Tentamen FTF II (FyC703) **Fredag 30-3-2001**

Problem 1

a) Bandgapet i GaN är 3,2 eV

b) Bandgapet direkt (vid Γ).

c) Den primitiva enhetscellens volym är $a^2c\ \sqrt{3}/2 = 44{,}3$ Å^3. (se t ex problem 2.2 i Kittel)

d) Vågvektorn vid A är $\pi/c = 0{,}613$ Å^{-1}. Vid M är det $2\pi/\sqrt{3}a = 1.15$ Å^{-1}.

e) Om vi tittar på dispersionen längs ΓA, ser vi efter en tredjedel av sträckan (0.2 Å^{-1}) att energin är 0,6 eV högre. Det är fyra gånger brantare än för fria elektroner, så att $m^*/m \approx 0{,}25$. (Artikelns text ger 0,22±0,03; experimentella värdet ges som 0,2±0,02.)

f) Valensbandet bredd är 7,2 eV.

g) Bandstrukturen visar nästan horisontell dispersion kring A och M och H ungefär 4 eV under valensbandets topp. Sådana områden där grupphastigheten är låg ger peakar i tillståndstätheten.

Problem 2

a) Einsteintemperaturen bestäms mest av de optiska fononerna kring f= 20 THz ; $hf/k \approx 1000$ K (hög, men inte orimligt för sådana kovalenta ämnen).

b) Mätningar vid låga temperaturer ger en C_v som beror mest på de akustiska fononerna. Det ger en Debye-temperatur kring 7 THz eller 300 K.

c) Ljudhastigheten bestäms av de longitudinella akustiska fononernas dispersion nära k=0. Här ser man att den longitudinella grenens dispersion är högre än de båda transversella grenernas.

d) Ljudhastigheten längs c-axeln ges av dω/dk längs ΓA när Γ. Men dispersionskurvan är nästan rak, så vi kan approximera med w/k vid zongraänsen $2\pi f/(\pi/c) = 2\ c\ f \approx 7$ km/s.

e) Fonontillståndstätheten är proportionell mot ω^2 till ungeför 7 THz = 30 meV. Sedan finns det peakar till 40 meV. Efter ett gap blir det ett nytt områdemed höga tillståndstätheter mellan 65 och 93 meV.

Problem 3

a) Om antalet elektron-hål-par är given av $n = n_o \exp(-E_g/2kT)$ är den elektroniska energin $U = Eg\ n_o \exp(-E_g/2kT)$. Den specifika värmen ges av $dU/dT = (n_o/k)\ (E_g/T)^2 \exp(-E_g/2kT)$.

b) Använd t ex figur 3 på s. 200 för antalet hål som tillkommer mellan 295 och 300 K.

Problem 4

I bcc ligger den närmaste Brillouinzongränsen vid $\sqrt{2}\ \pi/a$ [se kap. 2, fig.13 och ekv(33)].
I fcc ligger den vid $\sqrt{3}\ \pi/a$ [på hälften av de kortaste **G**, ekv (37)]. Enligt ekv (6.16) gäller $k_F = (3\pi^2 N/V)^{1/3}$. Om vi tar n som antalet elektroner per atom har vi att $N/V = 4n/a^3$ i fcc och $2n/a^3$ i bcc. Likställa ger ar $n = \sqrt{2}\ \pi/3 \approx 1.48$ i bcc och $n = \sqrt{3}\ \pi/4 \approx 1.36$ i fcc.

Problem 5

$S_{hkl} = f + f\ e^{i\pi(h+k+l)/n}$. S är noll när $(h+k+l)/n$ är ett udda tal. Om n=2 händer det för $h+k+l$ = 2, 6, 10,14, etc.

Problem 6

Resistiviteten $\rho = 1/pe\mu_p = 1/(10^{25}\times 1.6\times 10^{-19} \times 0.1) = 6\times 10^{-6}\ \Omega$m. Relaxationstiden $\tau = m\mu/e = 5.7\times 10^{-13}$ s.