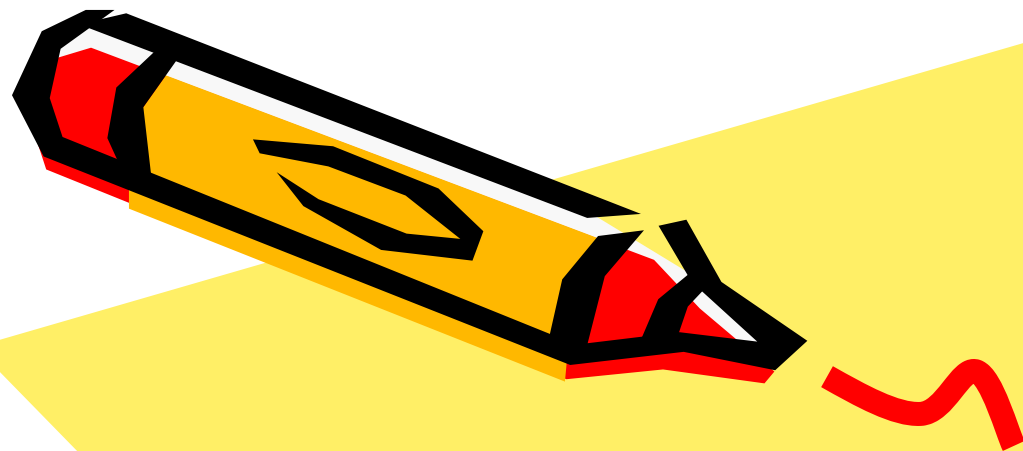
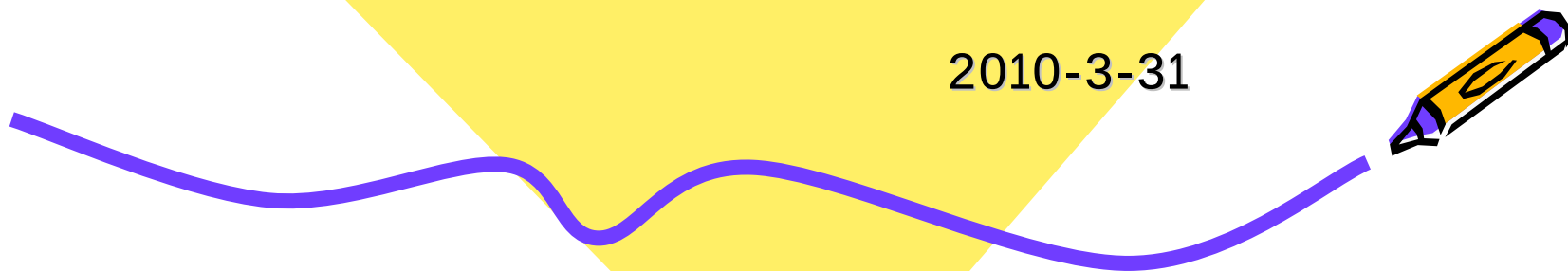




Y

GaN

2010-3-31



h

➤ GaN

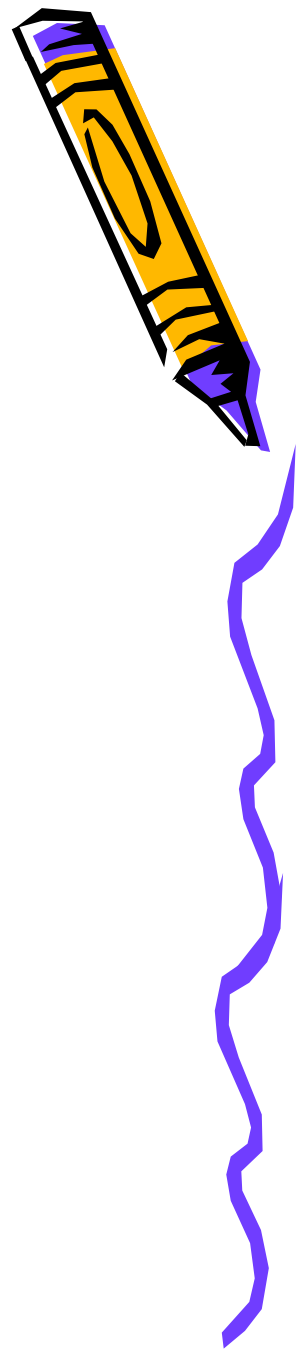
➤ GaN

➤ GaN ϕ H



D

ϕ H



1. GaN

GaN

1

$\tilde{t}$

InN

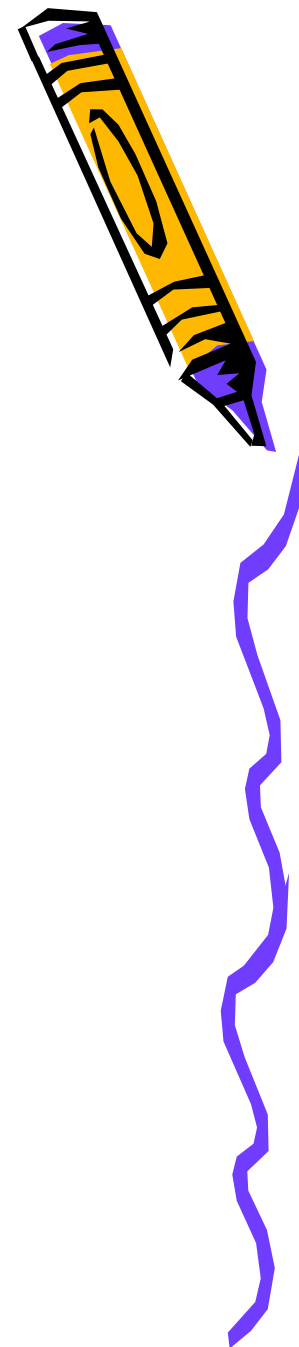
AlN

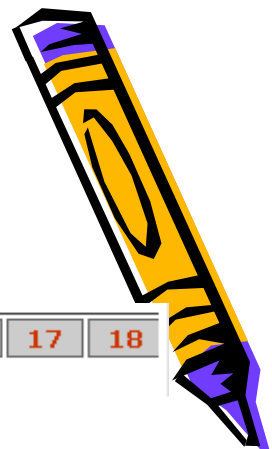
$\begin{matrix} \circ & \circ & \circ \\ \circ & \circ & \circ \end{matrix}$ "H

"H

1

$\hat{A}$





Group	1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Period																			

							2 He
		5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
		13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
111 Nh	112 Uub	113 Uut	114 Uuq	115 Uup	116 Uuh	117 Uus	118 Uuo

55 Cs	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb
87 Fr	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No

1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

*Lanthanoids

**Actinoids

57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tm
89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk

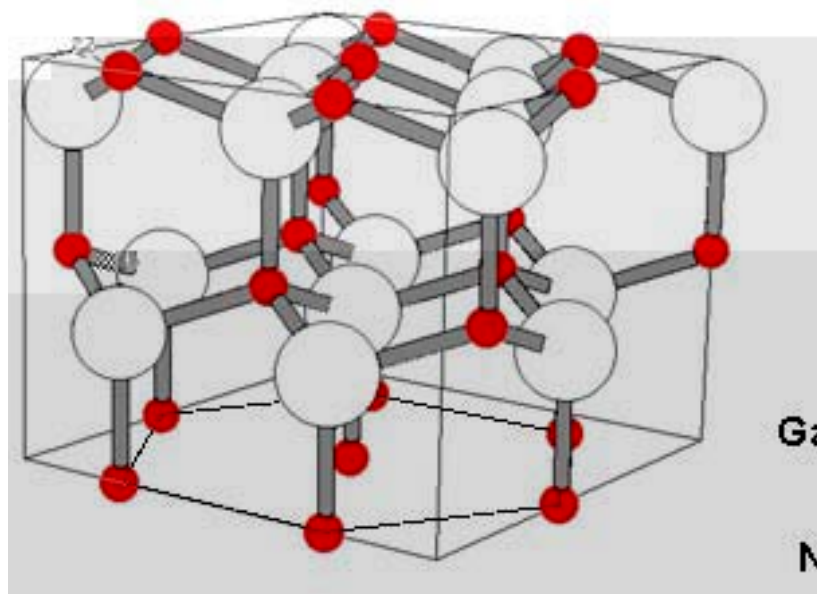


GaN

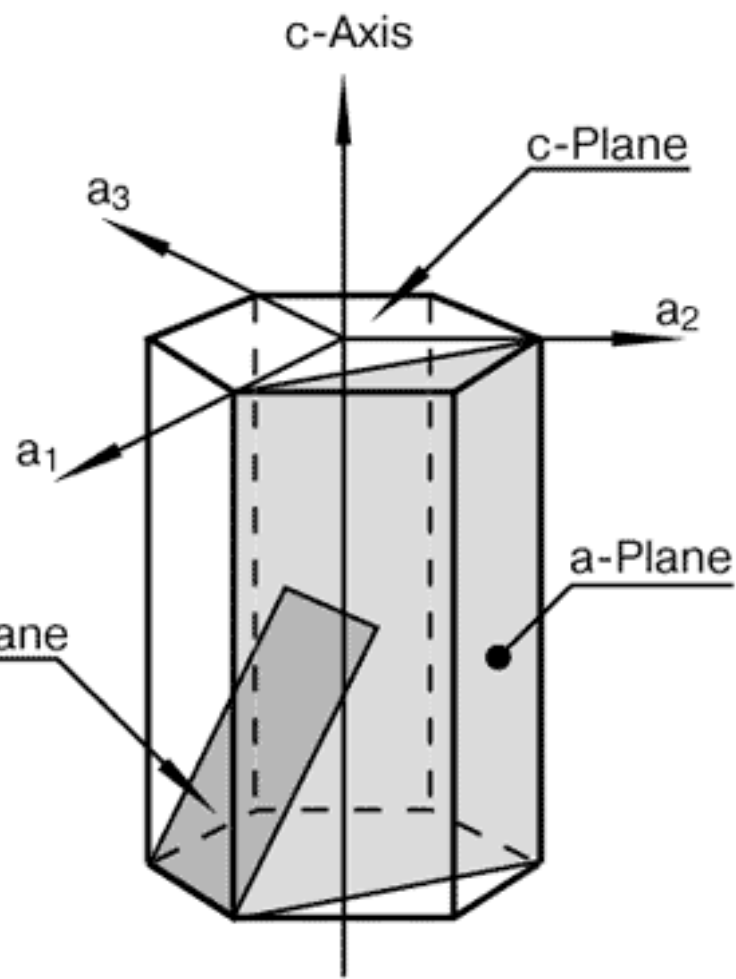
ψ

$\mathbb{D}$

GaN



Ga
N



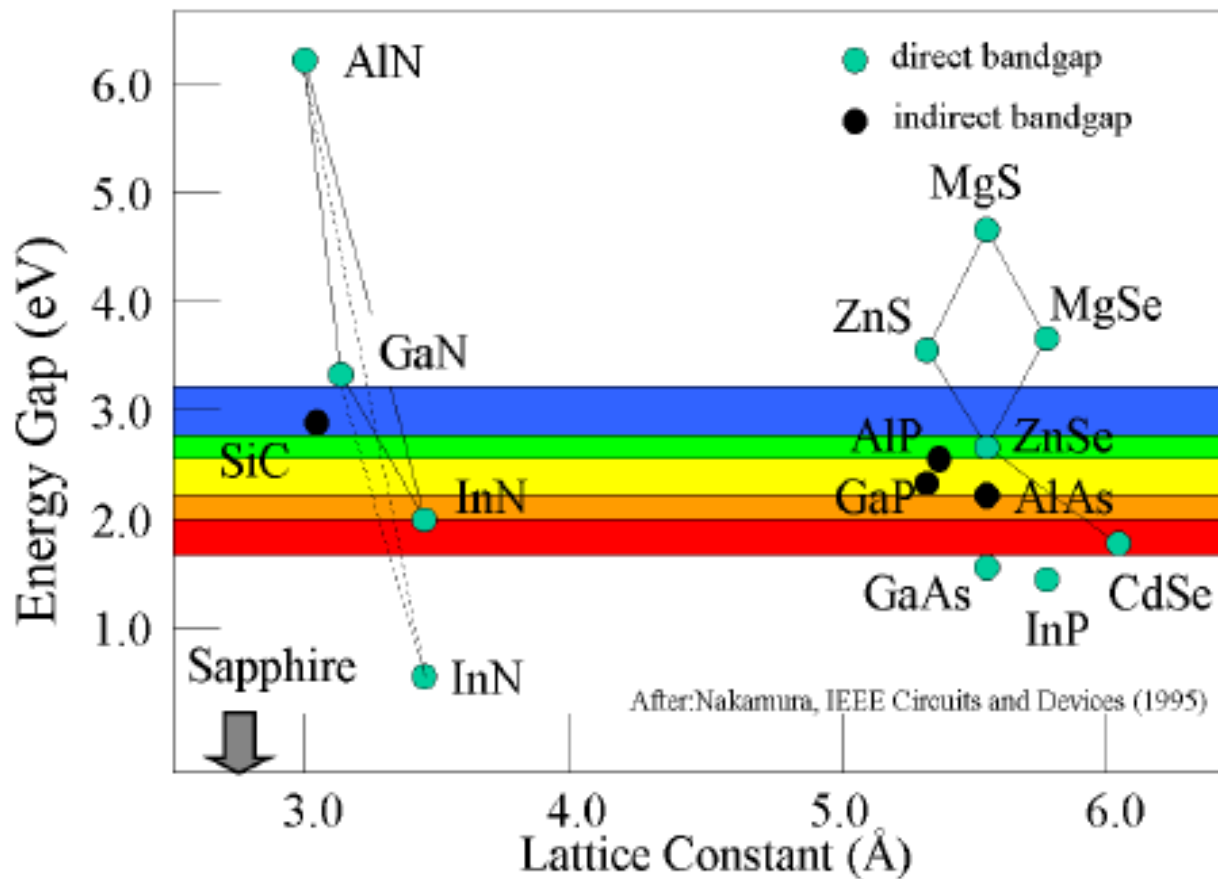
GaN

7

Å

7

Å



2.

GaN

D

$$\begin{array}{c} \omega \\ \omega \end{array} \text{ LD}$$

1

D

$$\omega_l$$

ă

$$\omega_l$$

Ω

LED

D

D

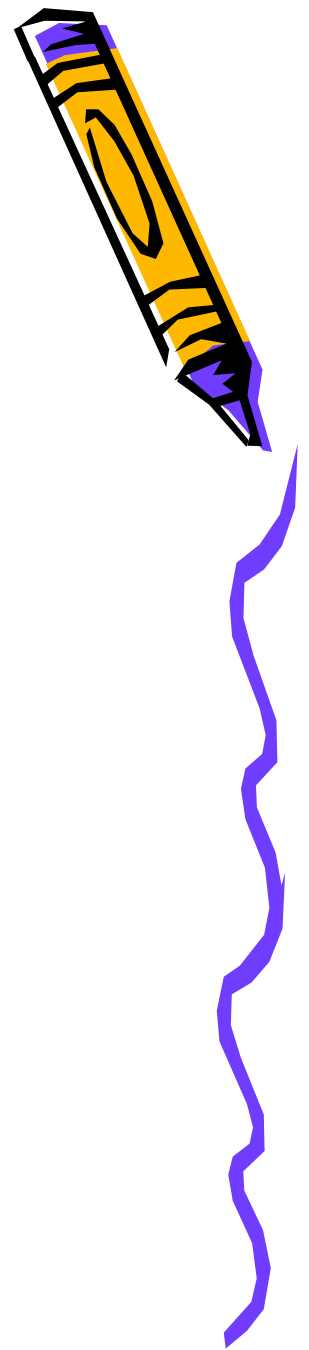
ă



3. GaN

$\hbar \omega$

$\hbar \omega$

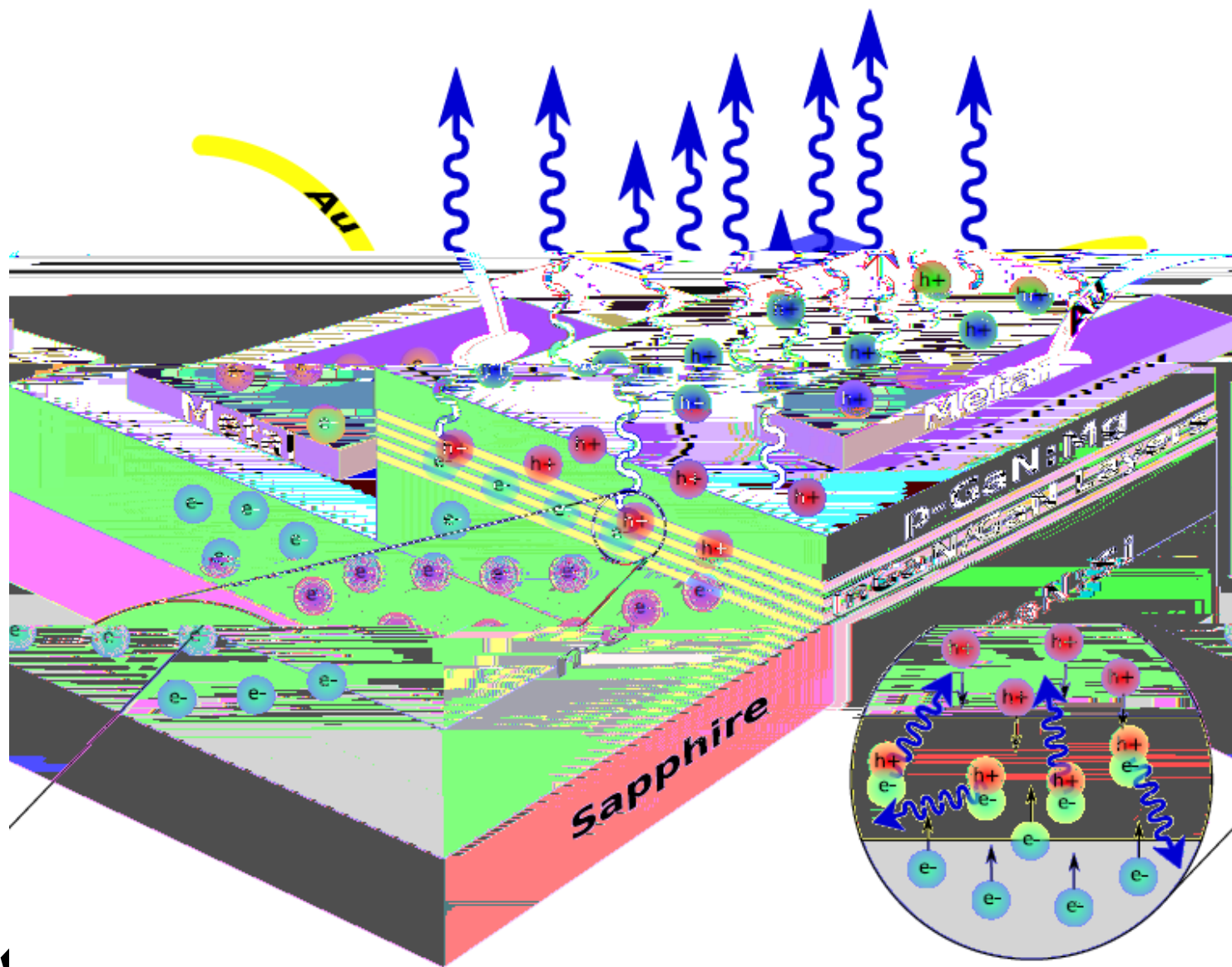


$\hbar$

h

- InGaN/GaN $\hbar \omega$ light emitting diode (LED)
- InGaN/GaN $\hbar \omega$ laser diode (LD)





LED



A

$$\omega_L$$
$$\omega_l$$

LED i

In

$$\omega_l$$

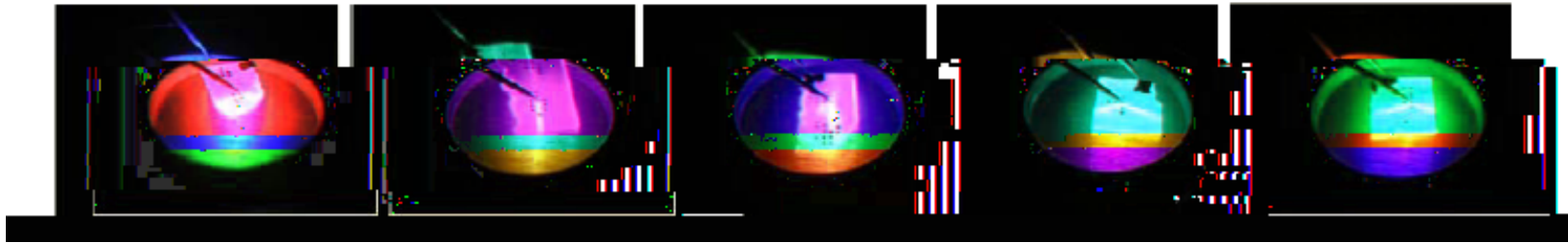
InGaN / GaN

$$\omega_l$$

h

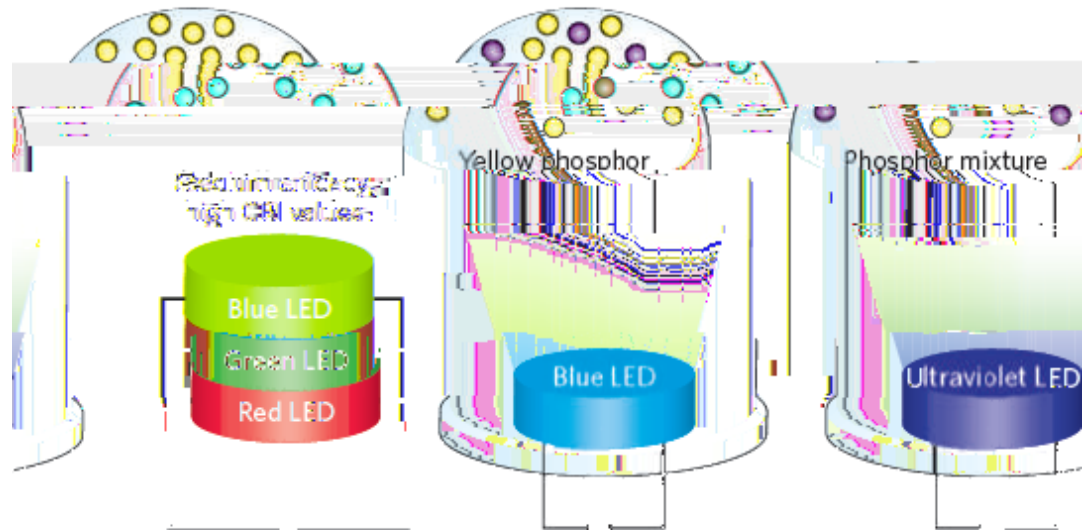
A





High efficacy, low CRI values

Low efficacy, high CRI values

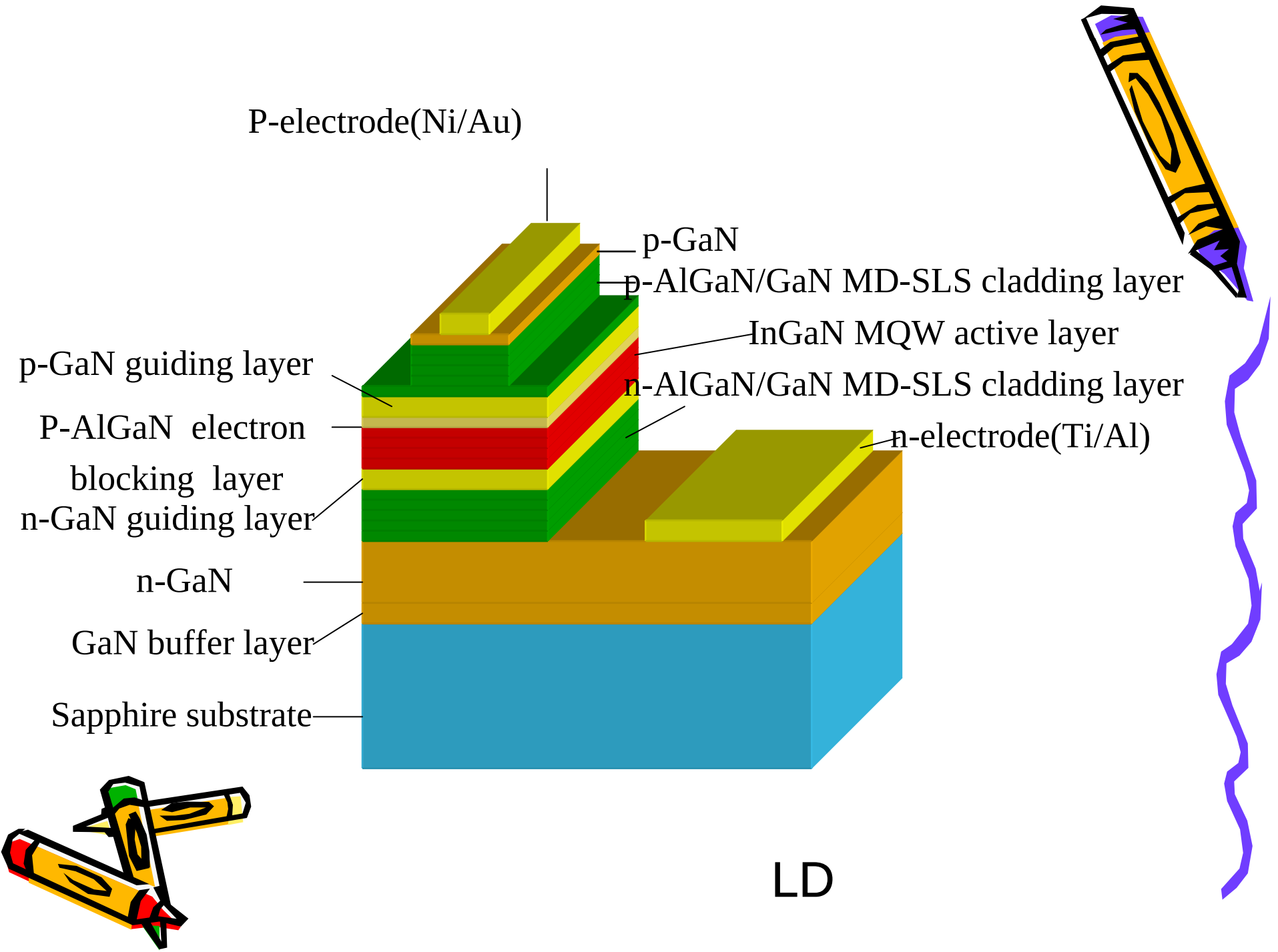


GaN

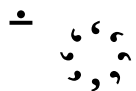
LED

LED





GaN LD LED



$\hat{\omega}$



$\hat{\omega}$

$\hat{A}$

LED $\mathfrak{b}$

$\hat{\omega}$ LD

$\hat{\omega}$

F

$\mathfrak{i}$

$\hat{A}$

$\mathfrak{f}$

LD

$\hat{\omega}$

$\hat{\omega}$

$\hat{\omega}$

$\hat{\omega}$

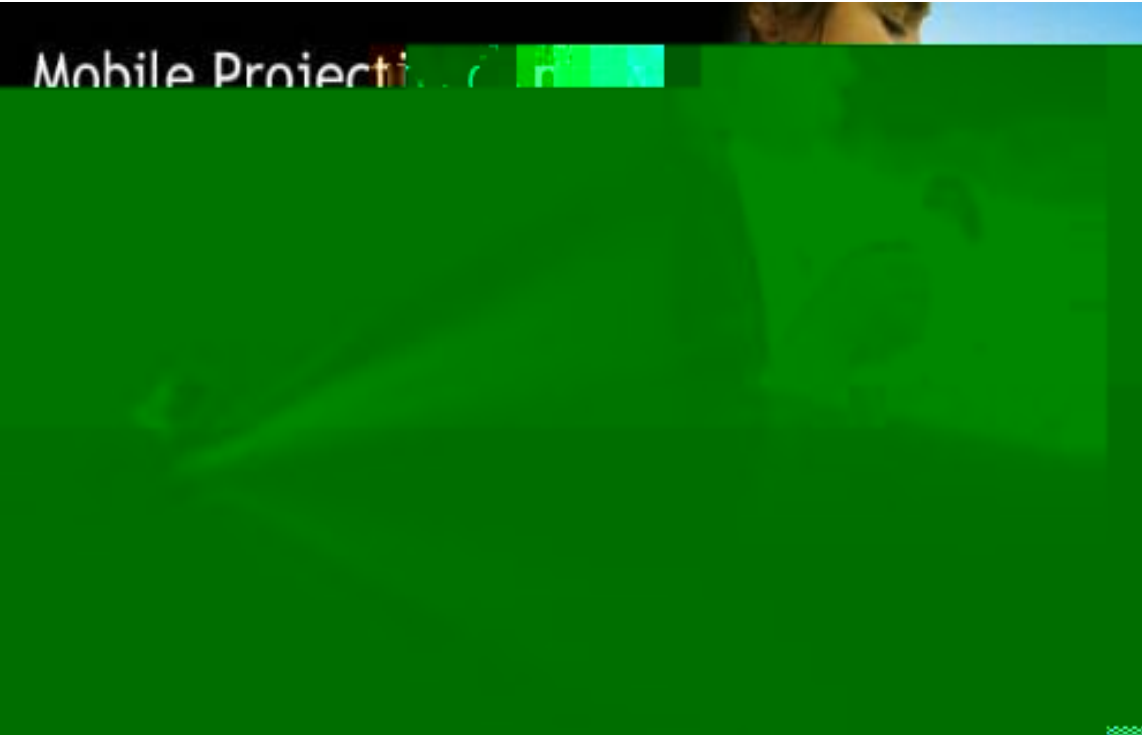
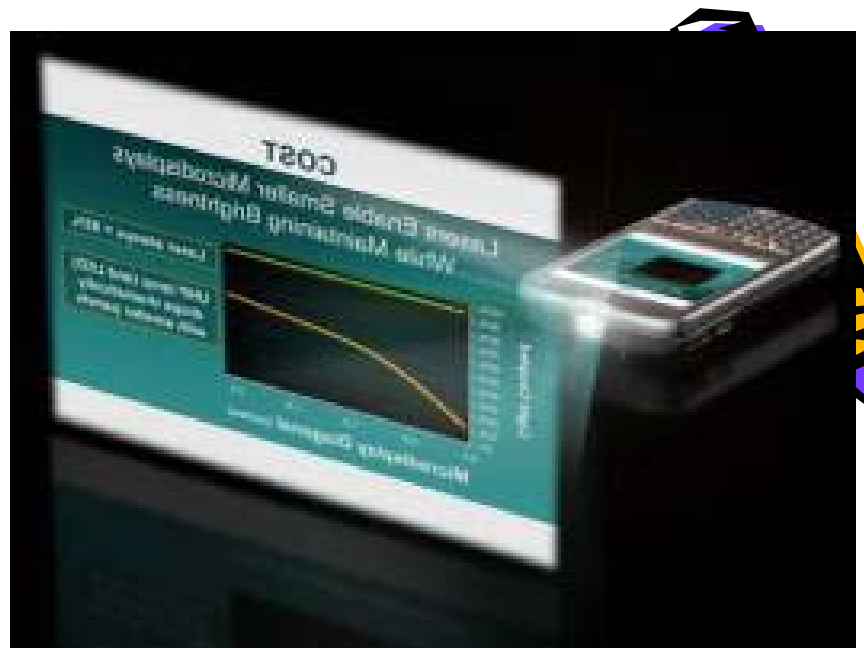
H

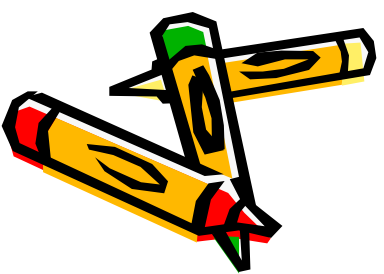
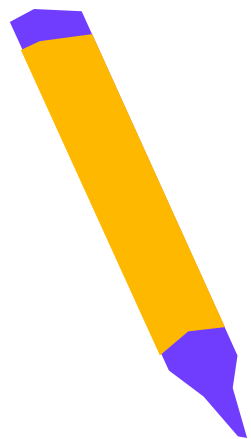


$\mathfrak{g}$

$\hat{A}$









LED

'E

Â

LD h

Nichia Sony

Mitsubishi Sanyo Sharp Samsung

Cree Xerox UCSB

̄

Â



Ÿ

h

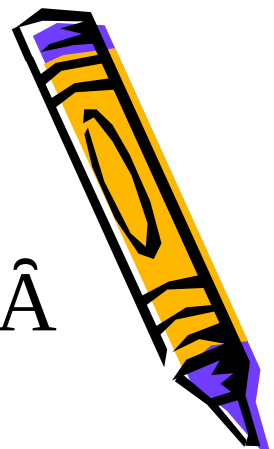
̄ Ÿ GaN

LED

LD

h

Â



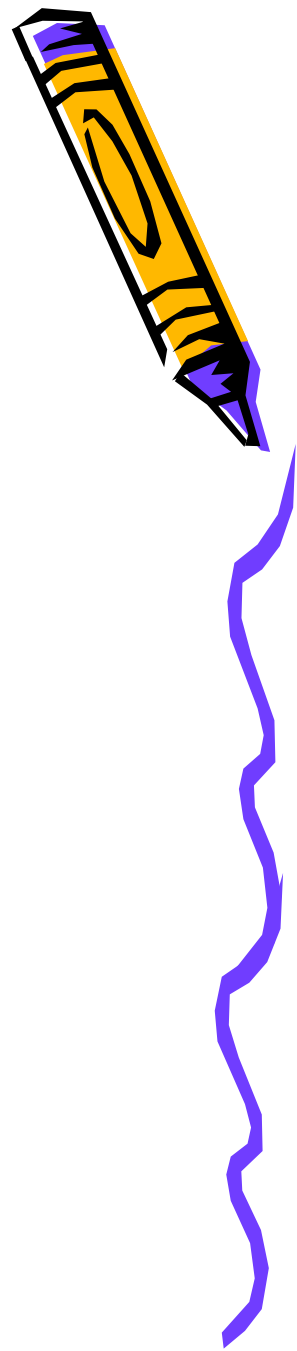
I. LED ω_t

LED
 h

$\tilde{H}_{\gamma\gamma}$

ω_t

ω_t



a)

b)

c) ω_t

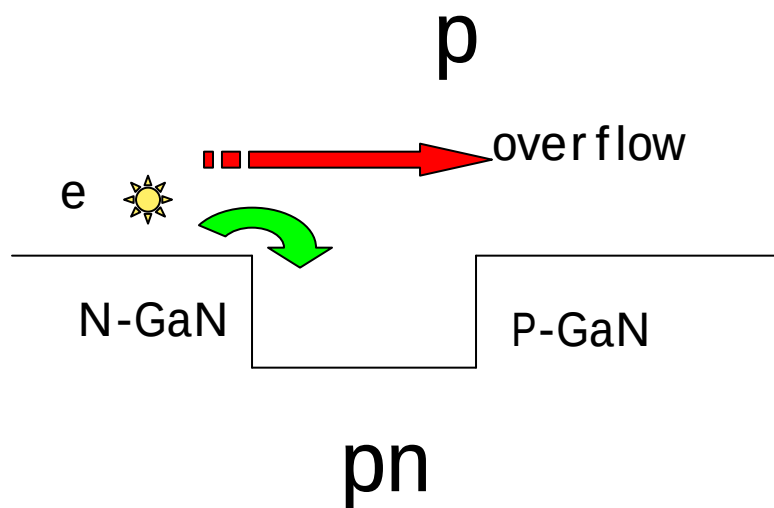
LED

ω_t





$\hat{A}$



$\hat{\omega}$

$\check{N}$



β

$\hat{A}$





20-40%
1

PL

$\tilde{\omega}$

$\neg$

70-80%
 $\bar{w}$

$\hat{A} \bar{w}$

$\hat{A}$

h
 $\wedge$

h
QCSE $\sim$

1

γ

$\check{H}$

$\hat{A}$





LED

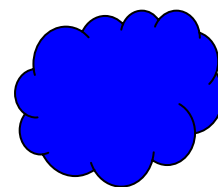
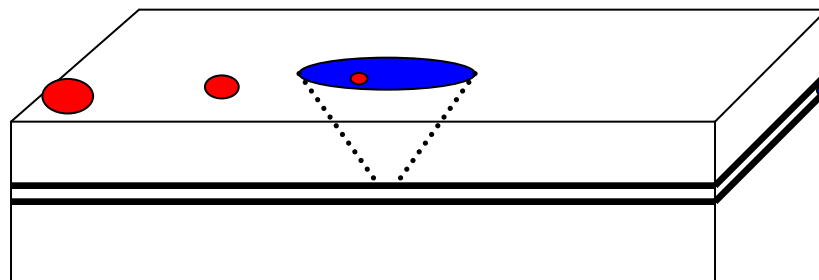
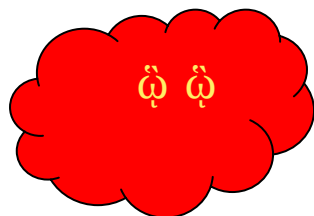


GaN

$\vec{\omega}$
 $\hat{A}$

$\vec{\omega}$

$\hat{A}$



$\vec{\omega}$

1

$\vec{\omega}$

$\hat{A}$

$\vec{\omega}$





LD

LED

$\tilde{\omega}$

$\hat{A}$

$\hat{A}$

$\tilde{\omega}$

$\tilde{\omega}$

γ



II. P

GaN

p

$\tilde{\omega}_t$

$\mathbb{D}$

ψ

p

pn

$\dot{\cdot}$

F

∇

p

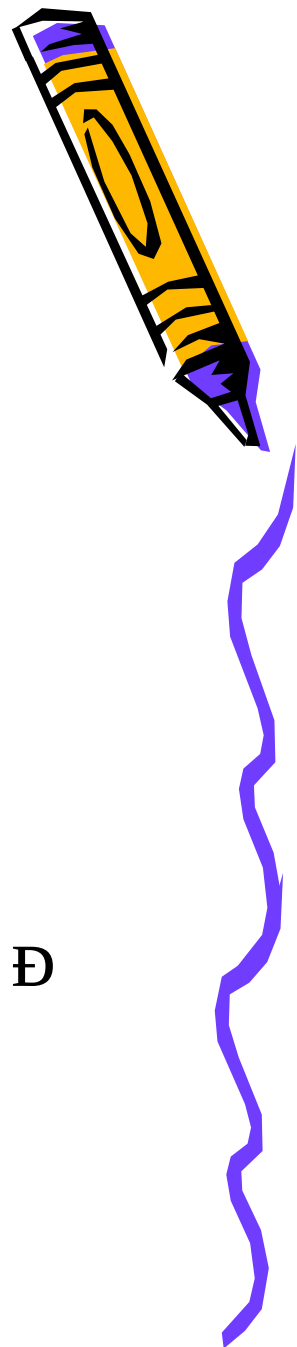
GaN $\tilde{\omega}_t$

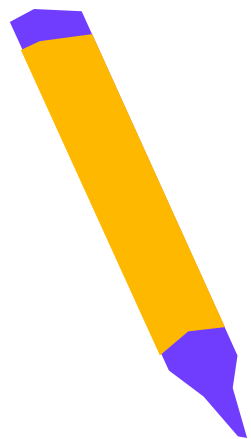
$\mathbb{D}$

1

1

$\hat{A}$





➤ N β

■ N β

$\bar{W}$ E $\bar{W}$ E
h o h

β

GaN

$\hat{A}$

✓ 7

β

$\hat{A}$

$\hat{A}$

Ÿ

$\bar{W}$

$\grave{i}$

N

β

N



➤ Mg h

■ Mg GaN
AlGaN
γ

GaN
Â



1

γ Mg h
Â

$\bar{w}$ ψ 170 250meV
 $\tilde{Y}_0$ h
γ Â Mg h
1



➤ Mg H



MOCVD

H
b i o h

NH₃ Mg
Â

N

h

Mg

✓
H

Â

Mg h Ð Ÿ
1

Â
Ð

Mg H



4.

 GaN

$\vec{\omega}$

$\mathbb{D}$

$\hat{A}$

h



$\vec{w}$

$\vec{w}$

$\hat{A}$

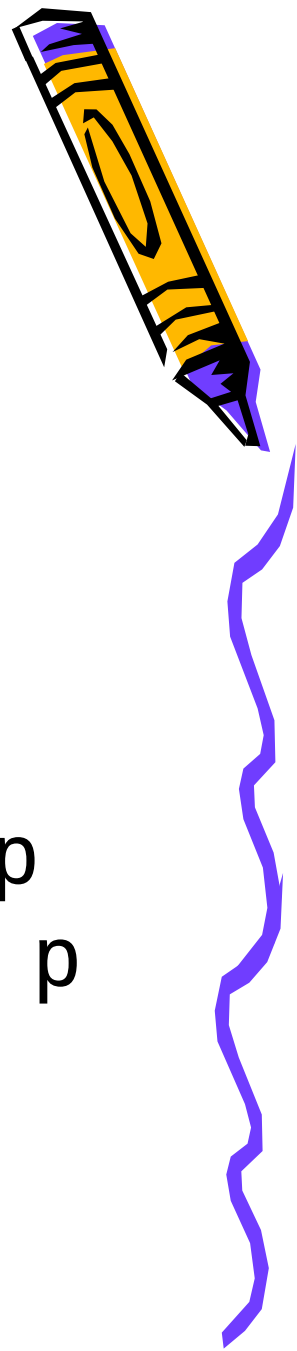
AlGaN/GaN



p

p

$\hat{A}$



I. In 1

$\hat{\sim}$ QCSE $\sim$ 1
InGaN/GaN
 $\hat{A}$ h
1 InGaN/GaN
 $\hat{A}$

In



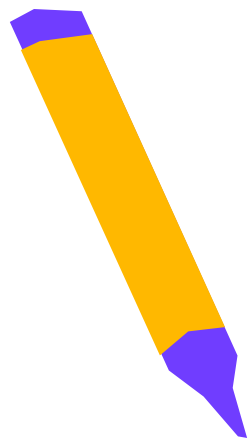
$\hat{\omega}$

$\bar{w}$ $\check{H}$ C

GaN

QCSE $\hat{A}$

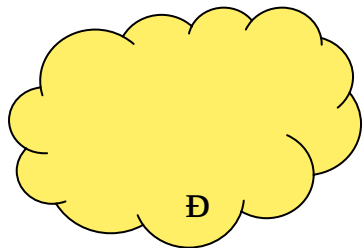




1

$$P^{sp}(Al_xIn_yGa_{(1-x-y)}N) = xP_{AlN}^{sp} + yP_{InN}^{sp} + (1-x-y)P_{GaN}^{sp}$$

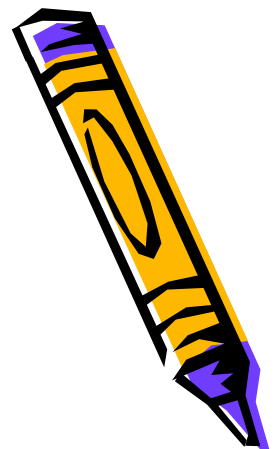
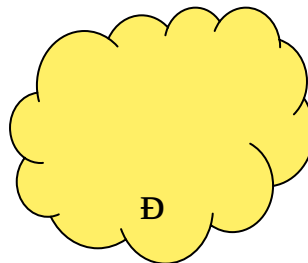
$$P_{In_xGa_{1-x}N}^{PE} = 2 \frac{a_{GaN} a_{In_xGa_{1-x}N}}{a_{InGaN}} e_{31} + e_{33} \frac{c_{13}}{c_{33}}$$

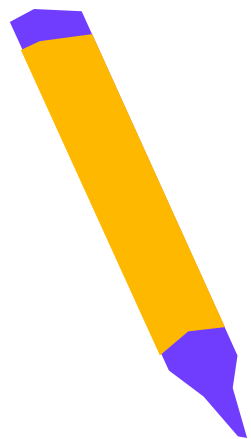


$$\begin{matrix} E_i & P_i & E_j & P_j \\ E_i l_i & E_j l_j \\ i & j \end{matrix}$$



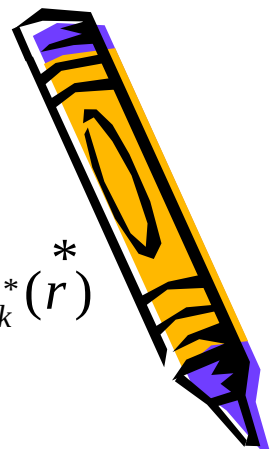
$$E_j = \frac{\sum_i^n P_i l_i}{\sum_j^n l_j}$$





KP

$$\frac{\hat{p}^2}{2m_0} V(r) \psi_{nk}^*(r) E_n(k) \psi_{nk}^*(r)$$



KP

GaN

$\hat{A}$

$$\psi_{nk}^*(\vec{r}) \exp(i\vec{k} \cdot \vec{r}) \psi_{nk}^*(\vec{r})$$

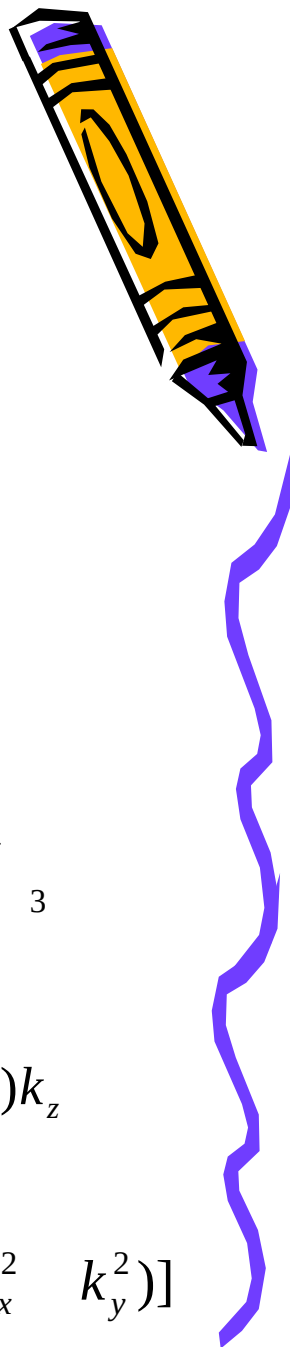
$$\hat{H}_0 = \frac{\hat{p}^2}{2m_0} V_0 \quad \hat{H}' = \frac{i}{m_0} \vec{k} \cdot \vec{p} \quad \psi_{nk}^*(r) E_n(k) \frac{i}{2m_0} k^2 \psi_{nk}^*(r)$$

$$\hat{H}_0 = \frac{\hat{p}^2}{2m_0} V_0 \quad \hat{H}' = \frac{i}{m_0} \vec{k} \cdot \vec{p} \quad E'_n(k) E_n(k) \frac{i}{2m_0} k^2$$

$$\boxed{\hat{H}_0 \quad \hat{H}' \quad \psi_{nk}^*(r) E'_n(k) \psi_{nk}^*(r)}$$

$$\hat{H} \psi_{nk}^*(r) \quad \hat{H}_0 \frac{i}{2m_0} k^2 \frac{i}{m_0} \vec{k} \cdot \hat{p} \quad \hat{H}_{so} \psi_{nk}^*(r) E_n(k) \psi_{nk}^*(r)$$





$$\hat{H} = \hat{H}_{66}(\mathbf{k} = 0) + D_{66}$$

$$u_{\mathbf{k}}^{\mathbf{G}}(r) = \sum_{j'}^A a_{j'}(\mathbf{k}) u_{j'0}^{\mathbf{G}}(r) + \sum_{j''}^B a_{j''}(\mathbf{k}) u_{j''0}^{\mathbf{G}}(r)$$

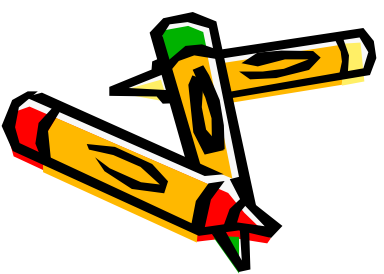
F	K^*	H^*	0	0	0	$ u_1\rangle$	F	1	2
K	G	H	0	0		$ u_2\rangle$			
H	H^*		0		0	$ u_3\rangle$	G	1	2
0	0	0	F	K	H	$ u_4\rangle$			
0	0		K^*	G	H^*	$ u_5\rangle$		$\sqrt{2}$	3
0		0	H^*	H		$ u_6\rangle$			

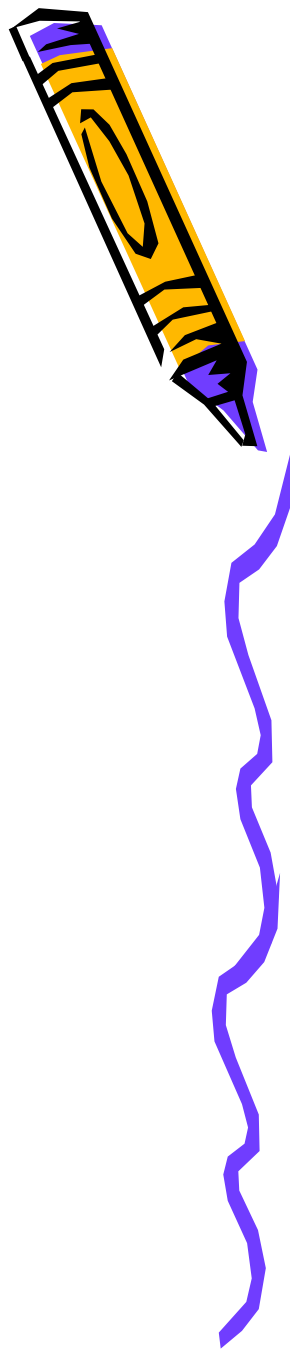
$$K = \frac{1}{2m_0} A_5 (k_x^2 - ik_y)^2$$

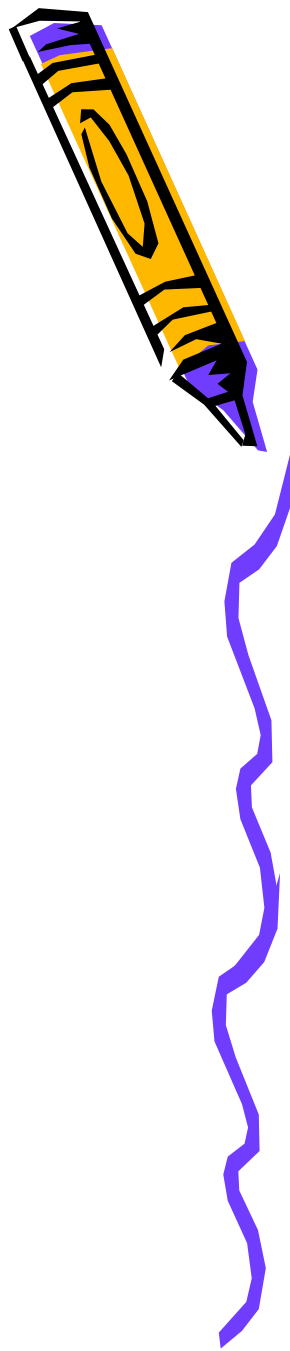
$$H = \frac{1}{2m_0} A_6 (k_x^2 - ik_y) k_z$$

$$\frac{1}{2m_0} [A_1 k_z^2 - A_2 (k_x^2 - k_y^2)]$$

$$\frac{1}{2m_0} [A_3 k_z^2 - A_4 (k_x^2 - k_y^2)]$$









TE



$R_a \quad b$

$\frac{2}{V}$

$\frac{2}{2}$

$|H'_{ba}|^2$

E_b

E_a

$f_a(1$

$f_b)$

$\ddot{\omega}$

"H_i

$|M_{x \quad nm}(k_t)|^2$

$\frac{|s|P_x|x|^2}{4}$

$_n|g_m^{(1)}|^2$

$_n|g_m^{(2)}|^2$

, for

U

$|M_{x \quad nm}(k_t)|^2$

$\frac{|s|P_x|x|^2}{4}$

$_n|g_m^{(4)}|^2$

$_n|g_m^{(5)}|^2$

, for

L



TM

"H_i

$|M_{z \quad nm}(k_t)|^2$

$\frac{|s|P_z|x|^2}{2}$

$_n|g_m^{(3)}|^2$, for

U

$|M_{z \quad nm}(k_t)|^2$

$\frac{|s|P_z|x|^2}{2}$

$_n|g_m^{(6)}|^2$, for

L



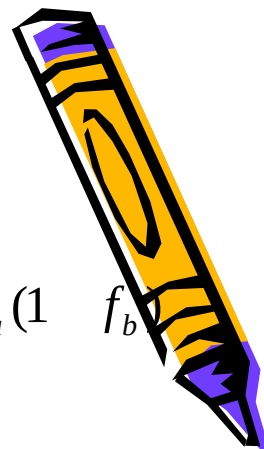
$g_{sp}^e(\quad)$

$\frac{2q^2}{n_r c \quad_0 m_0^2 \quad L}$

$_{U,L \quad n,m} \quad_0$

$\frac{k_t dk_t}{2} |(M_e)_{nm}(k_t)|^2$

$\frac{f_n^c(k_t)(1 \quad f_m^v(k_t) \text{---}}{(E_{,nm}^{cv}(k_t))^2 \quad (\quad)^2}$



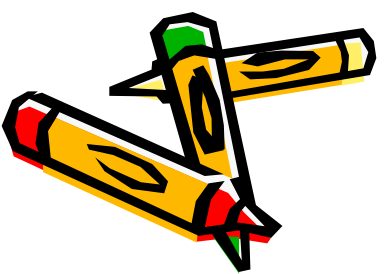
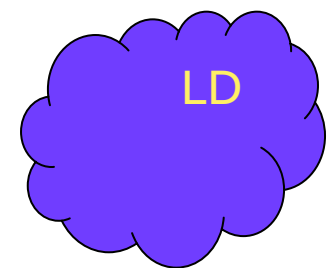
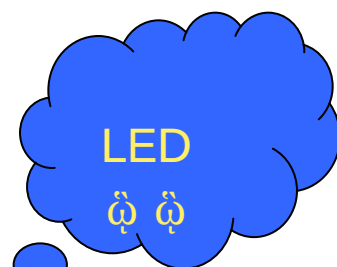


$$r_{sp}^e(\omega) = \frac{n_r^2}{2c^2} g_{sp}^e(\omega)$$



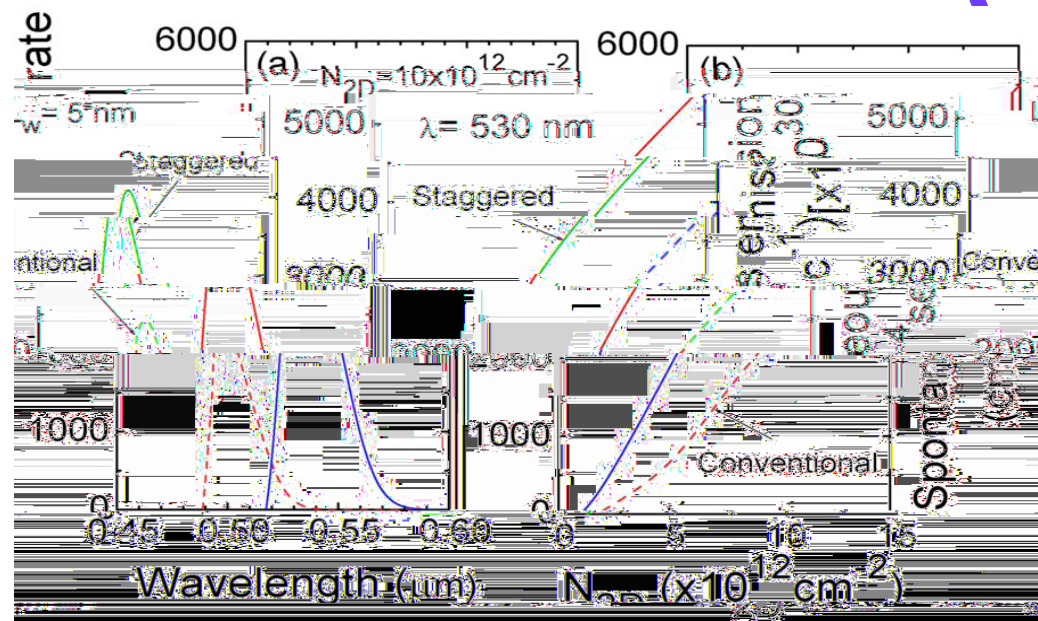
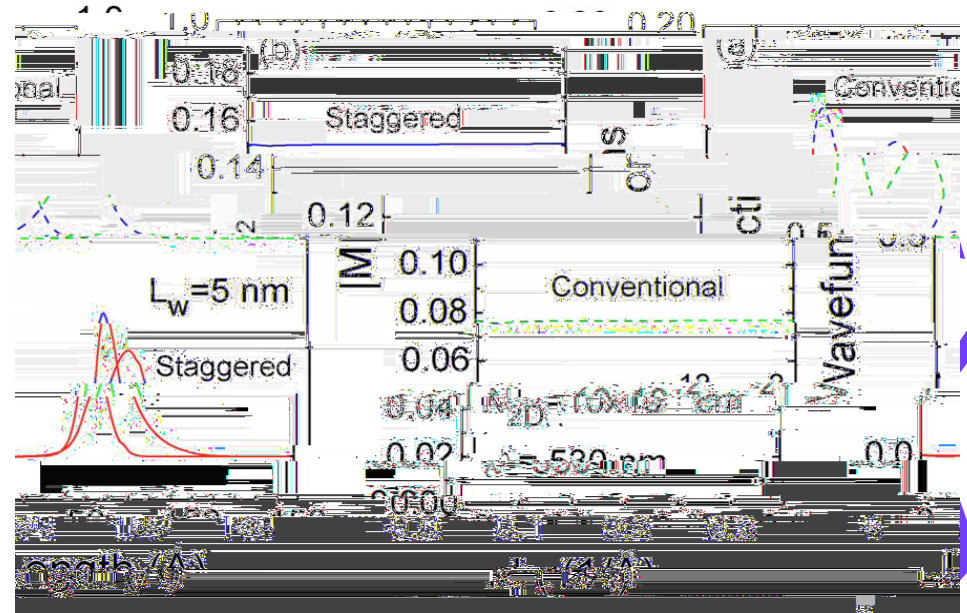
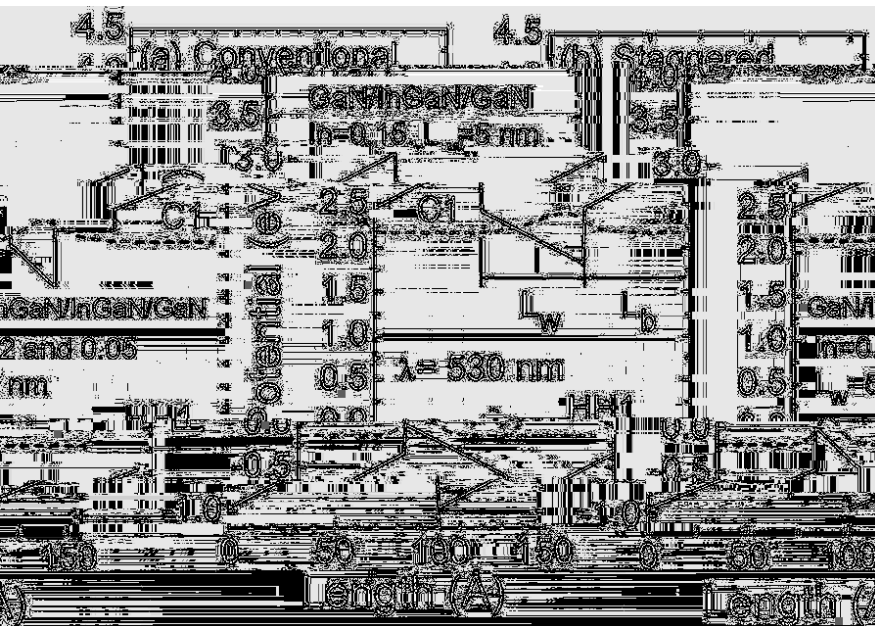
ω

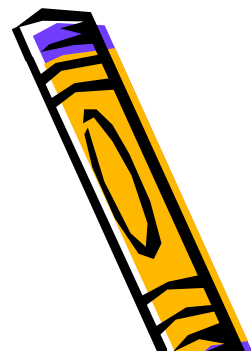
$$g(\omega) = g_{sp}^e(\omega) \left[1 - \exp\left(-\frac{F}{k_B T}\right) \right]$$



QW $\hat{A}$

staggered





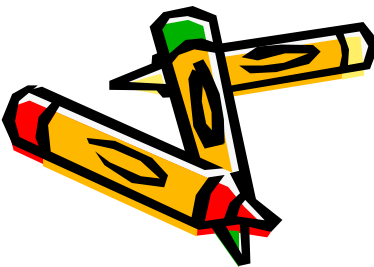
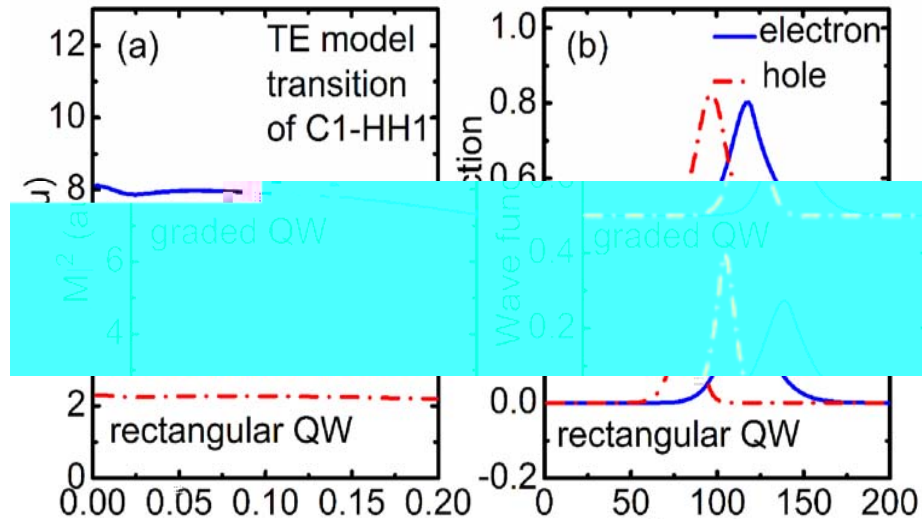
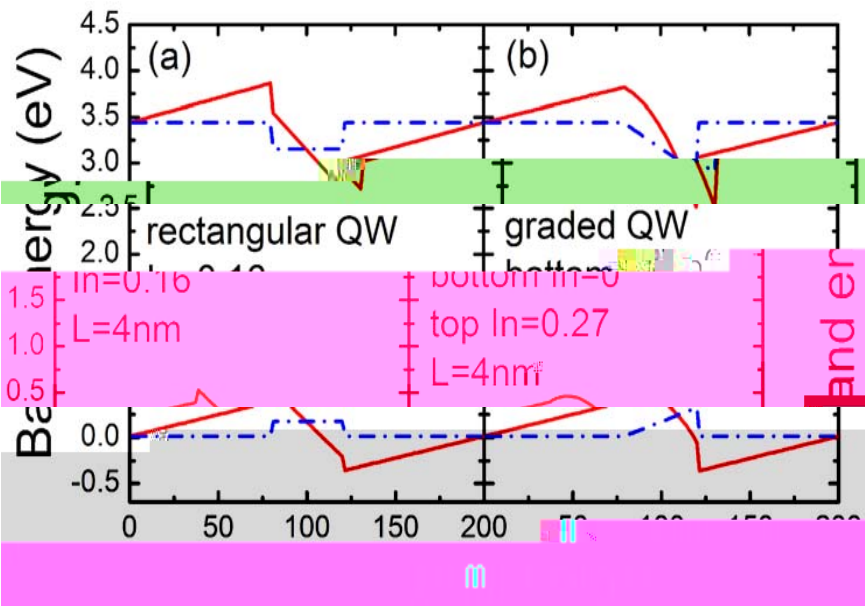
KP

In

1

graded QW

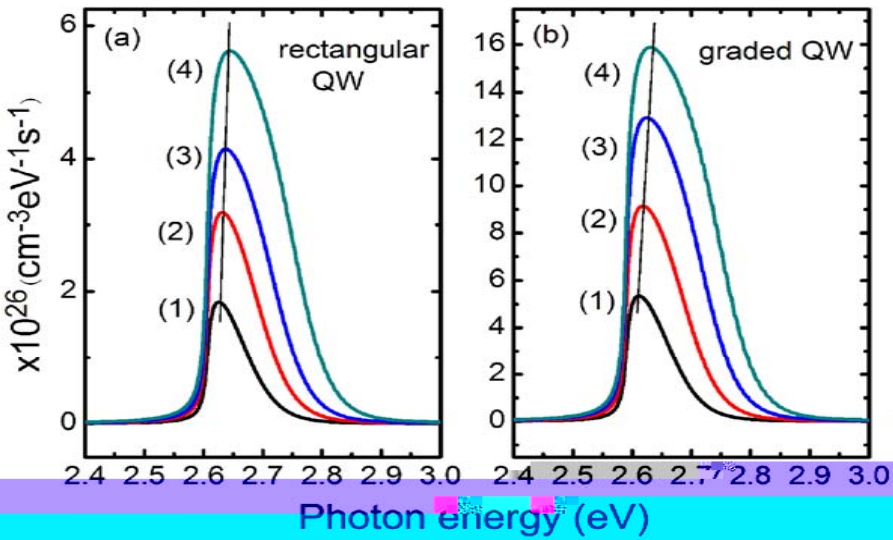
$\hat{A}$

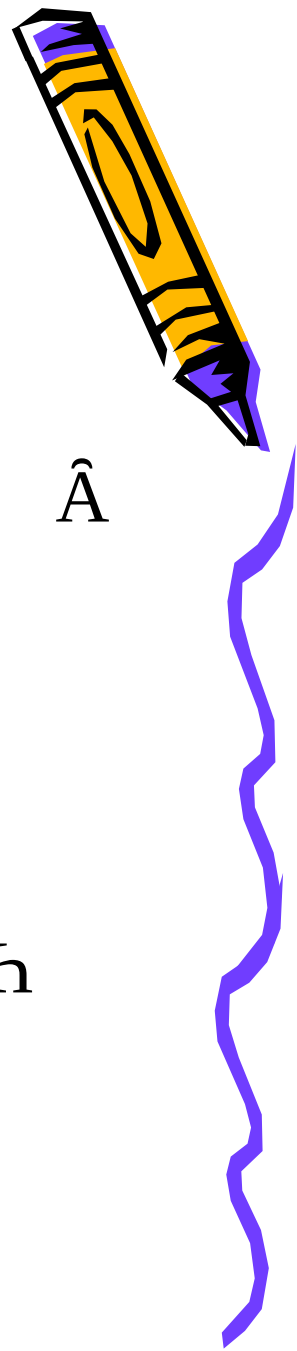


1

QCSE

Spontaneous emission rate
 $\times 10^{26} (\text{cm}^{-3} \text{eV}^{-1} \text{s}^{-1})$





l l. p

➤ P GaN

ψ

GaN

ϕ

$\mathcal{D}$

$\hat{A}$

➤ P

AlGaN/GaN

h

GaN

2000-2003

Monica Hansen

h

E.F. Schubert

$\mathcal{T}$

$\hat{A}$

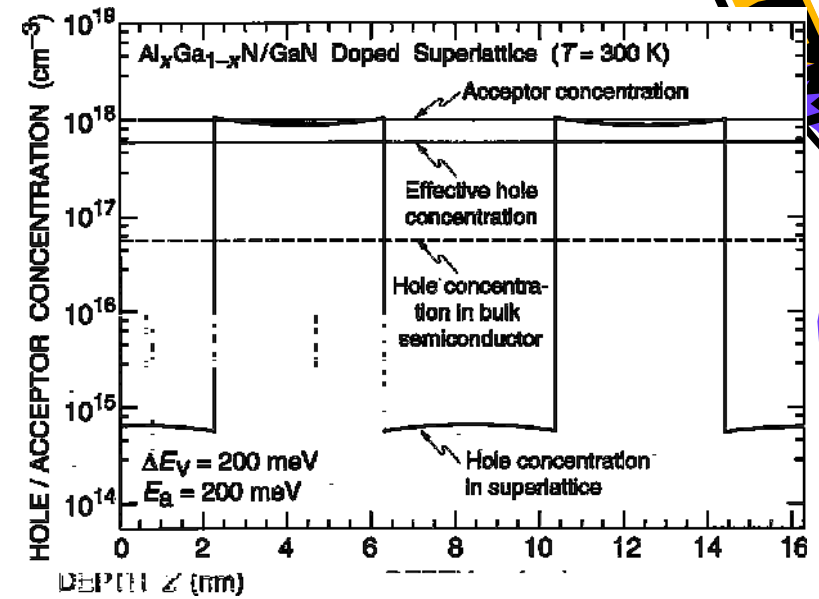
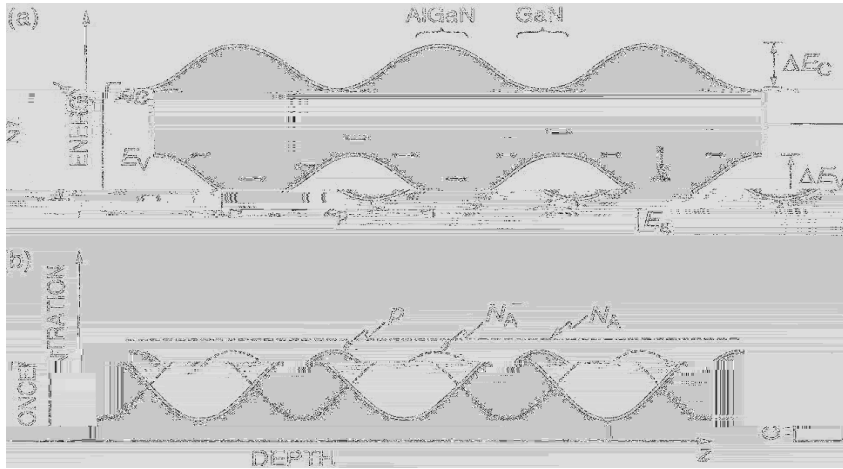
$\bar{w}$

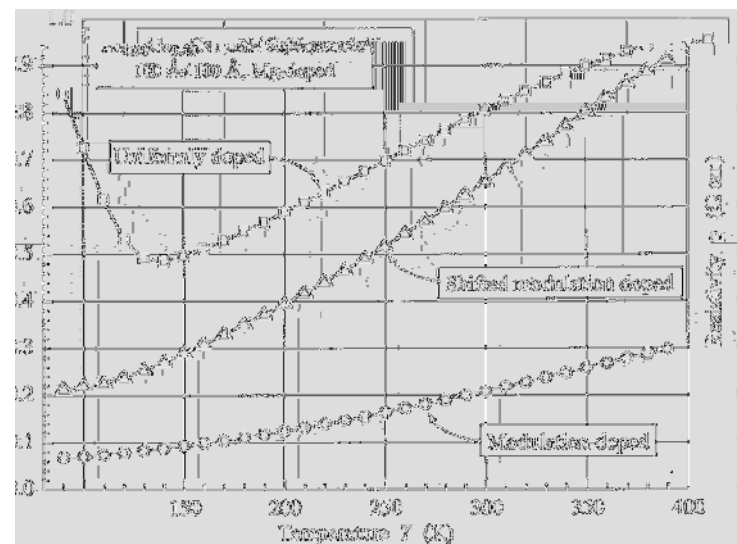
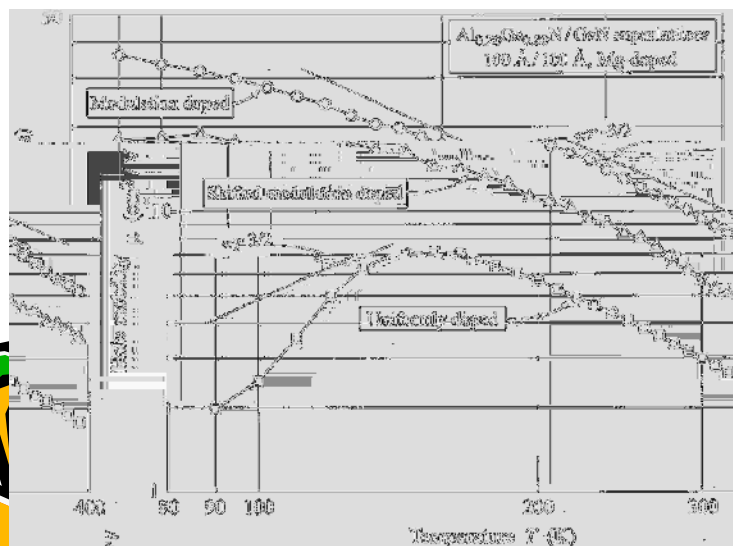
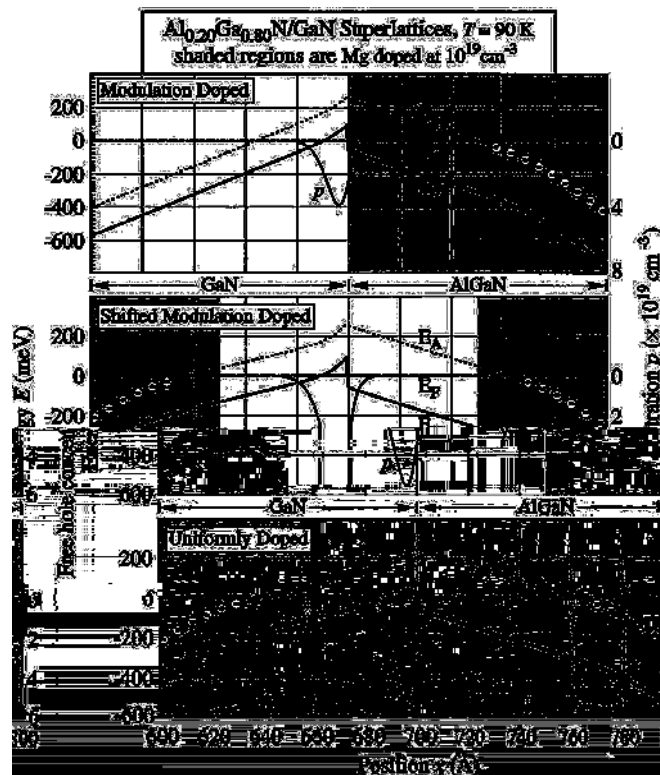
h

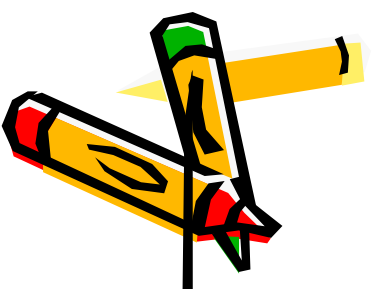
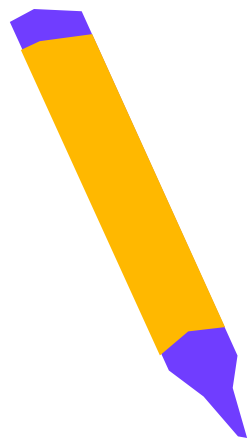
$\bar{w}$



E.F. Schubert AlGaIn/GaN

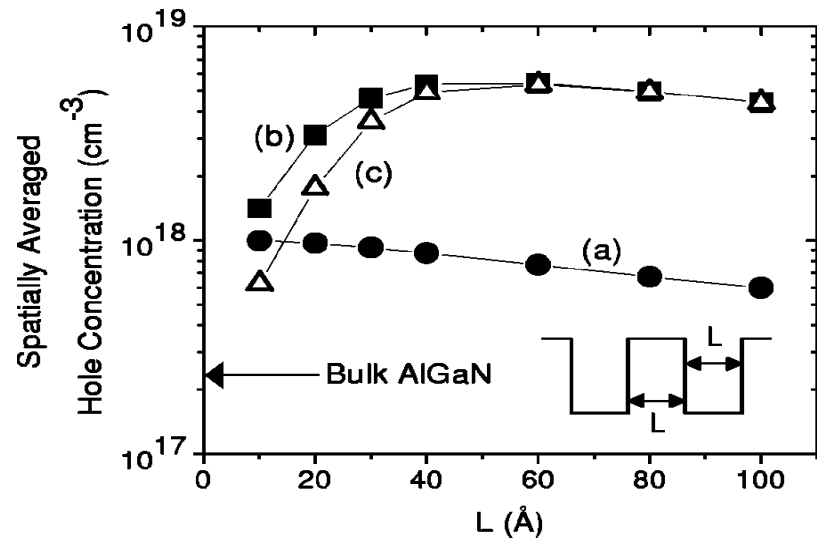






■ Monica Hansan

AlGaN/GaN





$\bar{w}$ Й Hansen

p

$\hat{A}$



ц

l

Mg

h

Й

$\hat{A}$



$\hat{A}$



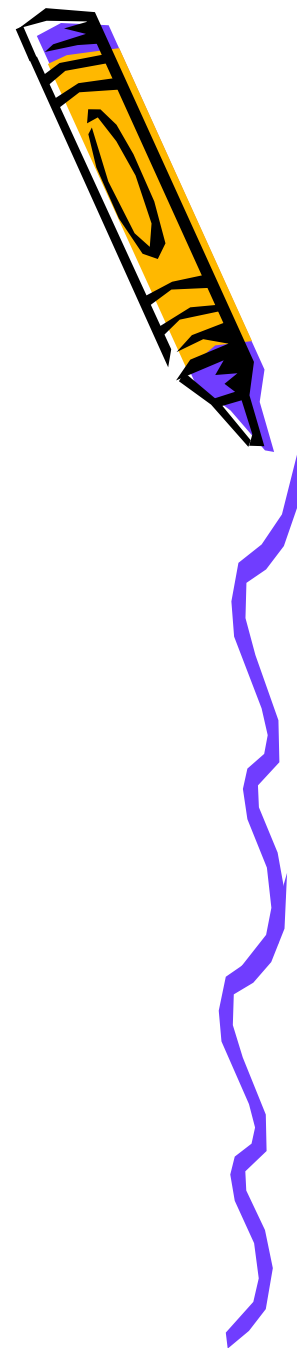
ц

Al



γ

$\hat{A}$





┐

┐

ψ

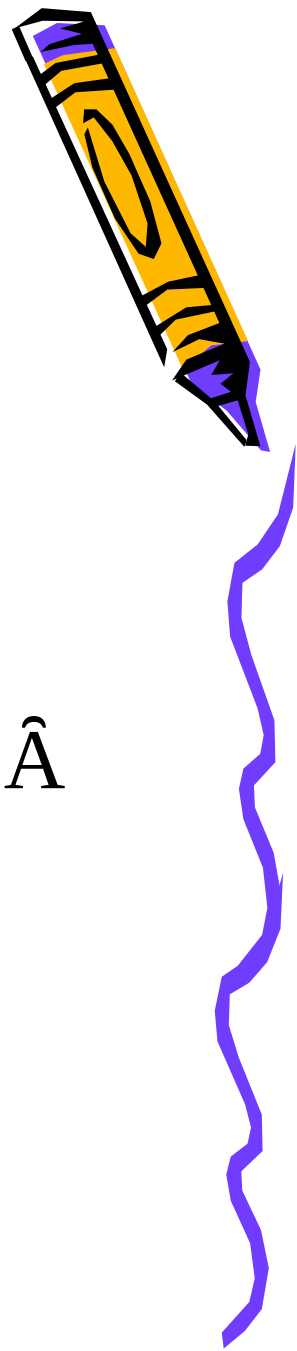
┐
 $\hat{A}$

ρ

ℓ

$\hat{A}$

$\hat{A}$





GaN $\mathfrak{b}$

p
Al

LD

AlGaN / GaN

$\bar{w}$
 $\mathfrak{b}$

1

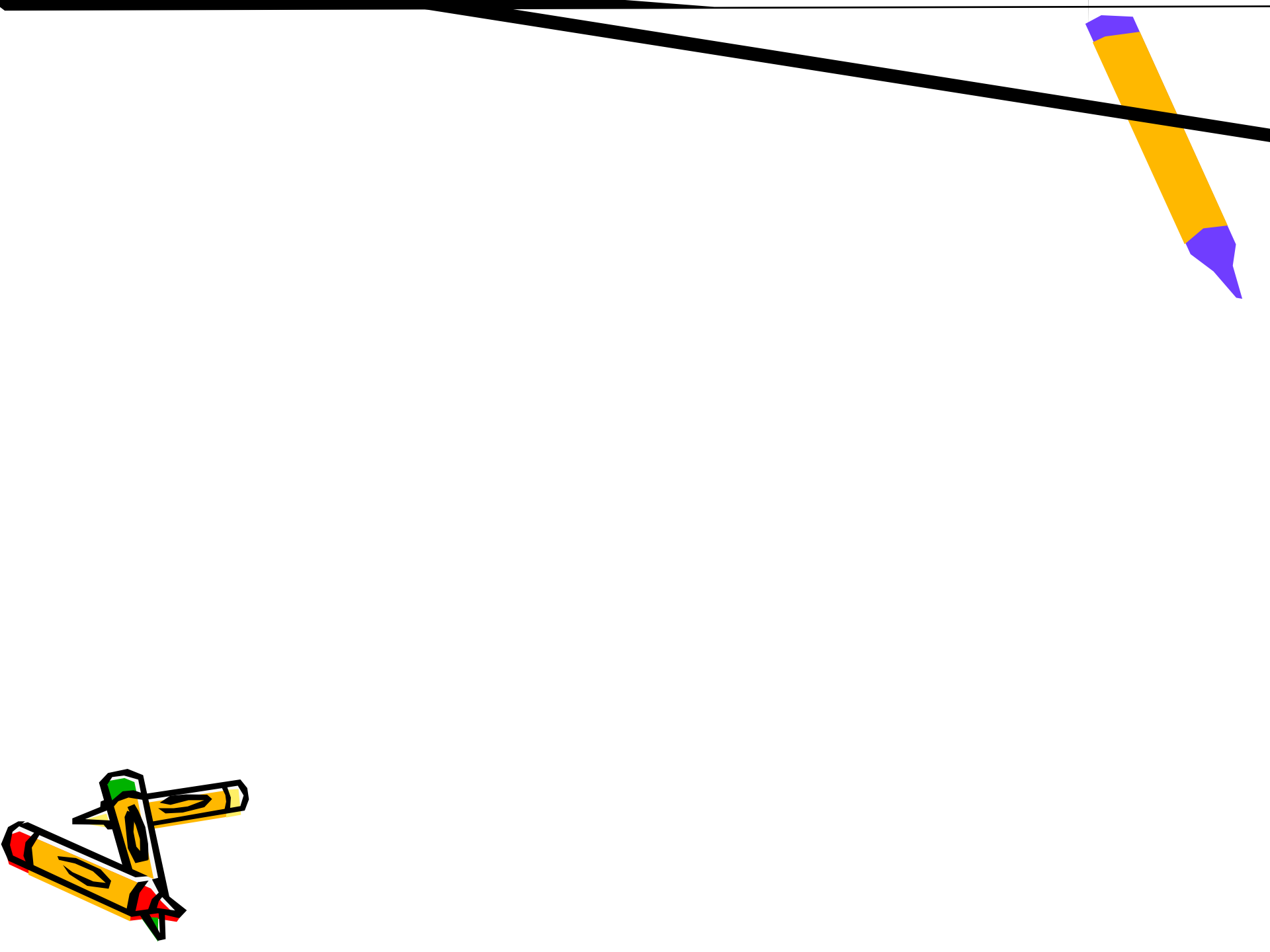
$\hat{A}$

$\mathfrak{f}$

$\mathfrak{u}$

$\hat{A}$



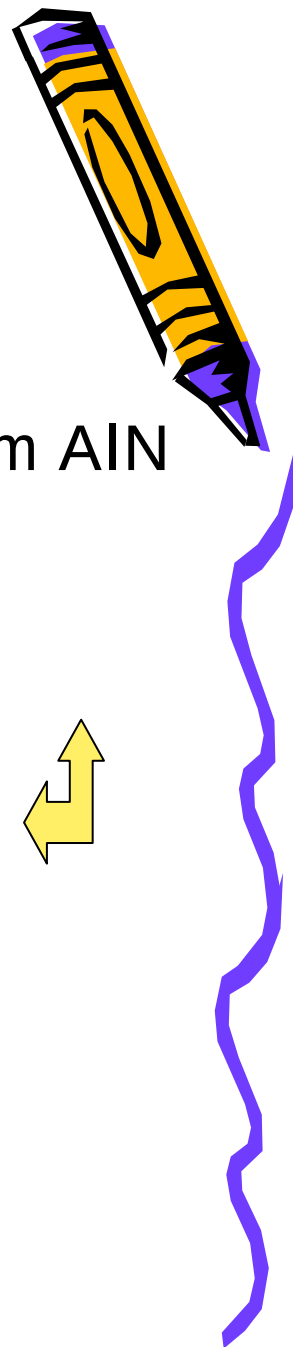
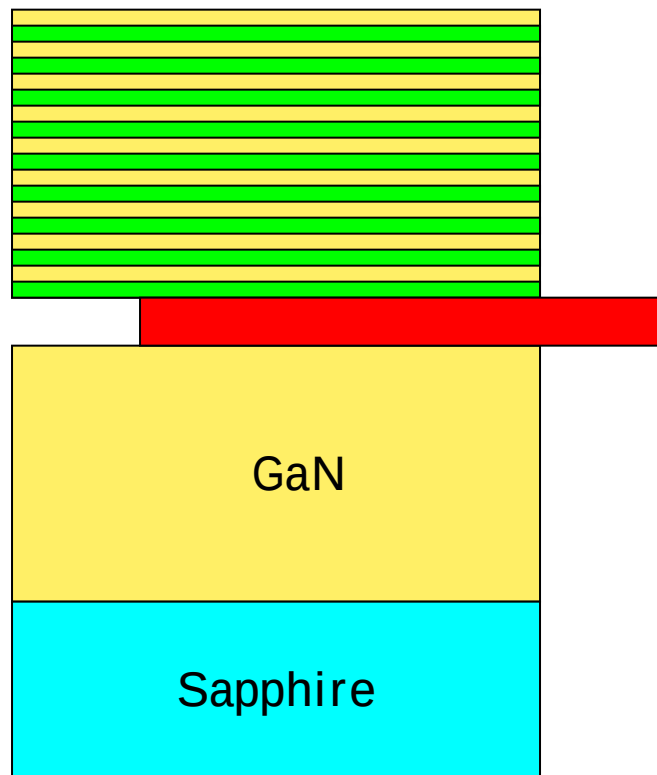
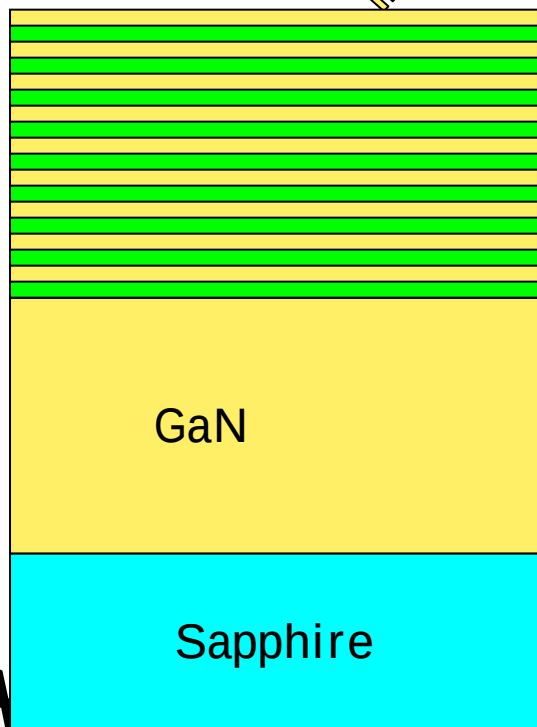


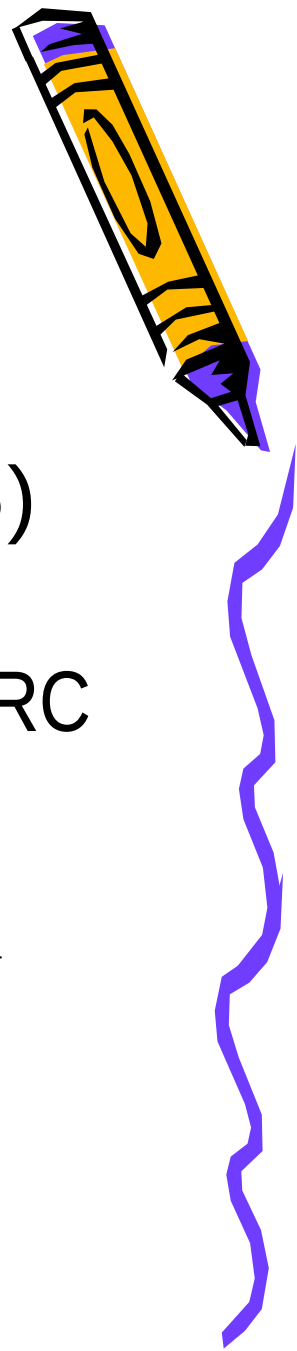


100

AlGaN / GaN

10 nm AlN





XRD



β



Hall

$\hat{A}$

(002), (102), (105)

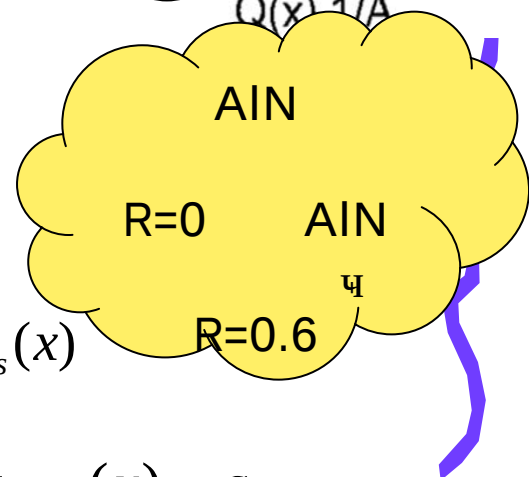
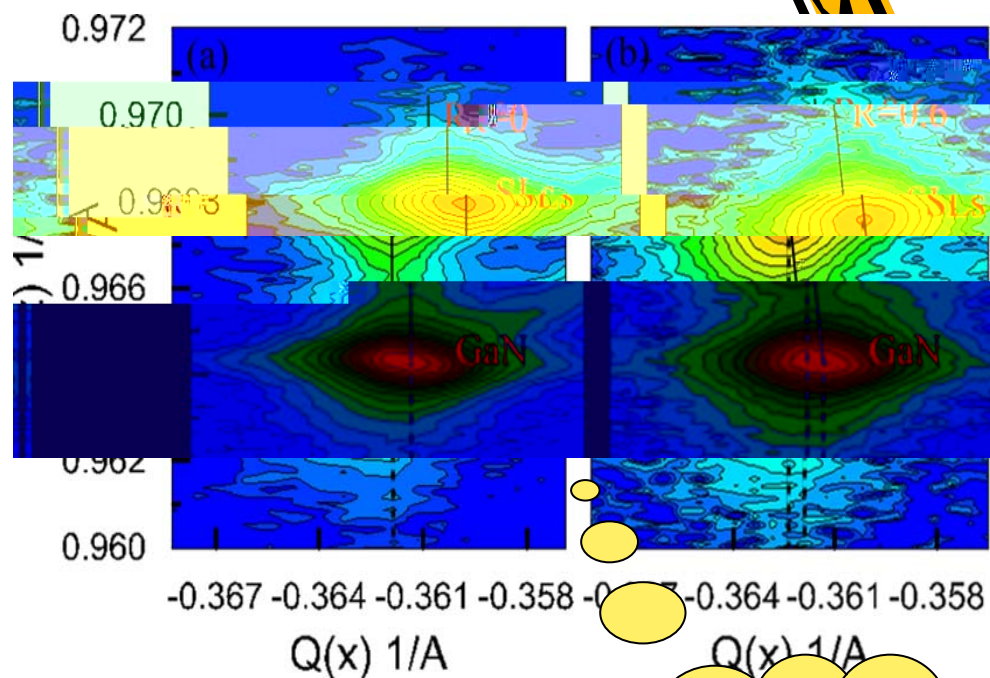
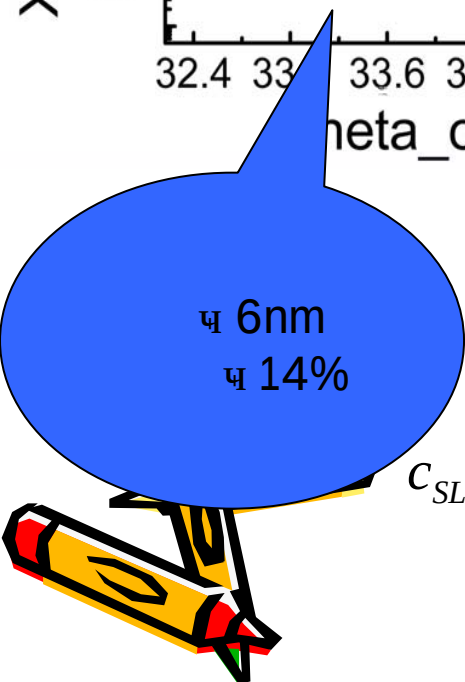
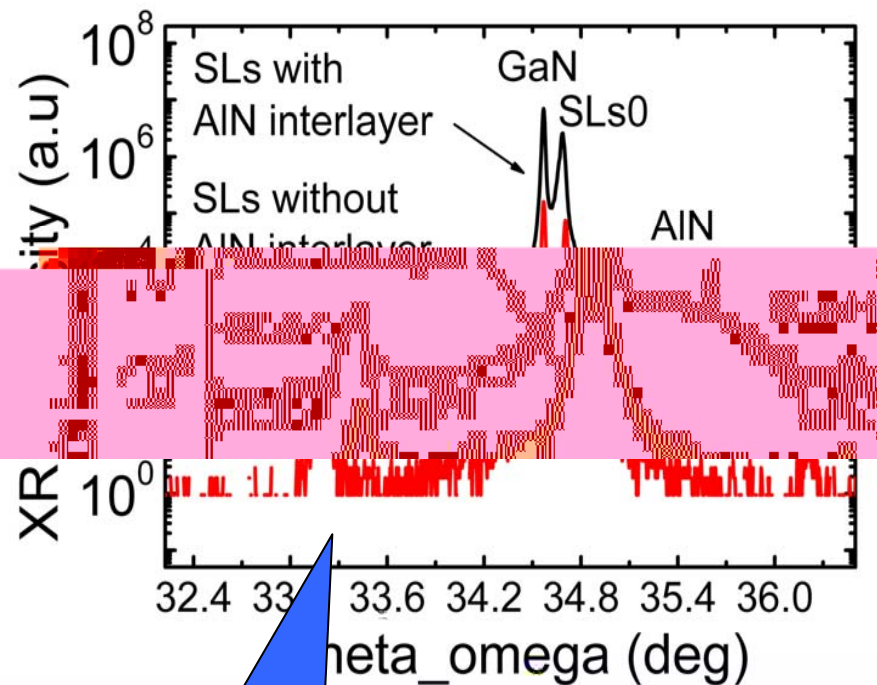
(002), (102) XRD RC

XRD RSM

0 h

1





$$C_{SLs} \quad C_{0SLs}(x)$$

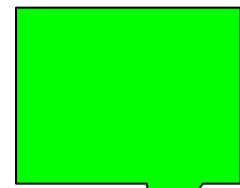
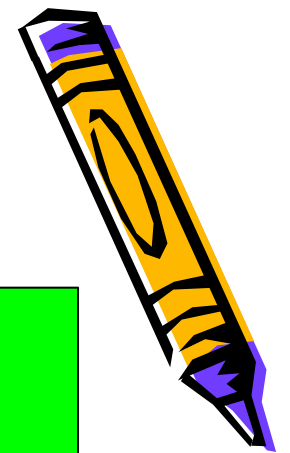
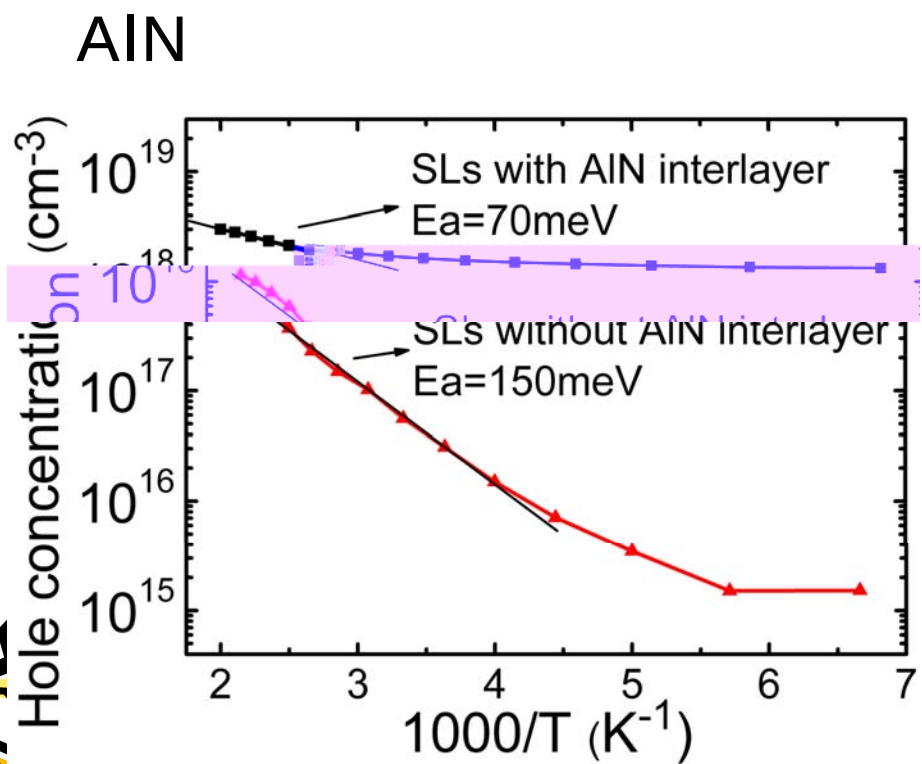
$$2 \frac{C_{13}(SLs) c_{0SLs}(x)}{C_{33}(SLs) a_{0SLs}(x)}$$

$$a_{SLs} \quad a_{0SLs}(x)$$

$$R(SLs) \quad (a_{SLs} \quad a_{GaN}) / a_{0SLs}(x) \quad a_{GaN}$$



AIN
 $\Psi \quad 6.6 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$



1.6 10^{18} cm^{-3}

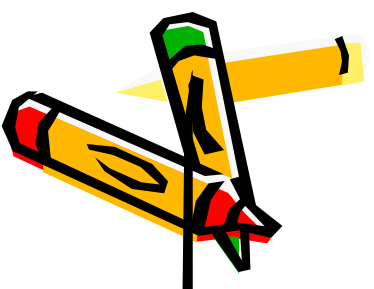
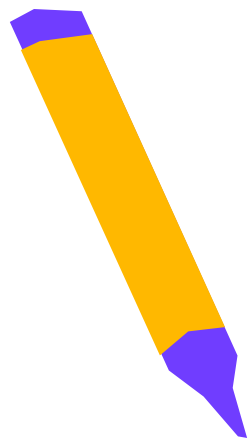
$\ln p$

$E_a / (k_B T)$

150meV
70meV

$\hat{A}$







✓ Mg h

✓ Hansen



✓ AI

Schubert

$\hat{A}$
1

¹ ¹ Ъ
hansen

Ъ $\hat{A}$

Ў

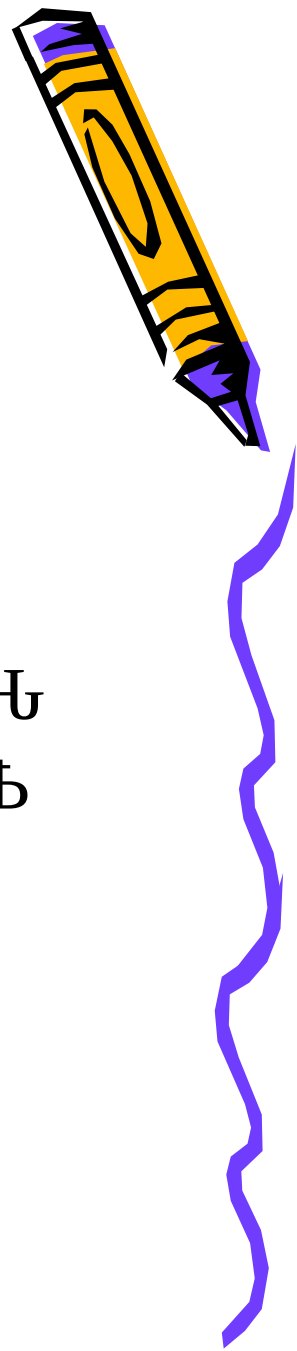
$\hat{A}$

$\hat{A}$
Schubert

Ъ $\hat{A}$

Ў $\hat{A}$ Ъ





p

$\hat{A}$

$\mathfrak{b}$

$\hat{A}$

H

$\mathfrak{D}$

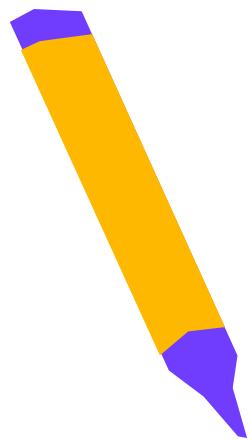
$\mathfrak{b}$

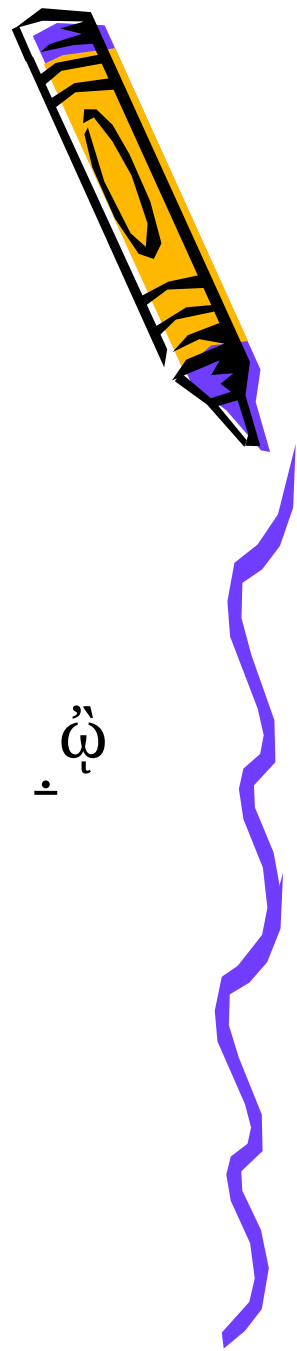
Schubert

Hansen

$\hat{A}$







$\tilde{\phi}$

$\hat{A}$

$\mathfrak{B}$

$\tilde{\phi}$

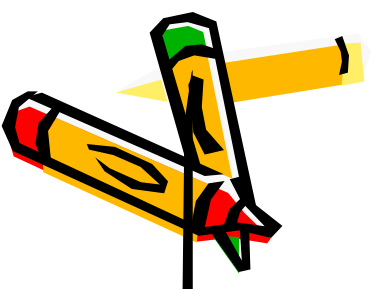
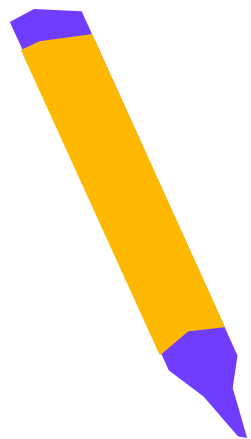
$\tilde{\phi}$

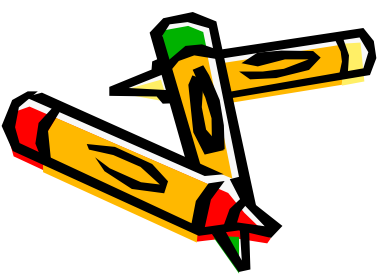
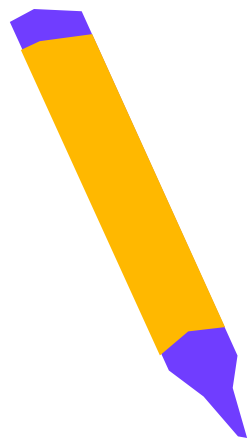
$\hat{A}$

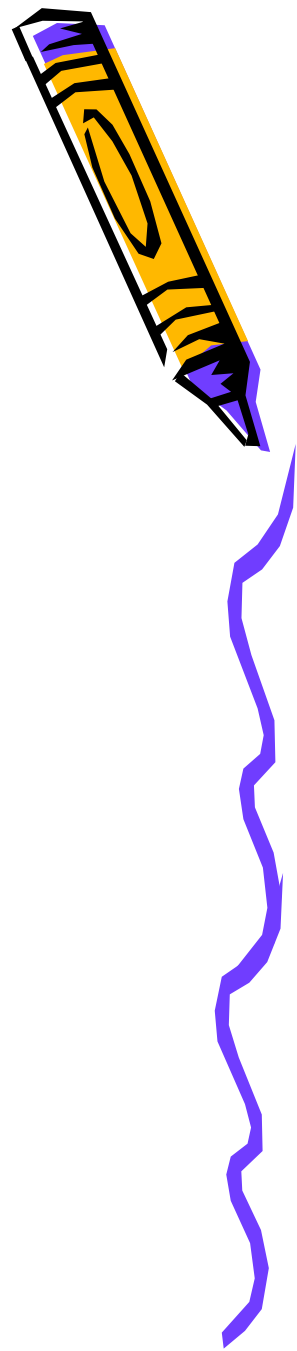
$\mathfrak{F}$
 $\mathfrak{D}$

$\bar{W}$
 $\mathfrak{H}$









欢迎大家给我提出建议和 题

