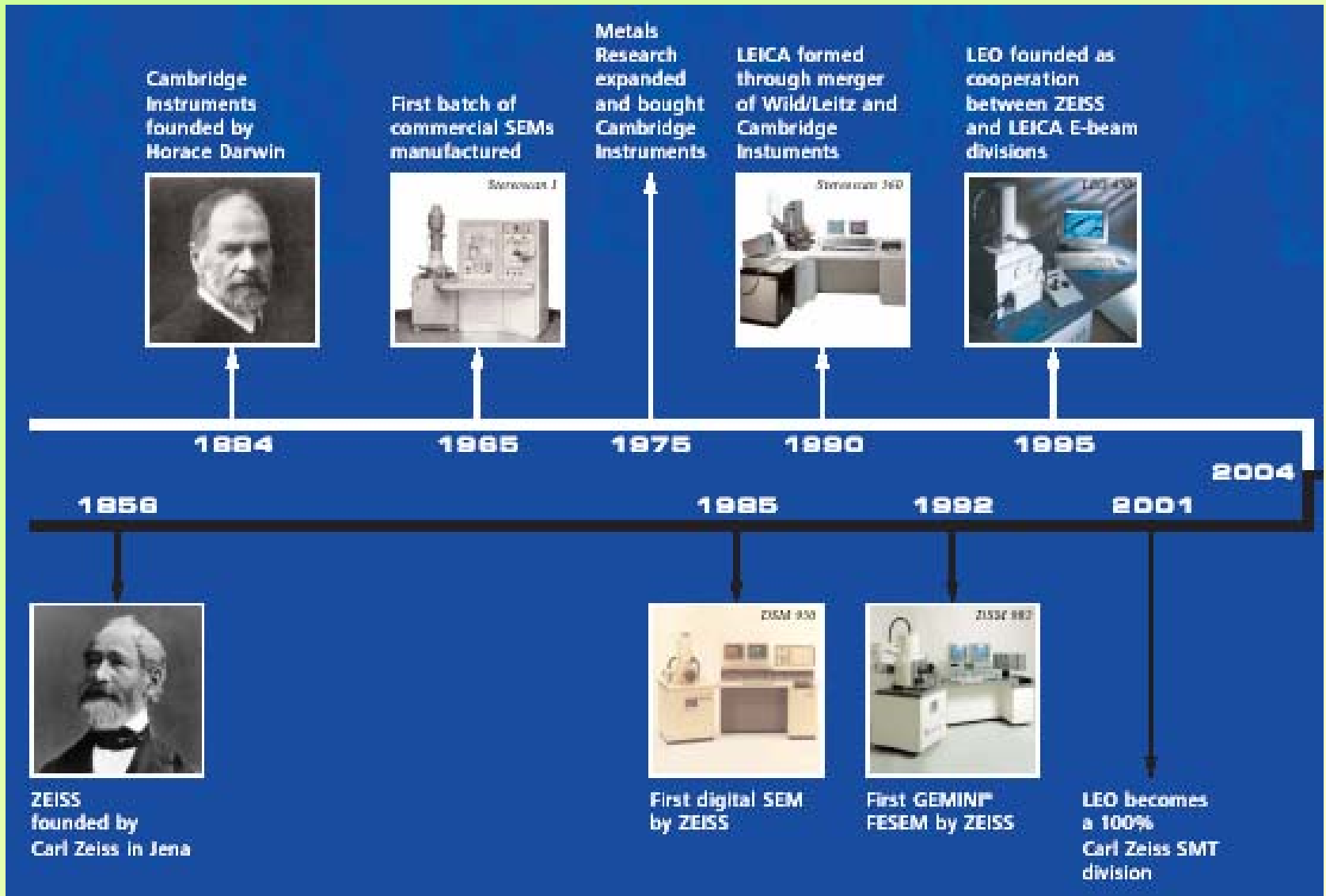


Scanning Electron Microscope SEM

**Skaningowy Mikroskop
Elektronowy**

Bolesław AUGUSTYNIAK

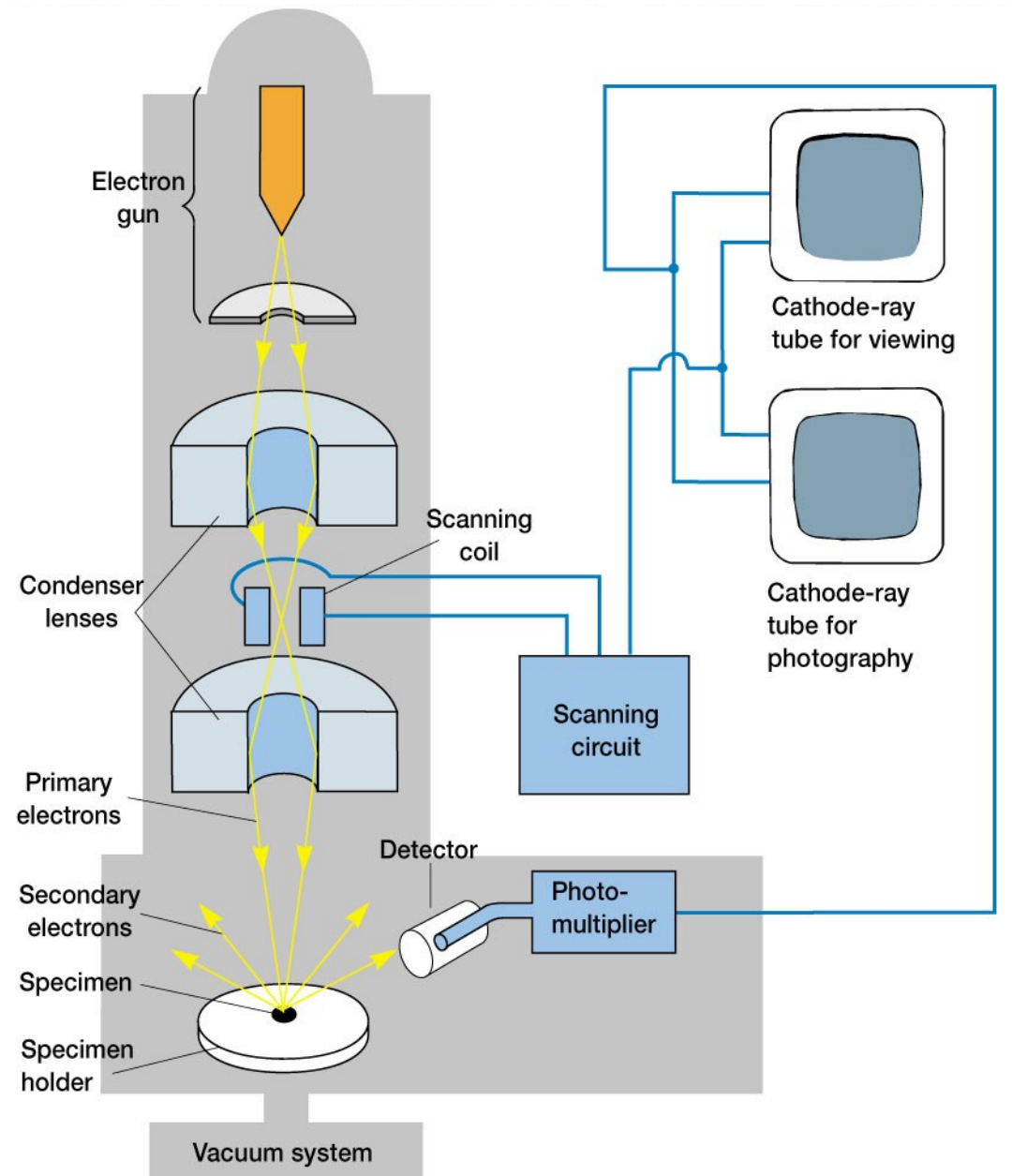
Historia SEM



Idea SEM

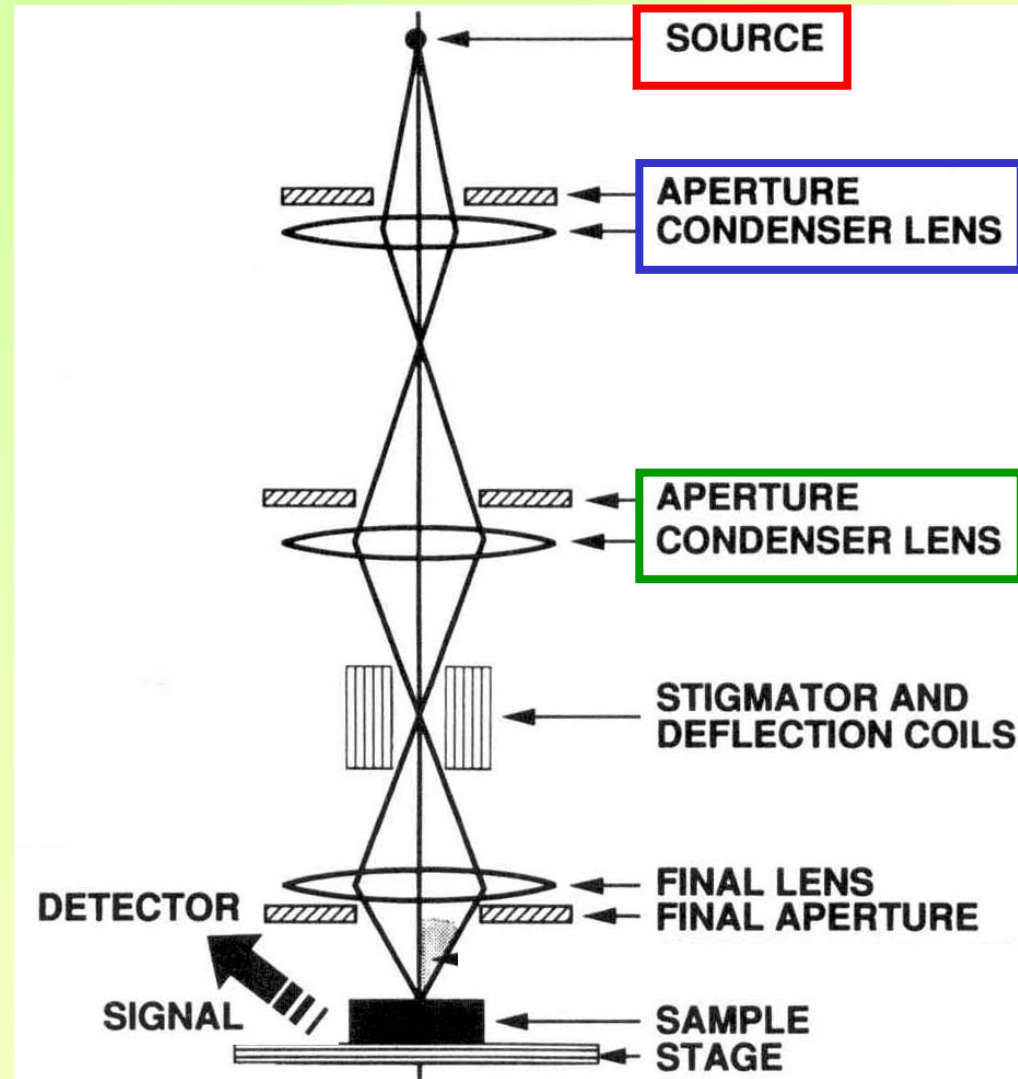
Wykorzystać elektrony 'wsteczne'

Budowa SEM - schemat



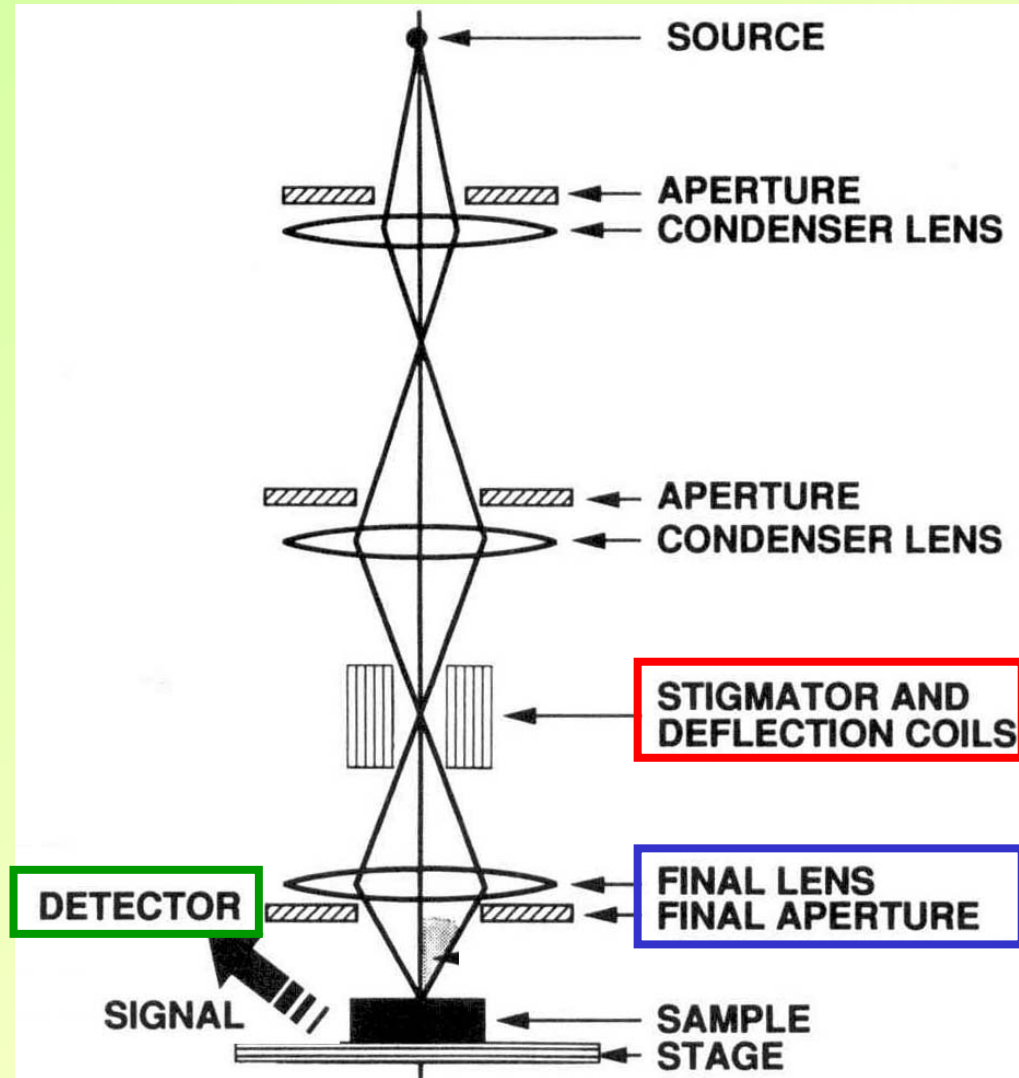
SEM: Optics #1

- Electron gun produces beam of monochromatic electrons.
- First condenser lens forms beam and limits current ("coarse knob").
 - Condenser aperture eliminates high-angle electrons.
- Second condenser lens forms thinner, coherent beam ("fine knob").
 - Objective aperture further eliminates high-angle electrons from beam.

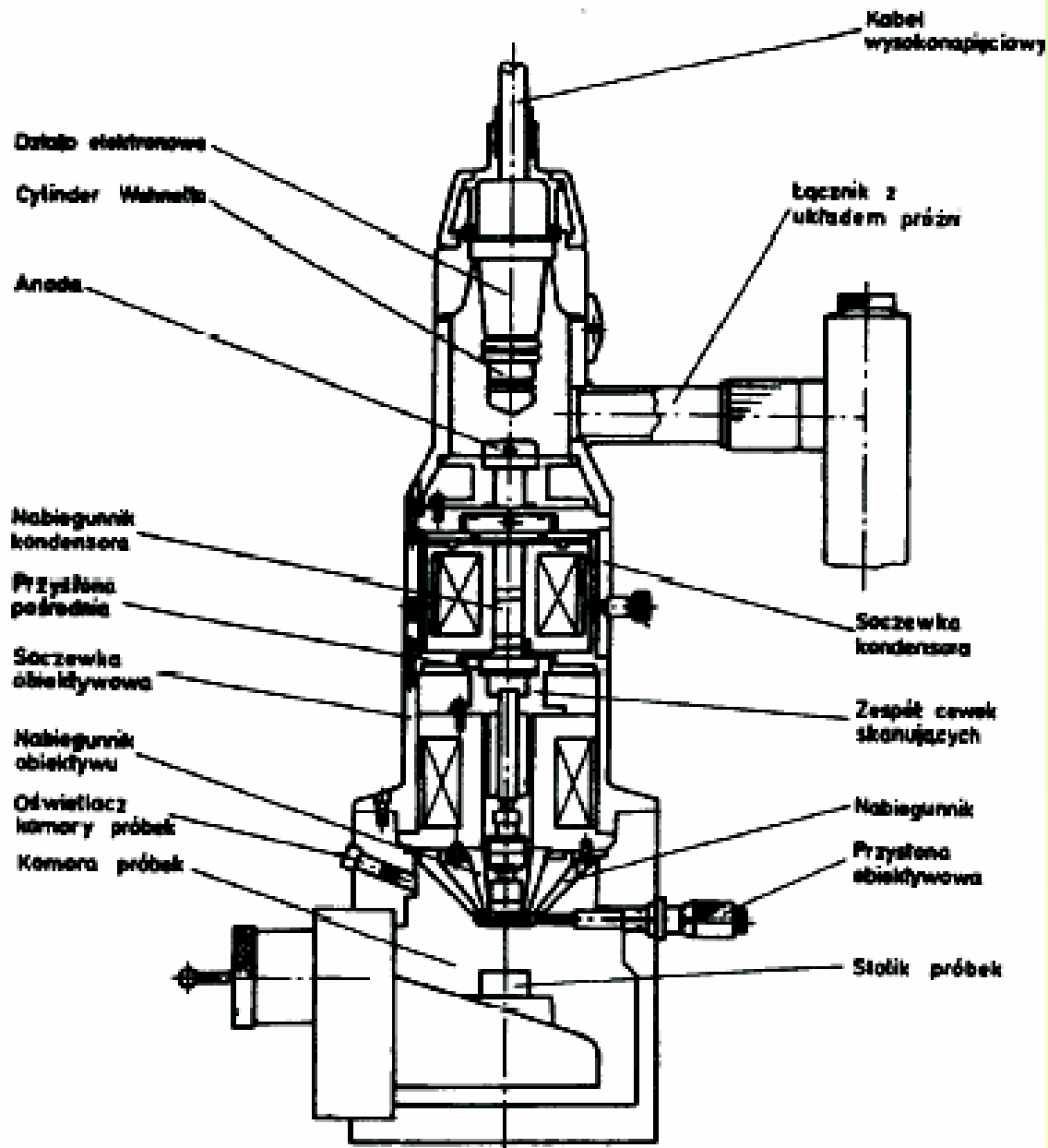


SEM: Optics #2

- Beam "scanned" by deflection coils to form image.
- Final objective lens focuses beam onto specimen.
- Beam interacts with sample and outgoing electrons are detected.
- Detector counts electrons at given location and displays intensity.
- Process repeated until scan is finished (usu. 30 frames/sec).



Budowa SEM



Parametry SEM

JED TECHNICS LTD JAPAN JSM -6360

Zdolność rozdzielcza 4nm.

Powiększenie x 15 do x 200 000.

Napięcie przyspieszające 0,5 do 30 kV.

Rodzaj obrazu - tworzony z elektronów wtórnych.

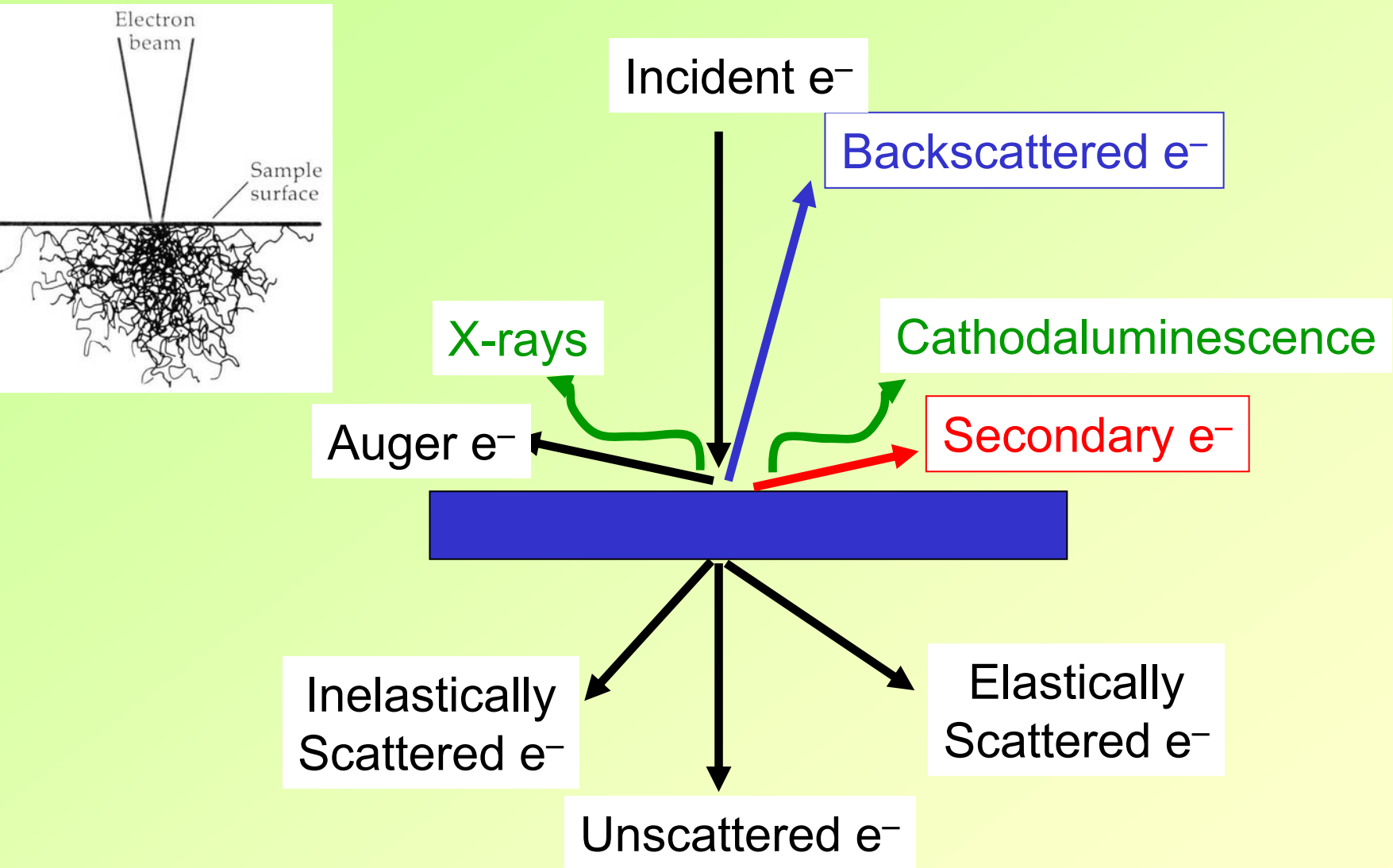
Odległość robocza (working distance) 8 do 48mm.

Max wymiary preparatu: d = 76mm, h = 10mm.

Jego najnowszy następca (JSM-6360) z całkowicie nowym rozwiązaniem kolumny, softwarem do obróbki obrazu i innymi możliwościami kosztuje **od 120.000,00 do 220.000,- Euro w zależności od wyposażenia**. Wersja najdroższa to **JSM-6360LA** (L- to symbol "low vacuum" – zmiennej próżni, A- analytical tzn wyposażony w spektrometr EDS do analizy ilościowej i jakościowej).

Jak wykorzystuje się elektrony w SEM ?

Electron Interactions: All Types

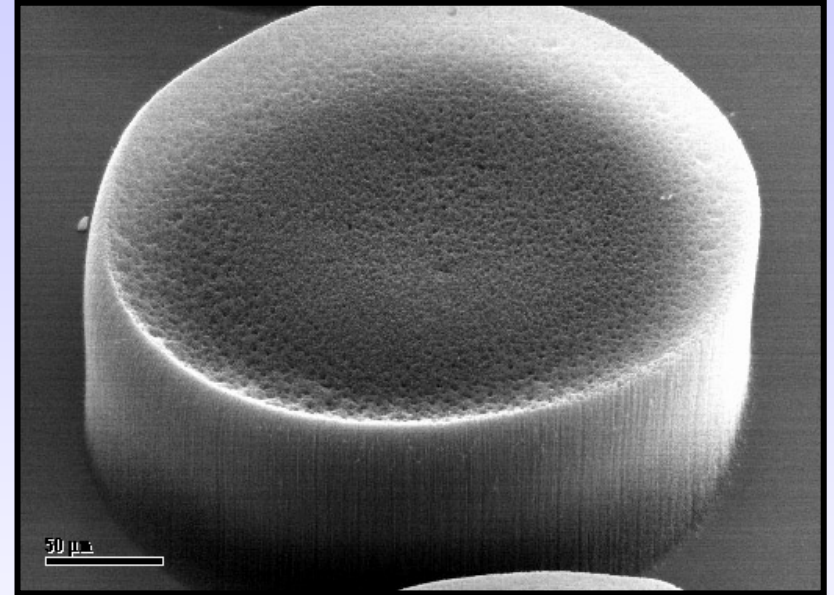
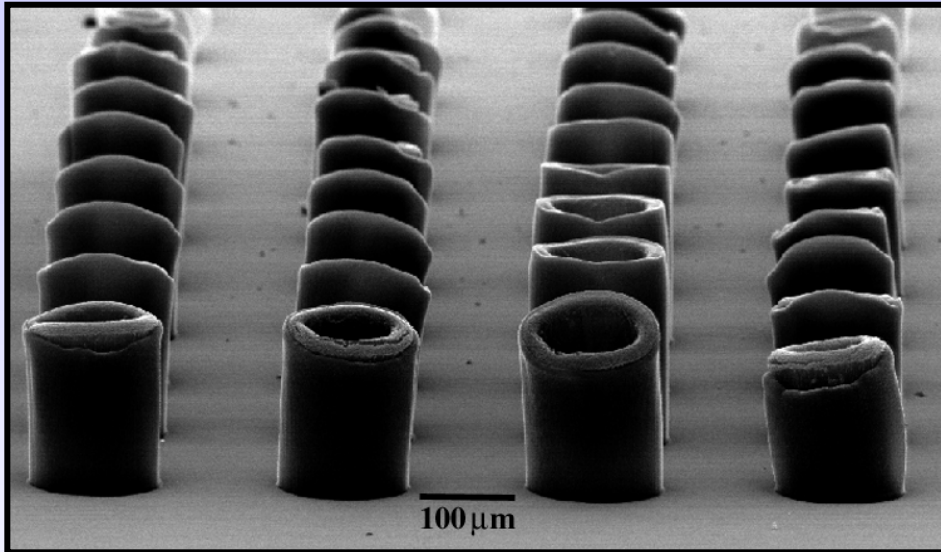


Electron Interactions: Backscattered Electrons

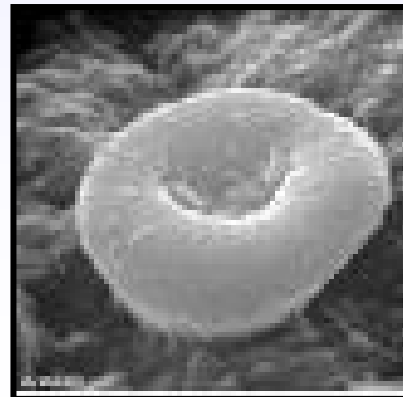
- Caused by **incident** electron colliding with sample atom nucleus and **scattering "backward"** 180 degrees (“elastic” process).
- Production of backscattered electrons varies with **atomic number**.
- Higher atomic number elements appear brighter (or scatter more effectively) than lower atomic number elements (remember simple collisions!).
- Resulting image shows **elemental contrast**.

Some SEM images

CNT in an array



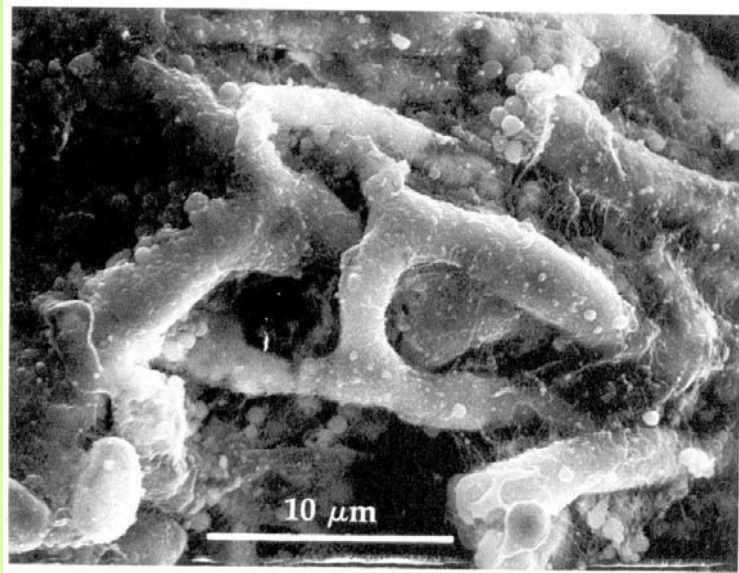
Blood platelet
Dia: 7 μ



CNT: NASA nanotech group; Blood cell: [www. uq.edu. au](http://www.uq.edu.au)

SEM Images: Contrast Mechanisms

Secondary e^-



Backscattered e^-

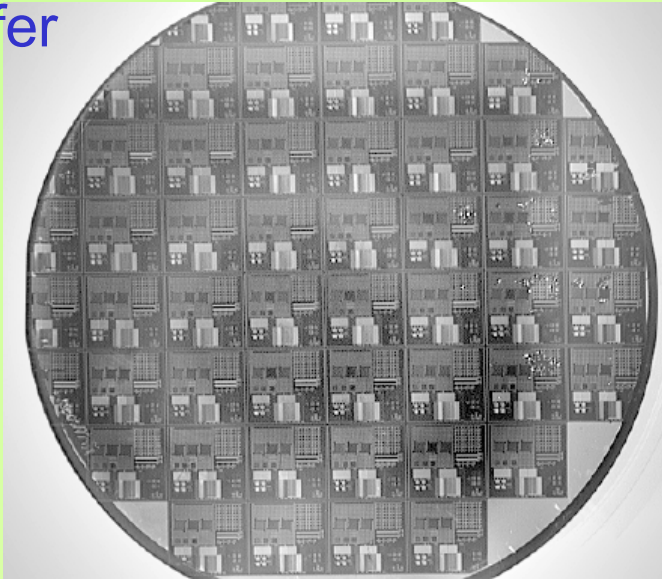


Fungal hyphae with Ag preferentially deposited at polysaccharides

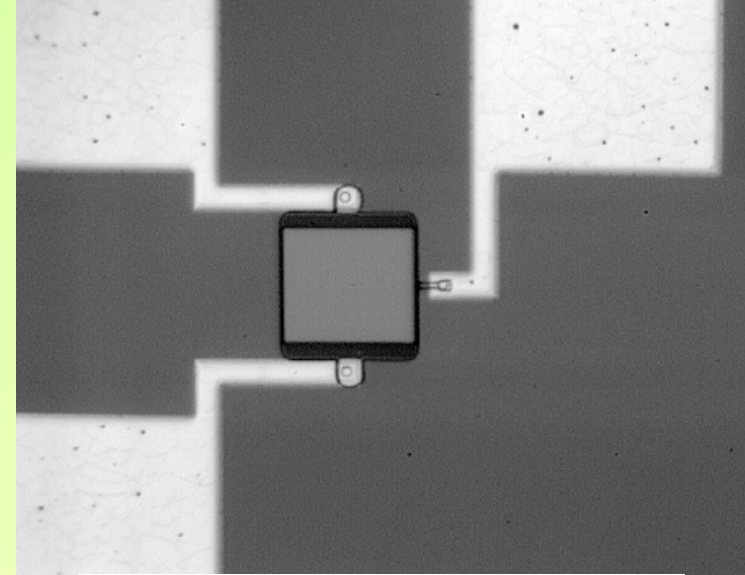
- Secondary electrons indicate sample topography, whereas backscattered electrons indicate sample composition.

SEM Images: Patterned Wafer

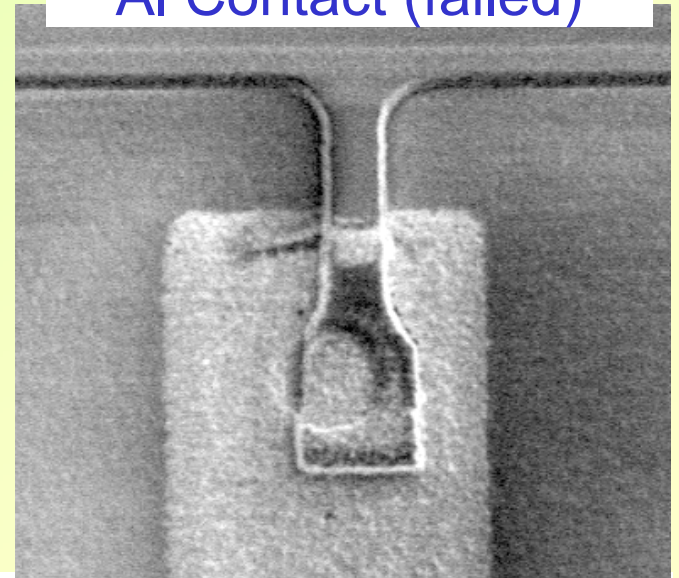
Si Wafer



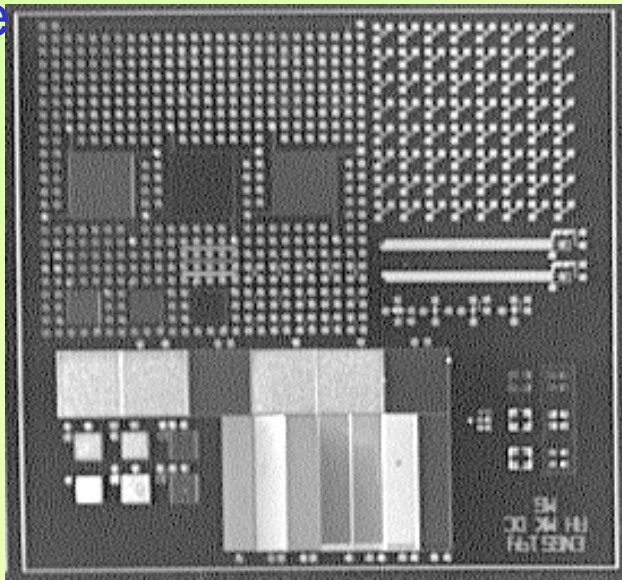
Transistor



Al Contact (failed)

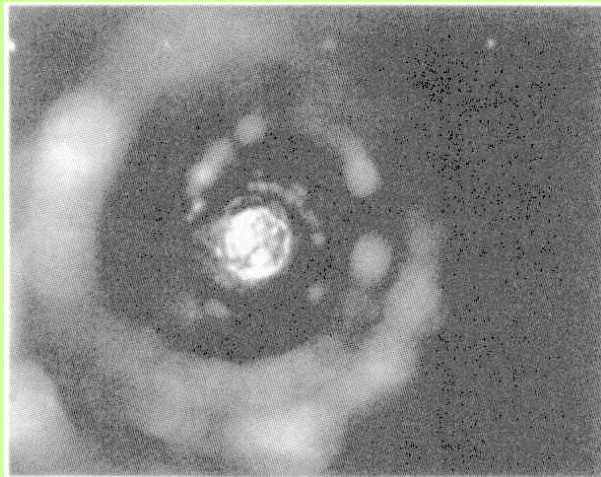


Single Die



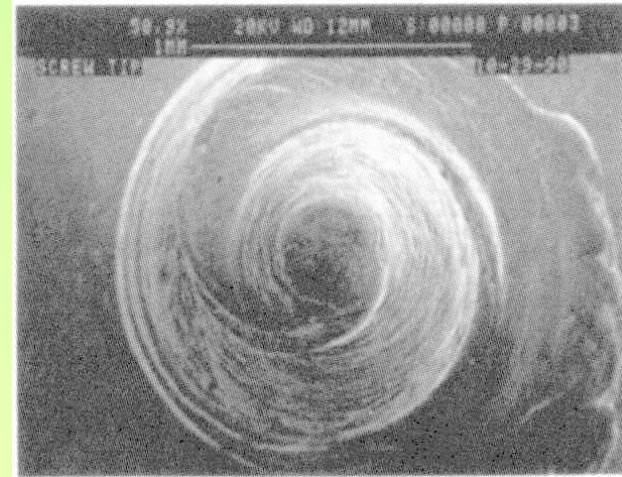
SEM Images: Improved Depth of Focus

Optical Image



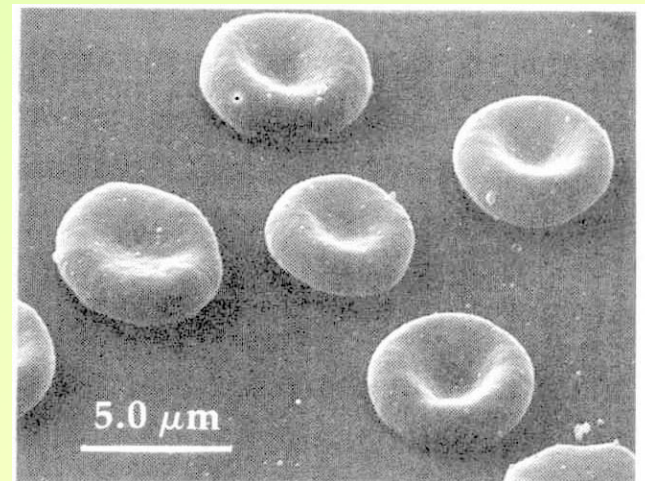
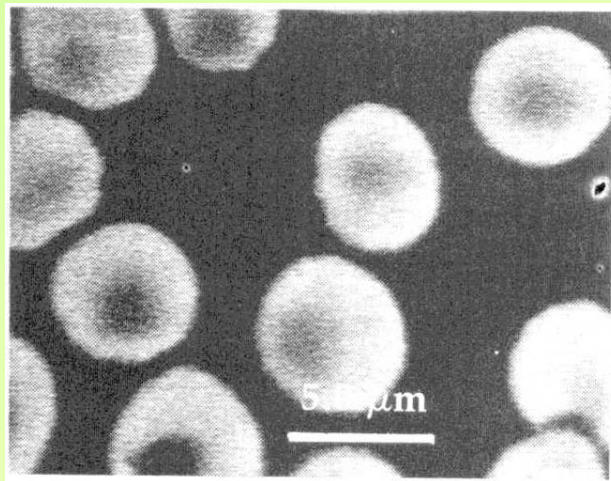
screw

SEM Image



From Brundle

cells



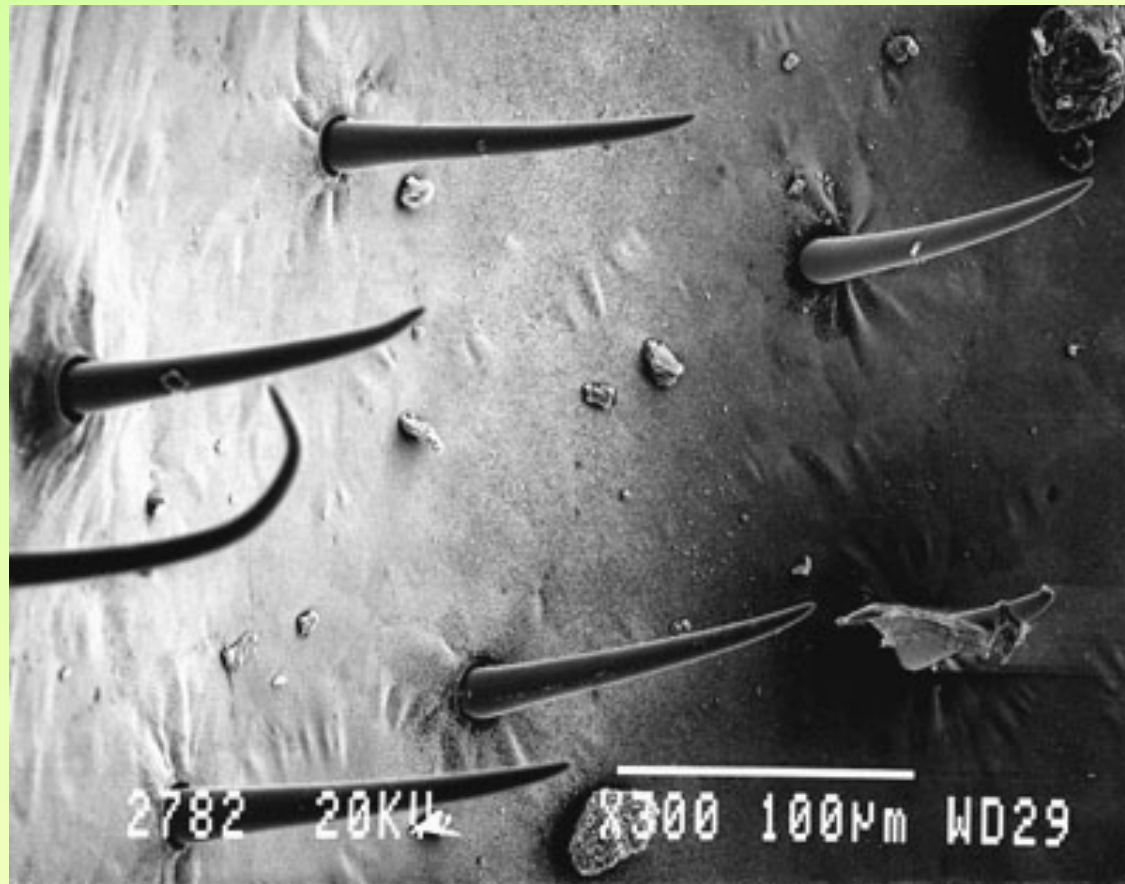
From Flegler

- Secondary electrons of SEM provide higher depth of focus compared to optical microscopy.

Owady...



Skóra...



Porównanie MO, SEM i TEM

Porównanie mikroskopów

TYP MIKROSKOPU	ŚWIETLNY	ELEKTRONOWY SKANINGOWY	ELEKTRONOWY TRANSMISYJNY
Emisja	światło	wiązka elektronowa	wiązka elektronowa
Ośrodek	atmosfera	próżnia(pon. 10^{-4} Pa)	próżnia(pon. 10^{-5} Pa)
Rozdzielczość	1 μm	4 nm~	0,2 nm~
Kontrast	pochłanianie/odbicie	efekt elektronów wtórnych	rozpraszanie dyfrakcja
Obiektyw	obiektyw optyczny szklany	obiektyw elektromagnetyczny	obiektyw elektromagnetyczny
Głębia ostrości	plytka	bardzo głęboka	głęboka
Metoda zmiany powiększenia	wymiana obiektywu	szerokość skanowania	wzbudzenie powiększenia układu obiektywu
Grubość próbki	0,5 μm min	10 mm max	1 μm max
Przygotowanie próbki	łatwe	względnie łatwe	niełatwe

