



Tentamen FTF II (FyC703)

Fredag 30-3-2001 8:00-13:00, sal I010 och i Kalmar

Tillåtna hjälpmedel: räknedosa, linjal, fem A4-sidor anteckningar, Kittel (anteckningar är ingen problem)

Lycka till!

Pieter Kuiper

(nåbar på tel: 070- 2830 859)

PS: Efter lunch lägger jag en del lösningar ut på webben och bredvid mitt skrivrum.

Feedback

En ordentlig kursutvärderingsblankett har inte blivit av. Skriv gärna en separat sida med feedback för mig. Om ni inte orkar direkt efter tentan, skicka en lapp till min brevlåda eller en email. De som gick FTF I får också gärna kommentera den (jag fick inte tillbaka en enda kursutvärderingsblankett).

Vilka förbättringar ska jag prioritera? Har du synpunkter på föreläsningar, kurslitteratur, labb, excursionsen till Lund, annat? Fanns det något som var så bra att det inte ska ändras? Hade du velat lära dig annat om fasta-tillståndsfysik (magnetism, supraledning, optiska egenskaper)? Om du ska sätta ett betyg på kursen, vad blir det?

Uppgift 1, galliumnitrid

Galliumnitrid har nyligen blivit intressant för halvledarindustrin. Figuren visar resultat av teoretiska beräkningar av bandstrukturen i GaN. Beräkningsmetod II ger bästa resultat. (Zhoa, Bagayoko och Williams, Physical Review B **60**,1563 [1999])

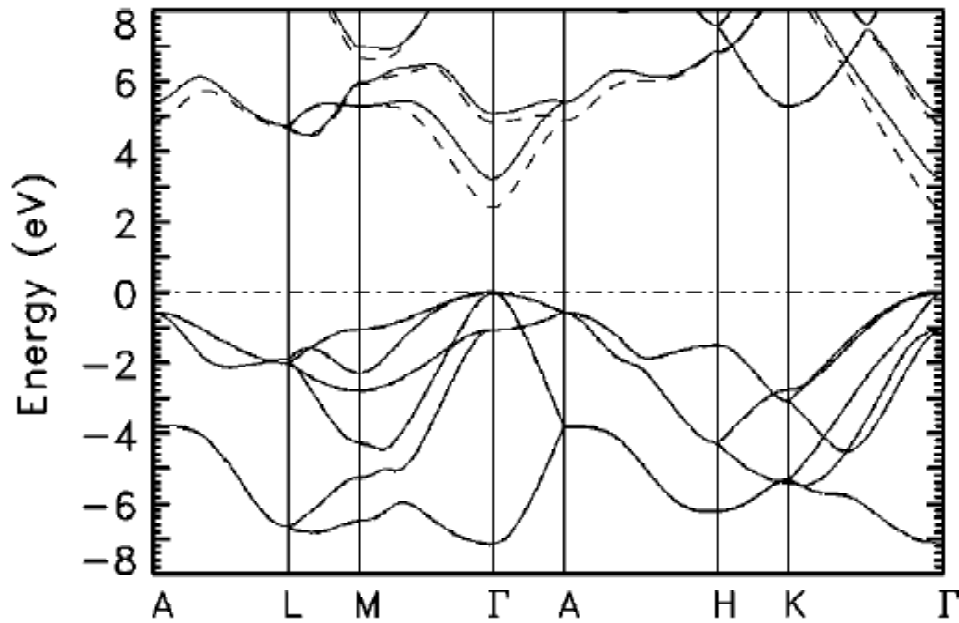
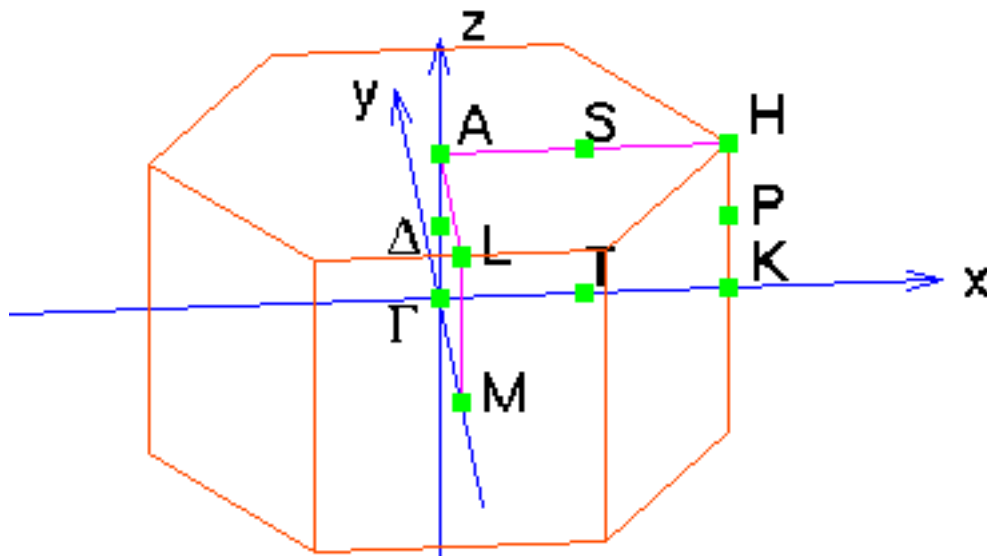


FIG. 2. Comparison of the results of calculation II and III. The solid lines represent the GaN electron bands from calculation II; the dashed lines show the bands from calculation III. The lattice constants are $a = 3.16 \text{ \AA}$, $c = 5.125 \text{ \AA}$, and $u = 0.377$.



Konventionen för placering av beteckningar för k -punkter med hög symmetri i den första Brillouin zonen.

- Hur stor är bandgapet i GaN? (1 p)
- Är bandgapet direkt eller indirekt? (1 p)
- Hur stor är enhetscellens volym? (1 p)
- Hur stor är vågvektorn vid A? Vid M? (1 p)
- Hur stor är de negativa laddningsbärarnas effektiva massa i förhållande till massan av fria elektroner? (2 p)
- Hur brett är valensbandet i GaN? (1 p)
- Tillståndstätheten är mycket hög ungefär 4 eV under valensbandets topp. Kan du förklara det ur figuren med bandstrukturen? (1 p)

Problem 2

Parlinski och Kawazoe har räknat ut dispersionsrelationen för fononerna i GaN (Phys. Rev. B **60**, 15511 [1999]).

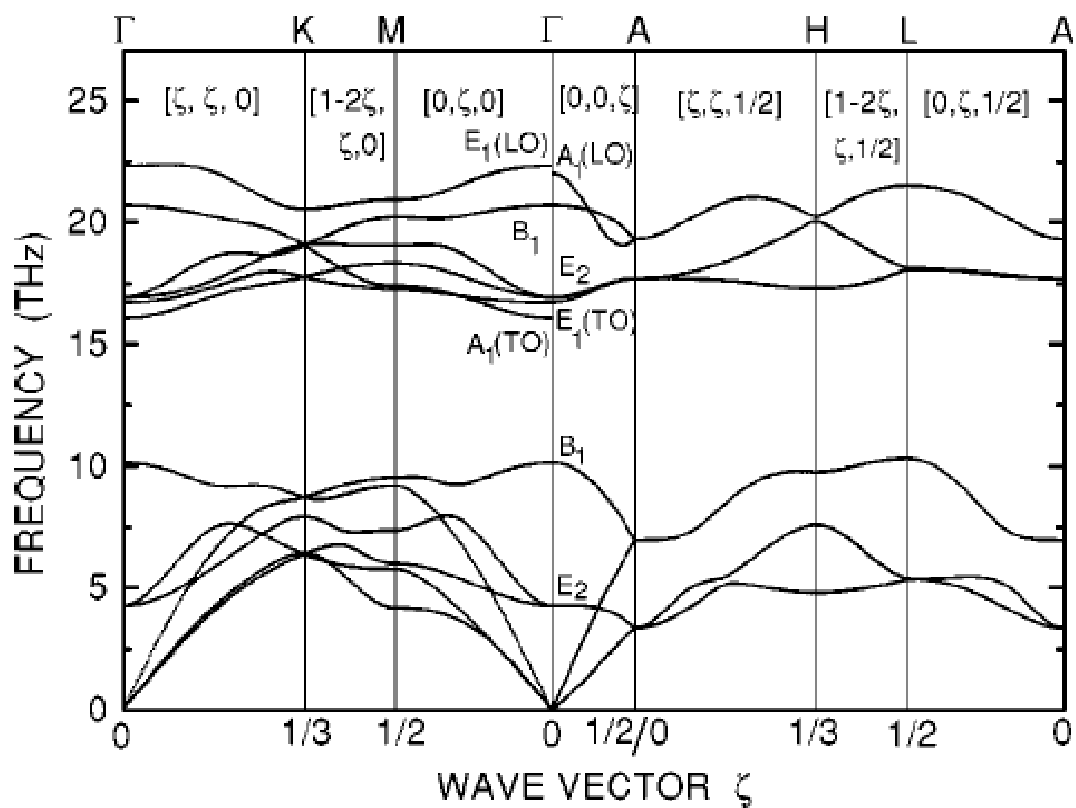


FIG. 1. Phonon dispersion relations of 2H-GaN crystal calculated from rhombohedral supercell with force constants adapted to the $P6_3mc$ space group symmetry.

- Uppskatta Einsteintemperaturen av GaN - motivera! (1 p)
- Uppskatta Debye-temperaturen för Cv-mätningar vid låga temperaturer - motivera! (1 p)
- Ur vilken gren kan man bestämma ljudhastigheten - motivera! (1 p)
- Hur stor är ljudhastigheten längs c -axeln? (1 p)
- Gör en skiss av fonontillståndstätheten med horisontell skala i meV. (1 p)

Problem 3

- a) Härled en formel för den elektroniska specifika värmen av en halvledare om antalet elektron-hål-par är given av $n = n_0 \exp(E_g/2kT)$. Anta att $E_g \gg kT$. (2 p)
- b) Uppskatta på något sätt det elektroniska bidraget till C_v för kisel vid rumstemperatur. Hur stor är det i förhållande till den elektroniska specifika värmen av aluminium (använd tabellvärde för gamma)? Hur stor är det i förhållande till gittrets C_v (anta Dulong och Petit). (3 p)

Problem 4

Bestäm elektronkoncentrationen (antalet elektroner per atom) så att Fermi-sfären just tangerar gränsen av Brillouin-zonen för fcc och för bcc gitter i fri-elektronmodellen. (2 p)

Problem 5

Betrakta diffraktionsmönstret av ett grundämne med bcc-struktur. Hur skulle de tillåtna Braggreflektionerna (hkl) påverkas om man förflyttade den kroppscentrerade atomen från

$$1/2, 1/2, 1/2 \quad \text{till} \quad 1/2n, 1/2n, 1/2n$$

där n är ett positivt heltal? Specifik för $n=2$: vilka Bragg-peaks är inte tillåtna? (2 p)

Problem 6

Någon p-dopad halvledare med gap 1 eV har en laddningsbärartäthet på 10^{19} cm^{-3} . Mobiliteten för hål är $0,1 \text{ m}^2/\text{V}\cdot\text{s}$. Hör stor är resistiviteten ρ ? Hur stor är relaxationstiden τ ? (2 p)