



# 传感器与智慧城市建设

褚君浩

[jhchu@mail.sitp.ac.cn](mailto:jhchu@mail.sitp.ac.cn)

20150507 第三届先进制造业大会 上海





# 一、传感器走进我们的生活

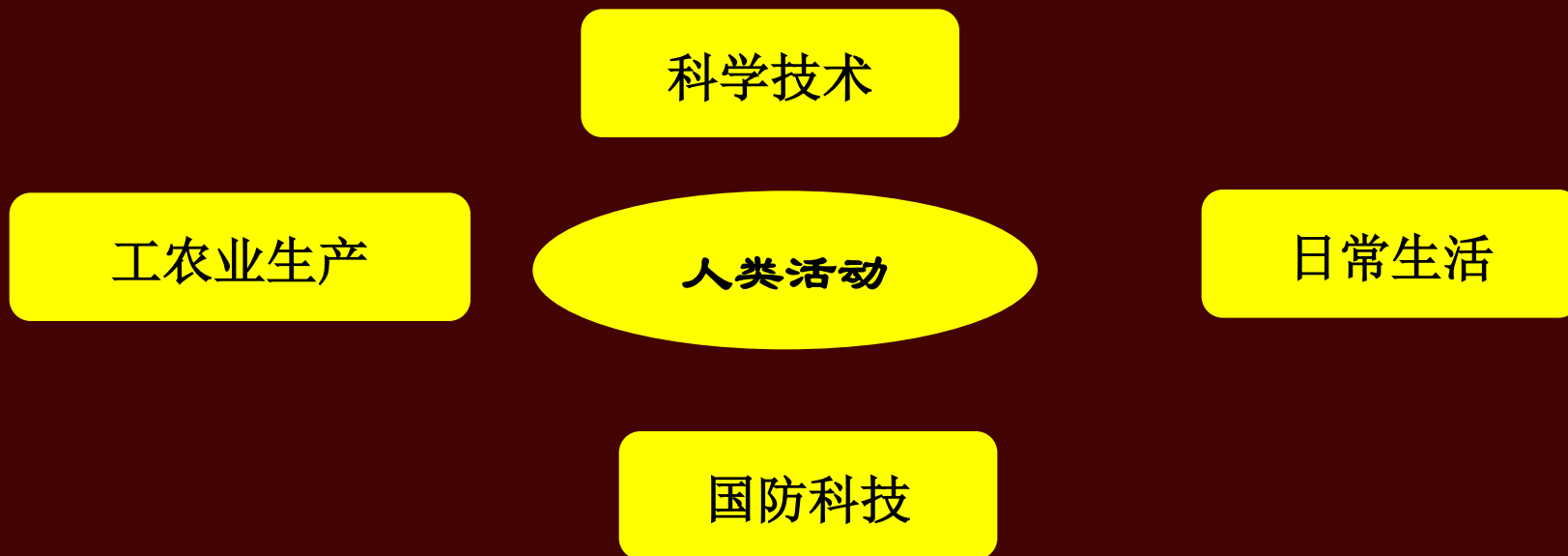
## 二、光电传感器技术及其应用

## 三、传感器与智慧城市





# 一，传感器走进我们的生活



各式各样的传感器已经对人类活动产生了不可或缺的影响  
未来将越来越多的影响人类活动





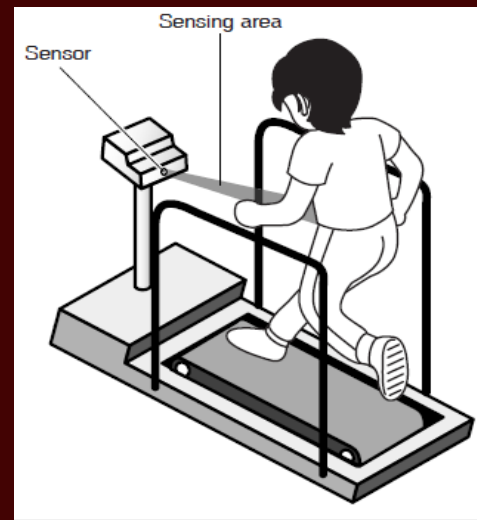
# 日常生活无处不在的传感器



自动开关灯



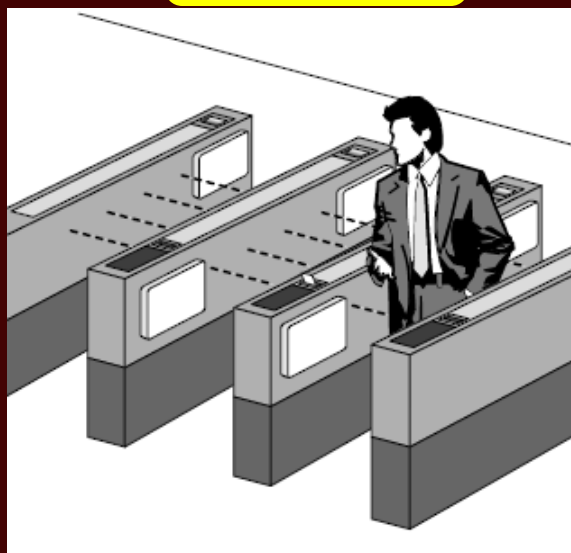
监控系统



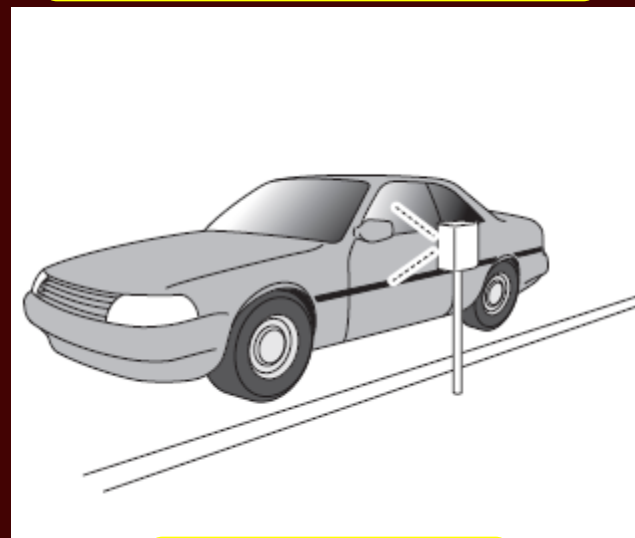
跑步机上的传感器



自动开关水龙头



自动验票机



无人停车场





# 日常生活无处不在的传感器



汽车雷达系统



家庭用能源监控



# 日常生活中的传感器

- 马桶盖（卫洗丽）：力传感器/热传感器/光传感器
- 酒驾测试/燃气泄漏报警器/烟雾探测器：气敏传感器（乙醇/一氧化碳/二氧化碳）
- 电子温度计/火险报警：热传感器
- 电子血压计/电子秤/气压计：力传感器
- 人体感应灯/电子围墙/夜视仪：红外光传感器
- 触摸屏/ATM机：光传感器或力传感器





# 生活中的传感器

- 传感器应用无处不在
- 家庭中，相机，手机，游戏机，电脑等各种电子设备；智能电视，冰箱，洗衣机，空调等智能家电或多或少都包含了多个传感器的应用
- 微机电系统（Micro-Electro-Mechanical Systems）MEMS是目前传感器最常用的制作形态
- 其中，智能手机无疑是传感器技术最前沿最集中的应用领域







# phone 6 plus中的传感器

主摄像头

正面摄像头

iPhone 6 Plus

7,1 mm

77,8 mm

接近和环境光传感器

听筒

Klingeln/Aus

Lautstärketasten

Ein/Aus  
Standby

气压传感器

背面降噪话筒

加速度计  
电子罗盘  
陀螺仪

158,1 mm

Kopfhörer

Lightning  
Connector

Lautsprecher

Unterseite

话筒

指纹传感器







# 人类健康



体检系统中的传感器



人体植入芯片





# 公共与家庭安全



公共安全检测



家庭安全与防护

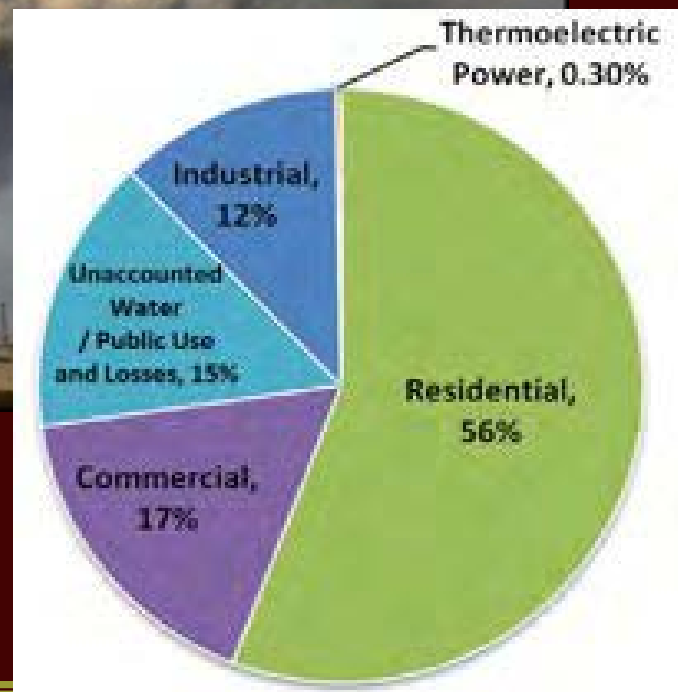
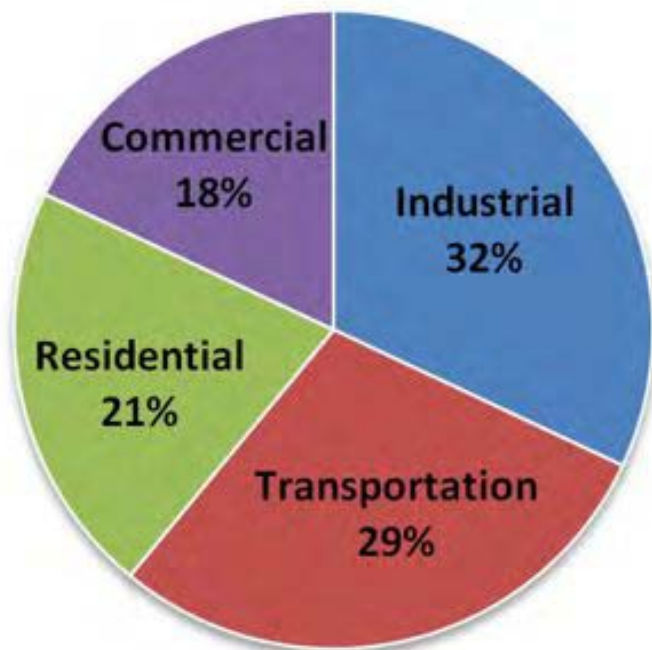




# 可利用能源与水资源监控系统

能源

水资源



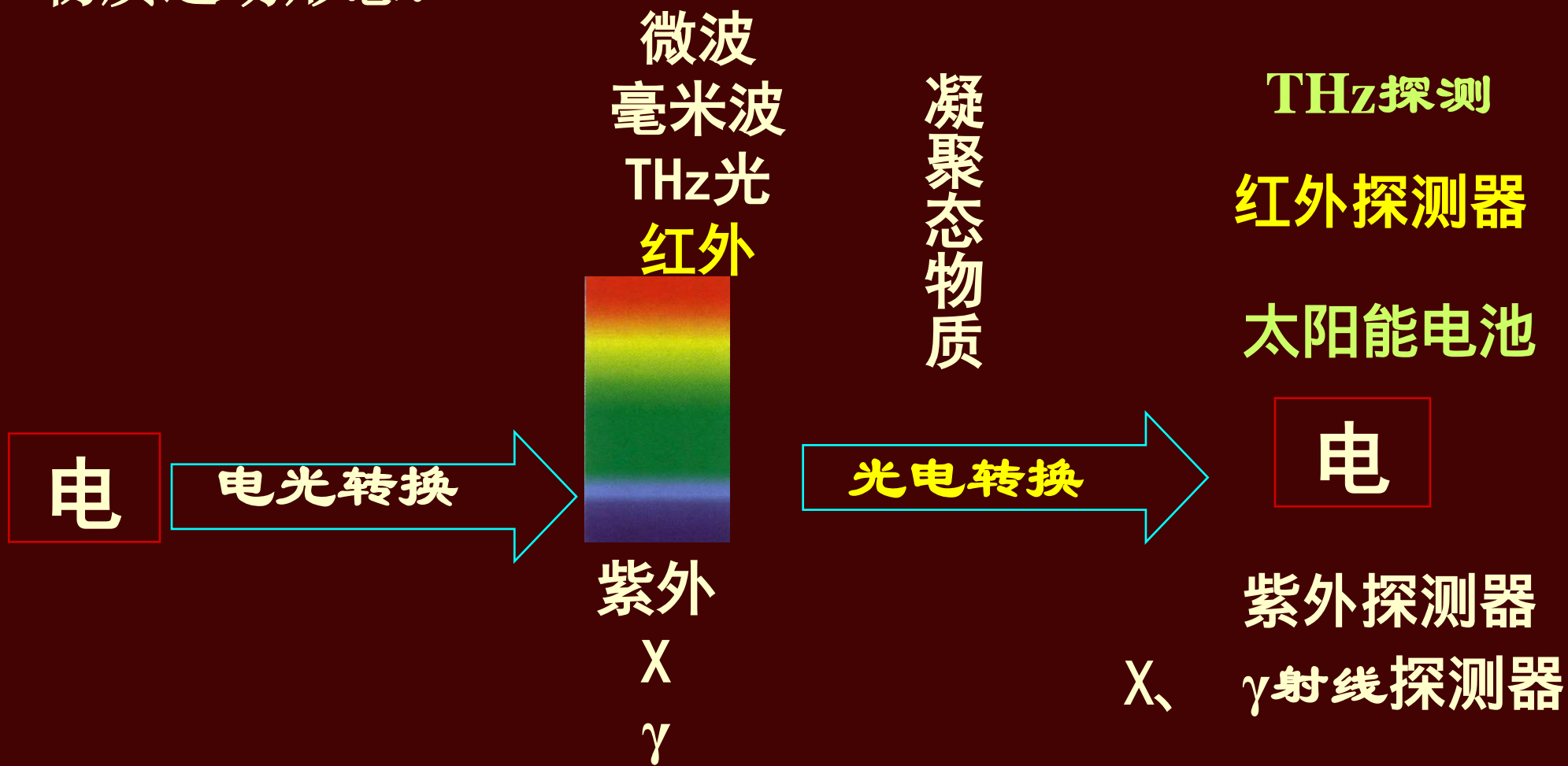


## 二、光电传感器技术及其应用

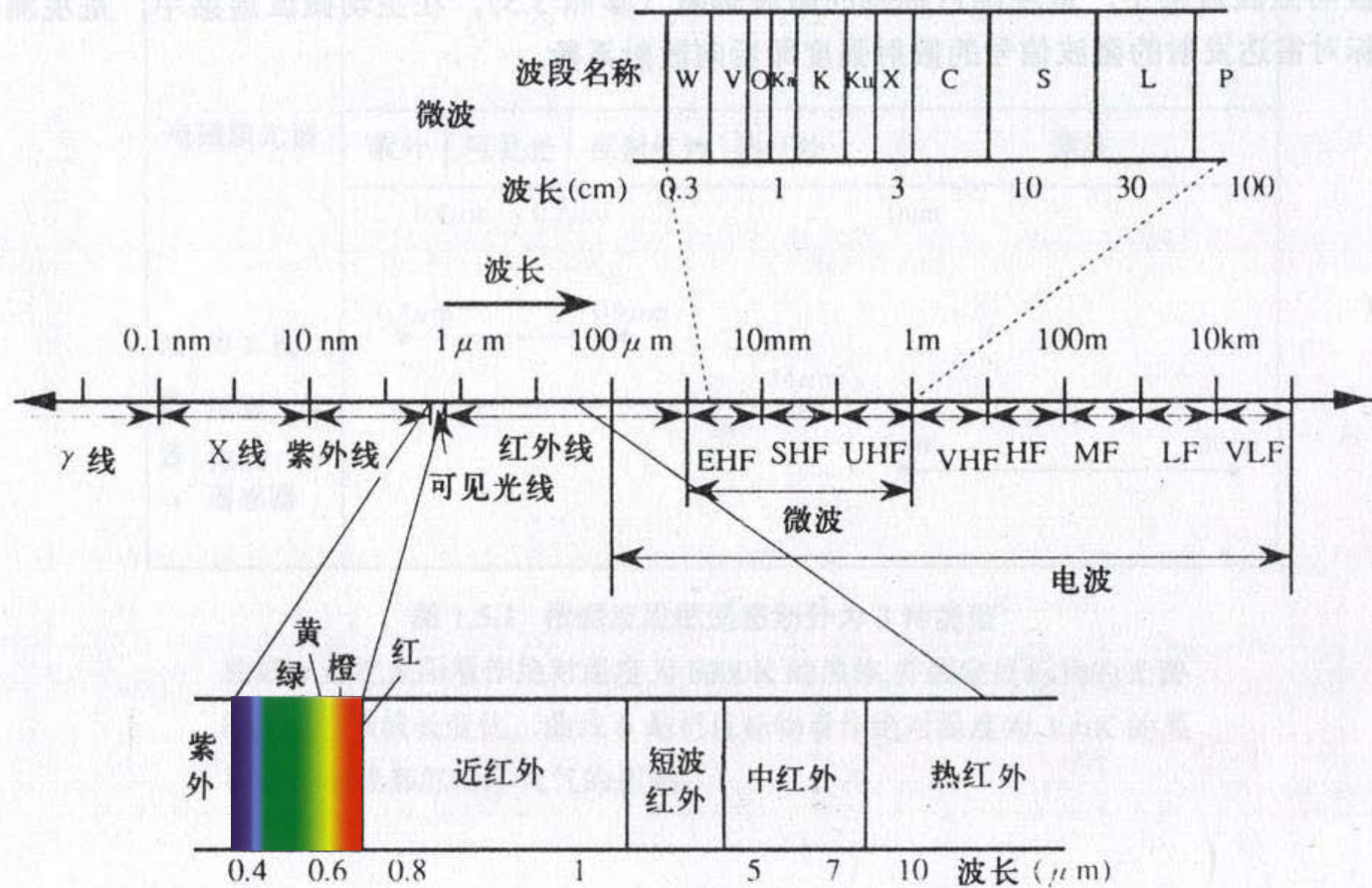
物质运动形态:

光、声、热、电、磁

相互转换







遥感中应用的波段



# 光子型红外探测器

一次大战期间： $\text{Ti}_2\text{S}$ 光电导，波长1.1微米

1930年德国： $\text{PbS}$ 光电导，波长2.7微米

二战以后，美、英、苏、法：

发展 $\text{PbS}$ 、 $\text{PbTe}$ 、 $\text{PbSe}$ 、

$\text{InSb}$

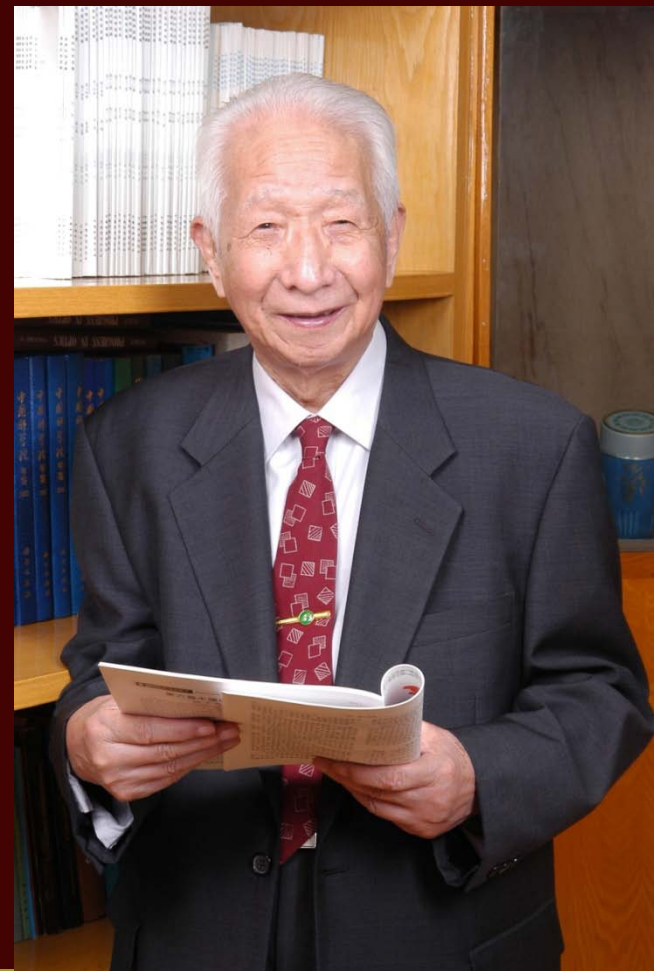
在8~14微米波段：

起初， $\text{Ge:Hg}$ 红外探测器，液氢温度（38K）

后来， $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ ，液氮温度（77K）

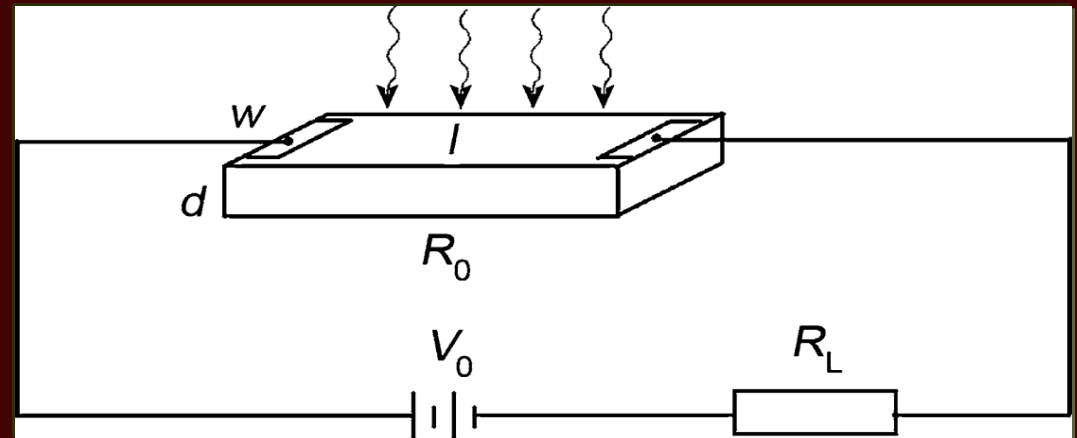
改变组分 $x$ ，可以覆盖1~3，3~5以及8~14微米三个重要大气窗口。

在我国汤定元院士 1967年以来开创新并长期主持 $\text{HgCdTe}$ 研究。

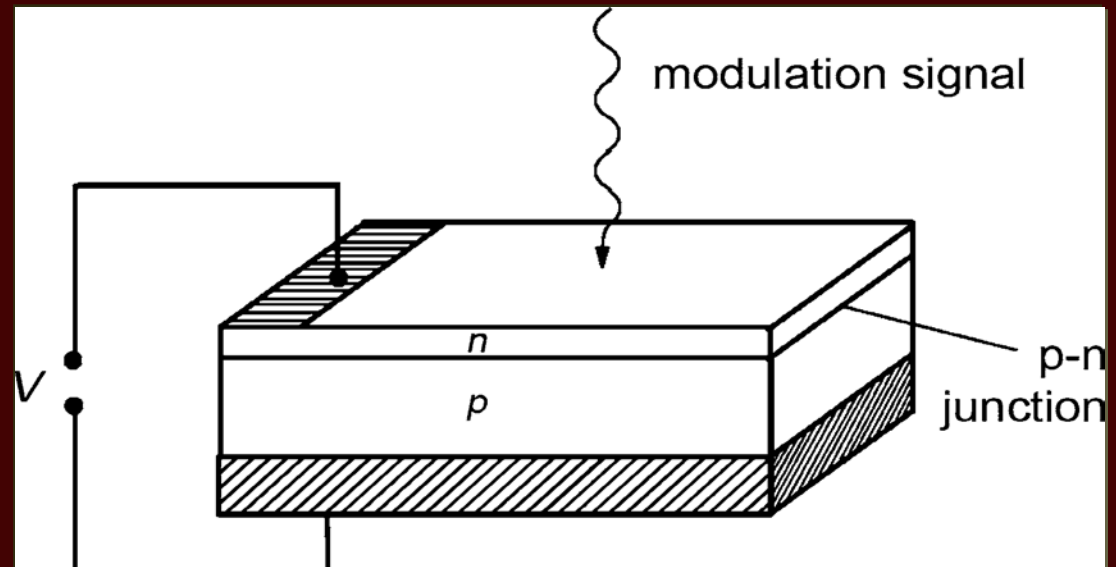




# 光电导型 光电传感器



# 光伏型 光电传感器







# 红外传感器的功能

图 像  
(空间分布)



黑暗背景中识别目标

热 象  
(温度分布)



医用、工业热象  
火焰温度分布

谱 像  
(光谱分布)

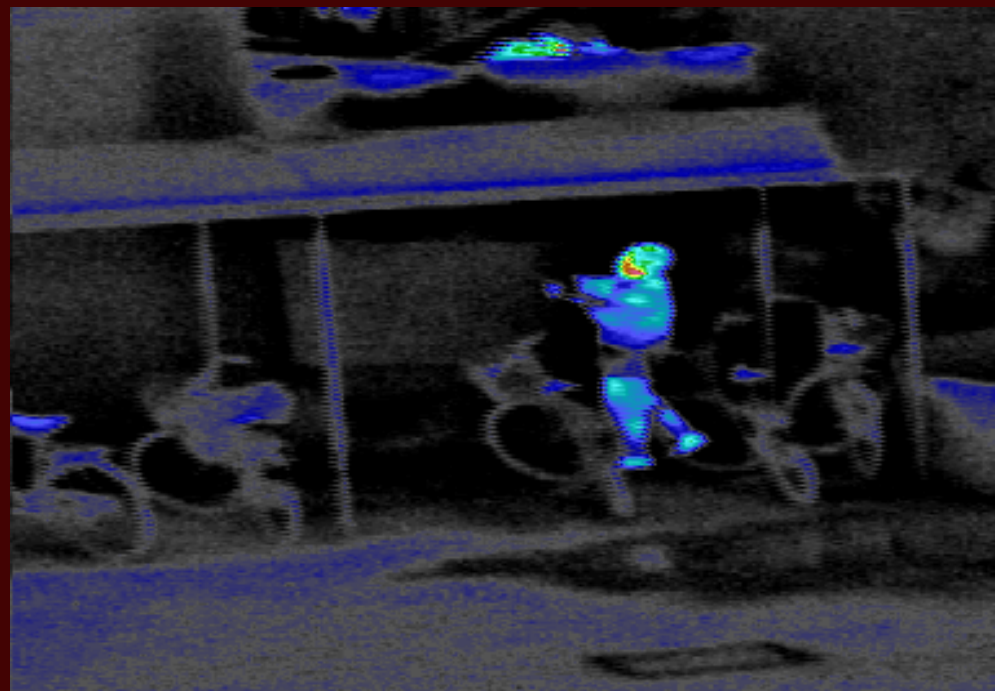


物质材料的光谱特征  
和识别

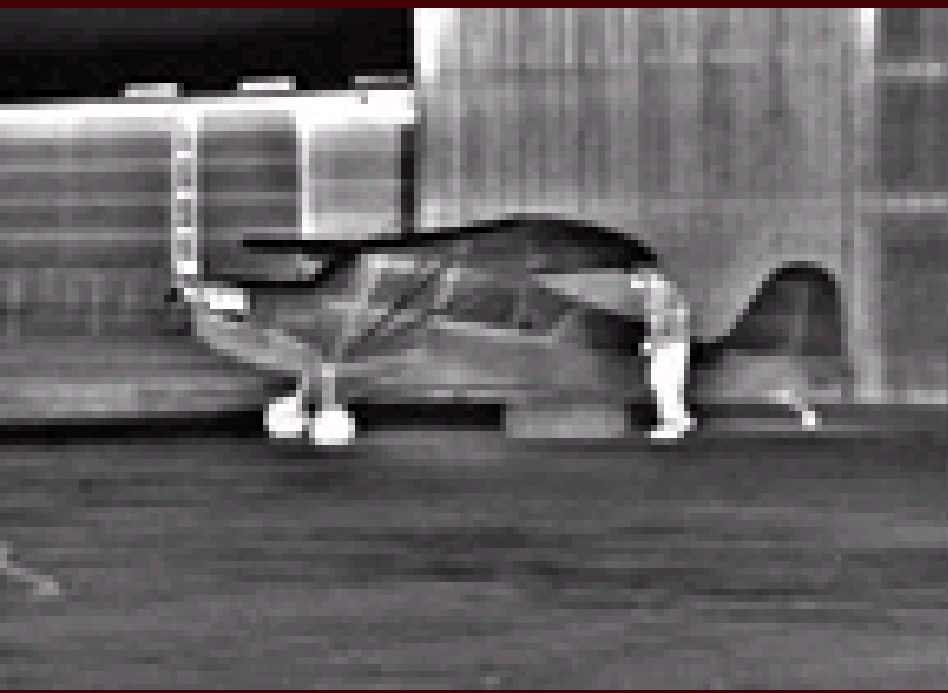




# 图 像 (空间分布)

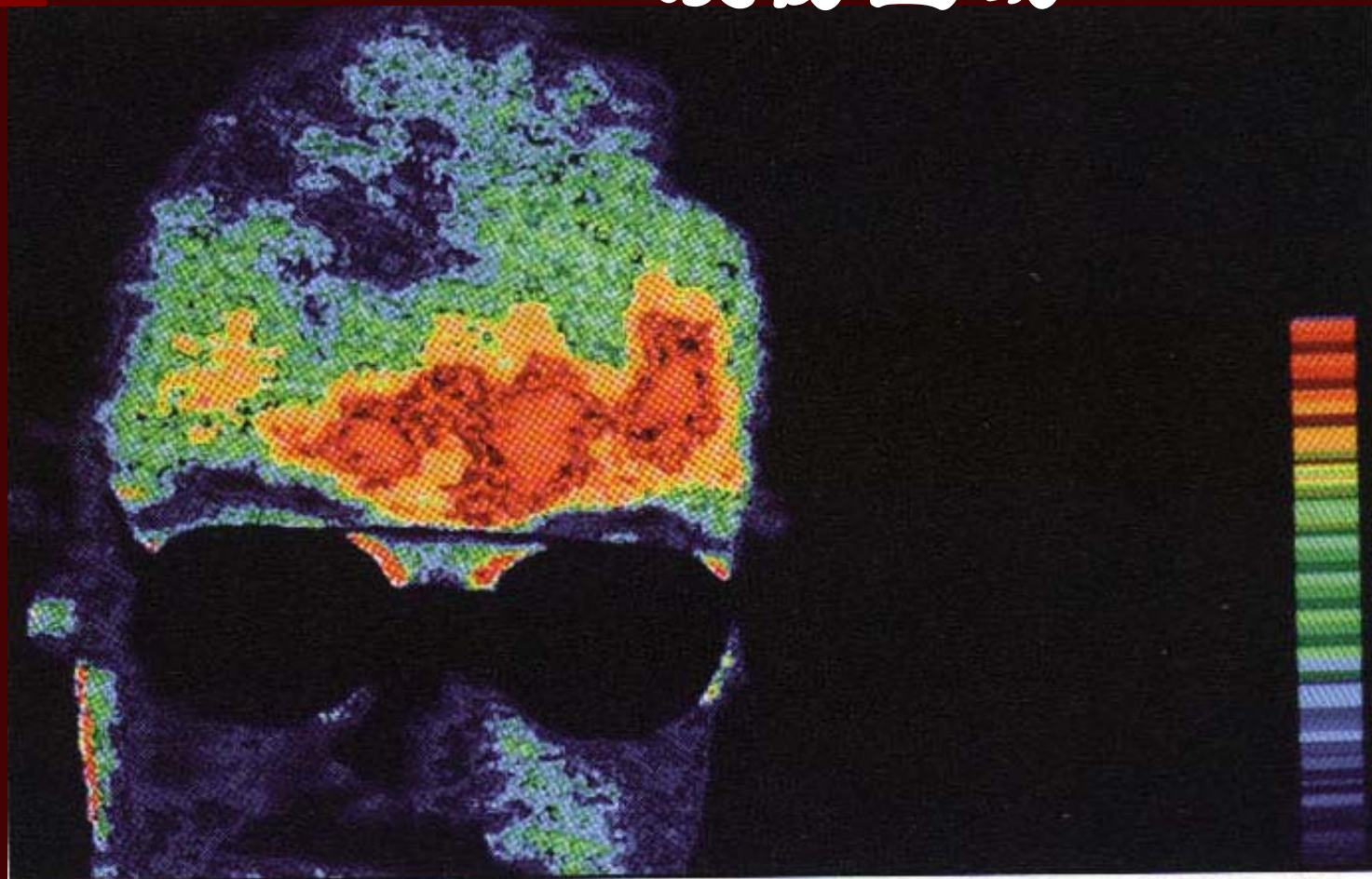


WH FOCUS GAIN LE



# 热 象 (温度分布)

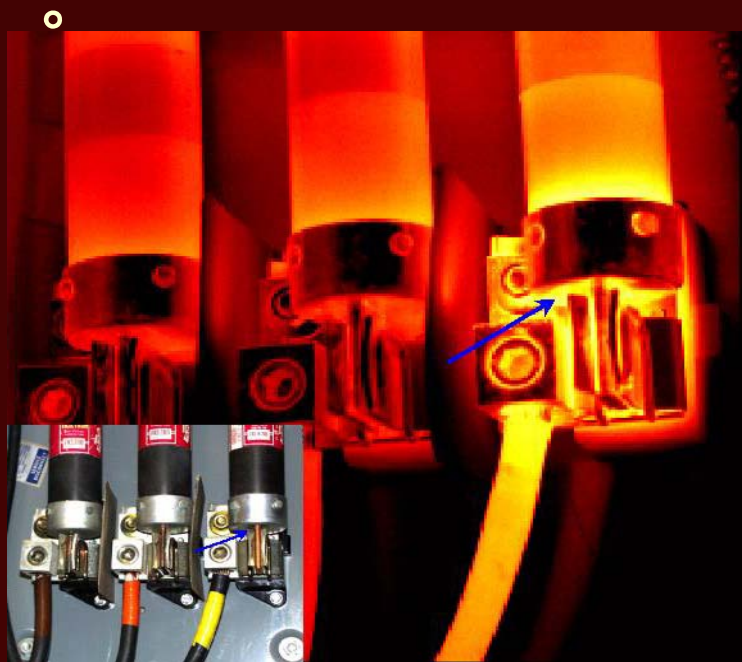
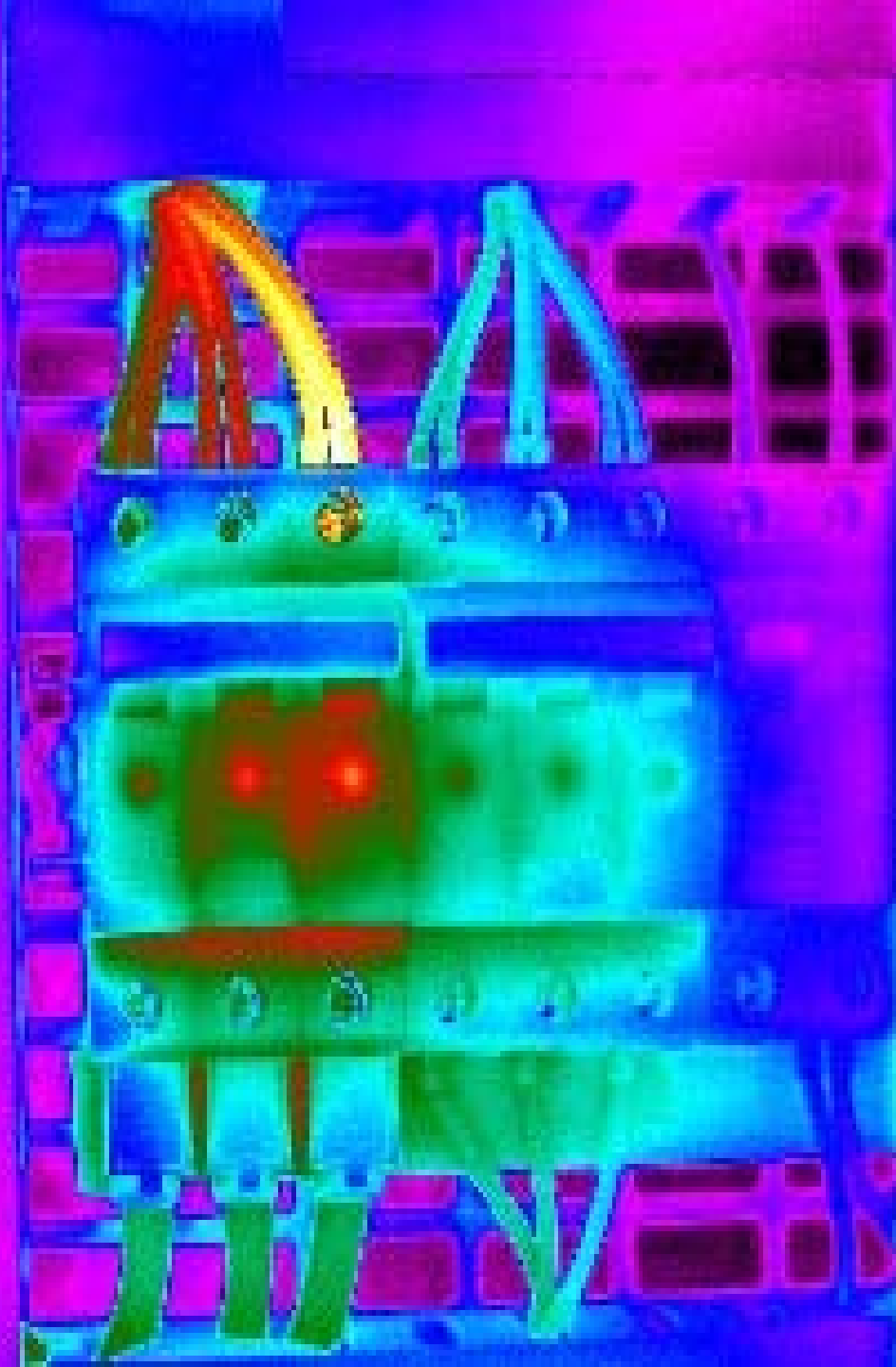
## 红外热像检测 烧伤区域



**Figure** IR imaging and computer-generated pseudocolor are used to identify burn areas in this medical imaging application. The use of color helps human observers in their identification process. (Courtesy Mitsubishi Electronics Thermal Imaging Products.)

# 工业应用

电力部门检测  
各种开关、闸刀、  
变压器、避雷器等  
电器设备的热图像

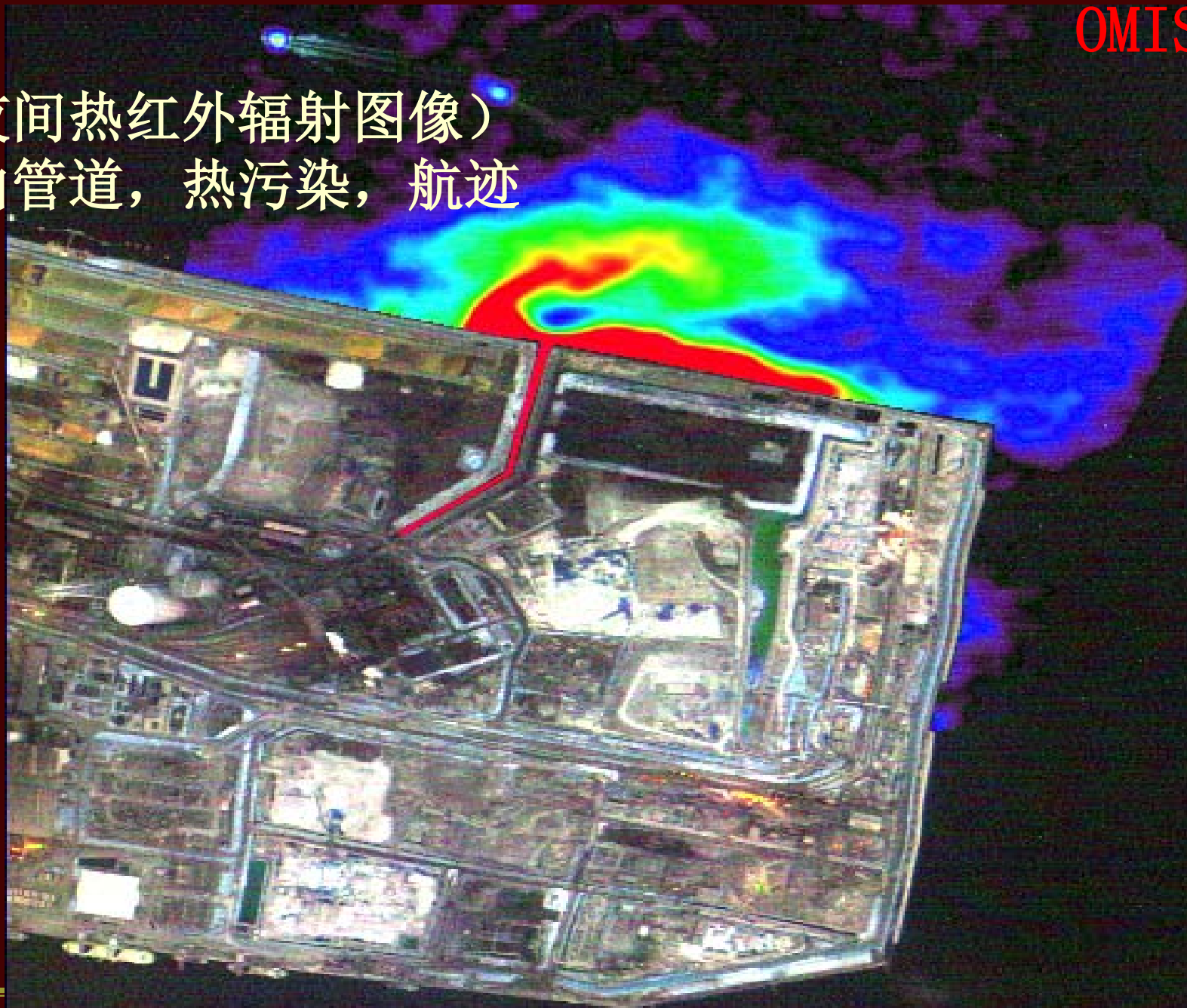






OMIS-I

(夜间热红外辐射图像)  
输油管道, 热污染, 航迹





**谱 像**  
**(光谱分布)**

**图像**

**热像**

**发展智能化识别光电系统**

**目标对象光谱特征的获取、标定和应用**

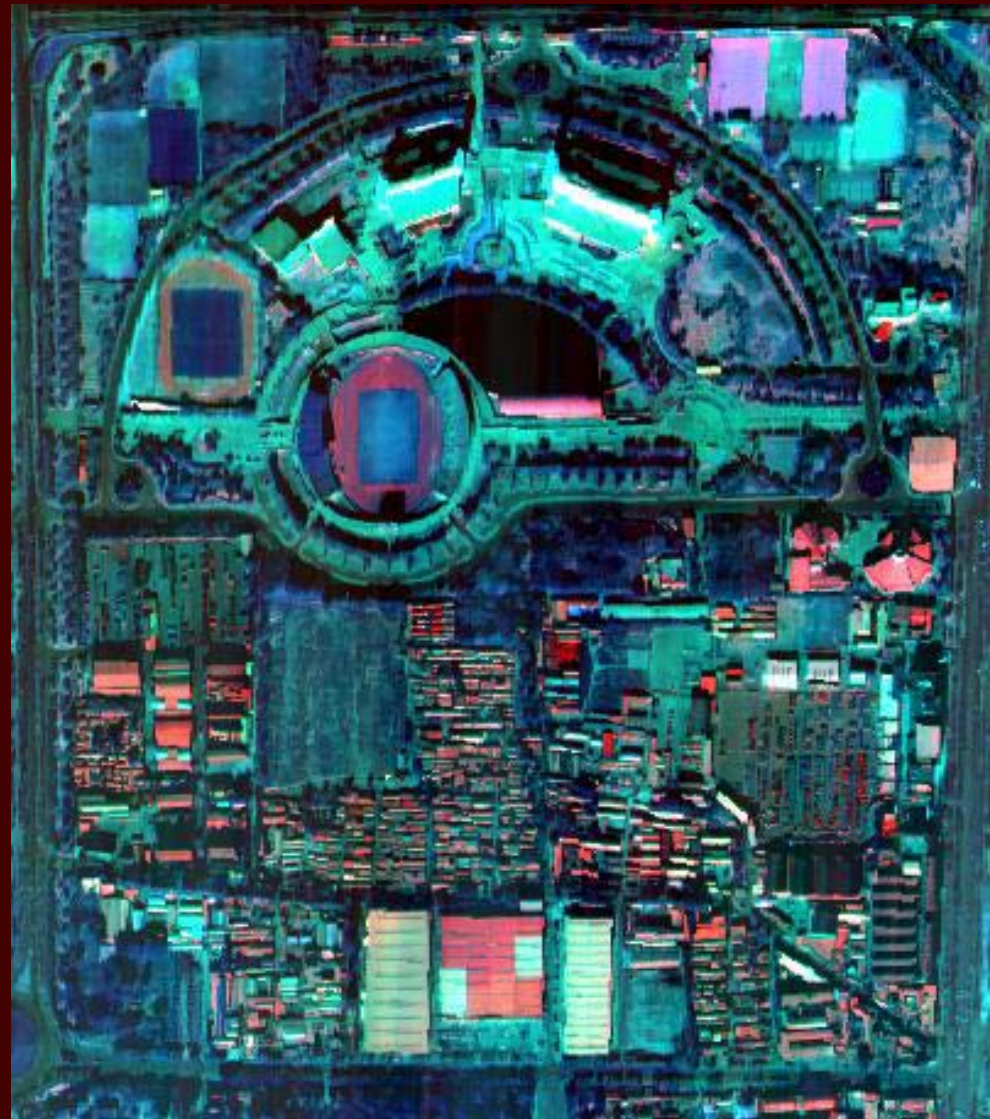
**—强度、波长、位相、偏振，识别、成像**





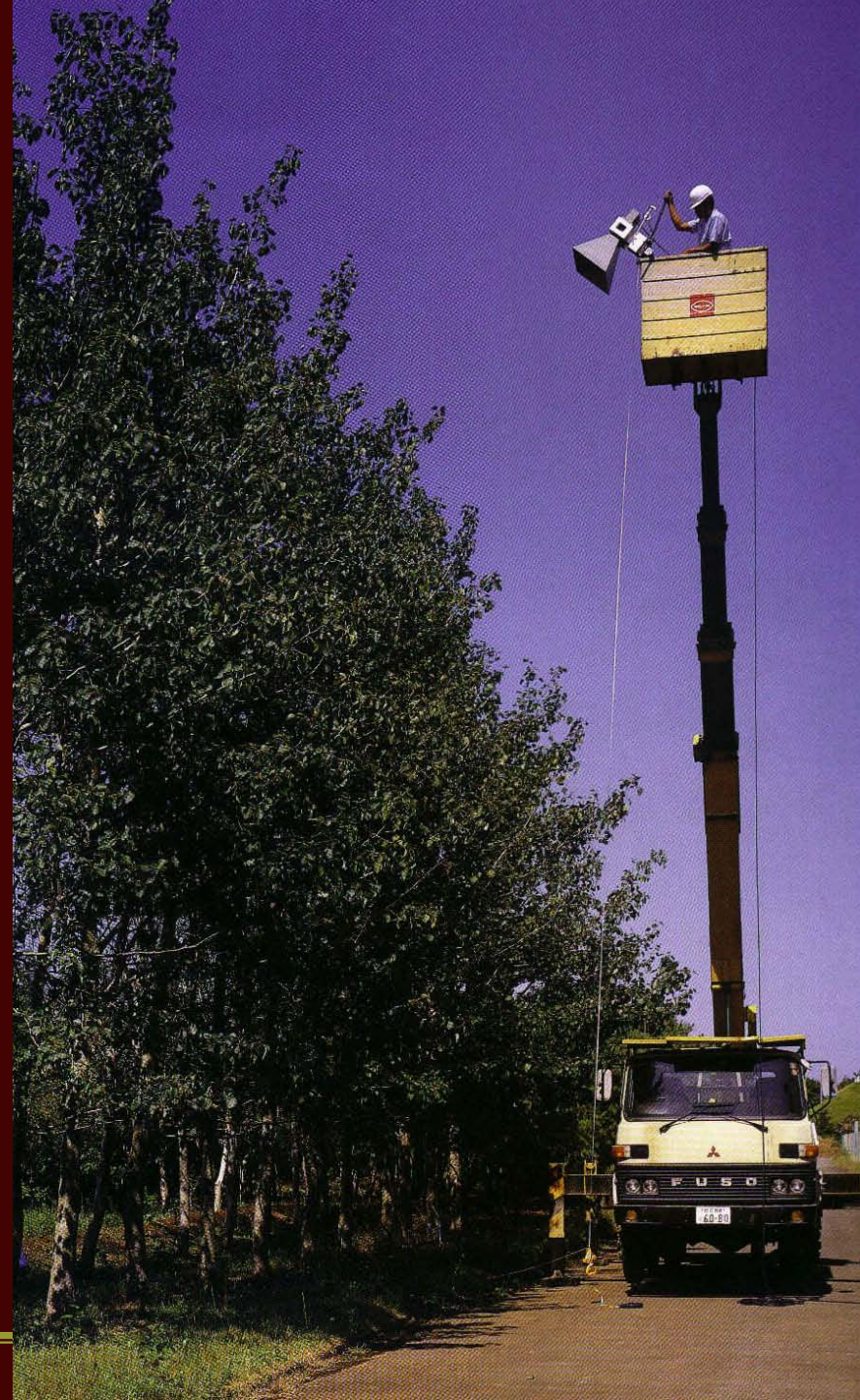
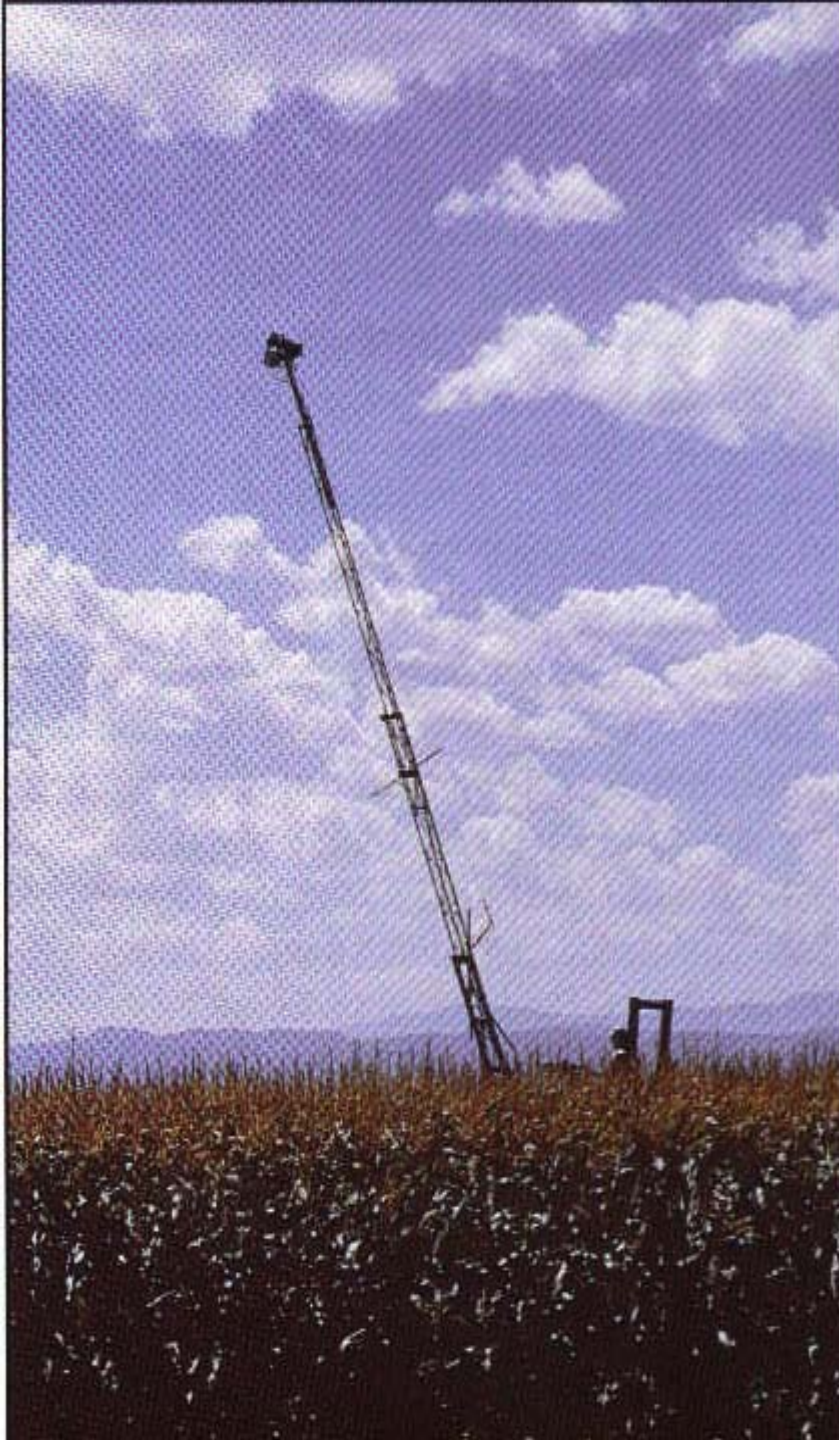


市场兰色彩钢板顶棚不同材质得到体现  
可见光图像

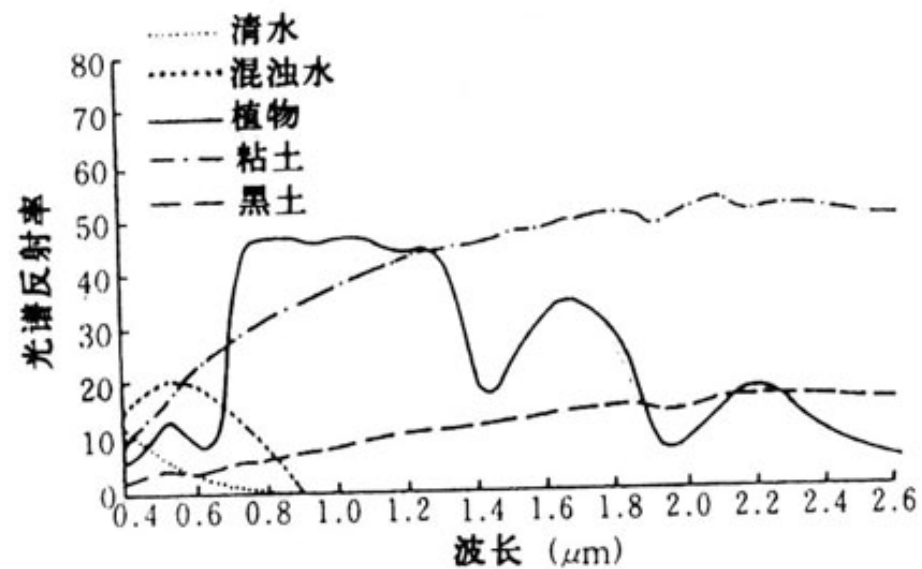


红外合成图像

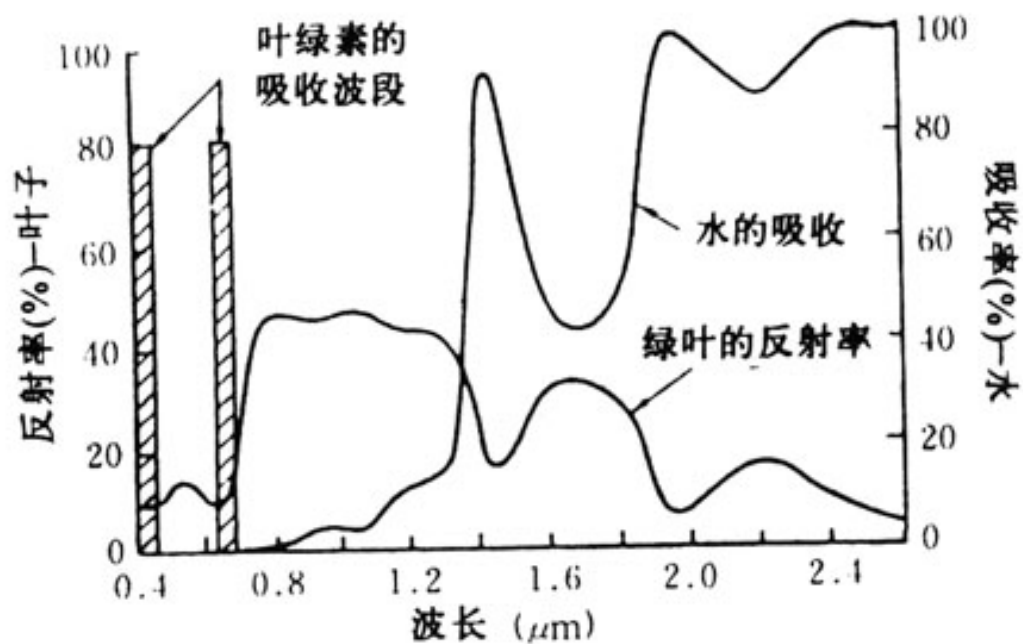








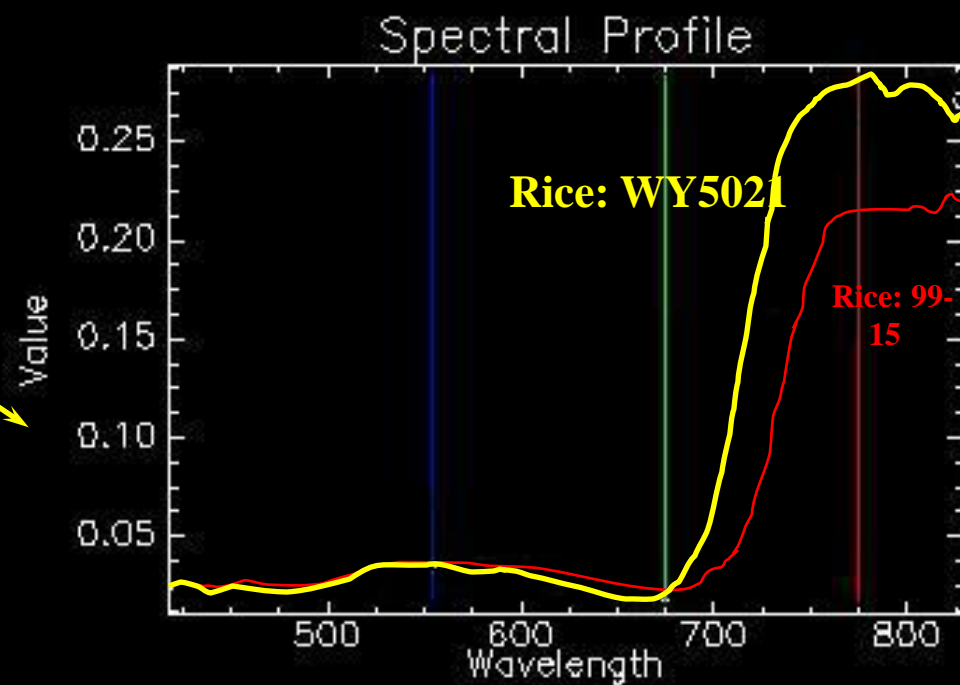
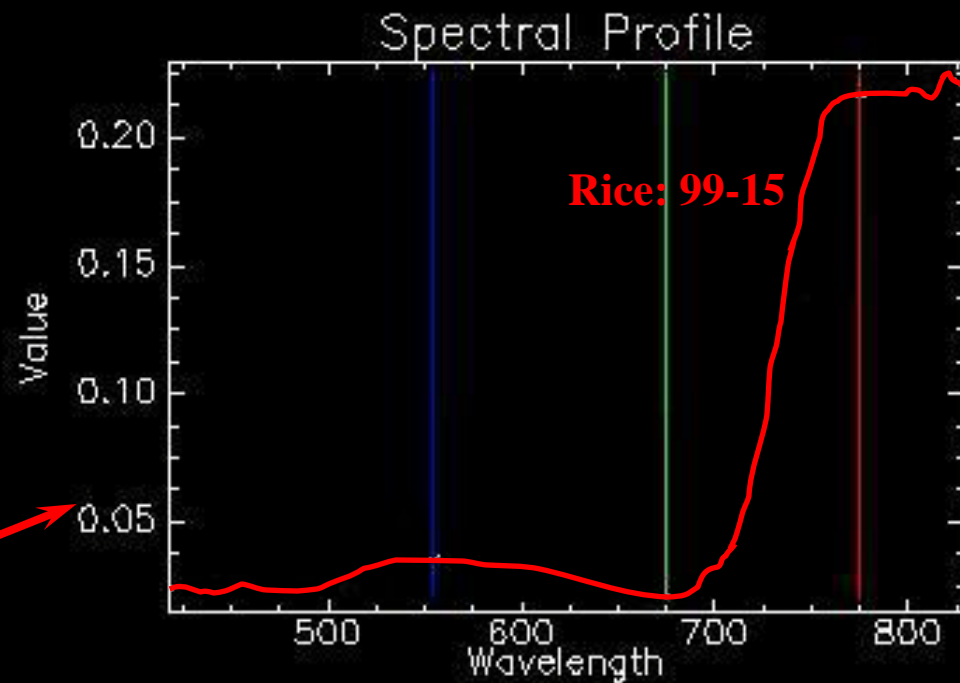
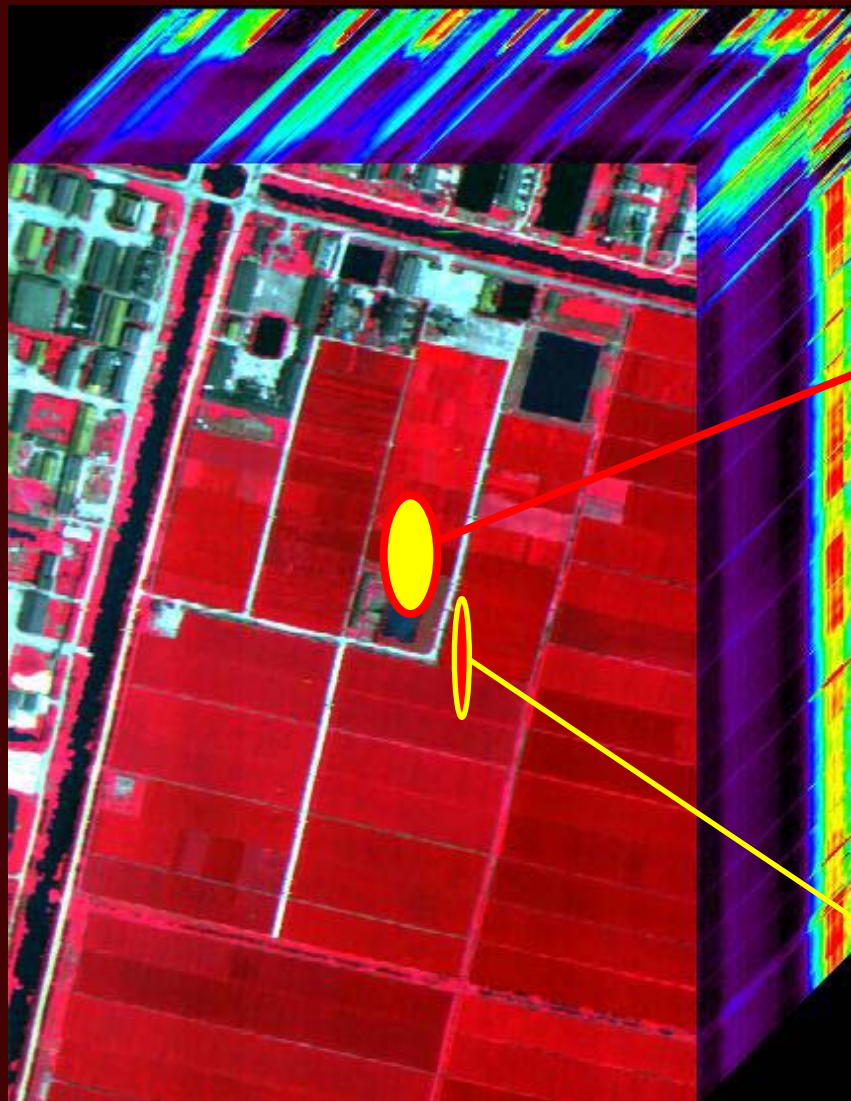
植物、土、水的光谱反射率<sup>1)</sup>



叶子的光谱反射率



## PHI image in Changzhou



Wuqi Farm, Changzhou



National Laboratory for Infrared Physics

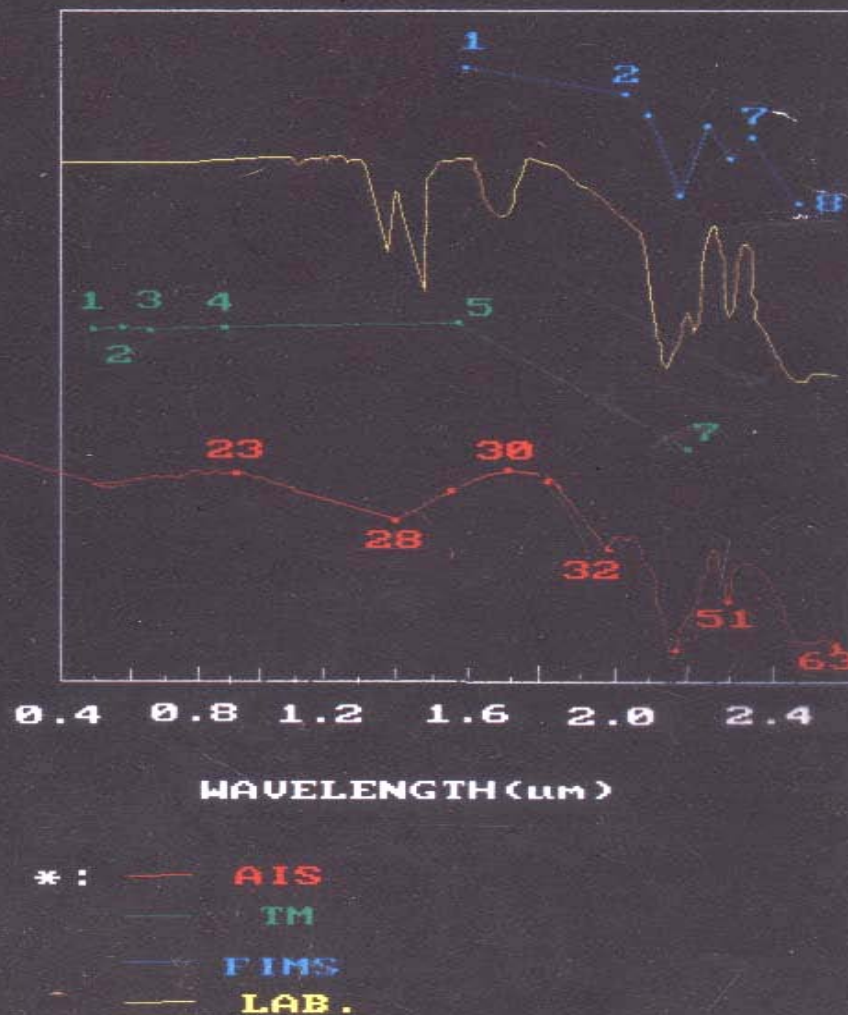
研究所





# AIS SPECTRAL ANALYSIS

## 铀矿





# 红外光电传感器技术发展的若干方向

大规模  
高增益

多色

提高工作温度

扩充波段

新概念

智能化



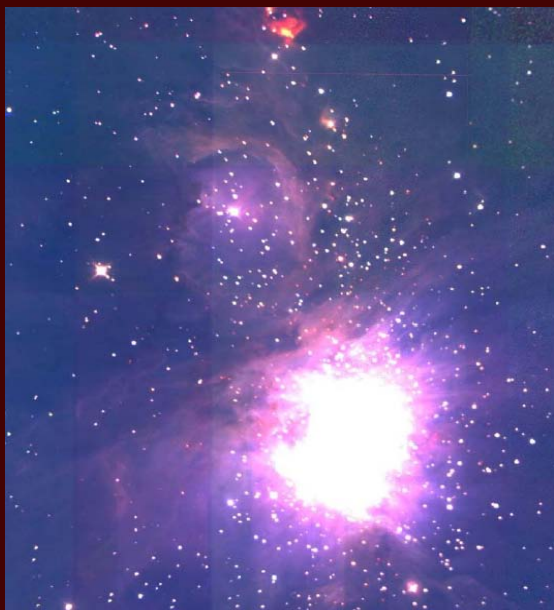




大规模

# 大面积材料均匀性检测

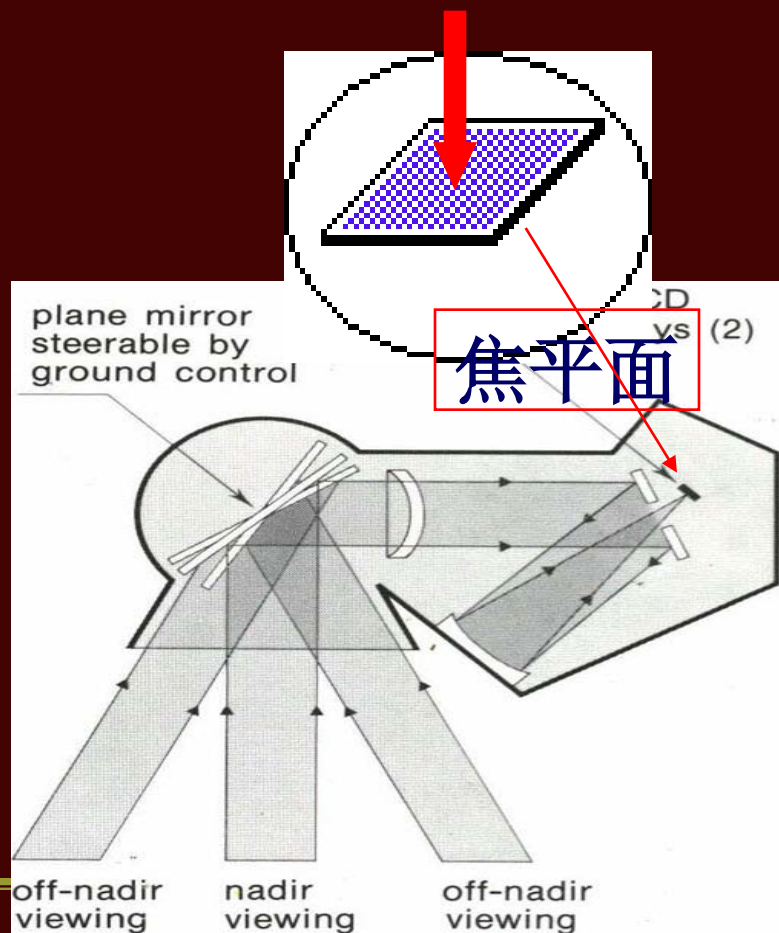
## 研究新结构



美国Rockwell 4096×4096  
碲镉汞

红外探测器二维列阵

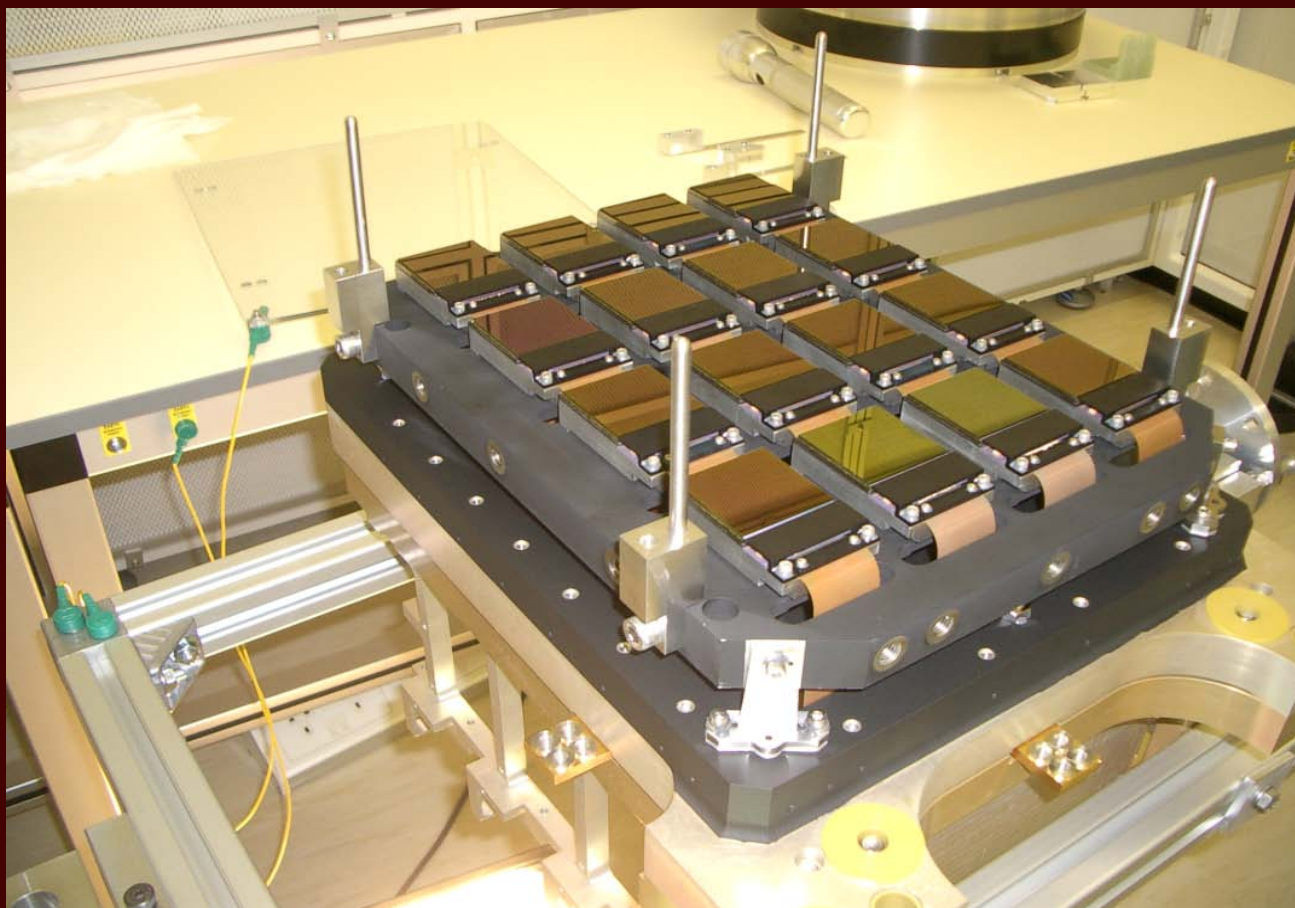
红外凝视成像  
成像光谱





美国Raytheon Vision Systems

## 超大规模碲镉汞红外焦平面



**16个  $2k \times 2k$  FPAs mounted and aligned to a common image plane for the European Southern Observatory infrared instrument.**





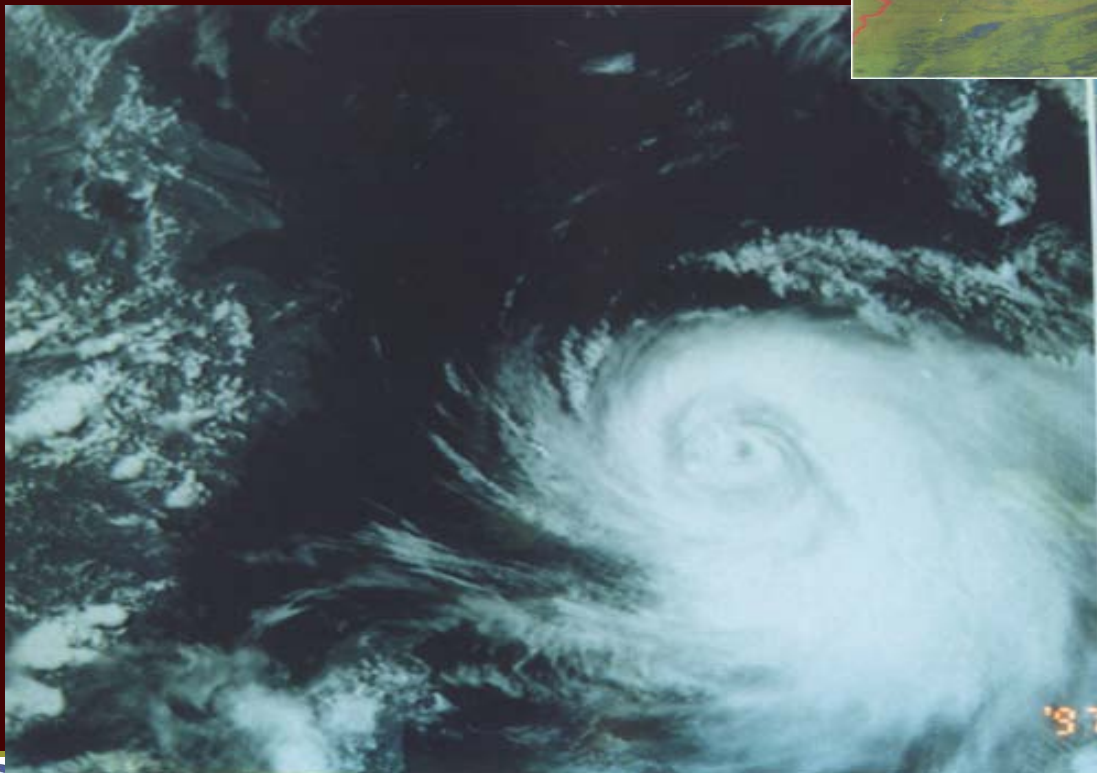
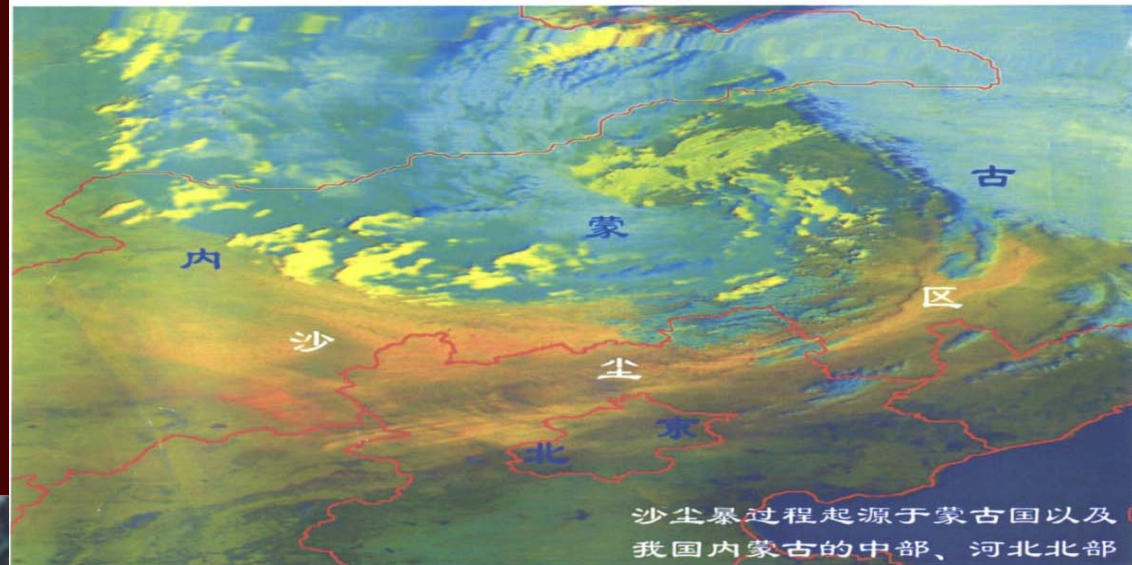
# 城市灾害





# 风云一号卫星图像

(2000年4月6日 08时)



多色

## 碲镉汞红外多色器件和材料



多色焦平面探测器，使用单一集成化的芯片，实现对多个波段上的光谱进行同时探测

法国LETI中短波 $256 \times 256$ 双色器件  
碲镉汞

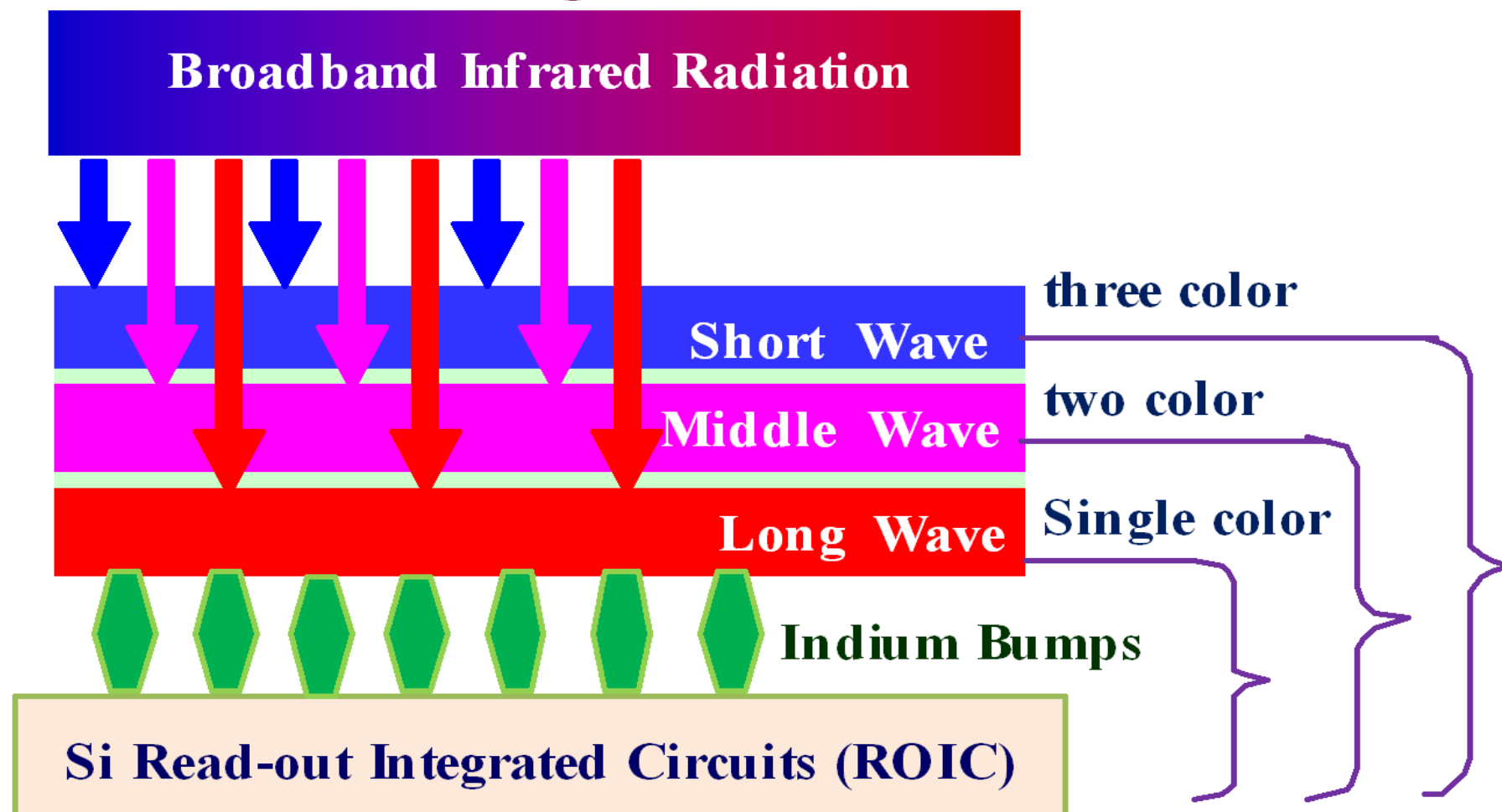
$\text{Si/ZnTe/CdZnTe/n-Hg}_{0.7}\text{Cd}_{0.3}\text{Te/p-Hg}_{0.6}\text{Cd}_{0.4}\text{Te/n-Hg}_{0.8}\text{Cd}_{0.2}\text{Te}$





# two or three color detectors

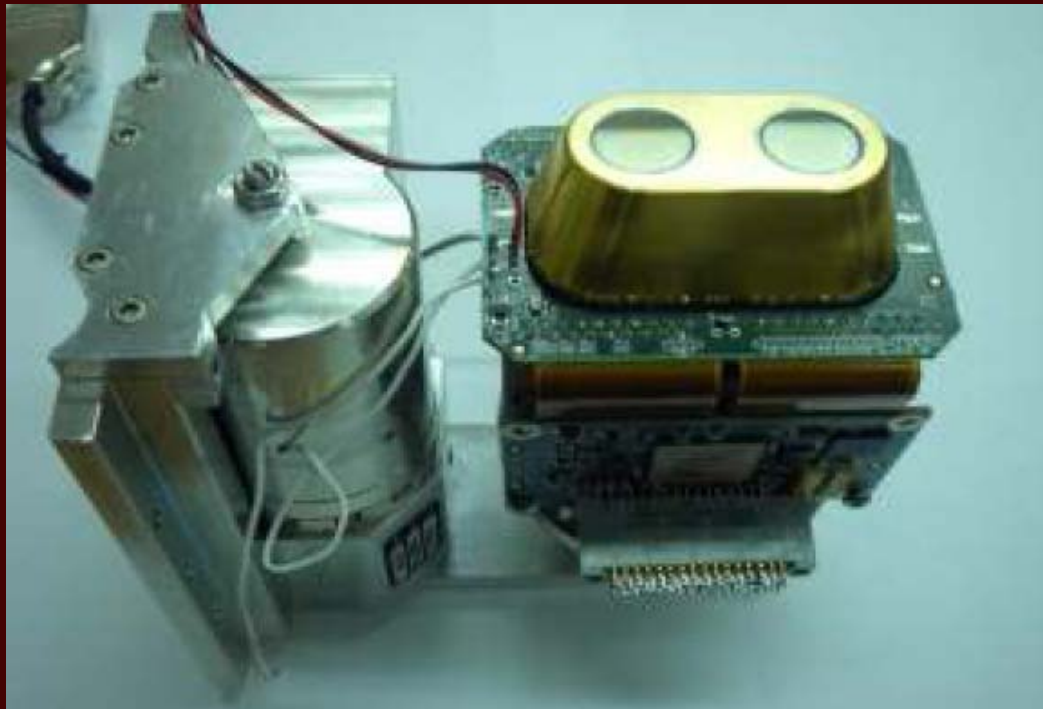
## Schematic Diagram of IRFPAs Detector







# The benefits of integrated two-color imager



**Two  $480 \times 384$  IRFPAs**

**$1280 \times 720$  two color**

**Two color imager**

**Separate integration**

**single integrated device**

**volume, cost, reliability; simultaneous**



在多频谱信息融合技术方面，发展固态红外/可见光/紫外焦平面成像传感器，用于多波段、多光谱的辐射测量。



(a) LWIR



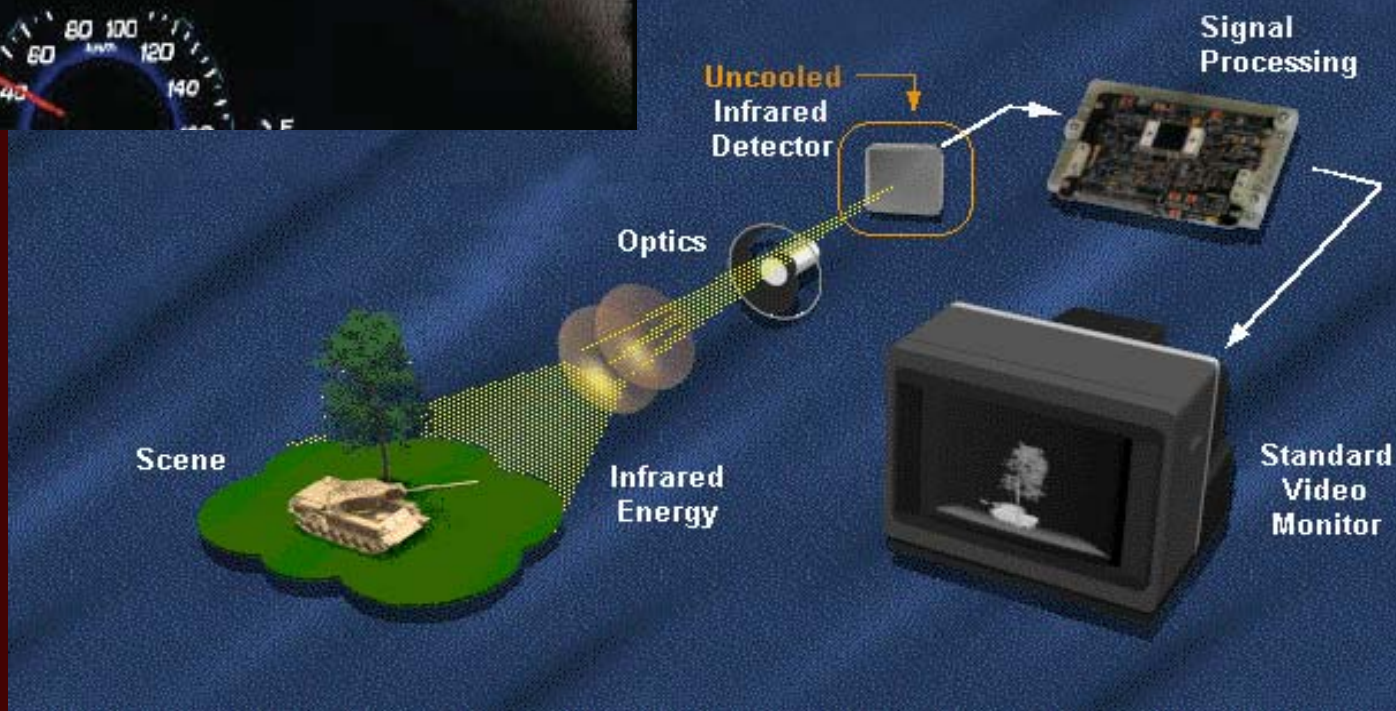
(b) MWIR

RVS公司规模为 $1280 \times 720$ 双色焦平面探测器的  
LWIR/MWIR成像



提高工作温度

## 非制冷红外探测器







# 美国陆军正在使用的铁电热像仪

## 驾驶员视觉增强器 (DVE)



Enhanced Vision  
Camera Core



M1A1主战坦克



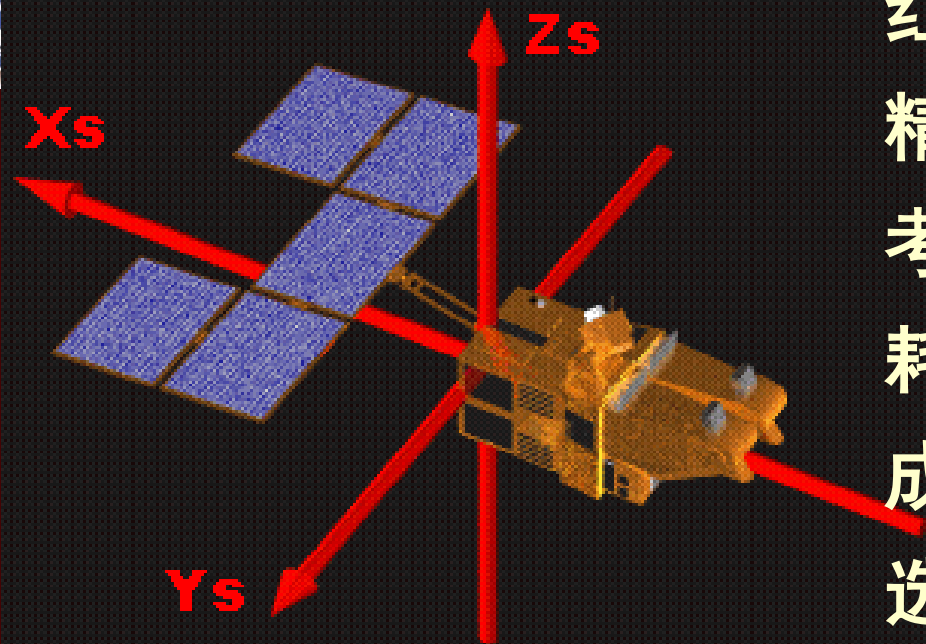
搜救艇



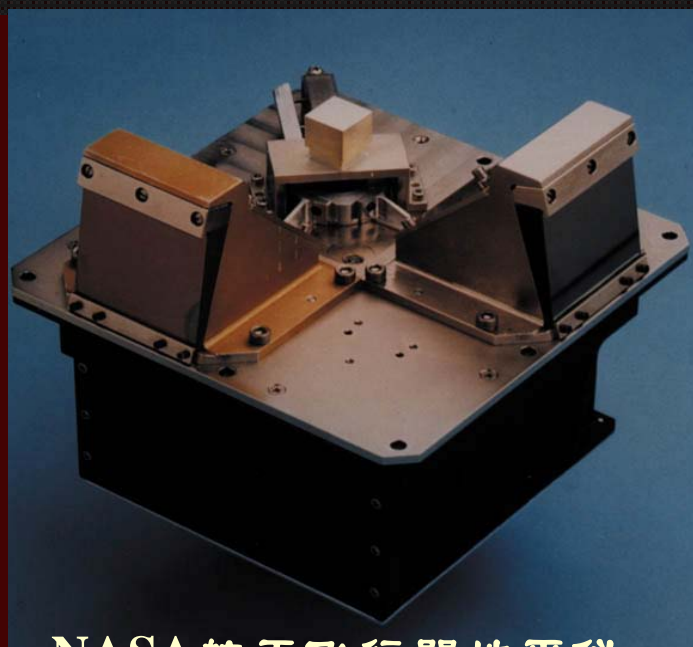
悍马

DVE采用BST  $320 \times 240$ 焦平面探测器





红外地平仪是空间飞行器姿态精确控制的重要部件。  
考虑到空间载荷轻量化、低功耗的要求，非制冷红外探测器成为研制红外地平仪系统的首选。



NASA 航天飞行器地平仪

National Laboratory for Infrared Physics



NASA 专用卫星地球辐射收支观测系统

红外物理国家重点实验室

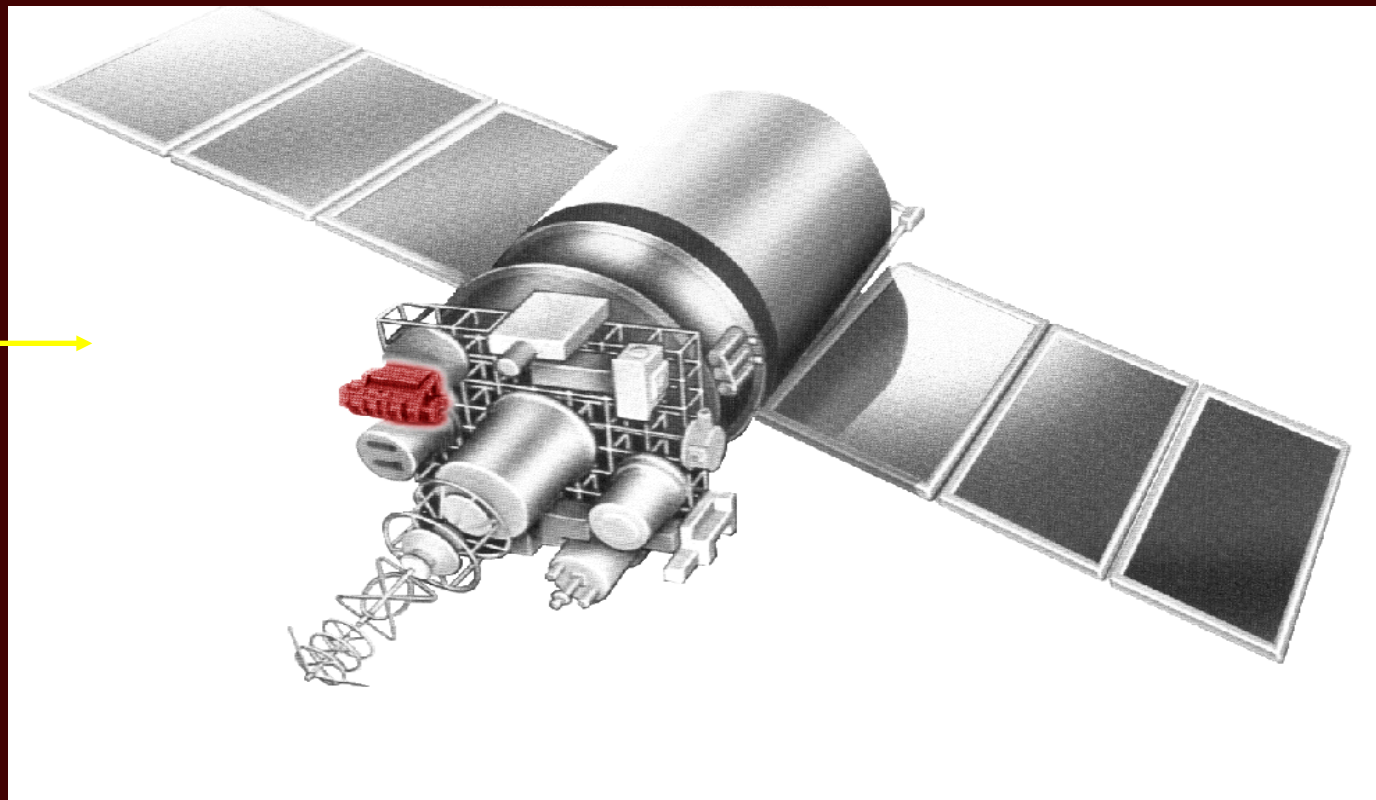
中国科学院上海技术物理研究所





## 热释电红外探测器还应用于地球辐射收支观察

ScaRaB →



**ScaRaB, serves in 1994, combined project by Russia and EU**

# 欧盟、俄罗斯用于地球辐射收支观测系统

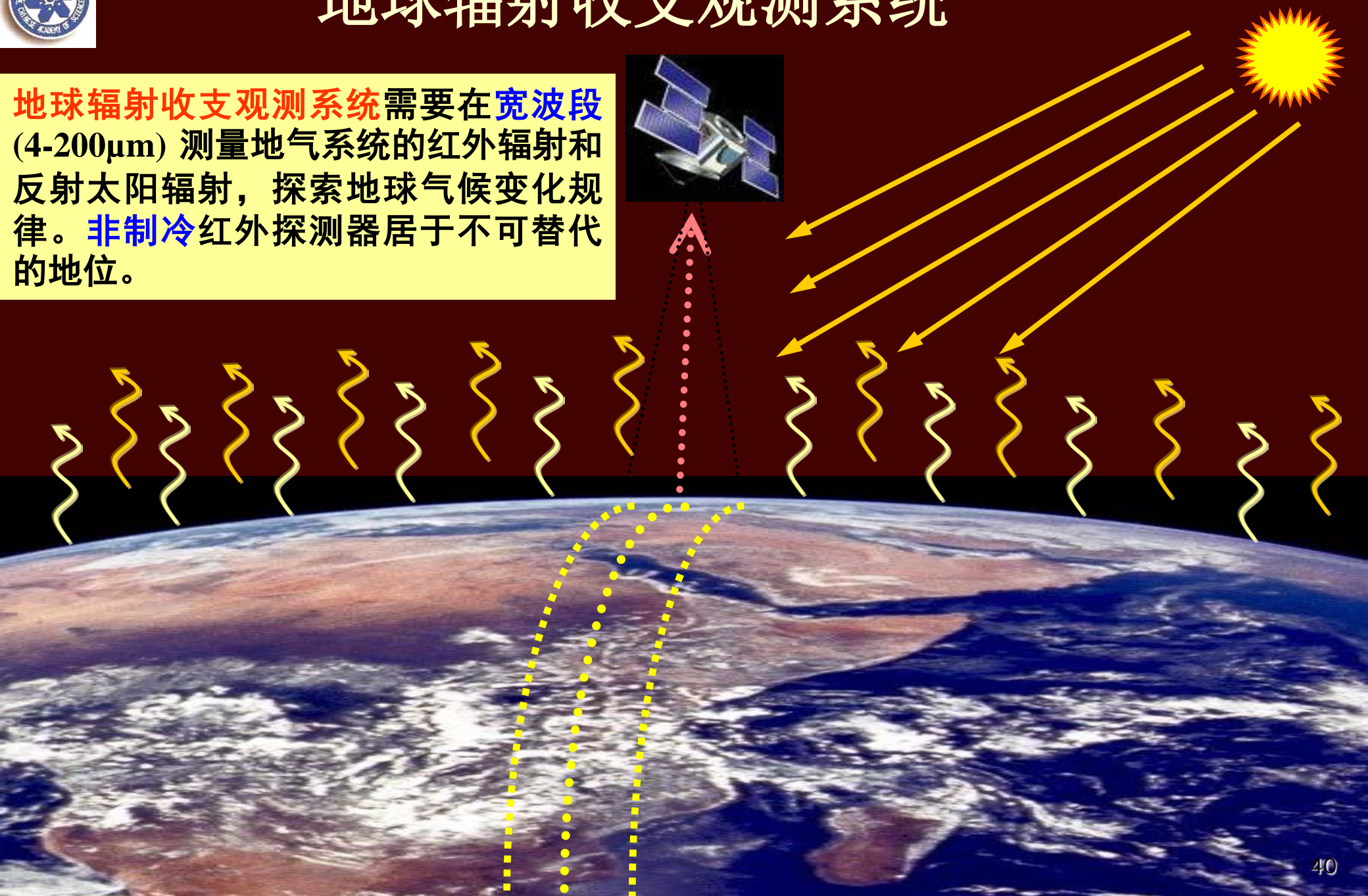






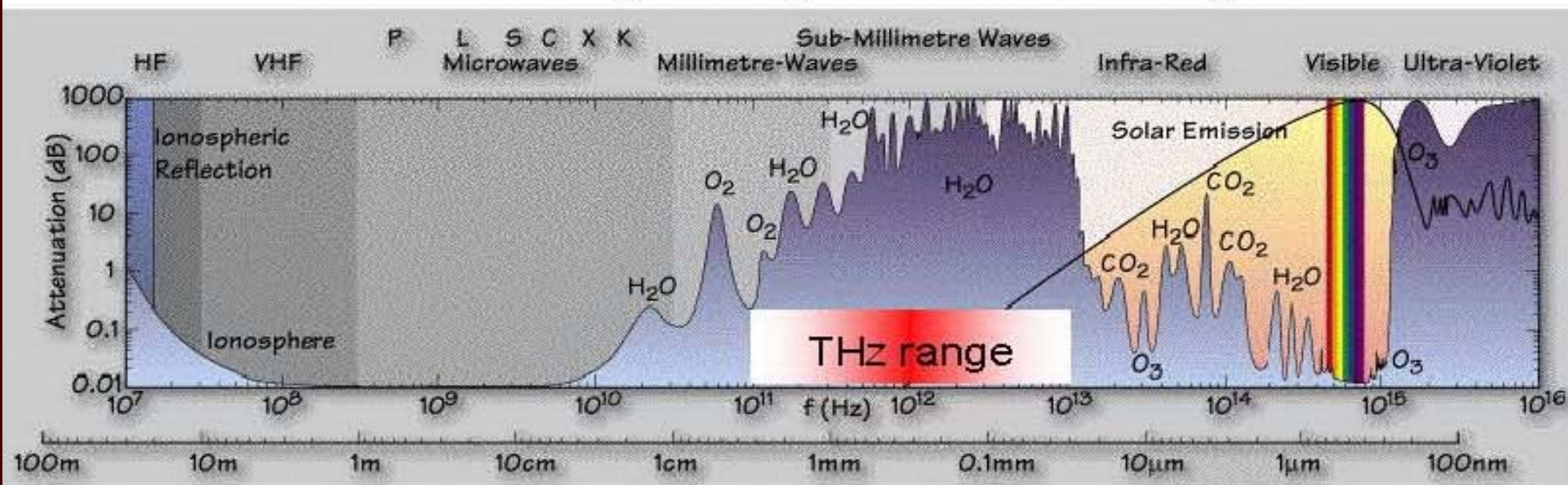
# 地球辐射收支观测系统

地球辐射收支观测系统需要在宽波段(4-200 $\mu\text{m}$ )测量地气系统的红外辐射和反射太阳辐射，探索地球气候变化规律。非制冷红外探测器居于不可替代的地位。





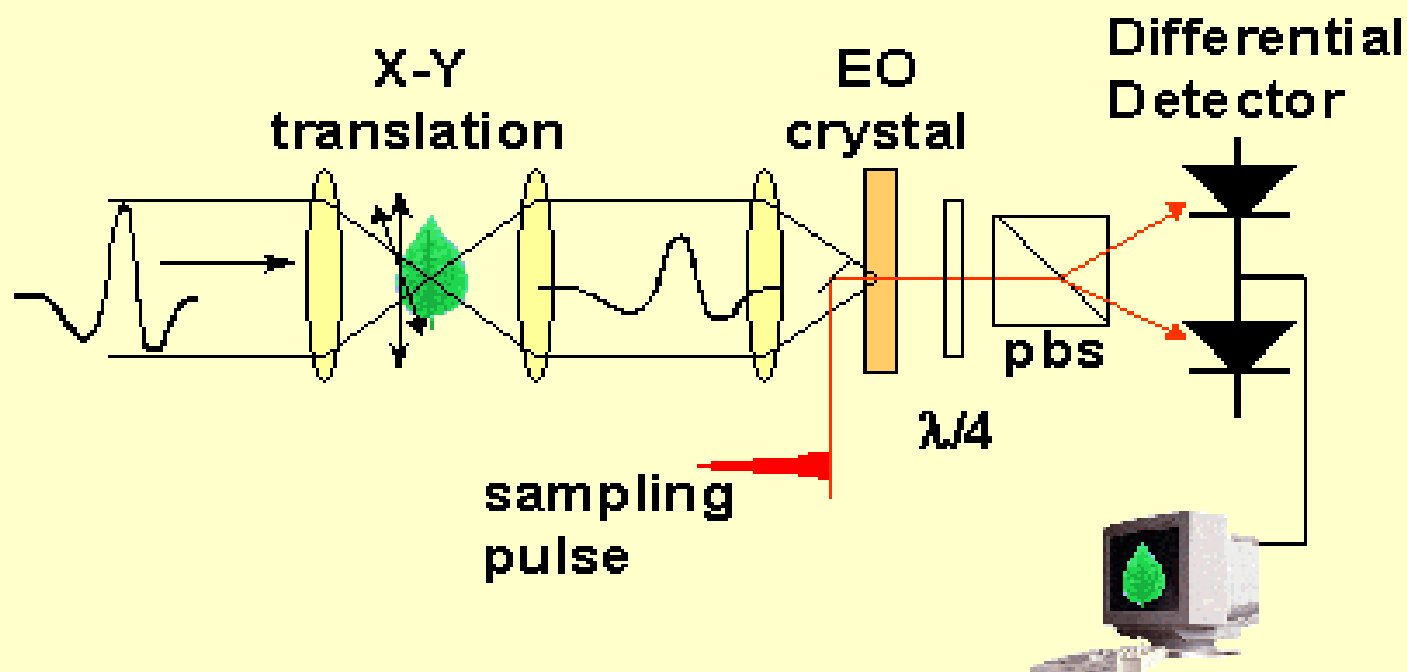
### Attenuation (dB/km) versus Wavelength



- High Water Absorption
- Lack of Database in Biomedical Field
- Limited Acquisition Speed
- Lack of Real Time Signal Processing
- 3D Reconstruction
- Low Spatial Resolution
- Low Signal to Noise Ratio
- Irregularity of the Objects
- Size of THz Beam
- Scattering of Materials
- Cost

# Applications of THz radiation

- Imaging:



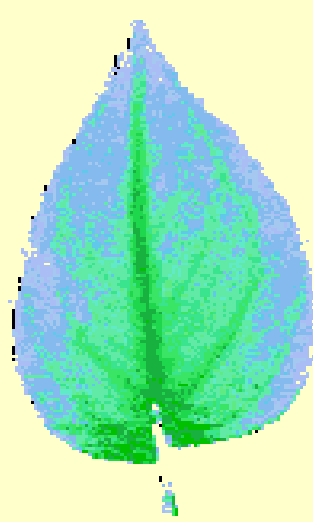
# Applications of THz radiation

- Imaging:

Water content of leaf



New leaf



Same leaf two  
days later



Image by Nuss and co-workers at Bell labs. Lucent, Technologies

See: <http://www.att.com/press/0595/950525.bla.html>



# T-Rays Show Their "See Through" Ability

"New Focus" in Science, 8/2/2002

STAR TIGER



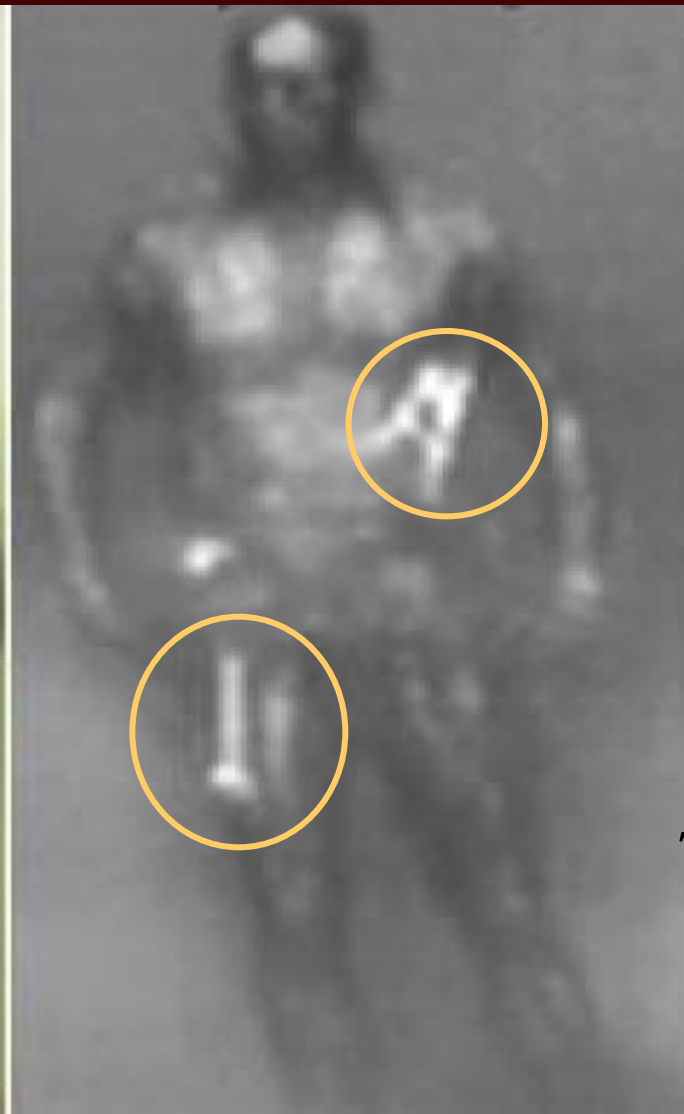


扩充工作波段

# 安全检查—THz波段光源与传感器



可见光图像



THz图像





## 远距离人体衣服内爆炸物检测（10米）







## 太赫兹成像

- ◆塑料、衣物、墙壁等穿透性，可以解决细菌邮件、包裹炸弹、路边炸弹、自杀式袭击等问题
- ◆爆炸物、生化武器、毒品、枪支刀具等指纹特征识别
- ◆由于太赫兹波波长相对更短，天线的尺寸可以做得更小，便于单兵背负甚至嵌入头盔
- ◆低能性，光子能量约为可见光的 $1/40$ ，能量效率高，隐蔽性更好





# THz 波的应用

## 医学二维成像

## 光谱 (气体探测)

## 食品检测

## 水分

## 火焰光谱

## 雷达建模

## 安全 (爆炸物探测)

## 基础研究





# 新概念器件

光场耦合器件

波段转换器件

量子增强器件







# 三、传感器与智慧城市

如何建设一个绿色、低碳、智能的城市

2008—11 IBM Samuel Palmisano 彭明盛  
纽约对外关系理事会报告  
“智慧地球—下一代领导人议程”

智慧地球=互联网+物联网(The Internet of things)





## 温总理（2009年11月无锡）：感知中国



把所有物品通过  
信息传感设备与  
互联网连接起来  
进行智能化识别  
和管理





到2025年，全球37个城市人口超过千万的，其中亚洲就占22个。  
拥有汽车的人口增加60%。  
用水量是供应量的140%。  
消耗的能源占全球三分之二，。

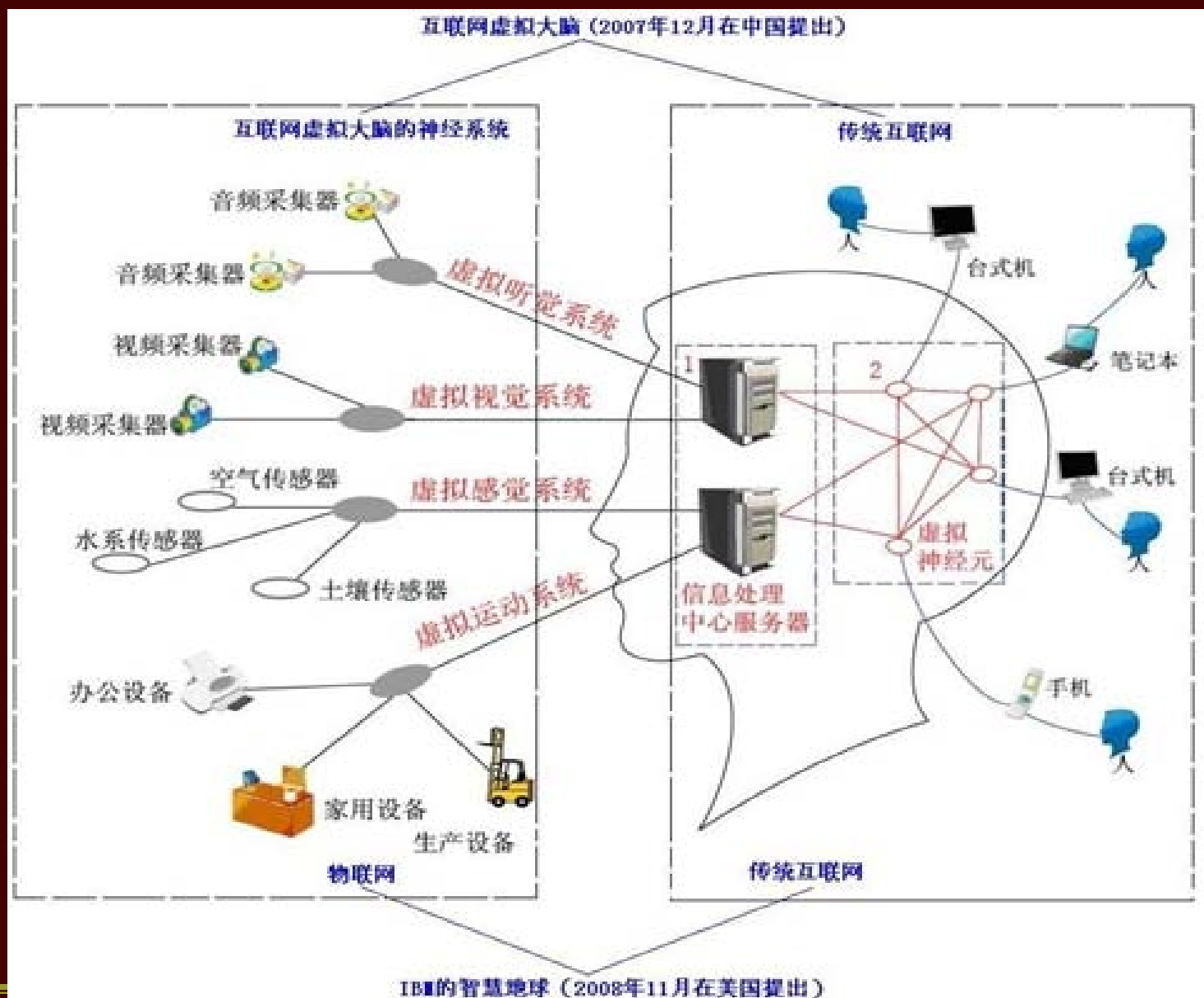
物联网让城市“更聪明”、降低成本、提高效率，带动地方经济







# 智慧地球（城市）=互联网+物联网+模型





## 智慧的金融和保险 >

即使是十年前设计和部署的最先进系统也已不能适应目前的现实。当前美国次贷危机的部分原因就在于……

## 智慧的食品 >

单是在美国，食品商和消费者每年浪费食品价值就高达 400 亿美元……

## 智慧的医疗保健 >

在美国，据估计电子医疗记录每年可帮助防止 100,000 人因为医疗失误而死……

## 智慧的零售 >

消费品和零售行业由于供应链效率低下而造成的损失每年约为 400 亿美元，相当于其销售额的 3.5%……

## 智慧的城市 >

美国率先提出了国家信息基础设施和全球信息基础设施计划，随之欧盟又着力推进“信息社会”……

## 智慧的交通 >

仅洛杉矶市一个小商业区内，轿车在寻找停车位时的车程就相当于38次环球旅行的路程……

## 智慧的货运系统 >

在全球货运业，主观臆测式决策、超额存货和不得已的价格减让都是难以消除的痼疾……

## 智慧的水系统 >

在未来 25 年内对全球的城市供水、供电和交通系统进行现代化，需要投入 41 万亿美元……

## 智慧的能源 >

目前世界上现有油井的产量仅占可采储量的 20-30%。钻一口新井花费巨大，但其实如果我们能够适当提升已有油井的生产力，其增加的总和也会给生产商带来巨大利润并使消费者获得油价降低的好处……



### 导语

在持续了两年的“创新”之后，IBM提出了让业界再次眼前一亮的理念——“智慧的地球”，这一理念不仅让大家感觉更加贴近我们的工作、生活，同时也更容易让人理解……[\[详细内容\]](#)





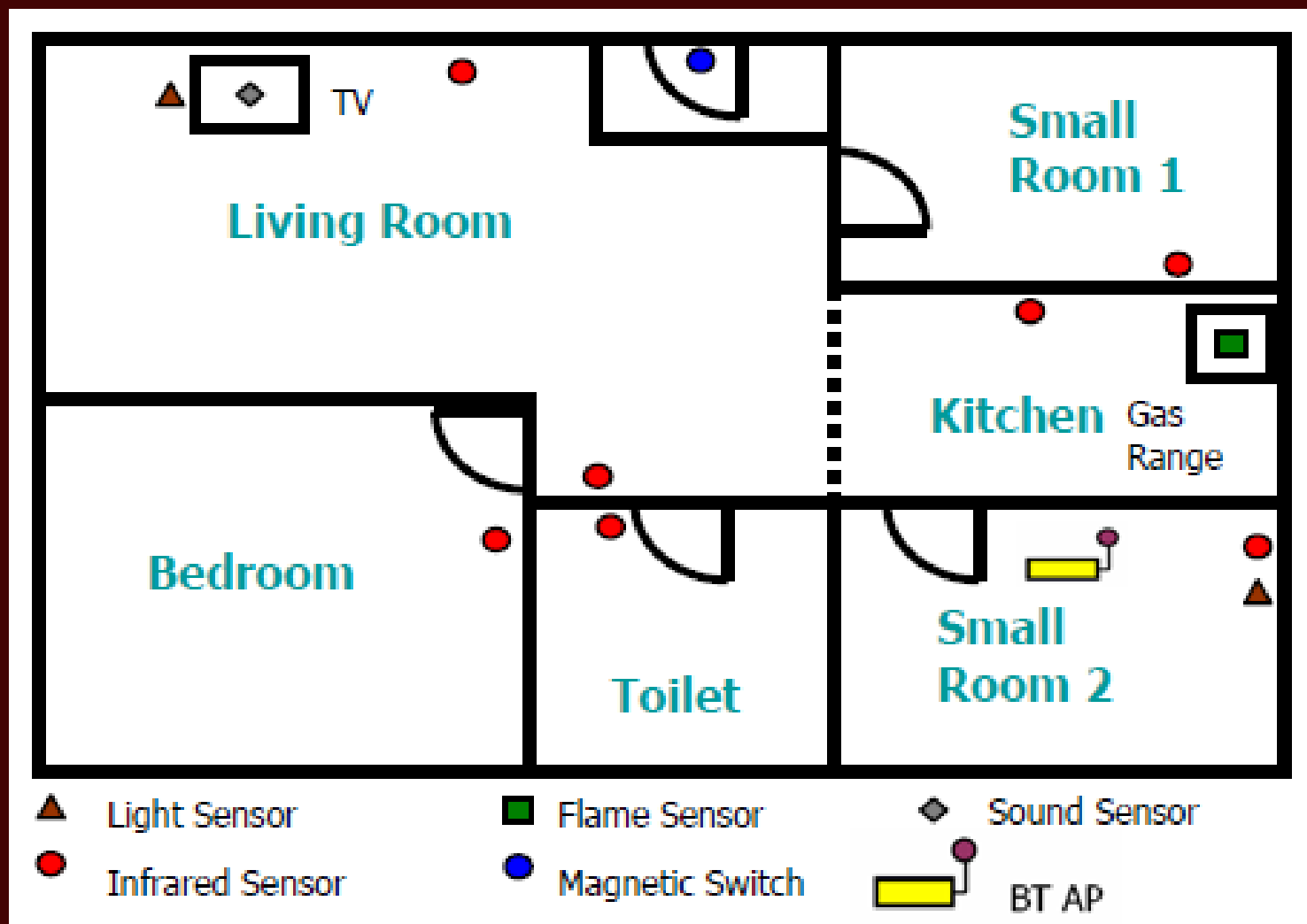


- 智能家居
- 自动完成温度、湿度、亮度调节
- 实现家庭安保、娱乐、远程控制等功能





# 未来物联网体系



各种传感器用于监看老人、小孩家庭活动







# 现代传感技术

## 多传感多频谱及其融合和集成传感技术

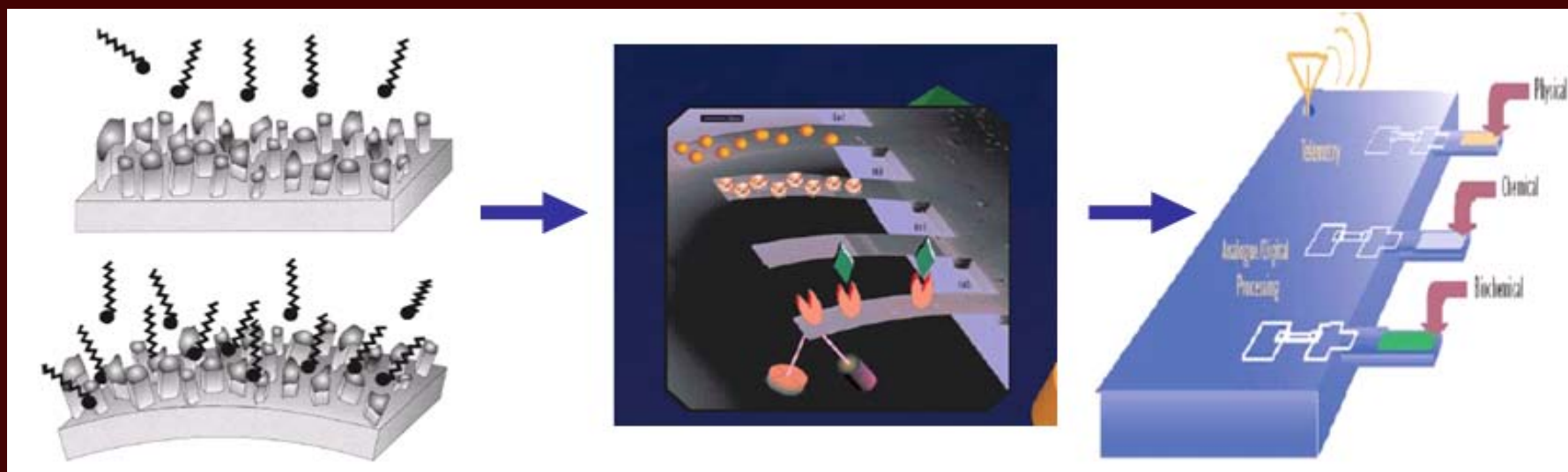
发展多种种类信息传感器，包括红外、紫外、 $x$ 光、 $\gamma$ 射线、压力、振动、声响、电磁、化学、生物、单光子等传感器，同时发展多频谱范围的传感技术。发展单细胞、单分子、单原子、单光子信息传感技术。





发展微小压力传感技术。采用高分辨能力的谐振式传感器机理，采用纳机电系统（NEMS）技术，研制对微观质量、力或角动量等敏感的传感器，可以获取单细胞、单分子、单原子级质量和力的信息。

采用MEMS微型化集成技术，将光谱气体分析仪等具有敏感检测功能的仪器系统制成器件大小的传感器样式，可以携带到很多场合检测。





2014年4月4日上午8时45分，浙江省宁波奉化市锦屏街道居敬小区29幢居民住宅楼西侧房子发生坍塌





**20/March/1995, Sarin accident  
at subway station of Tokyo**



**11/March/2004, Bomb at  
Madrid railway station,  
192 people died**



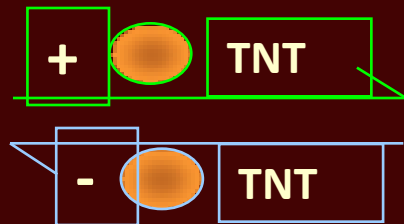
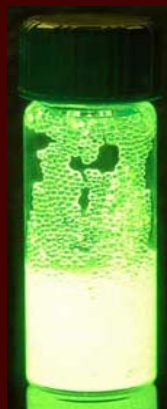




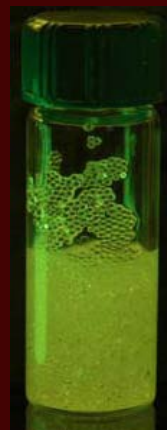
# 利用聚合物的荧光淬灭效应探测爆炸物

基于炸药分子对特定荧光聚合物的荧光淬灭效应，通过检测聚合物荧光的强度变化判断被检测样品中是否有炸药分子出现。

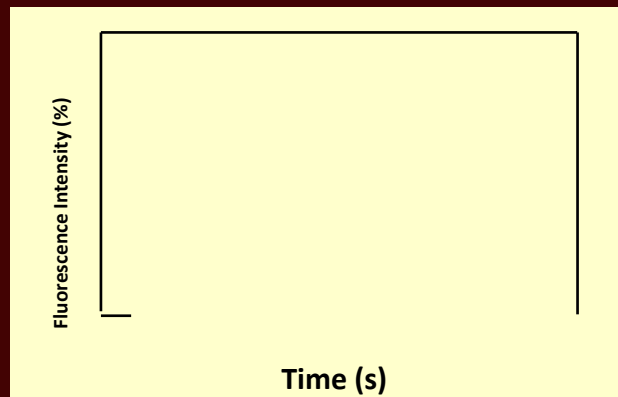
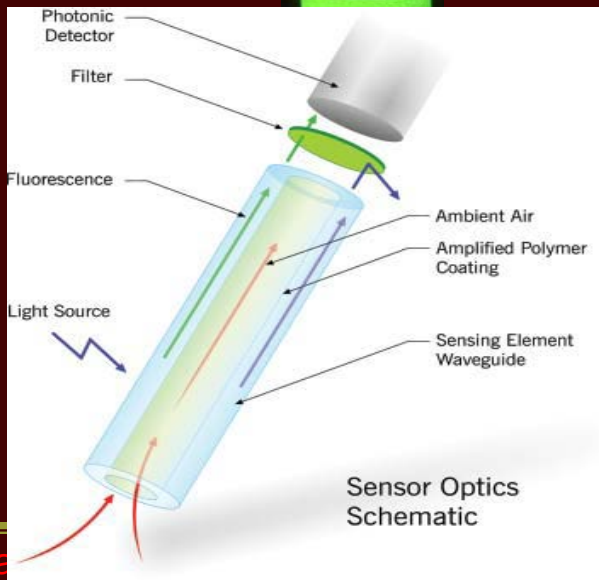
在无炸药分子的气氛中聚合物的荧光很强



在含有炸药分子的气氛中聚合物荧光被淬灭



传感器的结构示意图



引入和移去炸药蒸汽聚合物荧光强度的变化情况





# 中科院上海微系统所程建功课题组

## 研制的荧光聚合物炸药探测仪用于安全检查





# 传感器的分类

如探测气体等也是通过电、光等效应实现探测，严格的说属于传统探测器

传感器

化学传感器

传感器

传感器

光  
传感器

光波特征  
发射  
吸收  
反射

电  
传感器

电场特征  
电荷  
电流  
电势

磁  
传感器

磁场特征  
磁极化  
磁导率  
磁通量

热  
传感器

温度  
热容  
热导  
热流

声  
传感器

声波特征  
声波波普  
声波波矢

机械  
传感器

加速度  
力  
应力  
应变

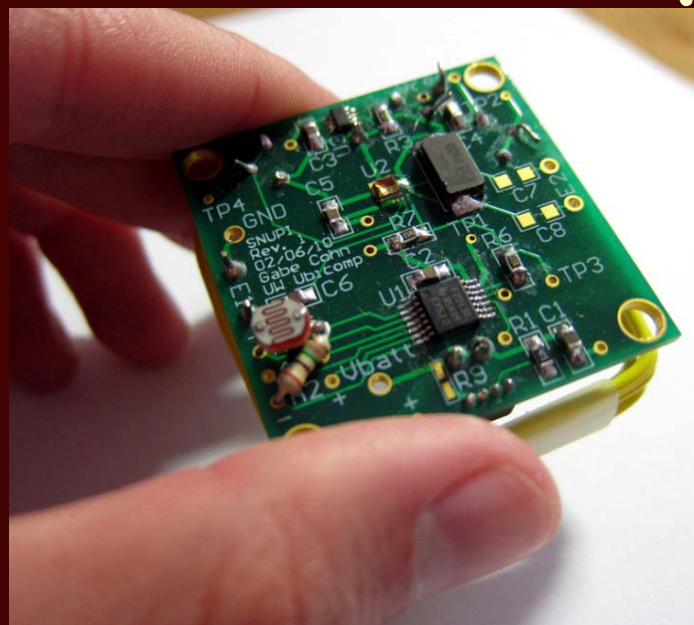






# 传感器的特征

- ◆ 任何一个传感器都是一个能量转换器（换能器）
- ◆ 传感器输出信号都是电信号（电压、电流等）
- ◆ 传感器必须嵌入到微处理、计算机系统



外界信号  
(电学或非电学)

传感器结构组成





# 发展高性能传感器

## 机器人应用



- 更低的成本；更快的速度
- 更高的集成度；更智能化的应用





# 未来发展趋势

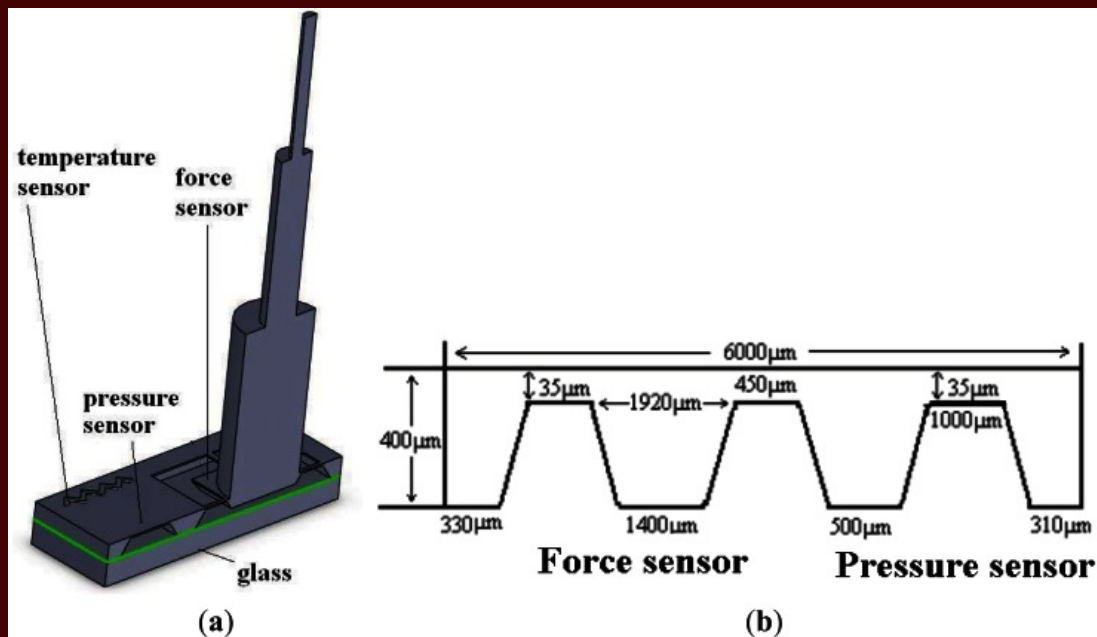
- 多功能集成化
- 无线通信化
- 柔性化、微型化
- 高灵敏、高速响应



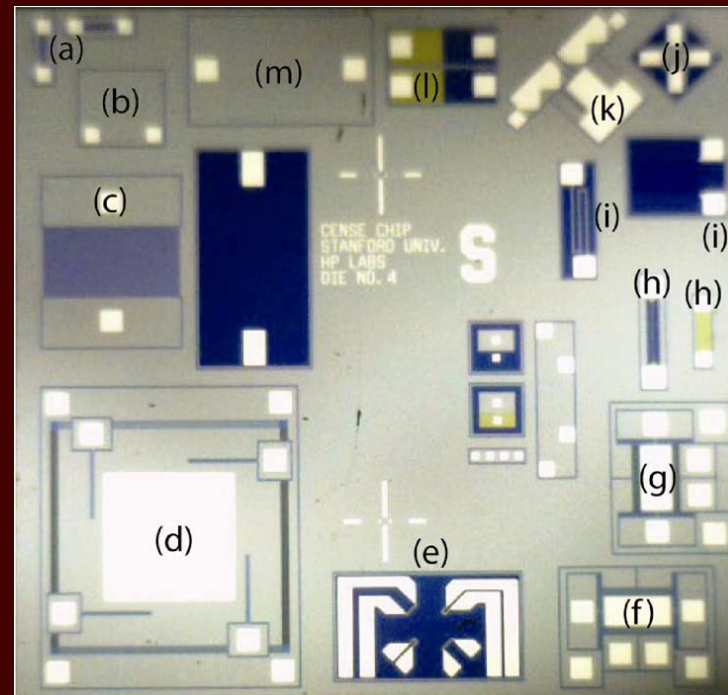


## 多功能集成化

集光、电、热、磁等传感器于一个芯片上，形成多功能化与智能化



温度、压力和力传感器



一个芯片上的10个传感器





## 柔性化与微型化



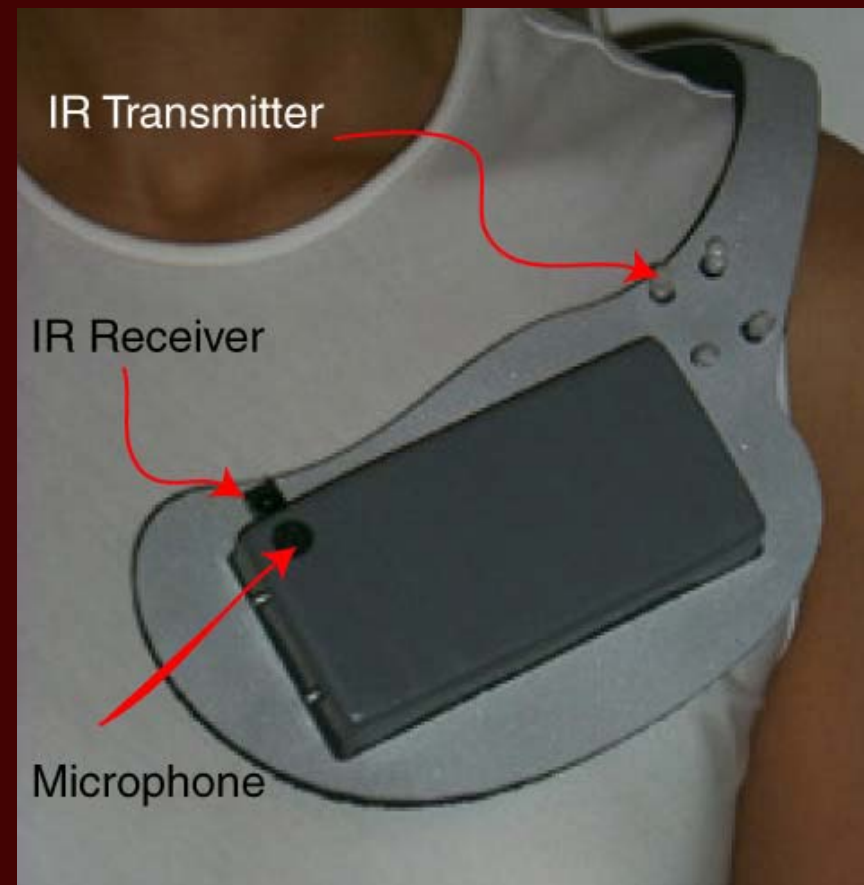
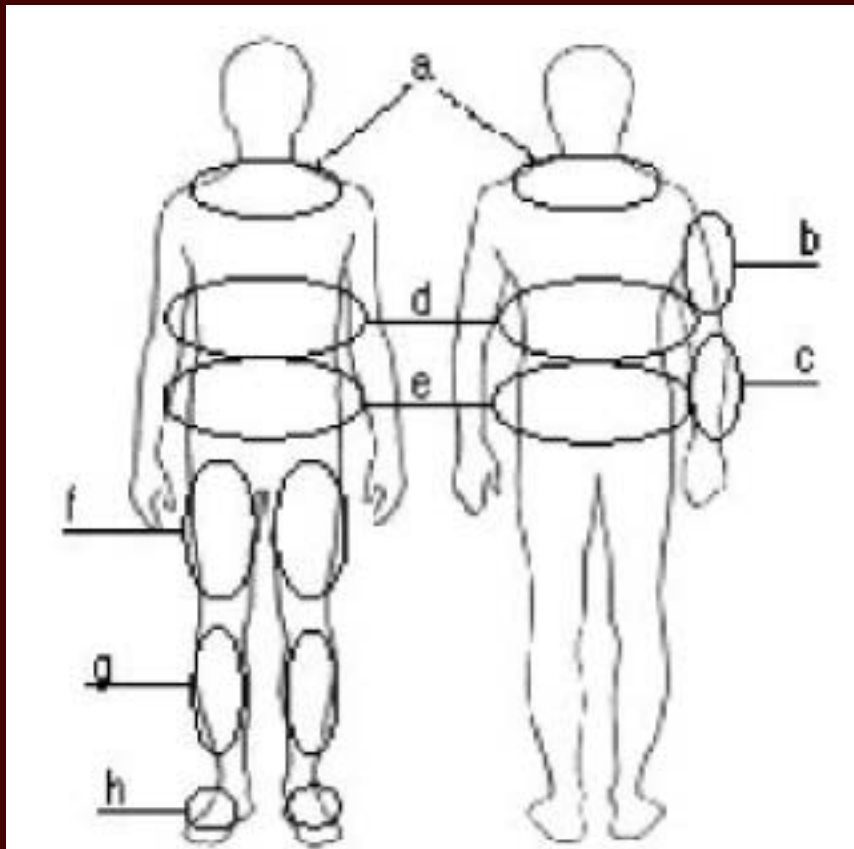
## 便携式传感器







# 柔性传感器可以衣服化





# “万亿传感器峰会 (TSensorsSummit)”

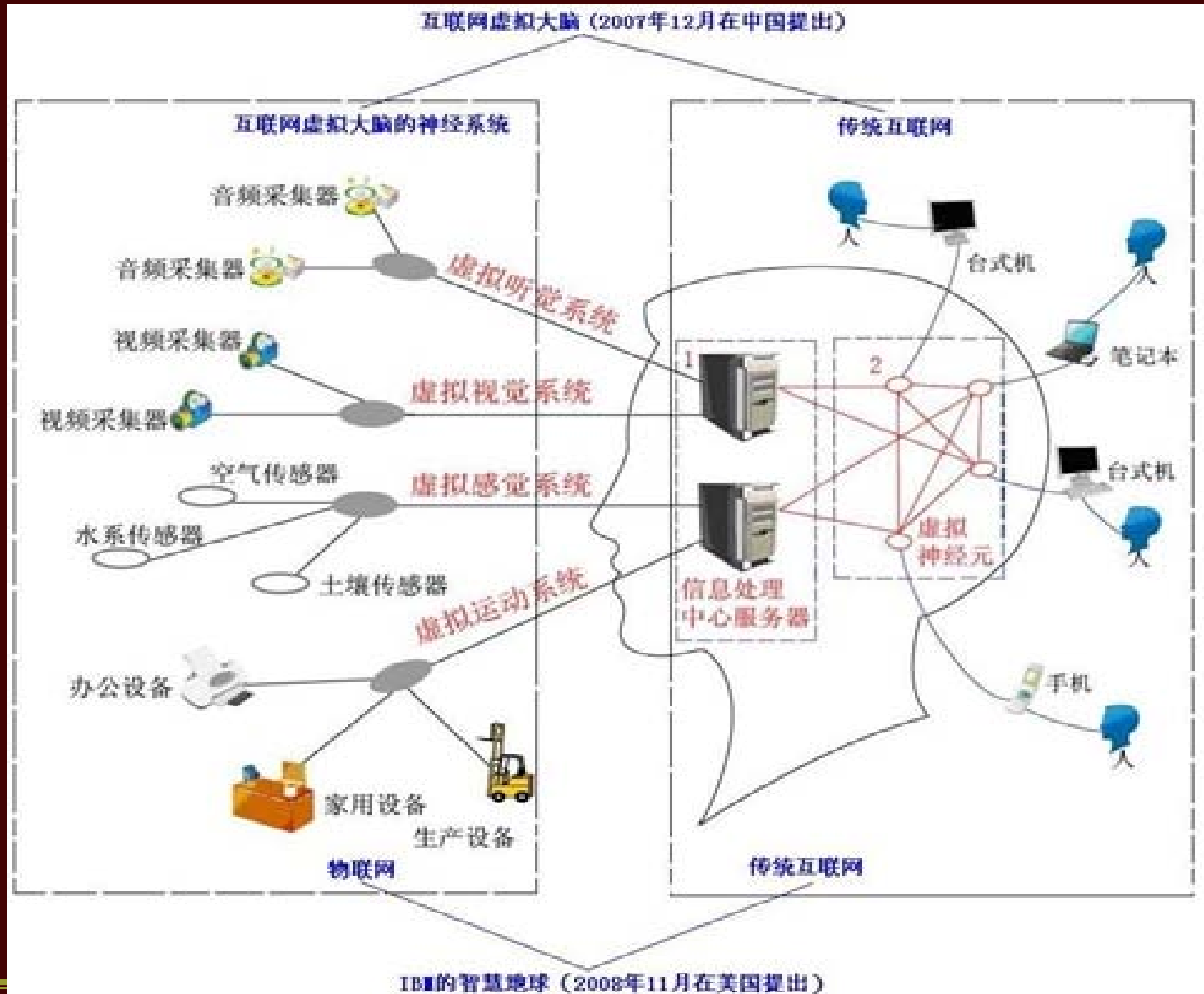


会议提出“万亿个传感器覆盖地球 (Trillion Sensors Universe)”计划





# 智慧地球（城市）=互联网+物联网+模型





# 新工业革命的特征与态势

- 信息时代特征深化发展
- 发现和发明多轨并行、交叉推动
- 信息技术和多领域技术深度融合发展
- 智能化分布式能源系统的广泛应用
- 智能化复杂体系(智慧地球) 建设
- 智能化制造和新材料技术发展
- 机器人将进入各个领域
- 信息技术本身与其他领域的发展







# 谢谢

