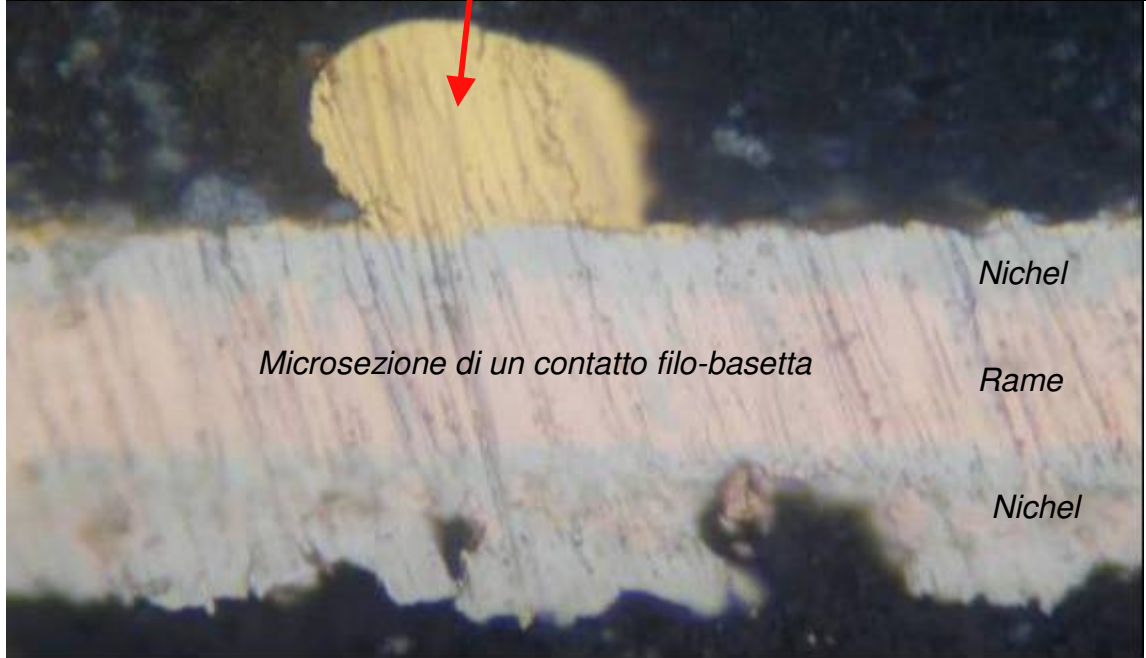


Evoluzione per tempi crescenti di attacco chimico della resina →



Oro al microscopio elettronico

HV	Spot	WD	Mag	Det	12/7/2005	Tilt	1.0mm
25.0 kV	5.5	10.0 mm	40x	SSD	4:22:59 PM	-0.0 °	Tim Bianca



Microsezione di un contatto filo-basetta



Stima della quantità di oro presente in una generica SIM card

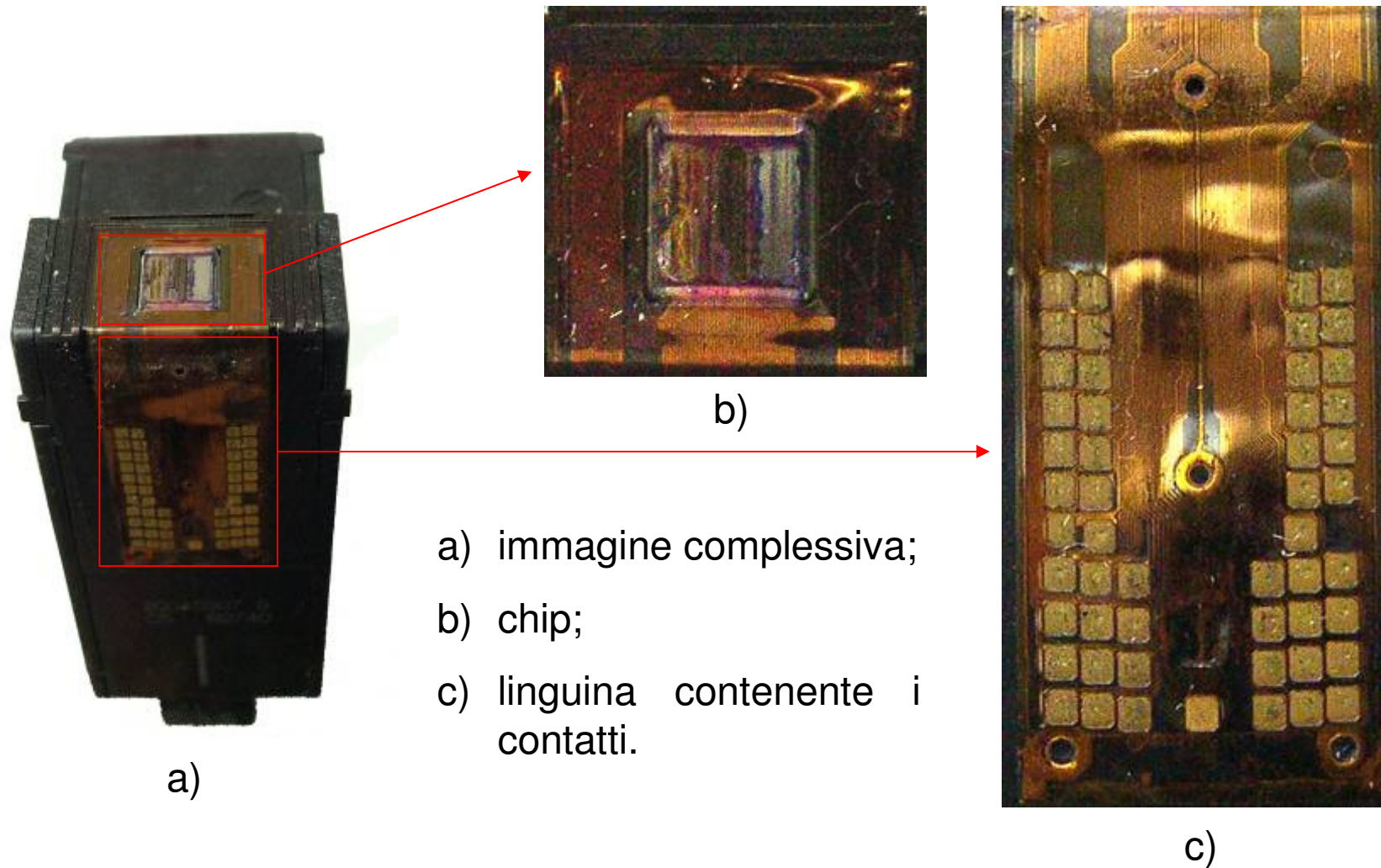
	Area totale finiture/ Sezione fili cm ²	Spessore finiture/ Lunghezza totale fili cm	Volume totale cm ³
Finiture esterne	1.5	$0.25 * 10^{-4}$	$3.8 * 10^{-5}$
Finiture interne	0.025	$14 * 10^{-4}$	$3.5 * 10^{-5}$
Fili	$7 * 10^{-6}$	0.15	$5.3 * 10^{-6}$
totale			$7.8 * 10^{-5}$ (1.5 mg)



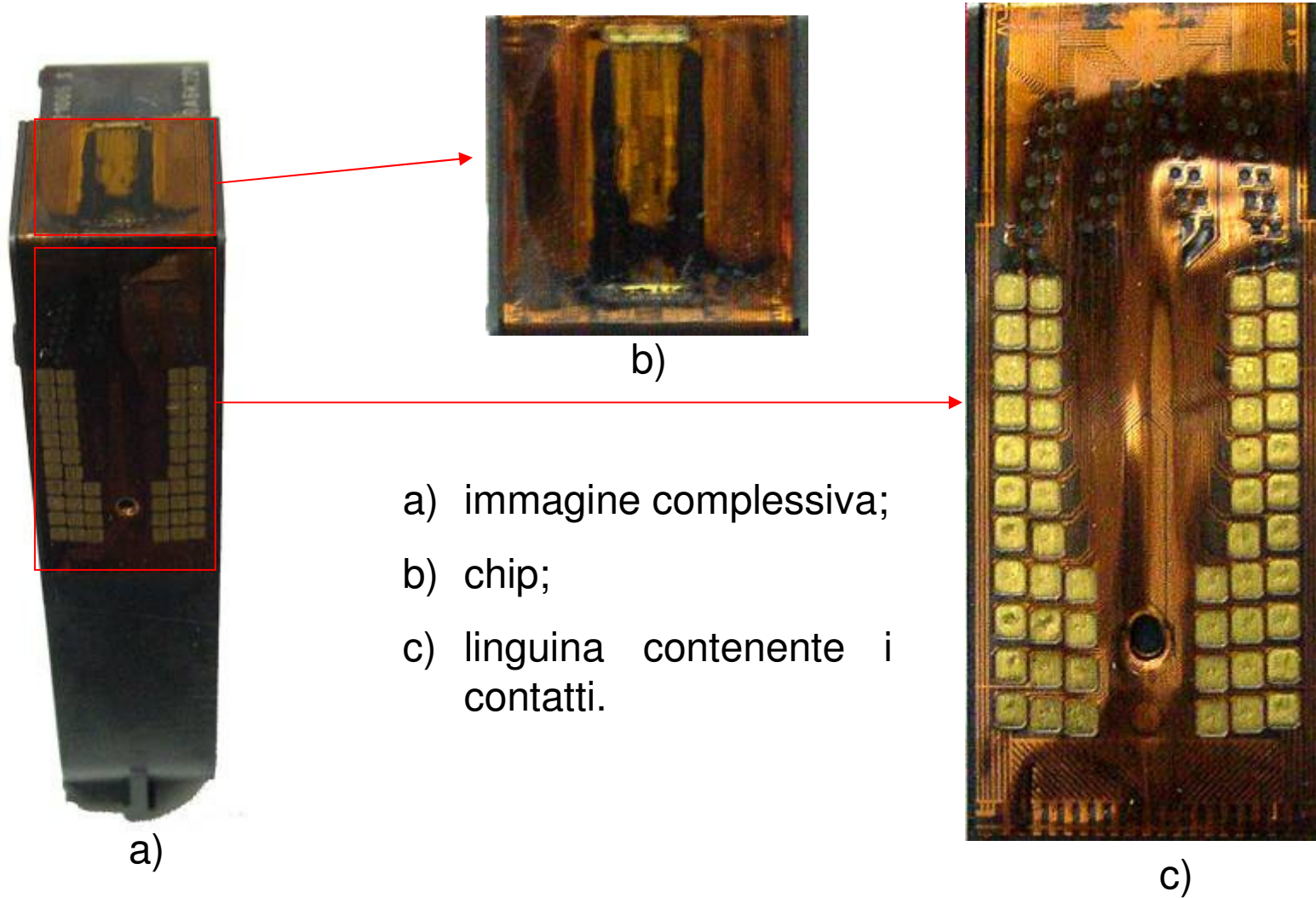
CARTUCCE PER STAMPANTI



Cartuccia HP color



Cartuccia HP black



Linguina HP color – Sezione

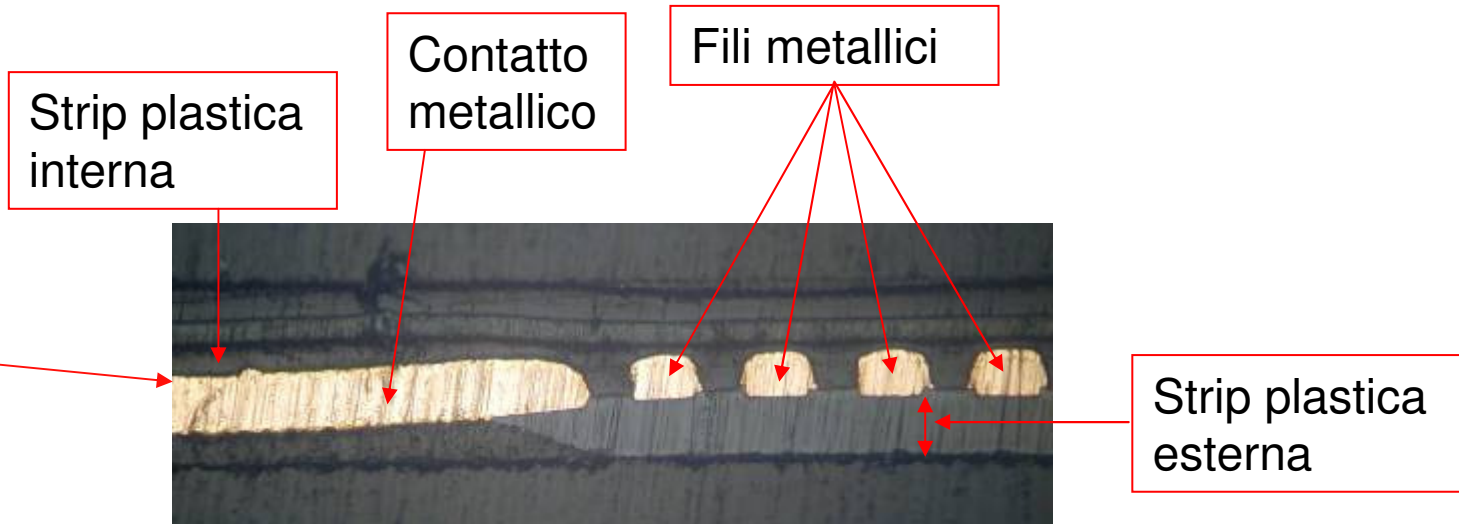
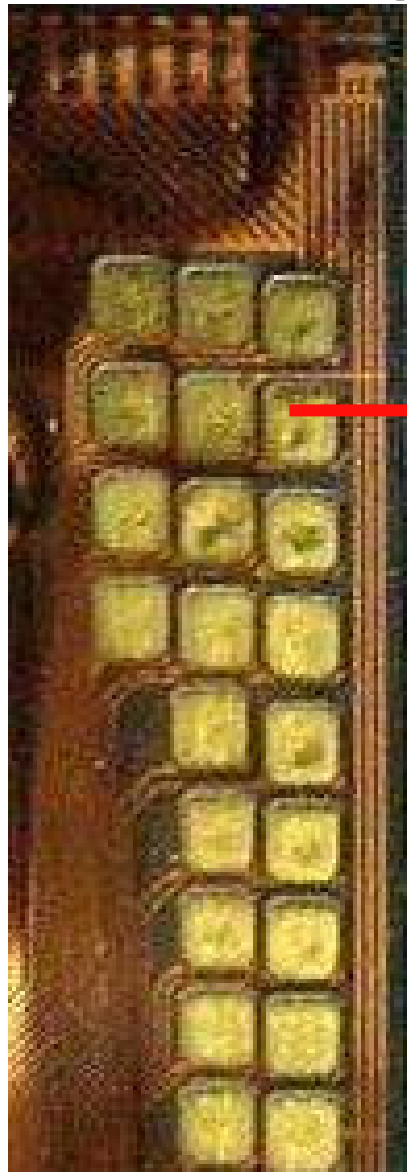
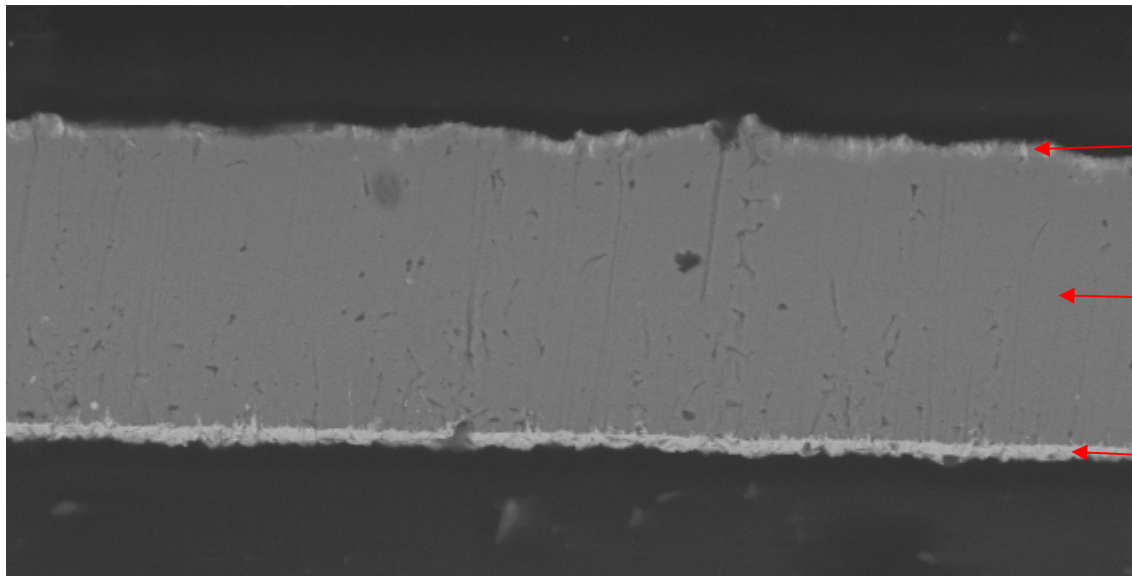


Immagine della sezione della linguina acquisita al microscopio ottico

Linguina HP color – EDS 1



Oro – strato interno

Rame

Oro – strato esterno

Immagine della sezione del contatto metallico acquisita al SEM (Scanning Electron Microscope)



Linguina HP color – EDS 2

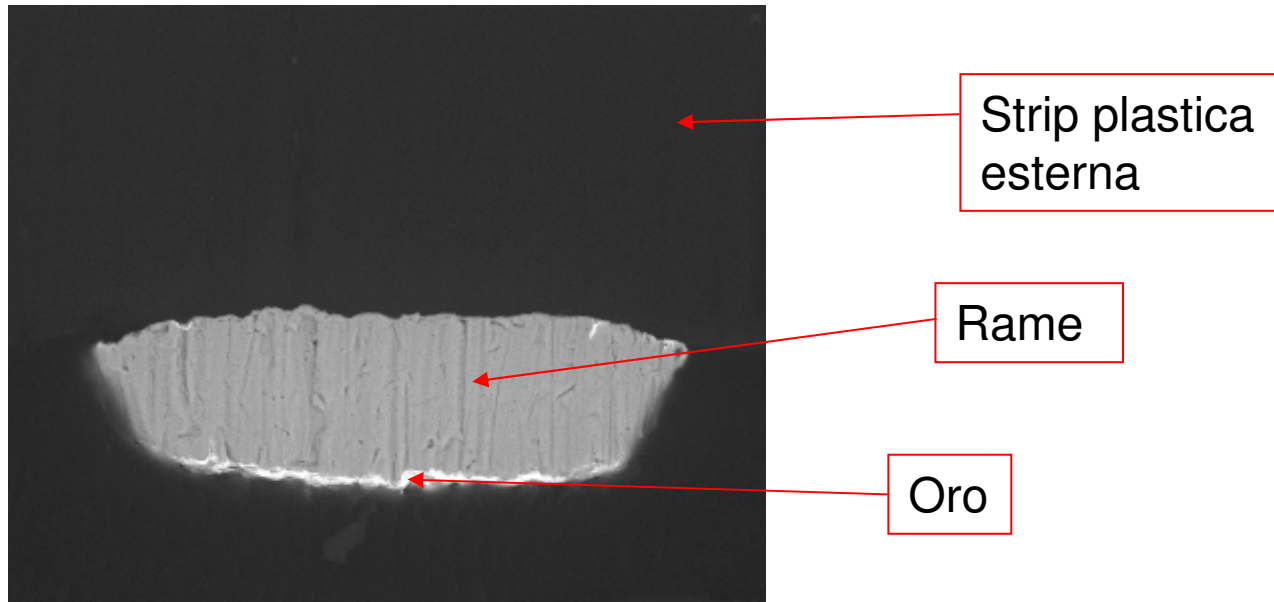
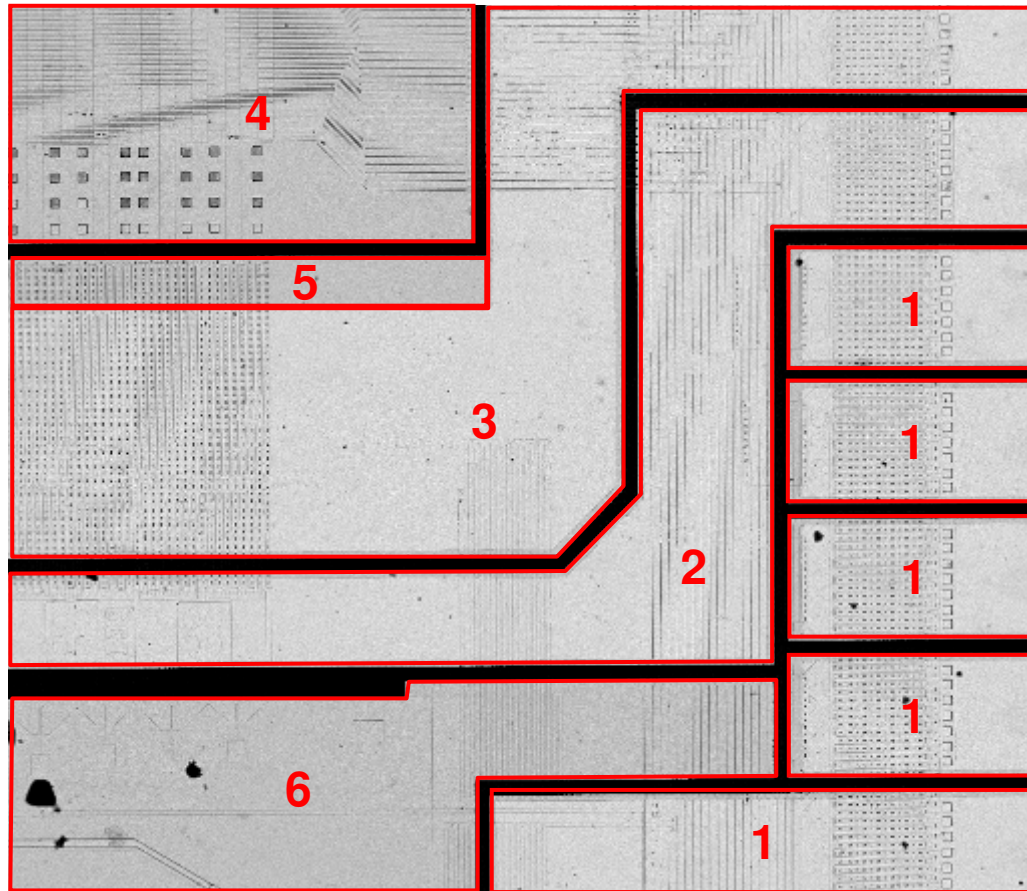
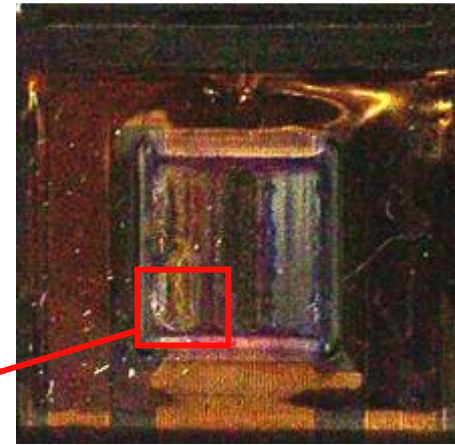


Immagine della sezione di un filo metallico acquisita al SEM (Scanning Electron Microscope)

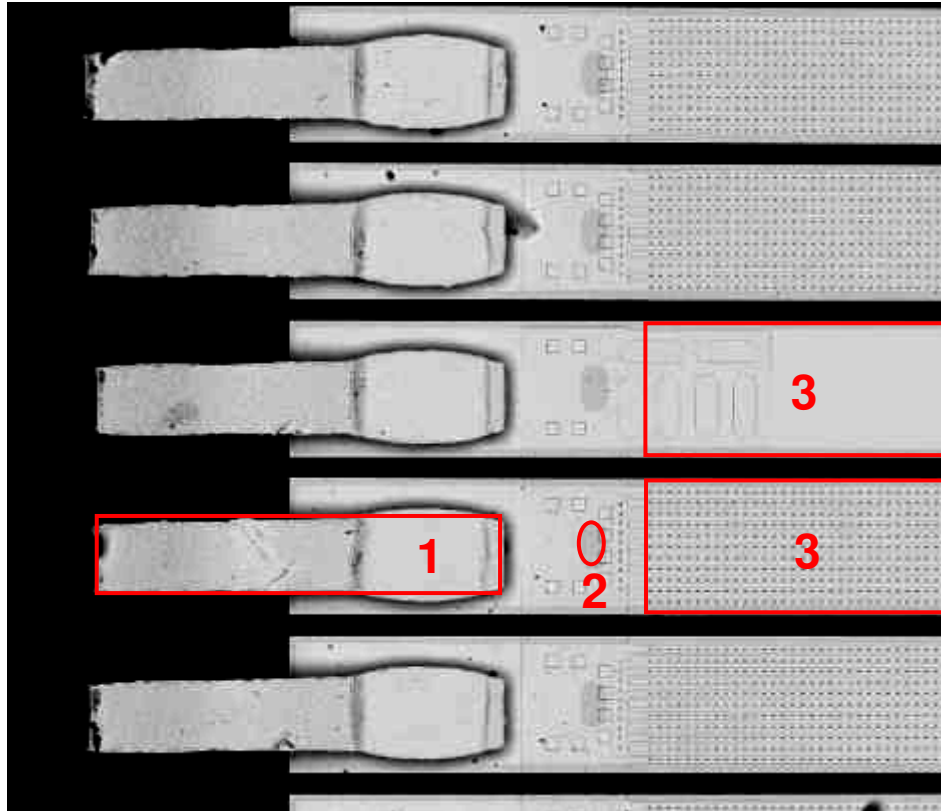
Chip HP color



- Le zone, che sono di colore nero, corrispondono al substrato di alluminio e silicio, mentre le altre zone sono:
 - 1 → Oro
 - 2 → Oro
 - 3 → Oro
 - 4 → Tantalio
 - 5 → Tantalio
 - 6 → Tantalio

Analisi EDS chip HP color

Chip HP black - EDS



Analisi EDS chip HP black

- I metalli contenuti nel chip HP black sono gli stessi contenuti nel chip HP color, anche se, come è ovvio cambia la configurazione delle metallizzazioni:
 - 1 → Oro
 - 2 → Tantalio
 - 3 → Oro e Tantalio

HP black

Area contatto	$2.25 * 10^{-2} \text{ cm}^2$
Spessore oro contatto	$2.4 * 10^{-4} \text{ cm}$
Volume oro contatto	$5.4 * 10^{-6} \text{ cm}^3$
Totale (mg) (52 contatti)	5.4 mg circa



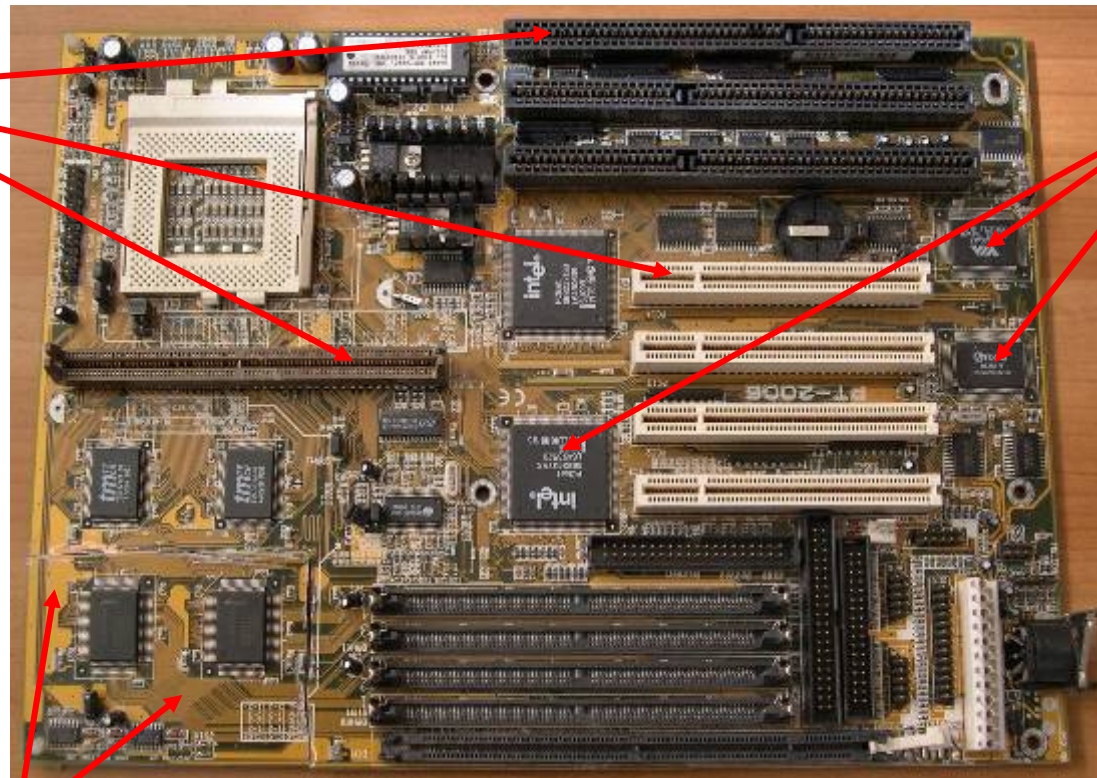
SCHEDA PC



Scheda madre

Slot

Chip

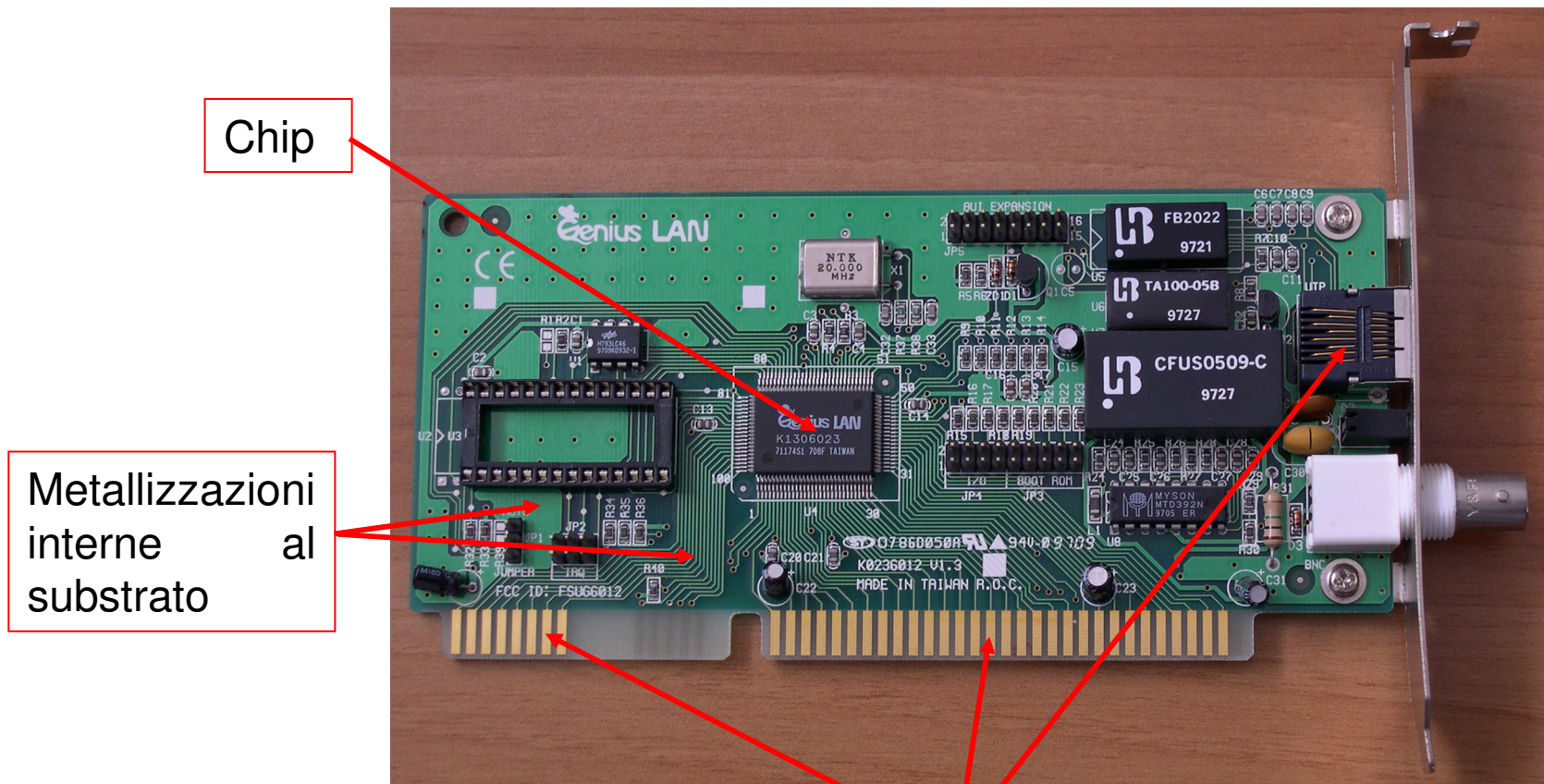


Metallizzazioni
interne al substrato

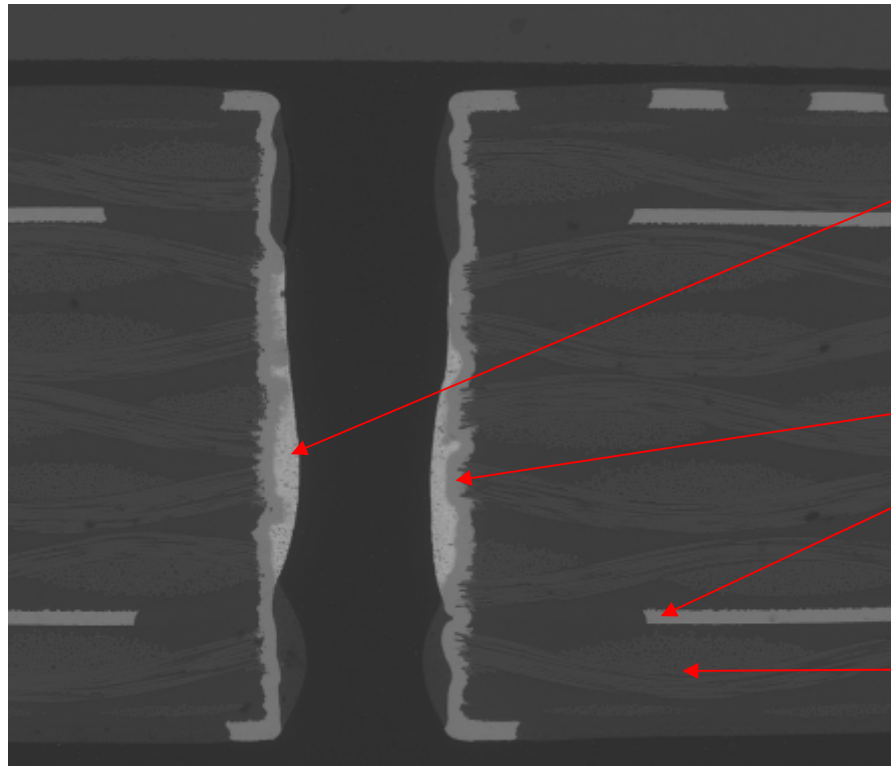
Scheda madre



Scheda di rete



Scheda madre – EDS 1



Stagno e Piombo

Rame

Alluminio e Silicio

Immagine della sezione del substrato della scheda madre acquisita al SEM (Scanning Electron Microscope)

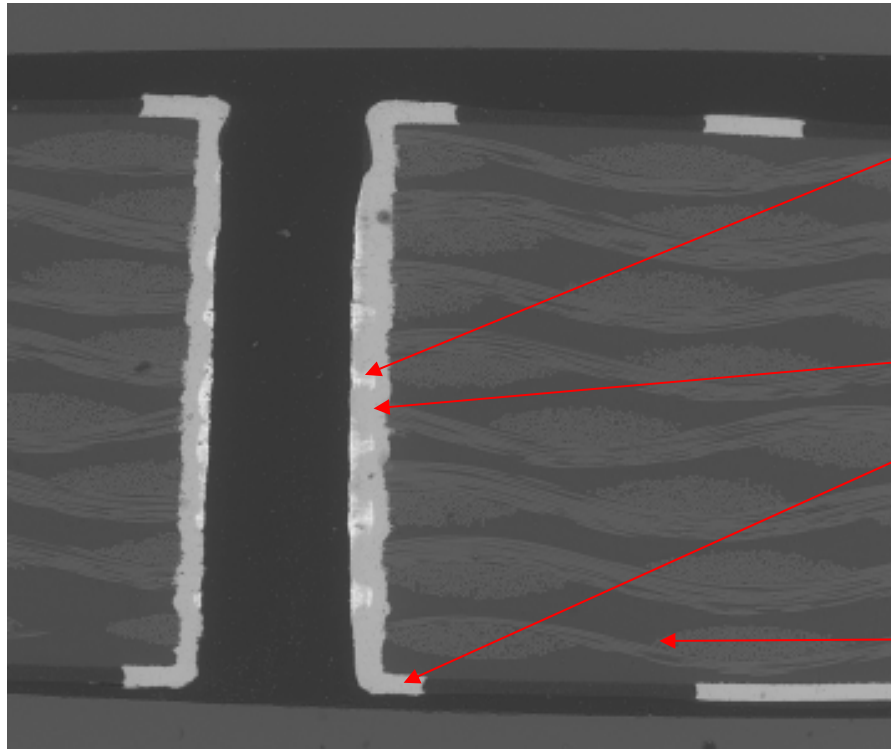


Scheda madre – EDS 2

- Gli slot, invece, sono costituiti da materiale plastico e contengono i contatti per la comunicazione con le schede
- I metalli in essi contenuti sono:
 - Oro
 - Nichel
 - Rame
 - Tracce di Stagno e Piombo (dovute probabilmente a processi di saldatura)



Scheda di rete – EDS 1



Stagno e Piombo

Rame

Alluminio e Silicio

Immagine della sezione del substrato della scheda di rete acquisita al SEM (Scanning Electron Microscope)



Scheda di rete – EDS 2

- Per quanto concerne, invece, i contatti, i metalli contenuti in essi sono
 - 1) Oro (10 mg)/ Nichel (Contatti con scheda madre)
 - 2) Palladio / Oro / Nichel (Contatto con cavo di rete esterno)
 - 3) Nichel (Piedini interni)

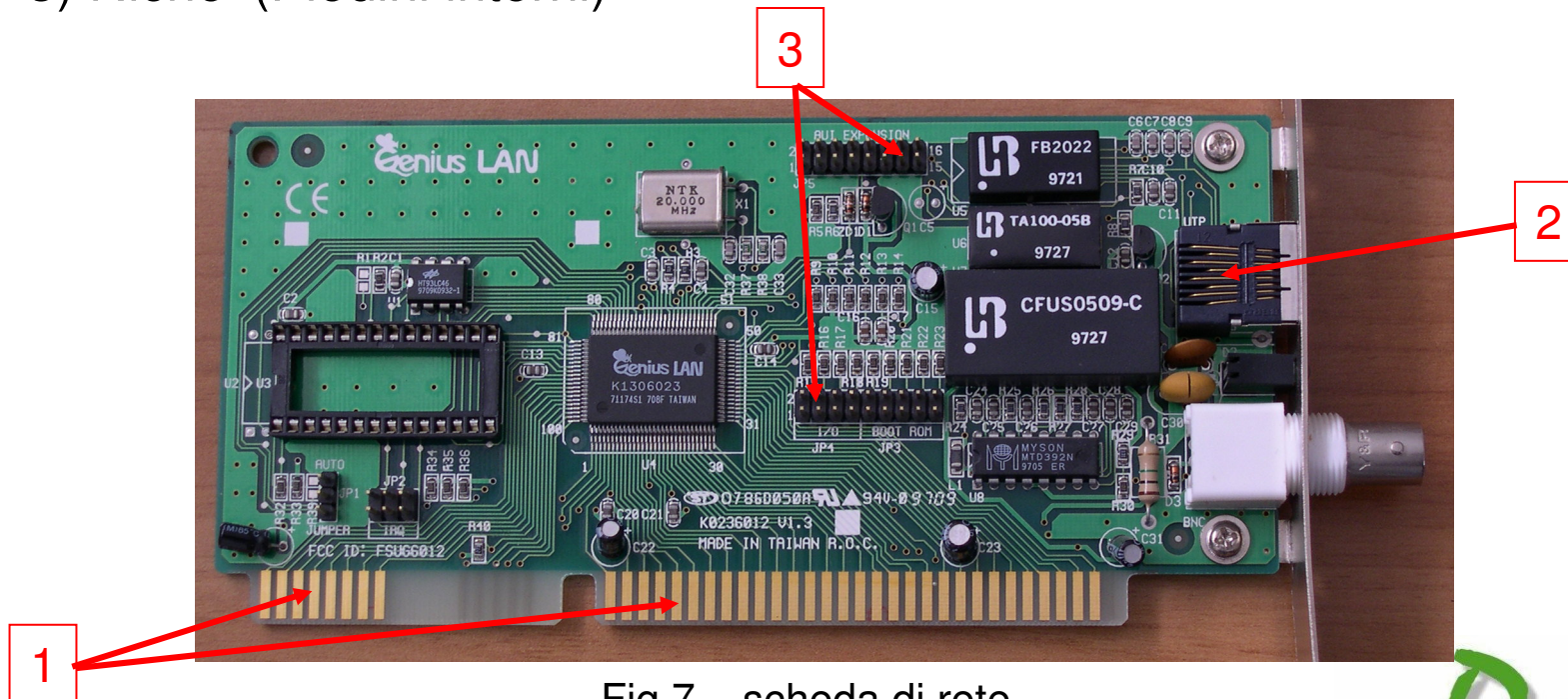
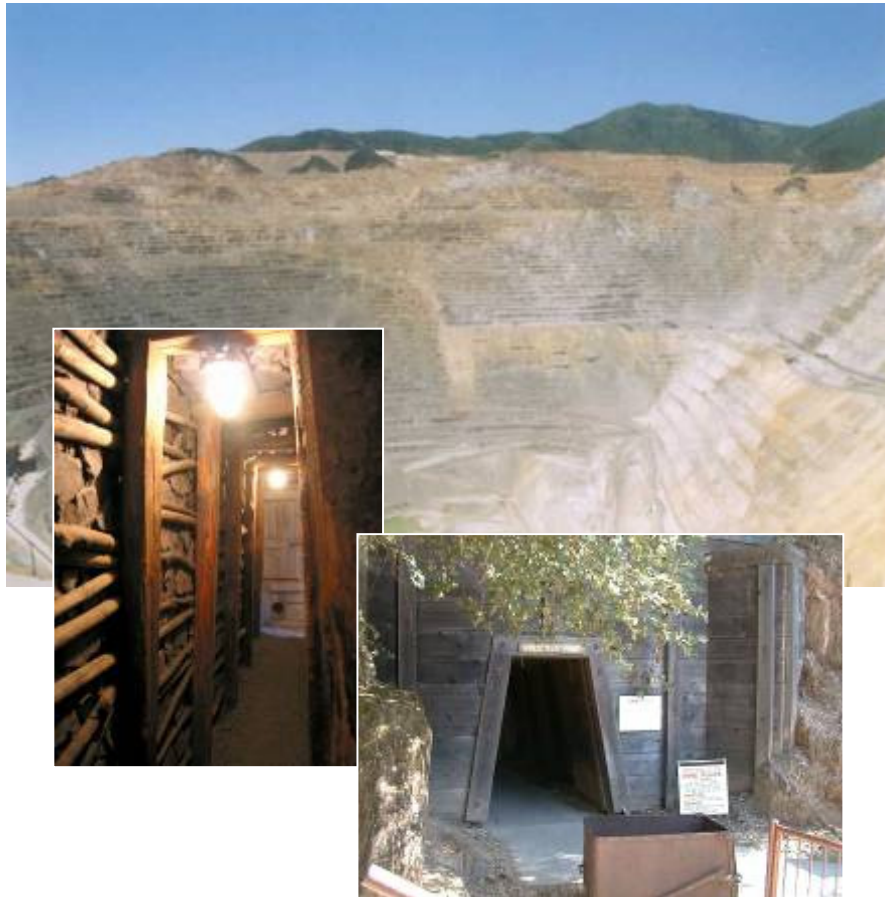


Fig.7 – scheda di rete

Insomma, quanto è ricca una miniera di *oro elettronico*?



**Miniera d'oro tradizionale:
in Italia 2-4 g/Ton di Au**



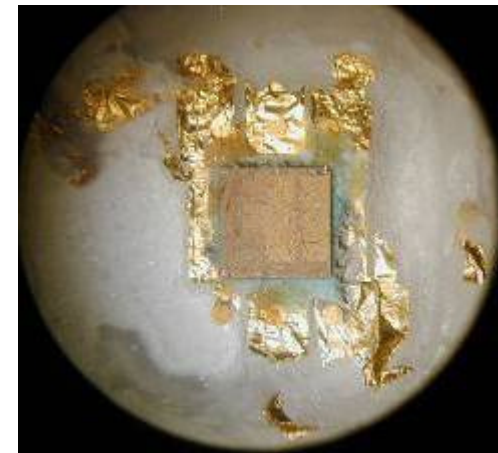
RAEE: circa 16g/Ton di Au*

Stima effettuata sulla base del contenuto medio di oro in un pc

Grazie per l'attenzione

e...

non dimenticate i cellulari vicino a me...



The logo for 'Dice' is written in a stylized, green, cursive font. A small green leaf-like shape is attached to the end of the 'e'.