

# 1-2 n-InSb Acoustoelectric Oscillation

名大・工.

有住徹弥, 青木 彪, 早川 纒典.

周知のごとく、圧電性半導体に於て、電子-フォノン系の不安定性によると考えられる電流振動が見られるが、この電子-フォノン系の不安定性はドリフト電子による phonon amplification によるものであり、2つの異ったメカニズムが存在し理論的に実験的に興味深い。まずわす理論的にはその一つとして、Hutson-Whiteによる流体力学的な解析によるものであって、 $q\ell < 1$  の場合に適用される。 $q$  はフォノンの波数、 $\ell$  は電子の平均自由行程である。この場合の増中係数はドリフト速度に対して optimum 点を有する resonant 型である。他は通常の量子力学的な擾動計算(電子-フォノン相互作用)によって得られ、 $q\ell > 1$  の場合に適用される。増中係数はドリフト速度に対して単調増加である。しかしこの二つの解析方法は厳密に区別されるものではなく、最近では統一的な立場から解析がなされて<sup>(1)</sup>いる。

実験的には、石黒ら<sup>(2)</sup>が semiconducting ZnCdS に於て電場を増加した場合、 $q\ell > 1$  の二つの phonon amplification によると考えられる、二つの mode の電流振動を見出した。菊池らは横磁場中の n-InSb に於て、磁場を増加したとき、二つの mode の電流振動を見出した。著者はこの電流振動に伴う rf-current noise の spectrum から、また V-I 特性から、二つの mode のうち低磁場側で起る first mode は  $q\ell > 1$  の、高磁場側で起る second mode は  $q\ell < 1$  の phonon amplification が関与して<sup>(3)</sup>いることを既に論じた。また Bray<sup>(4)</sup>も second mode では  $q\ell < 1$  の phonon amplification が関与して<sup>(5)</sup>いることを constant current pulse を用いて論じた。本発表に於ては、この n-InSb に於て二つの mode の acoustoelectric oscillation について acoustoelectric domain の incubation time のドリフト速度依存性を調べた結果、前論文の主張を支持する<sup>(6)</sup>報告する。

acoustoelectric oscillation に於て incubation time を調べることは、この時間内では build-up した excess phonon の数は少なく、non-linear effect が作用しないと考えられるからである。解析は linear 範囲で行える。まず、通常の意味での (small signal theory の) phonon amplification mechanism を調べることはかたてまりと云う点で意義がある。

実験はすべて試料の抵抗(数十Ω以上)より十分低い内部抵抗(約8Ω)の定電圧パルス発生器を使用し、電流が domain を発生して、始めの値の9/10に減少するまでの時間を incubation time とした。図1はそれぞれ二つの mode の電流振動波形である。first mode では incubation time は電場の増加に対して単調的に減少して行くのみであるが、second mode では約20 V/cm 程度の電場で最小値を有する。さらに small signal theory に於て増中係数はそのドリフト速度依存性が incubation time の逆数とほぼ相似<sup>(7)</sup>であることから、図2にドリフト速度が incubation time の逆数と示す。図から明らかのように second mode では incub-

ation time の逆数は resonant 型を示し, Hutson-White の式で表わされる  $q < 1$  の  $\gamma$  の増幅係数のドリフト速度依存性と類似してゐる。一方, first mode については incubation time の逆数は

ドリフト速度に対して単調増加であつて,  $q > 1$  の  $\gamma$  の増幅係数に似てゐる。さらにこの  $\gamma$  の増幅係数に対する理論式 ( $q < 1$  とするときは  $\epsilon$  に磁場の効果も考慮した) と linear phonon loss 項を考慮して, 増幅された  $\gamma$  の  $\gamma$  に対する連立 Boltzmann 方程式を用いて, 電流が初期値から  $9/10$  に至るまでの時間を三つの試料 (electron density,  $2.6 \times 10^{14}/\text{cm}^3$ , mobility  $5.0 \times 10^5 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ ;  $1.2 \times 10^{14}/\text{cm}^3$ ,  $6.1 \times 10^5 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ ;  $5.7 \times 10^{13}/\text{cm}^3$ ,  $7.0 \times 10^5 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ ) について数値計算を行った結果, 各 mode について上記の classification を用いる実験値とかなりよく一致を見るに成功した。さら

に second mode については, incubation time の横磁場依存性について実験から  $\gamma$  に理論計算を行つた。阿部-御茶屋<sup>(5)</sup> 導いた横磁場中の増幅係数が実験をよく説明すると云ふ結果を得た。以上の如く, n-InSb の acoustoelectric oscillation における incubation time の測定から, first mode については  $q > 1$  の, second mode については  $q < 1$  の phonon amplification が関与してゐることを明らかにされた。この数値計算にあつた  $\gamma$  のドリフト速度は坪内和夫君 (名大大学院) によつて行われた。ここに感謝の意を表す。

(1) J. Yamashita & K. Nakamura : Progr. theor. Phys. 41 5 (1969) 1123.  
 (2) T. Ishiguro & I. Uchida : J. Phys. Soc. Japan 23 (1967) 1257.  
 (3) T. Arizumi, T. Aoki & K. Hayakawa : J. Phys. Soc. Japan 23 (1967) 1251.  
 (4) V. Dolat, J. B. Ross & R. Bray : Appl. Phys. Lett. 15 (1968) 60.  
 (5) Y. Abe & N. Mikoshiba : Japan J. appl. Phys. 7 (1968) 881.

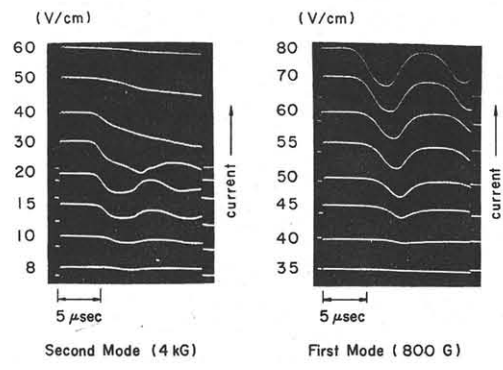


図 1 Acoustoelectric Domain の Incubation Time

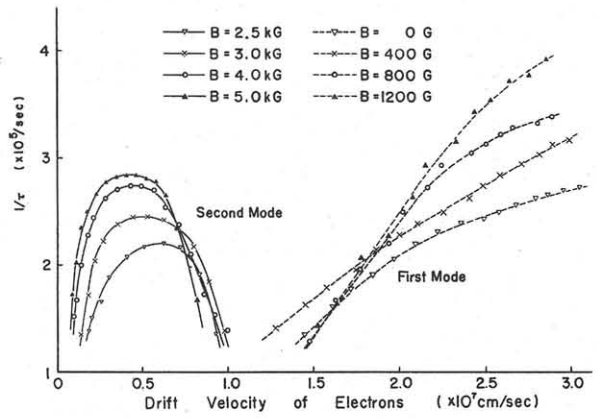


図 2 電子のドリフト速度に対する Incubation Time の逆数