

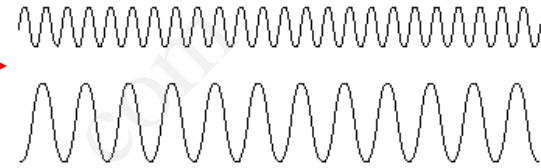


Xử lý ảnh

Xử lý trong miền tần số

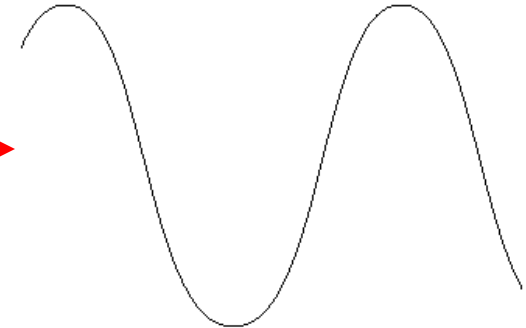
Các tần số trong 1 tín hiệu

Tín hiệu tần số cao



...

Tín hiệu tần số thấp



*Tổng của tất cả
các tín hiệu phía
trên*

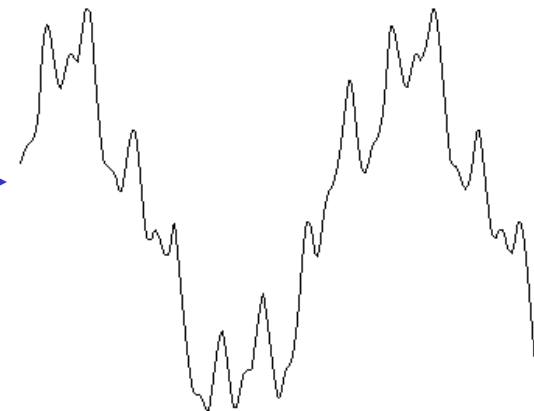
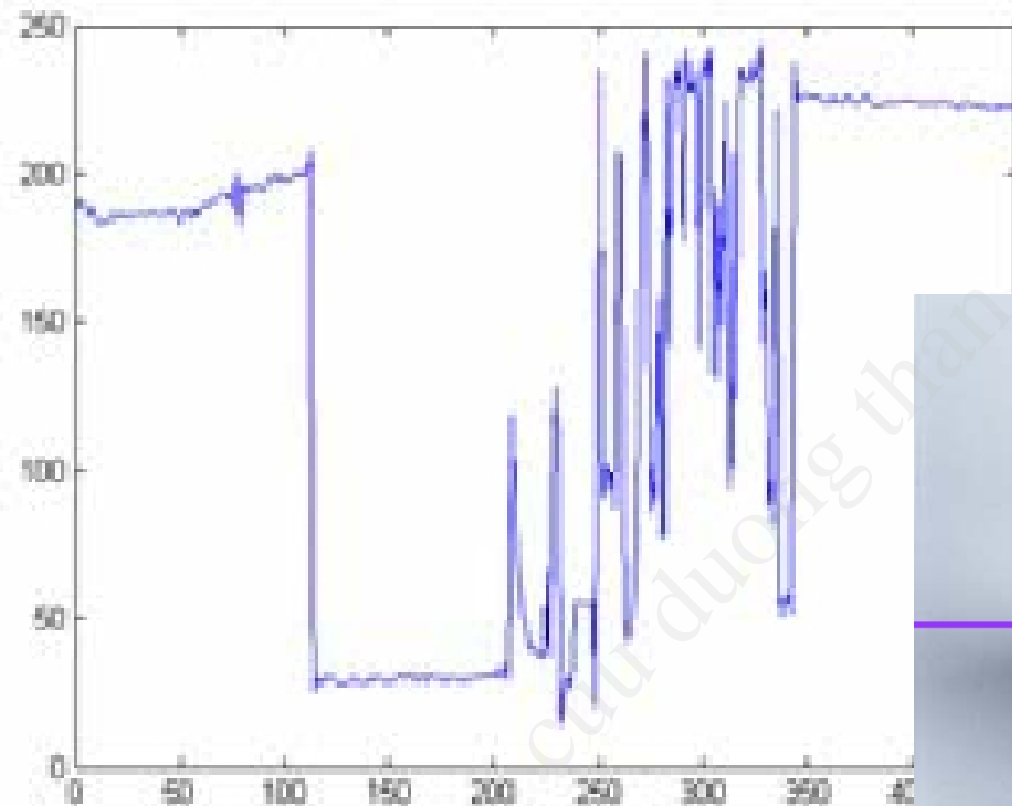


FIGURE 4.1 The function at the bottom is the sum of the four functions above it.

Source : Gonzalez and Woods. Digital Image Processing. Prentice-Hall, 2002. ; could be represented as a weighted sum

Tần số trên ảnh



Tần số trên ảnh

- Tần số trên ảnh là gì ?
 - Tần số = thay đổi cường độ sáng
 - Tần số thấp: vùng đồng nhất, mờ
 - Tần số cao: cạnh, sự thay đổi đột ngột cường độ sáng, nhiều

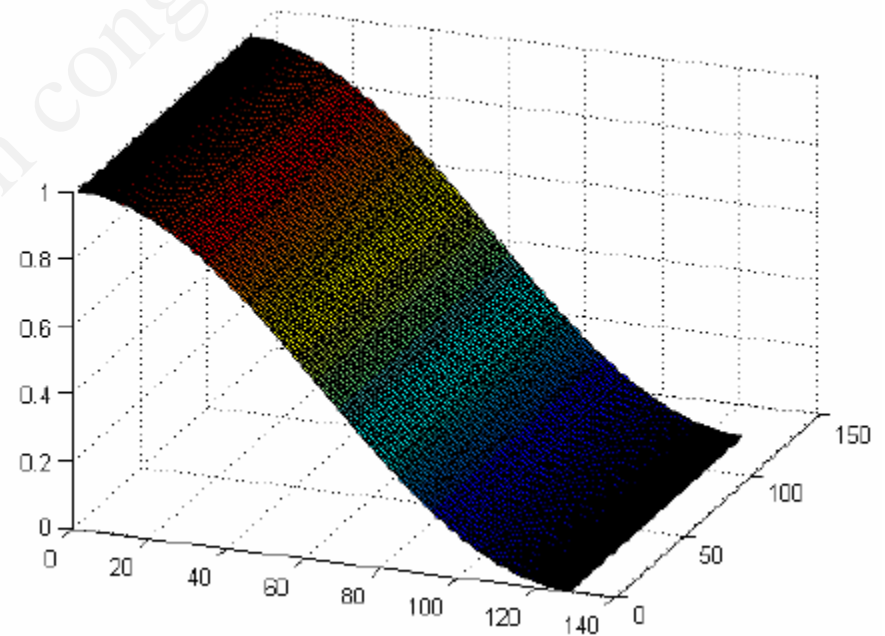
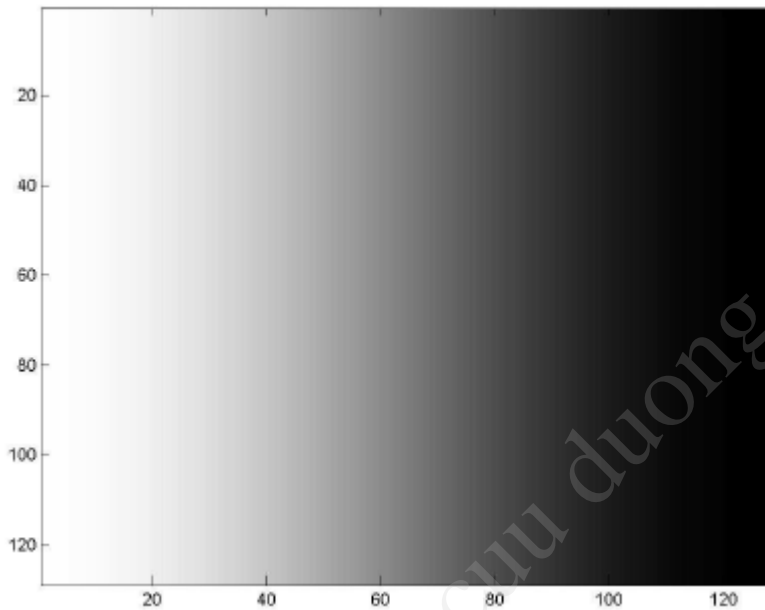


Tần số cao

Tần số thấp

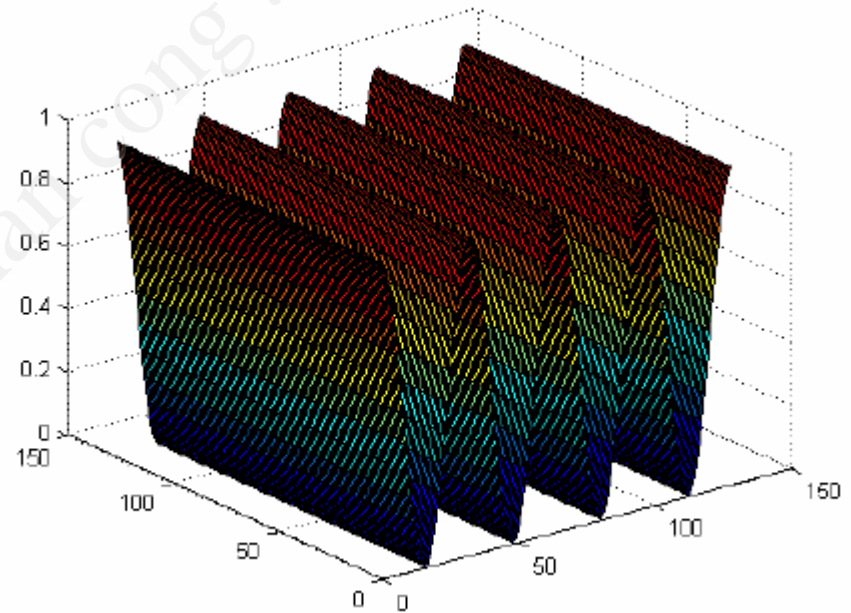
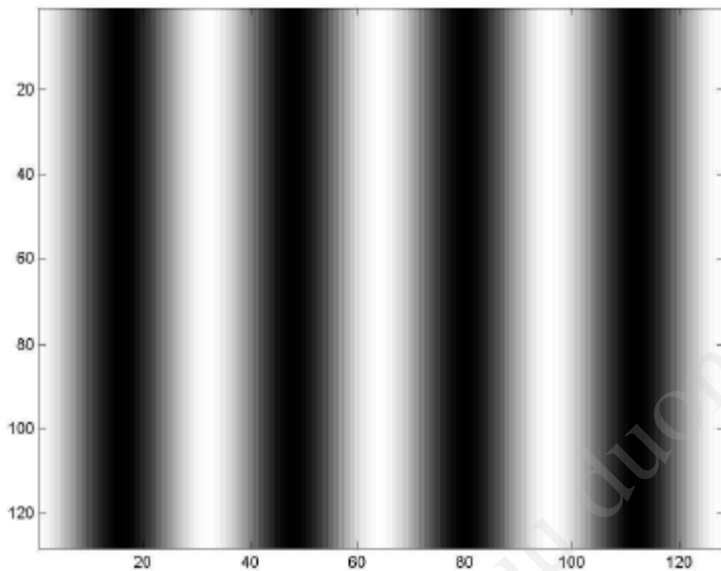
*Phần lớn « năng lượng »
của ảnh tập trung ở miền
tần số thấp*

Tần số thấp



Tần số thấp tương ứng với sự thay đổi chậm của cường độ sáng

Tần số cao



Tần số cao tương ứng với vùng có sự thay đổi nhanh về cường độ sáng



Phân tích phổ ảnh

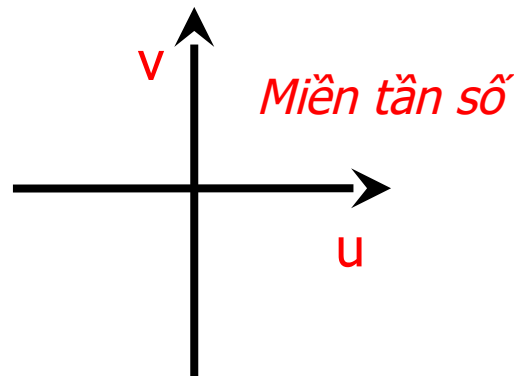
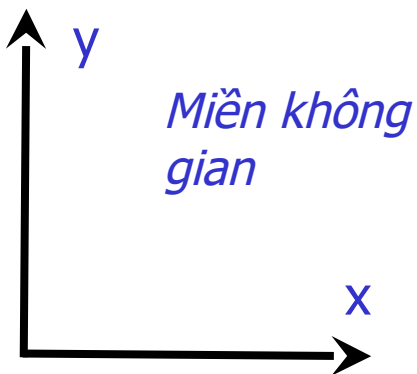
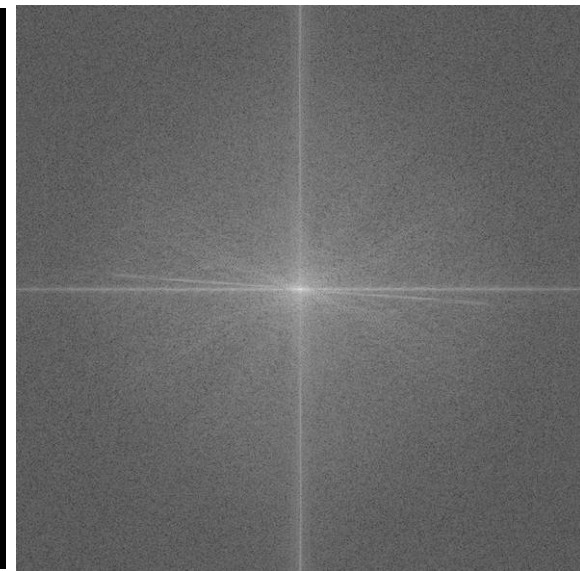
- Ảnh trước hết là 1 tín hiệu trực quan (visual signal)
 - *Giống như âm thanh là tín hiệu âm (audio signal)*
- Chúng ta có thể phân tích các tần số của tín hiệu này
- Để phân tích các tần số này, chúng ta tạo 1 « ảnh » mới có chứa tất cả các tần số của ảnh
 - Giống như đồ họa tần số 2D
 - Công cụ : biến đổi Fourier (**Fourier Transform**)
- Khi làm việc với các tần số của ảnh, chúng ta nói đến **miền tần số (frequency domain)**, đối ngược với **miền không gian (spatial domain)** (image)

Biến đổi Fourier (Fourier Transform - FT)

Ảnh nguồn

Phổ Fourier (Fourier spectrum)
 $|F(u,v)|$

Enhanced spectrum
 $\log(1 + |F(u,v)|)$





Ý nghĩa biểu diễn 2D FT

- **Tần số cao** : phía các biên, xa tâm FT
- **Tần số thấp** : gần tâm FT
- **Continuous component (DC)**: tâm của ảnh (0,0)
 - *frequency zero = trung bình cường độ sáng của tất cả các điểm ảnh*



Biến đổi sử dụng số phức (optional)

- Biến đổi Fourier : số thực \Rightarrow số phức : phần thực + phần ảo
 - **Input:** image
 - **Output:** image(real part) + image(imaginary part)

- Nhắc lại về định nghĩa số thực:

$$z = x + iy \quad \text{where} \quad i = \sqrt{-1}$$

- Thường sử dụng độ lớn của số phức ở kết quả đầu ra để hiển thị:

$$\text{Magnitude} = |F(u, v)| = \sqrt{\text{Real}^2 + \text{Imag}^2}$$



Cài đặt biến đổi Fourier

- Thuật toán nổi tiếng và phổ biến nhất được dùng : FFT
 - FFT = Fast Fourier Transform
- 2 phương án cài đặt tốt của FFT có thể tìm thấy tại « Numerical Recipies » and « FFTW »
 - www.nr.com, chapter 12
 - www.fftw.org
- Biến đổi Fourier, FFT được cài đặt trong hầu hết các thư viện hỗ trợ xử lý ảnh

Biến đổi Fourier



*Source image
(gray levels)*

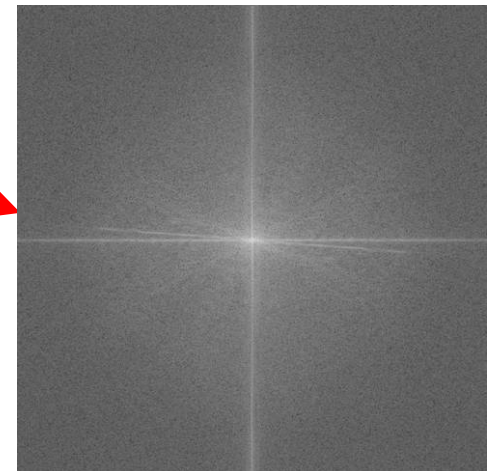
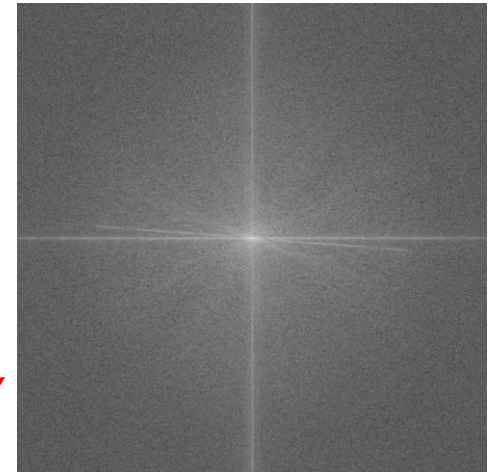
Pre-processing



*Scaling images to
have X and Y sizes as
power of 2 (filling
with zeros).*

FFT

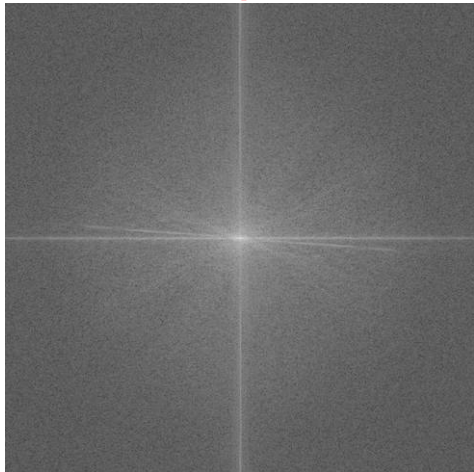
FFT real part



FFT imaginary part

Biến đổi Fourier ngược

FFT real part

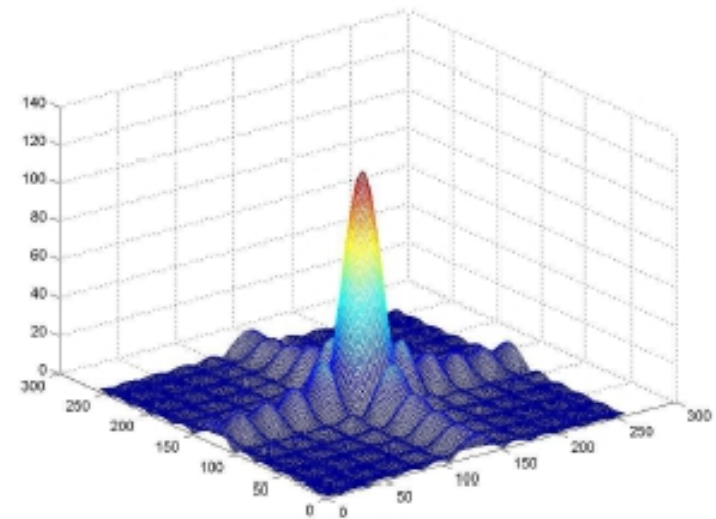
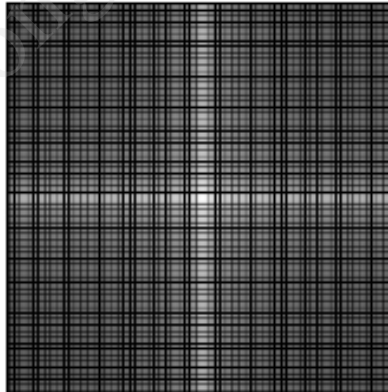
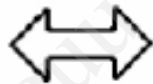
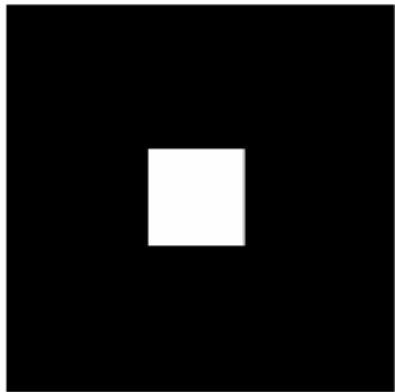
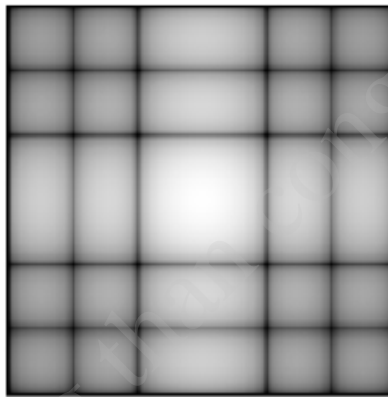
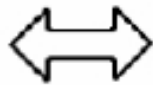
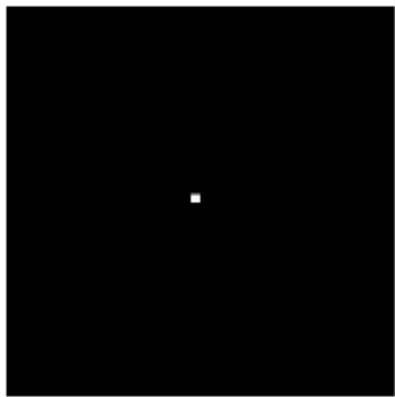


FFT⁻¹



FFT imaginary part

Một vài ví dụ kết quả FFT



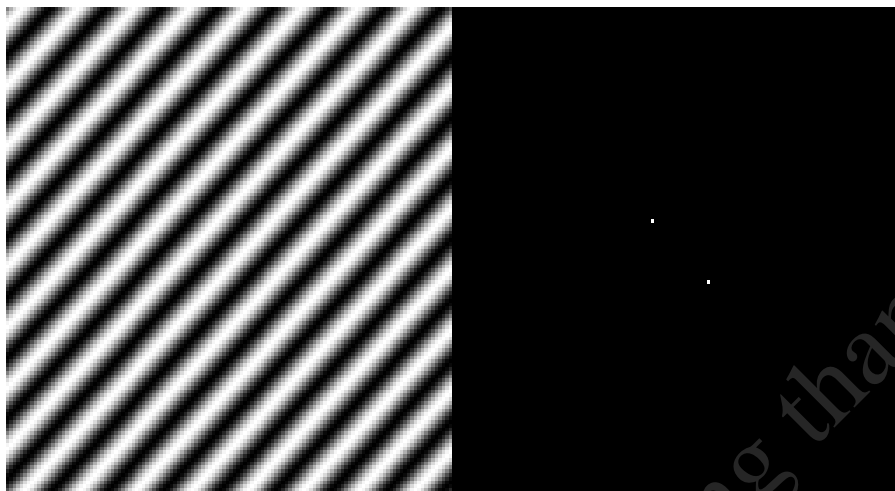
Input images

FFT

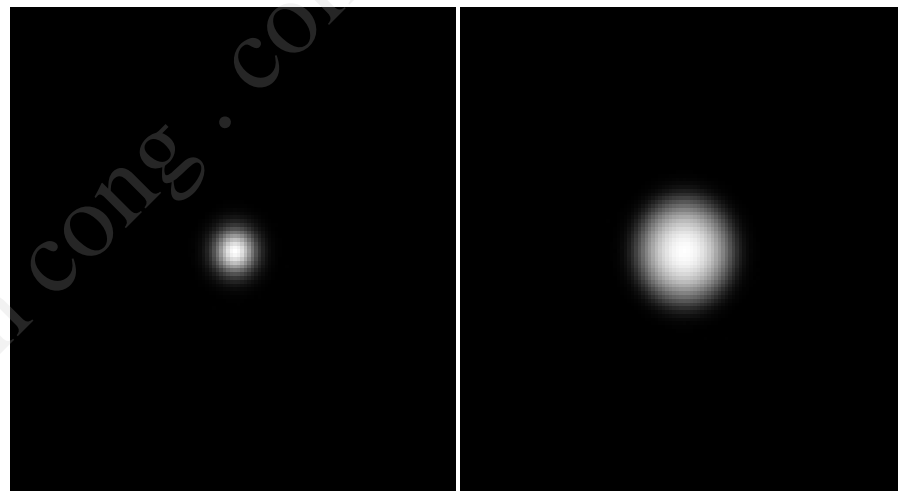
3D view of the FFT

Ví dụ FT của 1 số hàm cơ bản

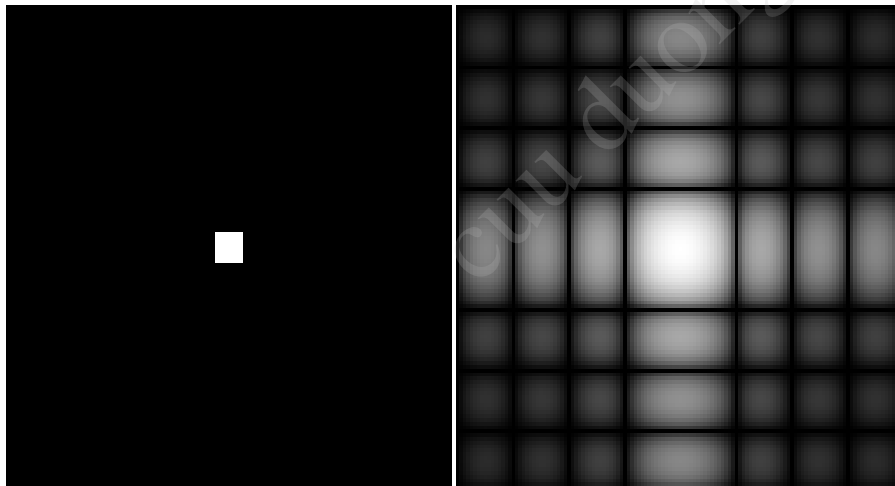
Sinus



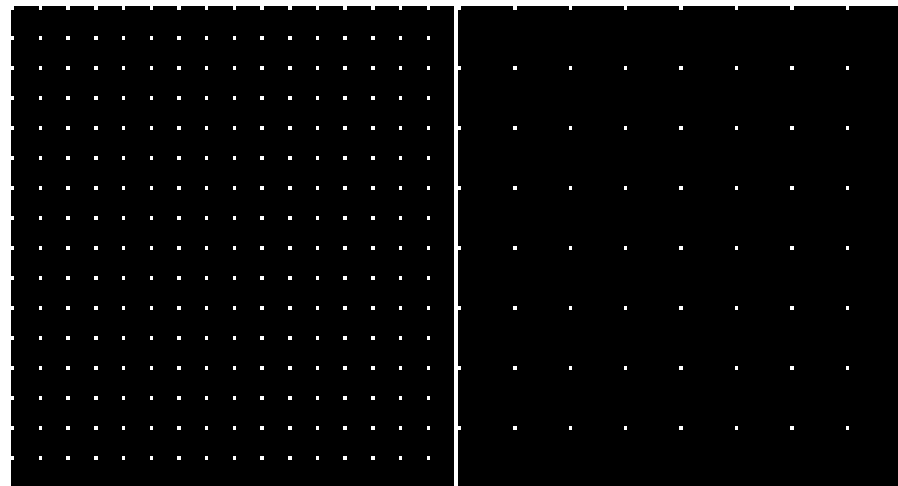
Gaussian



Square

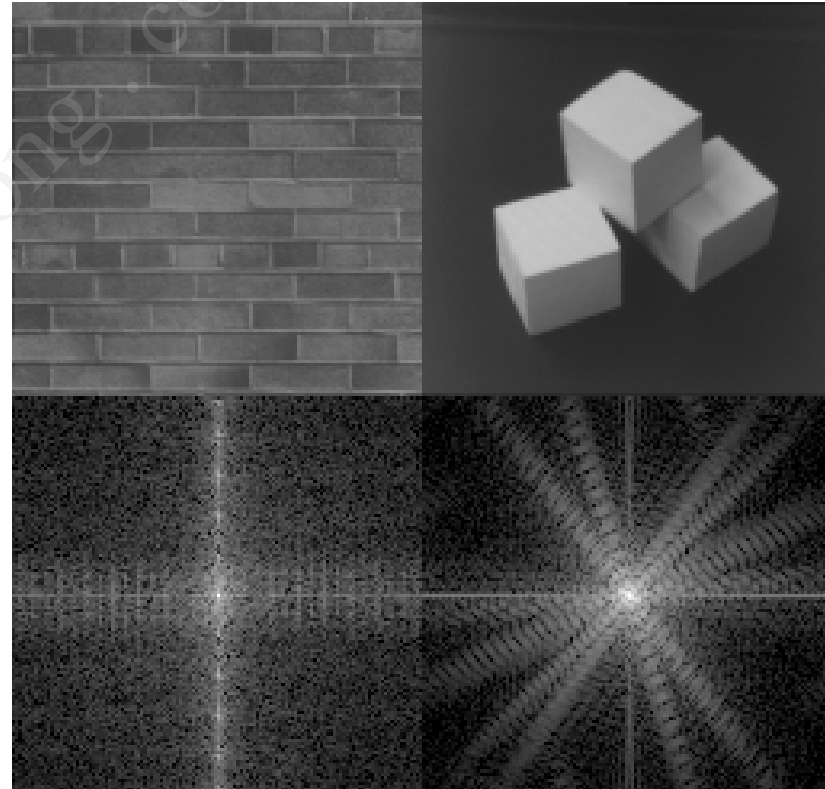


Pulses



Các đường thẳng (lines)

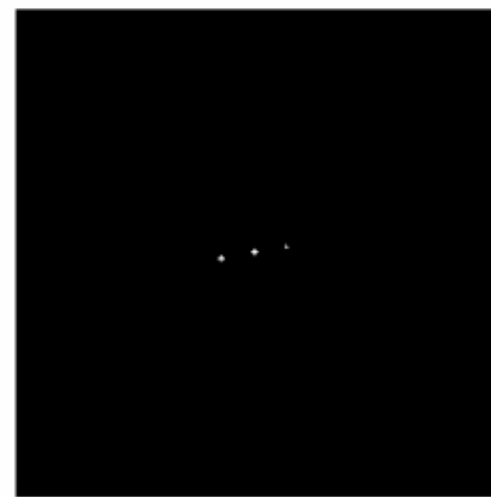
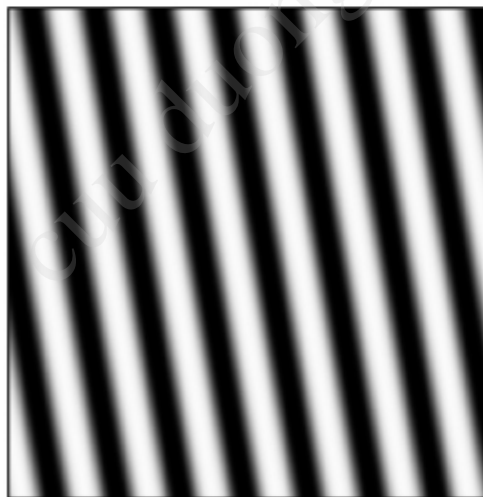
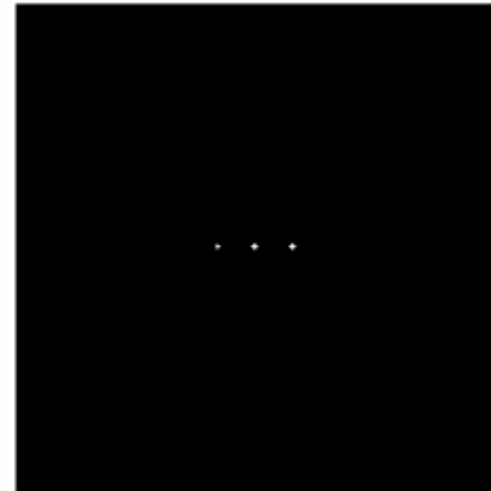
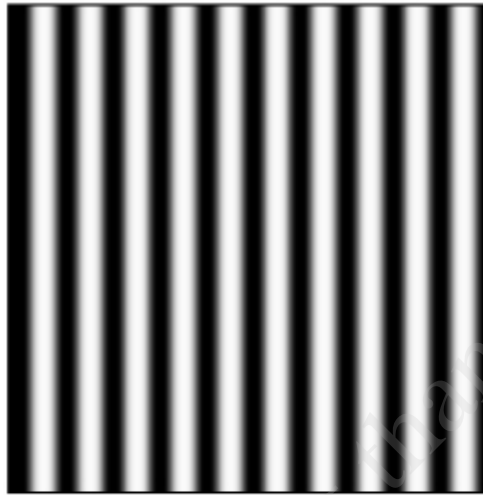
- Quan sát các đường trong 2 ảnh gốc
- Ảnh bên trái có 1 số **đường ngang và dọc** mà chúng ta có thể thấy trong FT của nó
- Ảnh bên phải có **đường theo mọi hướng**, có thể nhìn thấy biến đổi của nó trong kết quả FT



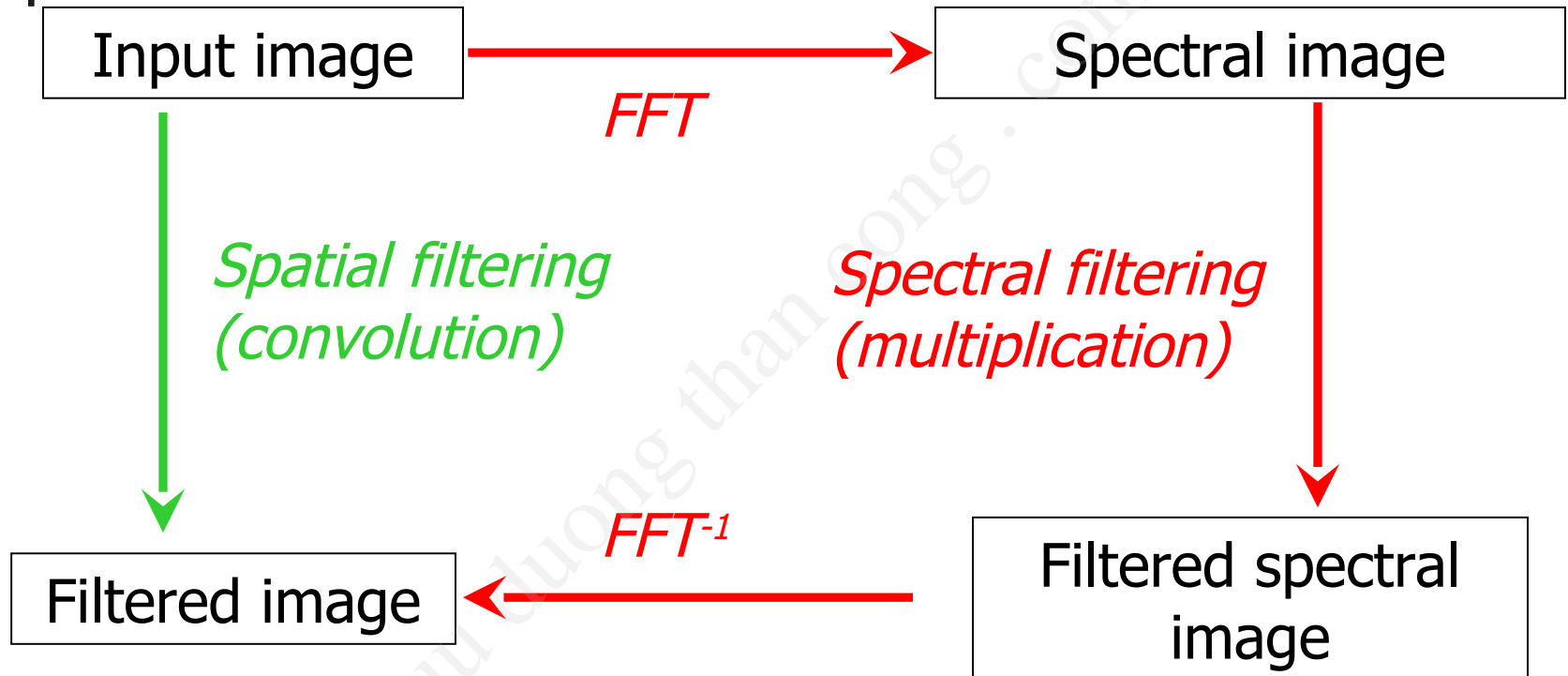
Xoay ảnh

Xoay ảnh

*→ kết quả FFT
xoay 1 góc tương
ứng = góc quay
ảnh (same angle)*



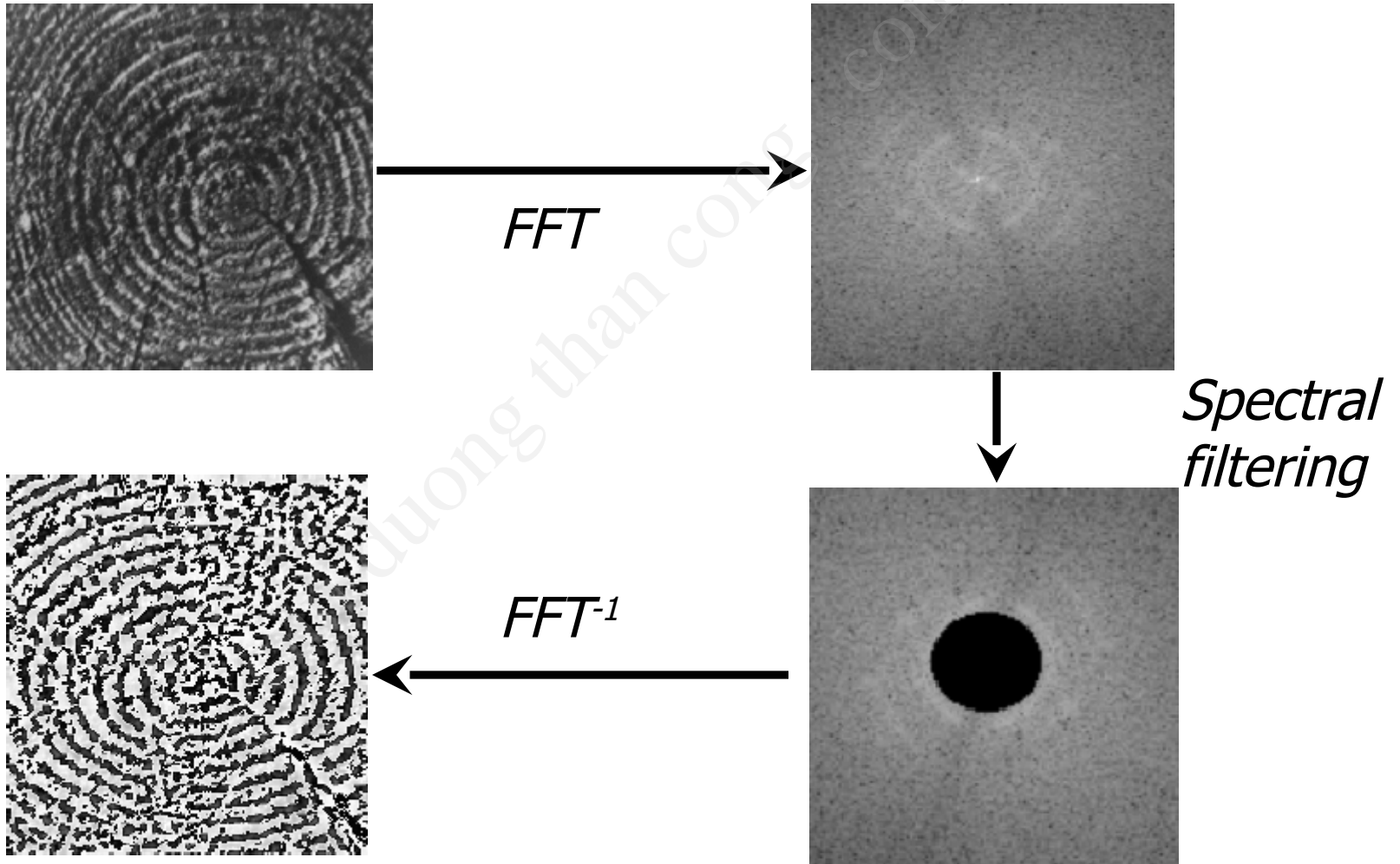
Lọc trong miền tần số



In the **spatial domain**, filtering is done using **convolution**. In the **spectral domain (or frequential)**, it is done using **multiplication** (or image **masking**).

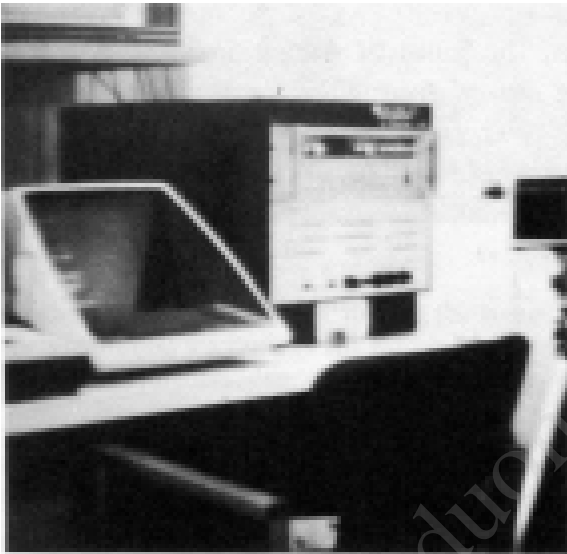
In the case of non-multiplicative filter in the spectral domain, we cannot obtain the same result in the spatial domain. For non-linear spatial filters, we cannot also obtain the same result in the spectral domain.

Lọc trong miền tần số

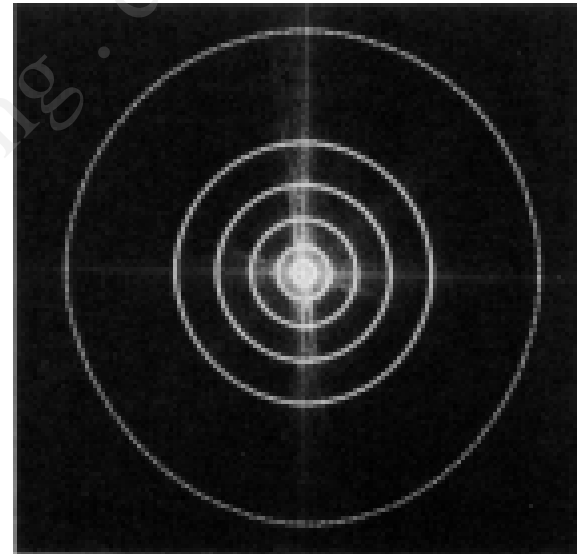


Dải tần số

Image



Fourier spectrum

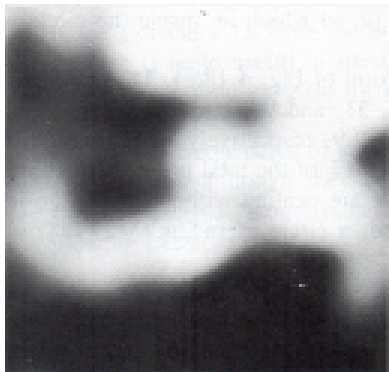


Phần trăm thông tin của ảnh gốc chứa trong ảnh được thấy ở trong các đường tròn phía trên (từ nhỏ nhất đến lớn nhất):

90%, 95%, 98%, 99%, 99.5%, 99.9%

Lọc thông thấp

90%



98%



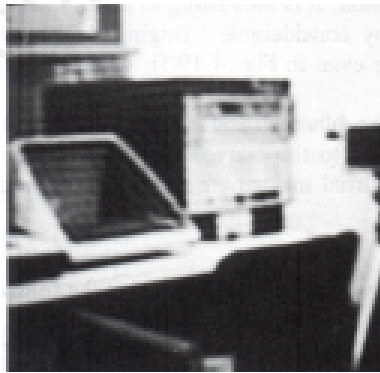
99.5%



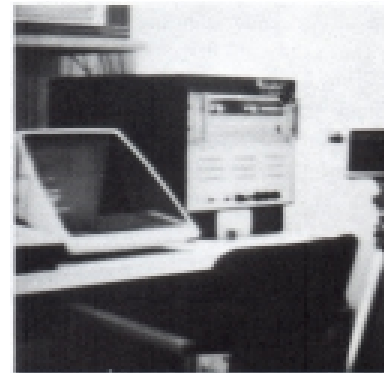
95%



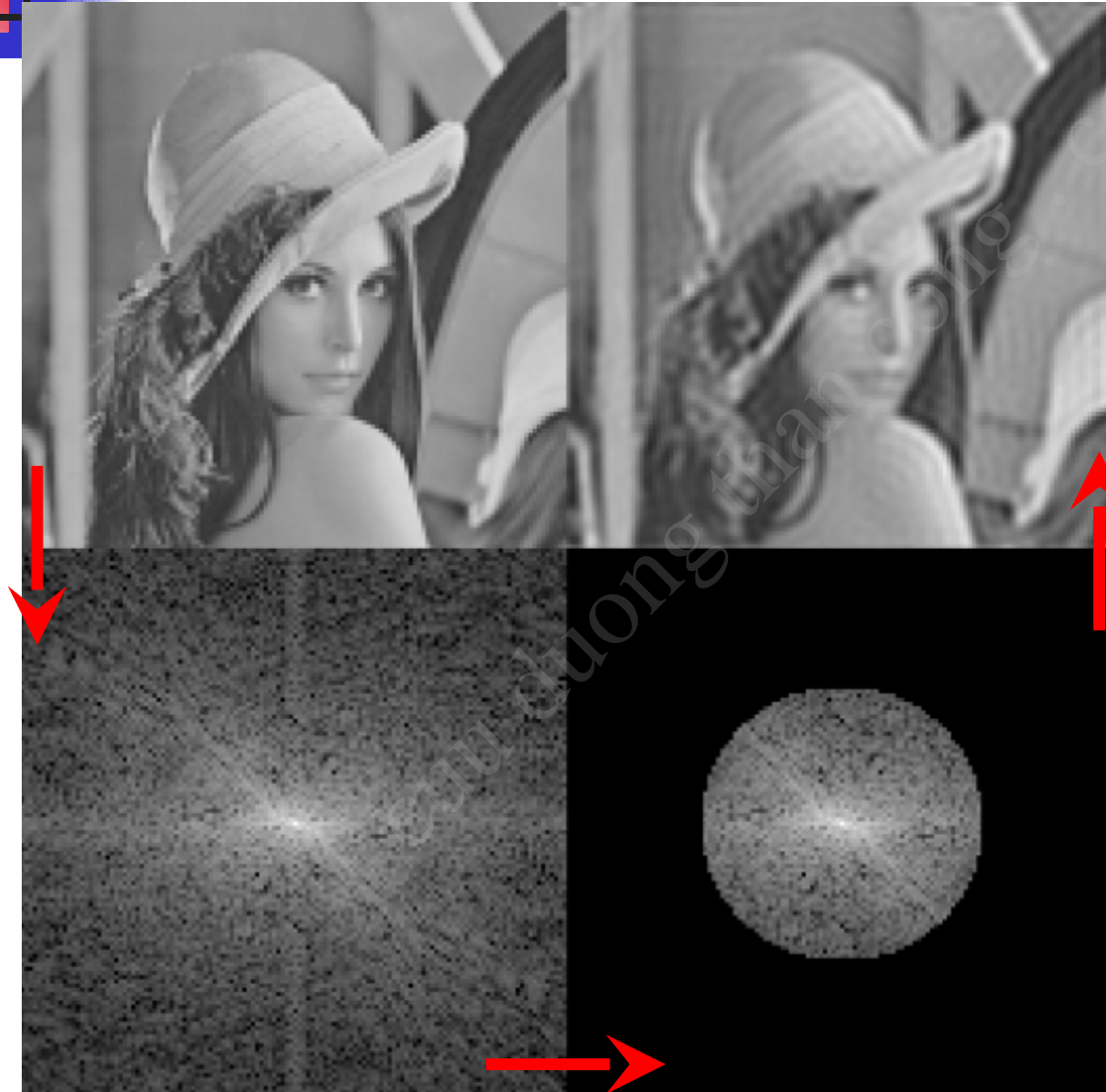
99%



99.9%



Lọc thông thấp sử dụng FFT



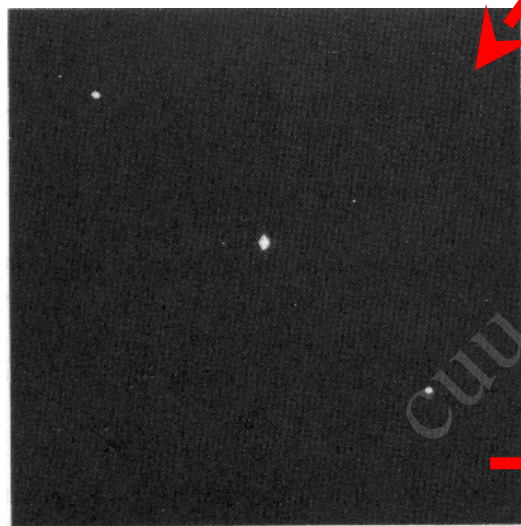
*Chúng ta « xóa »
các tần số cao
trong FFT bằng
cách đặt các pixel
xa tâm = 0*

Lọc thông cao sử dụng FFT



*Xóa các tần số
thấp bằng cách
đặt các giá trị gần
tâm trong kết quả
FFT = 0*

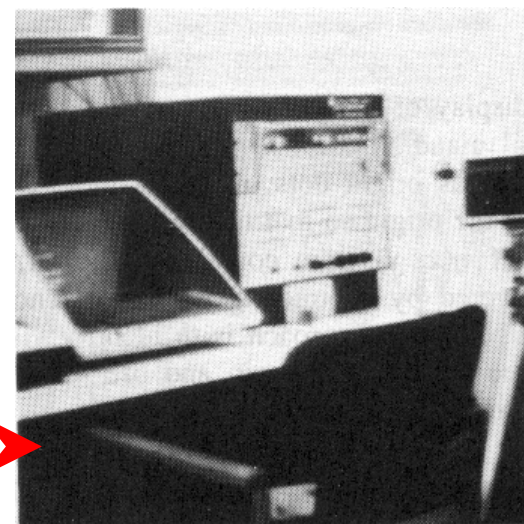
Lọc nhiễu sin



Fourier spectrum



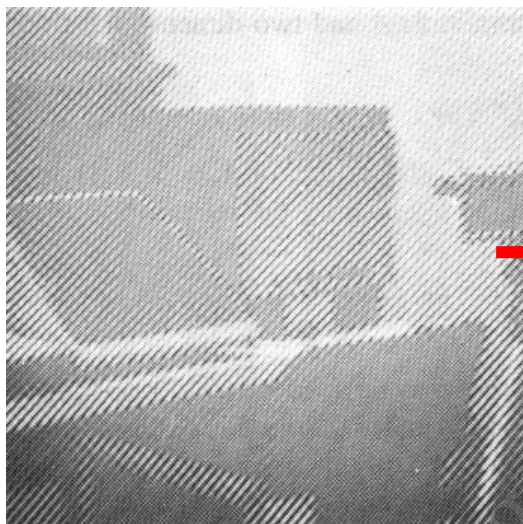
Noisy image



Filtered image

Lọc nhiễu sin

Ảnh gốc
với nhiễu
hình sin



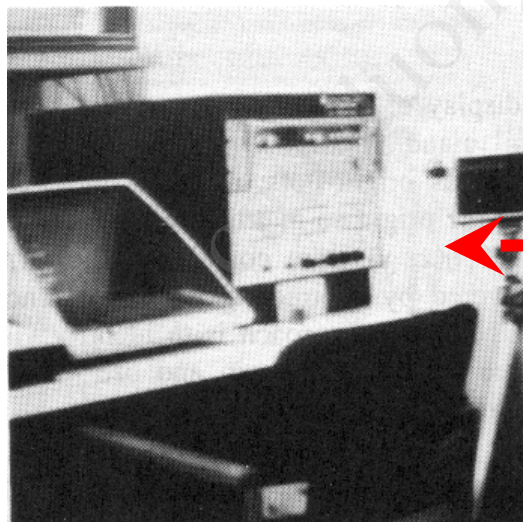
FFT



Phổ Fourier
(DC + sinus
visibles)



Ảnh kết
quả



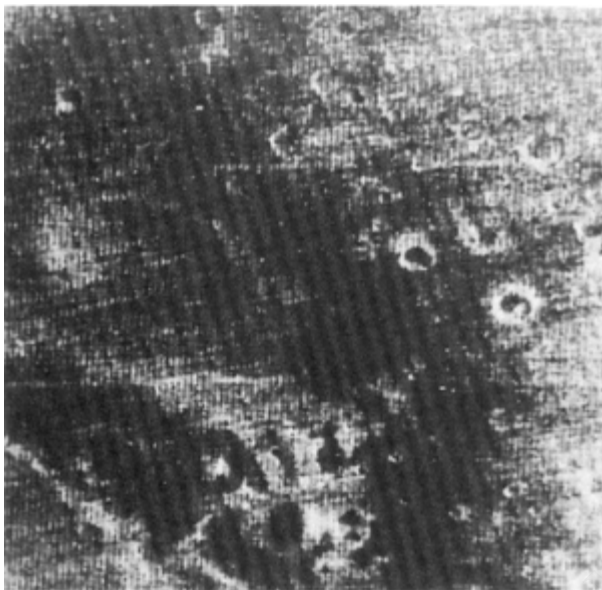
FFT^{-1}



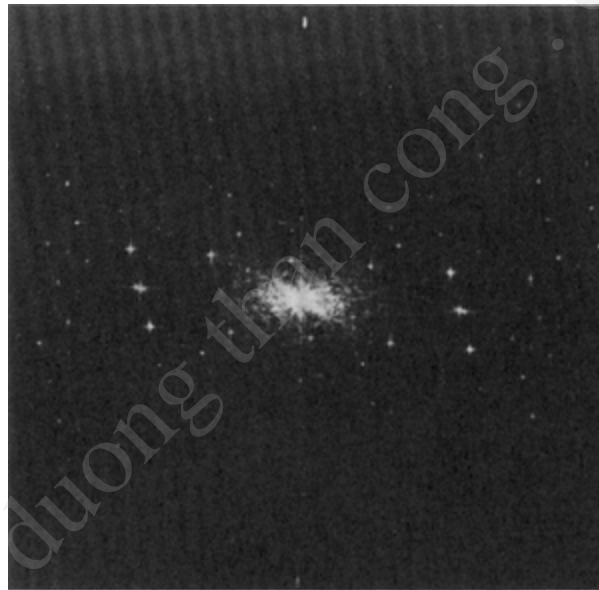
Đặt = zero cho
điểm tương
ứng với tần số
của tín hiệu
hình sin (*notch*)



Lọc nhiễu sin



Noisy image



Fourier spectrum



Filtered image

Ví dụ lọc thông cao (1)

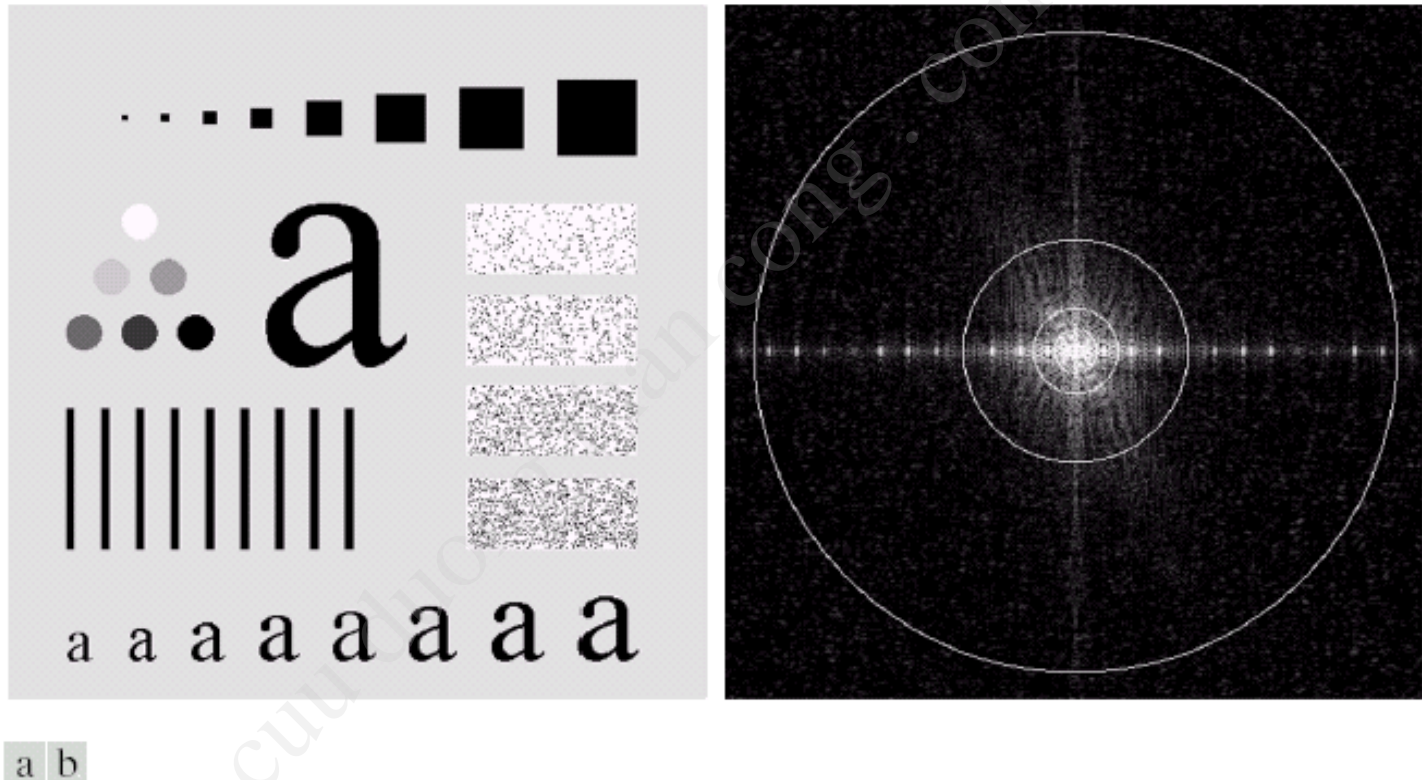
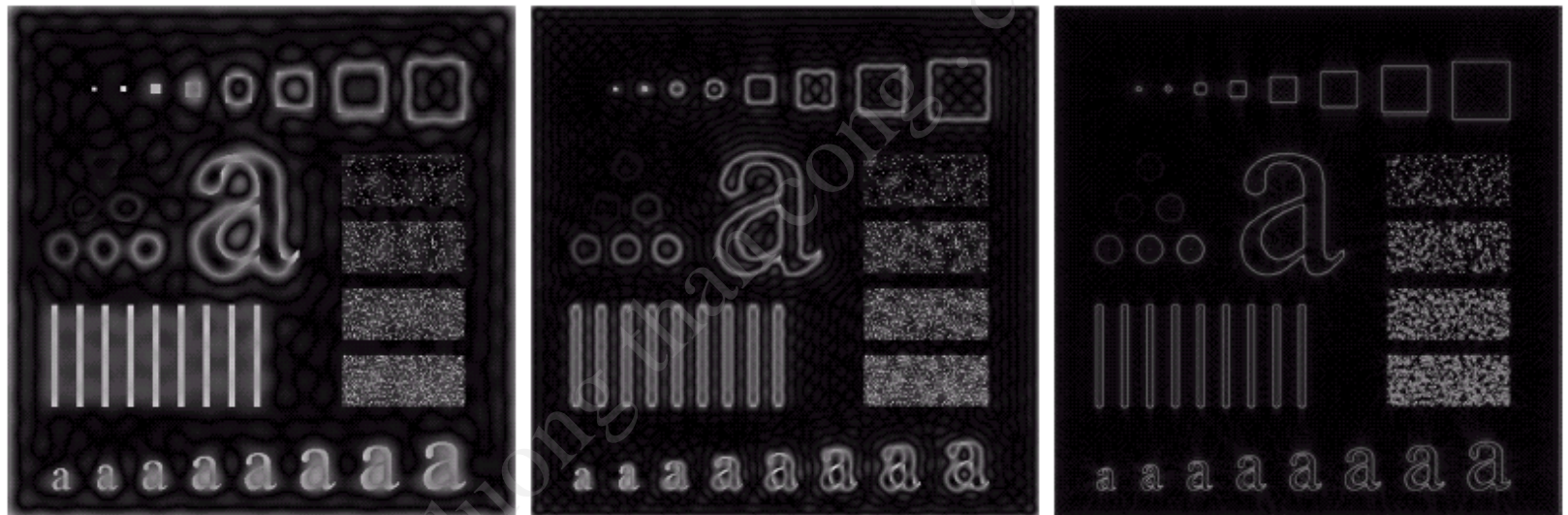


FIGURE 4.11 (a) An image of size 500×500 pixels and (b) its Fourier spectrum. The superimposed circles have radii values of 5, 15, 30, 80, and 230, which enclose 92.0, 94.6, 96.4, 98.0, and 99.5% of the image power, respectively.

Ví dụ lọc thông cao (2)



a b c

FIGURE 4.24 Results of ideal highpass filtering the image in Fig. 4.11(a) with $D_0 = 15$, 30, and 80, respectively. Problems with ringing are quite evident in (a) and (b).