

ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP HCM
KHOA ĐIỆN-ĐIỆN TỬ



BÀI TẬP QUI TRÌNH SẢN XUẤT IC & MEMS

GVHD: TS. Hoàng Trang

Nhóm 5

MỤC LỤC

	Trang
MỤC LỤC	1
CHAPTER 1: AN OVERVIEW OF MICROELECTRONIC FABRICATION	2
CHAPTER 2: LITHOGRAPHY	9
CHAPTER 3: THERMAL OXIDATION OF SILICON.....	11
CHAPTER 4: DIFFUSION	23

CHAPTER 1: AN OVERVIEW OF MICROELECTRONIC FABRICATION

1.1

Các thiết bị có IC chips trong cuộc sống hàng ngày:

- computer
- telephone
- kim từ điện
- calculator
- televison
- remote of televison
- radio
- mp3 player
- mp4 player
- washing machine
- USB
- ipad
- ...

1.2

a)

ĐƯỜNG KÍNH (mm)	DIỆN TÍCH (mm ²)	TỶ LỆ
25	490.625	
50	1962.5	4

75	4415.625	9
100	7850	16
125	12265.625	25
150	17662.5	36
200	31400	64
300	70650	144
450	158962.5	324

b) Số dice (1mm x 1mm) có trên wafer 450 mm là: $158962.5/1 = 158962$

c) Số dice (25mm x 25mm) có trên wafer 450 mm là: $158962.5/(25*25) = 254$

1.3

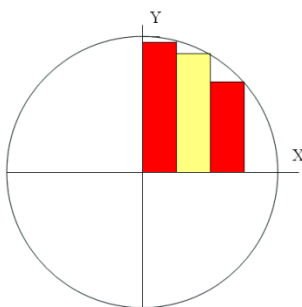
a) Số dice (20mm x 20mm) có trên wafer 300 mm là: $70650/(20*20) = 176$

b) Tính chính xác số dice có trên wafer 300 mm:

- Chia wafer làm 4 phần

- Tính số dice trên 1 wafer

+ Chia wafer thành từng cột rộng.



$$X^2 + Y^2 = (\text{bán kính wafer})^2$$

X (mm)	0	20	40	60	80	100	120	140
--------	---	----	----	----	----	-----	-----	-----

Y (mm)	150	148.6607	144.5683	137.4773	126.8858	111.8034	90	53.85165
số dice trên 1 cột = Y/20		7	7	6	6	5	4	2

- Tổng số dice là $(7+7+6+6+5+4+2)*4 = 148$

1.4

$$B = 19.97 * 10^{0.1977(Y-1960)} \text{ bit/chíp}$$

$$\text{Với } Y=2020 \Rightarrow B = 1.45338E+13$$

1.5

$$N = 1027 * 10^{0.1505(Y-1970)} \text{ transistor}$$

$$\text{Với } Y=2020 \Rightarrow N = 34400950602$$

1.6

a)

$$B_1 = 19.97 * 10^{0.1977(Y_1-1960)}$$

$$B_2 = 19.97 * 10^{0.1977(Y_2-1960)}$$

$$\text{Với } B_2 = 2B_1$$

$$B_2: B_1 = 2 \Leftrightarrow 10^{0.1977(Y_2 - Y_1)} = 2 \Rightarrow Y_2 - Y_1 = 0.495 \text{ năm}$$

b)

$$B_1 = 19.97 * 10^{0.1977(Y_1-1960)}$$

$$B_2 = 19.97 * 10^{0.1977(Y_2-1960)}$$

$$\text{Với } B_2 = 10B_1$$

$$B_2: B_1 = 10 \Leftrightarrow 10^{0.1977(Y_2 - Y_1)} = 10 \Rightarrow Y_2 - Y_1 = 5.06 \text{ năm}$$

1.7

a)

$$N_1 = 1027 * 10^{0.1505(Y_1 - 1970)}$$

$$N_2 = 1027 * 10^{0.1505(Y_2 - 1970)}$$

$$\text{Với } N_2 = 2N_1$$

$$N_2: N_1 = 2 \Leftrightarrow 10^{0.1505(Y_2 - Y_1)} = 2 \Rightarrow Y_2 - Y_1 = 2 \text{ năm}$$

b)

$$N_1 = 1027 * 10^{0.1505(Y_1 - 1970)}$$

$$N_2 = 1027 * 10^{0.1505(Y_2 - 1970)}$$

$$\text{Với } N_2 = 10N_1$$

$$N_2: N_1 = 10 \Leftrightarrow 10^{0.1505(Y_2 - Y_1)} = 10 \Rightarrow Y_2 - Y_1 = 6.64 \text{ năm}$$

1.8

$$F = 8.214 * 10^{-0.06079(Y_1 - 1970)} \mu m$$

$$\text{Với } Y = 2020 \Rightarrow F = 7.5 * 10^{-3} \mu m$$

1.9

$$P \text{ của 1 vacuum tube} = 0.5 \text{ W}$$

$$\Rightarrow P \text{ của 300 triệu vacuum tube} = 0.5 * 300.10^6 = 150.10^6 \text{ W}$$

$$\Rightarrow I = P/U = 150.10^6 / 220 = 681818,2 \text{ (A)}$$

1.10

a)

$$\text{Số line} = 18 \text{ mm} / (2 * 0.25 \mu\text{m}) = 36000$$

$$\text{Chiều dài} = 36000 * 25 \text{ mm} = 900000 \text{ mm}$$

b)

$$\text{Số line} = 18 \text{ mm} : (2 * 0.1 \mu\text{m}) = 90000$$

$$\text{Chiều dài} = 90000 * 25 \text{ mm} = 2250000 \text{ mm}$$

1.11

Số dice (10mm x 10mm) có trên wafer 200 mm

X (mm)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Y (mm)	100	99.49874	97.97 959	95.39 392	91.65 151	86.60 254	80	71.4 142 8	60	43.5 8899	0
số dice trên 1 cột = Y/10		9	9	9	9	8	8	7	6	4	0

- Tổng số dice là $(9+9+9+9+8+8+7+6+4+0)*4 = 276$

1.12

a)

- Số dice (10mm x 10mm) có trên wafer 150 mm

X (mm)	0	10	20	30	40	50	60	70
Y (mm)	75	74.3303 4	72.2841 6	68.7386 4	63.4428 9	55.901 7	45	26.9258 2
số dice trên 1 cột		7	7	6	6	5	4	2

= Y/10								
--------	--	--	--	--	--	--	--	--

=> Tổng số dice là $(7+7+6+6+5+4+2)*4 = 148$

- Tổng số good dice là $= 148 * 0.35 = 51$

- Giá thành 1 good dice là $= 1000/51 = 19.60784$ USD

b)

- Số dice (10mm x 10mm) có trên wafer 200 mm

X (mm)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Y (mm)	10 0	99.49 874	97.97 959	95.39 392	91.65 151	86.60 254	80 80	71.4 142 8	60 60	43.5 8899	0
số dice trên 1 cột = Y/10		9	9	9	9	8	8	7	6	4	0

=> Tổng số dice là $(9+9+9+9+8+8+7+6+4+0)*4 = 276$

- Tổng số good dice là $= 276 * 0.35 = 96$

- Giá thành 1 good dice là $= 1000/96 = 10.41667$ USD

1.13

λ (μm)	SỐ TRANSISTOR = $(5*5 \text{ mm}): (25 \lambda^2)$
1	1000000

0.25	16000000
0.1	100000000

CHAPTER 2: LITHOGRAPHY

2.1

- 25 masks

- 1 mask thì được x % good dice

a) \Rightarrow % good dice sau 25 masks là 30 % $\Leftrightarrow x^{25} = 0.3 \Rightarrow x = 0.953$

b) \Rightarrow % good dice sau 25 masks là 70 % $\Leftrightarrow x^{25} = 0.7 \Rightarrow x = 0.9858$

2.5

$F = 180 \text{ nm}$

$\lambda = 193 \text{ nm}$

mà $F = \frac{0.5\lambda}{NA} \Rightarrow NA = 0.536$

$DF = \frac{0.6\lambda}{NA^2} = (0.6 \cdot 193) : 0.536^2 = 403 \text{ nm}$

2.6

a)

$F = 0.25 \text{ } \mu m$

$NA = 1$

mà $F = \frac{0.5\lambda}{NA} \Rightarrow \lambda = 0.5 \text{ } \mu m$

$$DF = \frac{0.6\lambda}{NA^2} = (0.6*0.5): 1^2 = 0.3 \text{ } \mu m$$

b)

$$F = 0.25 \text{ } \mu m$$

$$NA = 0.5$$

$$\text{mà } F = \frac{0.5\lambda}{NA} \Rightarrow \lambda = 0.25 \text{ } \mu m$$

$$DF = \frac{0.6\lambda}{NA^2} = (0.6*0.25): 0.5^2 = 0.6 \text{ } \mu m$$

2.7

$$\lambda = 193 \text{ nm}$$

$$\text{Mà } F = \frac{0.5\lambda}{NA} \Rightarrow F_{\min} = \frac{0.5\lambda}{NA_{\max}} = \frac{0.5*193}{1} = 96.5 \text{ nm}$$

2.8

$$\lambda = 13 \text{ nm}$$

$$\text{Mà } F = \frac{0.5\lambda}{NA} \Rightarrow F_{\min} = \frac{0.5\lambda}{NA_{\max}} = \frac{0.5*13}{1} = 6.5 \text{ nm}$$

CHAPTER 3: THERMAL OXIDATION OF SILICON

Dùng công thức 3.12 và bảng 3.1 ta tính được các giá trị B/A và B ứng với các trường hợp cụ thể trong bài toán.

3.1

Grow 100 nm silicon <100>

Wet oxygen at 1000°C

$$B/A = 0.7422569 \text{ um/hr}$$

$$B = 0.3151124 \text{ um}^2/\text{hr}$$

$$\Rightarrow t = 0.166458946 \text{ h}$$

Grow 100 nm silicon <100>

Dry oxygen at 1000°C

$$B/A = 0.044783 \text{ um/hr}$$

$$B = 0.0104205 \text{ um}^2/\text{hr}$$

$$\Rightarrow t = 3.192642087 \text{ h}$$

Phương pháp dry oxygen dùng tốt hơn do thời gian thực hiện dài hơn \rightarrow dễ kiểm soát hơn.

3.2

Grow 1.2 um silicon <100>

Wet oxygen at 1100°C

$$B/A = 0.044783 \text{ um/hr}$$

$$B = 0.0104205 \text{ um}^2/\text{hr}$$

Thời gian thực hiện để grow 0.4 um:

$$\Rightarrow t_{0,4} = 0.440665677 \text{ h}$$

Thời gian thực hiện 0.4 um đầu tiên:

$$\Rightarrow t_1 = t_{0,4} = 0.440665677 \text{ h}$$

Thời gian thực hiện để grow 0.8 um:

$$\Rightarrow t_{0,8} = 1.486347018 \text{ h}$$

Thời gian thực hiện 0.4 um thứ hai:

$$\Rightarrow t_2 = t_{0,8} - t_{0,4} = 1.045681341 \text{ h}$$

Thời gian thực hiện để grow 1.2 um:

$$\Rightarrow t_{1,2} = 1.486347018 \text{ h}$$

Thời gian thực hiện 0.4 um thứ ba:

$$\Rightarrow t_3 = t_{1,2} - t_{0,8} = 1.650697005 \text{ h}$$

3.4

Grow 3 um silicon <100>

Wet oxygen at 1150⁰C

$$B/A = 5.3222307 \text{ um/hr}$$

$$B = 0.6667881 \text{ um}^2/\text{hr}$$

Thời gian thực hiện để grow 1 um:

$$\Rightarrow t_{1\text{um}} = 1.687617917 \text{ h}$$

Thời gian thực hiện 1 um đầu tiên:

$$\Rightarrow t_1 = t_{1\text{um}} = 1.687617917 \text{ h}$$

Thời gian thực hiện để grow 2 um:

$$\Rightarrow t_{2\text{um}} = 6.374689383 \text{ h}$$

Thời gian thực hiện 1 um thứ hai:

$$\Rightarrow t_2 = t_{2\text{um}} - t_{1\text{um}} = 4.687071466 \text{ h}$$

Thời gian thực hiện để grow 3 um:

$$\Rightarrow t_{3\text{um}} = 14.0612144 \text{ h}$$

Thời gian thực hiện 1 um thứ ba:

$$\Rightarrow t_3 = t_{3\text{um}} - t_{2\text{um}} = 7.686525015 \text{ h}$$

3.5

Grow 10 nm silicon <100>

Wet oxygen at 850⁰C

$$B/A = 0.0611596 \text{ um/hr}$$

$$B = 0.1218941 \text{ um}^2/\text{hr}$$

$$\Rightarrow t = 0.164327007 \text{ h}$$

Grow 10 nm silicon <100>

Wet oxygen at 1000⁰C

$$B/A = 0.7422569 \text{ um/hr}$$

$$B = 0.3151124 \text{ um}^2/\text{hr}$$

$$\Rightarrow t = 0.013789771 \text{ h}$$

Chọn trường hợp nhiệt độ ở 850⁰C do thời gian thực hiện dài hơn trường hợp ở nhiệt độ 1000⁰C.

3.6

Grow 2 um silicon <100>

Wet oxygen at 1150⁰C

$$B/A = 5.3222307 \text{ um/hr}$$

$$B = 0.6667881 \text{ um}^2/\text{hr}$$

$$\Rightarrow t = 6.374689383 \text{ h}$$

3.7

Grow 1 μm silicon <100>

Wet oxygen at 1050°C

$$B/A = 1.5041447 \text{ } \mu\text{m/hr}$$

$$B = 0.4122632 \text{ } \mu\text{m}^2/\text{hr}$$

$$\Rightarrow t = 3.090464422 \text{ h}$$

Grow 1 μm silicon <100>

Dry oxygen at 1050°C

$$B/A = 0.0892004 \text{ } \mu\text{m/hr}$$

$$B = 0.0159194 \text{ } \mu\text{m}^2/\text{hr}$$

$$\Rightarrow t = 74.02695349 \text{ h}$$

3.8

a) Grow 1 μm silicon <100>

A dry-wet-dry oxidation cycle of 30 min/ 120 min/ 30 min at 1100°C

Dry oxidation silicon <100>

$$\text{Nhiệt độ (K)} = 1373$$

$$B/A = 0.168976119322279$$

$$B = 0.0235811469716845$$

$$\text{Thời gian (hour)} = 0.5$$

$$\text{Độ dày (micromet)} = 0.0592945095663939$$

Qui đổi về trường hợp: Wet oxidation silicon <100>

Nhiệt độ (K) = 1373

$B/A = 2.89523914605347$

$B = 0.528911925641599$

Độ dày (micromet) = 0.0592945095663939

Thời gian (hour) = 0.0271273090509448

Wet oxidation silicon <100>

Nhiệt độ (K) = 1373

$B/A = 2.89523914605347$

$B = 0.528911925641599$

Thời gian (hour) = 2.02712730905094

Độ dày (micromet) = 0.948136622027622

Qui đổi về trường hợp: Dry oxidation silicon <100>

Nhiệt độ (K) = 1373

$B/A = 0.168976119322279$

$B = 0.0235811469716845$

Độ dày (micromet) = 0.948136622027622

Thời gian (hour) = 43.7331776968616

Dry oxidation silicon <100>

Nhiệt độ (K) = 1373

$B/A = 0.168976119322279$

$B = 0.0235811469716845$

Thời gian (hour) = 44.2331776968616

Độ dày (micromet) = 0.953911781025885

b) Grow 1 um silicon <111>

A dry-wet-dry oxidation cycle of 30 min/ 120 min/ 30 min at 1100°C

Dry oxidation silicon <111>

Nhiệt độ (K) = 1373

B/A = 0.283752351314771

B = 0.0235811469716845

Thời gian (hour) = 0.5

Độ dày (micromet) = 0.0747110283049352

Qui đổi về trường hợp: Wet oxidation silicon <111>

Nhiệt độ (K) = 1373

B/A = 4.86519567841974

B = 0.528911925641599

Độ dày (micromet) = 0.0747110283049352

Thời gian (hour) = 0.025909468861561

Wet oxidation silicon <111>

Nhiệt độ (K) = 1373

B/A = 4.86519567841974

B = 0.528911925641599

Thời gian (hour) = 2.02590946886156

Độ dày (micromet) = 0.982215698293071

Qui đổi về trường hợp: Dry oxidation silicon <111>

Nhiệt độ (K) = 1373

$B/A = 0.283752351314771$

$B = 0.0235811469716845$

Độ dày (micromet) = 0.982215698293071

Thời gian (hour) = 44.3733460352091

Dry oxidation silicon <111>

Nhiệt độ (K) = 1373

$B/A = 0.283752351314771$

$B = 0.0235811469716845$

Thời gian (hour) = 44.8733460352091

Độ dày (micromet) = 0.987958014364775

3.9

Wet oxidation silicon <100>

Nhiệt độ (K) = 1373

$B/A = 2.89523914605347$

$B = 0.528911925641599$

Thời gian (hour) = 5

Độ dày (micromet) = 1.53743177824182

Qui đổi về trường hợp: Dry oxidation silicon <100>

Nhiệt độ (K) = 1273

$B/A = 0.0447829762860665$

$$B = 0.01042045811596$$

$$\text{Độ dày (micromet)} = 1.53743177824182$$

$$\text{Thời gian (hour)} = 261.163018235897$$

Dry oxidation silicon <100>

$$\text{Nhiệt độ (K)} = 1273$$

$$B/A = 0.0447829762860665$$

$$B = 0.01042045811596$$

$$\text{Thời gian (hour)} = 262.163018235897$$

$$\text{Độ dày (micromet)} = 1.54057928821556$$

3.10

Wet oxidation silicon <111>

$$\text{Nhiệt độ (K)} = 1373$$

$$B/A = 4.86519567841974$$

$$B = 0.528911925641599$$

$$\text{Thời gian (hour)} = 5$$

$$\text{Độ dày (micromet)} = 1.57276170116192$$

Qui đổi về trường hợp: Dry oxidation silicon <111>

$$\text{Nhiệt độ (K)} = 1373$$

$$B/A = 0.283752351314771$$

$$B = 0.0235811469716845$$

$$\text{Thời gian (hour)} = 1.57276170116192$$

$$\text{Độ dày (micromet)} = 110.439208999943$$

Dry oxidation silicon <111>

Nhiệt độ (K) = 1373

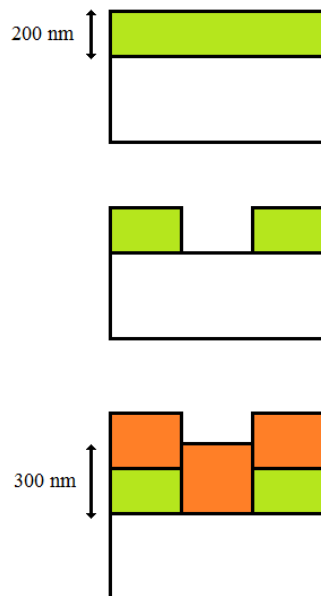
$B/A = 0.283752351314771$

$B = 0.0235811469716845$

Thời gian (hour) = 111.439208999943

Độ dày (micromet) = 1.58004901992165

3.11



Gọi t_2 là thời gian grow oxide từ 0 \rightarrow 200 nm.

Gọi t_3 là thời gian grow oxide từ 0 \rightarrow 300 nm.

$$X_3 = \sqrt{Bt_3} = 300\text{nm}$$

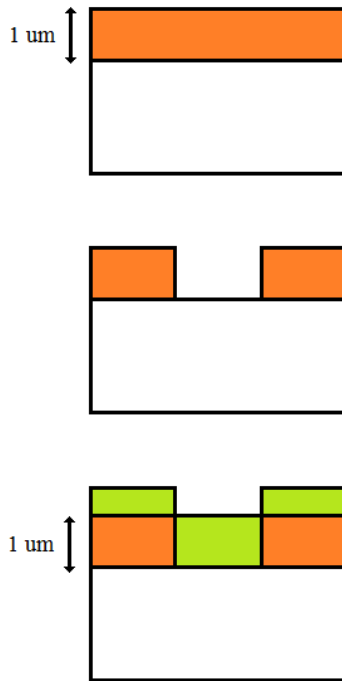
$$X_2 = \sqrt{Bt_2} = 200\text{ nm}$$

$$X = \sqrt{B(t_2 + t_3)}$$

$$X = \sqrt{Bt_2 + Bt_3} = 360\text{nm} \rightarrow \text{màu yellow green}$$

Và 300 nm → màu blue to violet blue

3.12



Ta có:

$$X = \sqrt{Bt} = 1 \text{ μm} \Rightarrow \text{màu carnation pink.}$$

Thời gian để grow 1 μm là t ⇒ thời gian để grow bên ngoài square window là 2t.

$$X' = \sqrt{B2t} = 1.41\sqrt{Bt} = 1.41 \text{ μm} \Rightarrow \text{màu orange.}$$

3.13

Wet oxidation silicon <100>

Nhiệt độ (K) = 1373

$$B/A = 2.89523914605347$$

$$B = 0.528911925641599$$

⇒ Thời gian để grow 04 μm là:

$$t_1 = 0.440665676697385$$

=> Thời gian để grow 1.4 um là:

$$t_2 = 4.18927339935428$$

=> Thời gian cần thực hiện là:

$$t = t_2 - t_1 = 3.748607723 \text{ h}$$

=> Màu orange

3.14

4h for boron diffusion at 1150⁰C → tra đồ thị Fig 3.10 ta có lớp oxide có độ dày là 0.07 um.

1h for phosphorus diffusion at 1050⁰C → tra đồ thị Fig 3.10 ta có lớp oxide có độ dày là 1.5 um.

3.15

15h for boron diffusion at 1150⁰C → tra đồ thị Fig 3.10 ta có lớp oxide có độ dày là 0.15 um.

3.16

20h for phosphorus diffusion at 1200⁰C → tra đồ thị Fig 3.10 ta có lớp oxide có độ dày là 3.5 um.

3.17

Lớp SiO₂ dày 1um có màu là carnation pink.

Lớp SiO₂ dày 2um có màu là carnation pink.

3.18

$$2X_0 = k\lambda/n \rightarrow X_0 = k\lambda/2n$$

$$X_0 = k \cdot 0.57 \mu\text{m} / 2 \cdot 1.46$$

$$X_0 < 1.5 \text{ um}$$

$$\Rightarrow k < 7.68$$

Với $k = 1$: $X_0 = 0.2 \text{ um} \rightarrow$ màu light gold or yellow; slightly metallic.

Với $k = 2$: $X_0 = 0.39 \text{ um} \rightarrow$ màu yellow.

Với $k = 3$: $X_0 = 0.58 \text{ um} \rightarrow$ màu light orange or yellow to pink.

Với $k = 4$: $X_0 = 0.78 \text{ um} \rightarrow$ màu yellowish.

Với $k = 5$: $X_0 = 0.97 \text{ um} \rightarrow$ màu yellow to yellowish.

Với $k = 6$: $X_0 = 1.18 \text{ um} \rightarrow$ màu violet.

Với $k = 7$: $X_0 = 1.4 \text{ um} \rightarrow$ màu orange.

CHAPTER 4: DIFFUSION

4.1

a)

$$x_j = 2 \sqrt{D_t \cdot \ln\left(\frac{N_0}{N_B}\right)}$$

$$D_t = 10^{-8} \text{ cm}^2$$

$$N_0 = 5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^3$$

$$N_B = 10^{15} \text{ cm}^3$$

$$\Rightarrow x_j = 5.8 \cdot 10^{-4} \text{ cm}$$