

### **III – Introdução à Engenharia de Sistemas para Visores Infravermelhos – Parte 3 – Detectores**

Eng. Thierry DUPOUX

Nesta apresentação são discutidos os seguintes tópicos:

- a – Óptica
- b – Detectores
- c – Imageamento no Infravermelho
- d – Módulo de detecção

#### **a – Óptica**

São discutidos os conceitos fundamentais da óptica destacando-se os conceitos de abertura numérica, campo e campo instantâneo quando aplicados a detectores pixelados. São discutidos também os coatings anti-refletores analisando-se rapidamente sua importância para a óptica do infravermelho e os conceitos físicos envolvidos.

Especificamente para a óptica do infravermelho são discutido os materiais disponíveis e suas características de transmitância quando aplicados a sistemas refrativos. São discutidos também as aberrações óptica e suas correções. É destacada a importância dos sistemas ópticos refletivos .

É destacada a importância da análise dos aspectos de difração nos sistemas ópticos para o infravermelho enfatizando-se o conceito de disco de Airy e sua correlação com o tamanho dos pixels do detector. São apresentados exemplos de sistemas ópticos para o infravermelho.

#### **b – Detectores**

Em 42 slides é feita uma ampla discussão dos detectores aplicáveis ao infravermelho destacando-se os seguintes pontos:

- 1 – Detectores, conceito de pixel, exemplos
- 2 – Conceito de ROIC
- 3 - Condições de utilização e as características das gerações
- 4 – Detectores de 3ª. geração (FPA)
- 5 – Princípios gerais dos detectores quânticos e os térmicos
- 6 – Características dos detectores quânticos e térmicos
- 7 – Resposta espectral e resposta espacial

- 8 – Conceito de ruído nos detectores
- 9 – Conceito de NEP (Noise Equivalent Power)
- 10 – Conceito de filtragem
- 11 – Conceitos de Detectividade e Detectividade específica
- 12 – Principais grandezas de um detector
- 13 – Resposta espectral teórica de um detector infravermelho
- 14 – Detectores refrigerados: conceitos, tecnologias e estado da arte.
- 15 – Detectividade dos detectores refrigerados
- 16 – Comparação entre detectores InSb e HgCd
- 17 – Detectores não refrigerados: conceitos, tecnologias e estado da arte.
- 18 – Microbolômetros de silício amorfo e Vox
- 19 – Ruído nos detectores quânticos
- 20 – Ruído em detectores térmicos
- 21 – Ruído em circuitos de leitura (ROIC)

### **c – Imageamento no Infravermelho**

Inicialmente são discutidos os conceitos de NETD (Noise Equivalent Temperature Difference), corpo negro e mira de contraste térmico e fluxo de energia sobre o detector. É apresentado um cálculo simplificado para o NETD.

A seguir são apresentados os “Critérios de Johnson” e discutido o conceito de ciclos com apresentação de exemplo prático de aplicação dos critérios de Johnson. São discutidos também os conceitos de frequência espacial e amostragem com introdução do conceito de “Taxa de Nyquist”

São apresentados os conceitos de MRTD ( Minimum Resolvable Temperatura Difference) e MTF (Modulation Transfer Function) aplicados a sistemas ópticos e optrônicos . São analisados os aspectos atinentes à transmissão do infravermelho pela atmosfera com introdução do conceito de “Contraste Aparente”.

São apresentadas fórmulas para o cálculo da MRTD e MTF conforme a norma STANAG 4350 e cálculo do alcance para detecção, reconhecimento e identificação. São apresentados também os procedimentos da STANAG 4347 para determinação da performance.

#### **d – Módulo de Detecção**

É introduzido o conceito de módulo de detecção e discutidas a necessidade de refrigeração e os problemas de integração e criogenia. É apresentado o mecanismo de refrigeração baseado em compressor Stirling, o criostato e a integração do módulo.