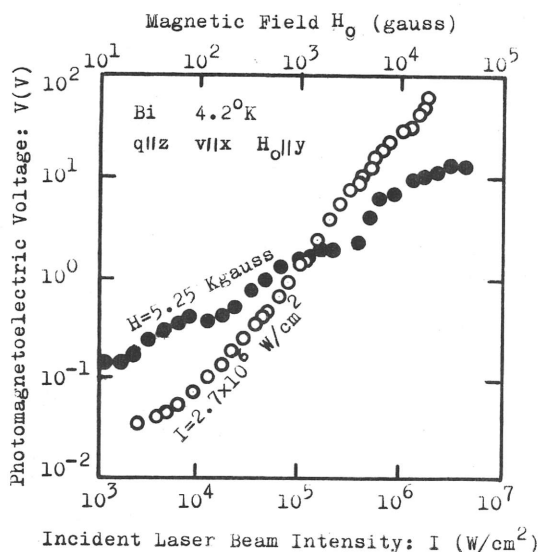


4-1 Biの非線型PME効果と高周波信号発振

東北大学金研, 斎藤哲郎, 中名生 充, 仁科雄一郎

外部磁場中におかれたBi単結晶(残留比抵抗比 $\rho(300^\circ\text{K})/\rho(4.2^\circ\text{K})=200$)を、 4.2°K 、 77°K および 300°K でQスイッチNdガラスレーザー光で照射するとPhotomagnetolectric効果(PME効果)によって、横および縦方向に電場を生ずる。測定はVoigtおよびFaraday配置について行った。Voigt配置の場合の一例を第1図に示す。binary軸(X)方向に測定された電圧、 V 、はbisectrix軸(Y)方向の外部磁場 H_0 、およびtrigonal軸(Z)方向に入射したレーザーパルスの尖頭出力密度 I に対し、近似的に $V = k H_0^2 I^{1/2}$ なる関係によって表わされる。(kは試料の形状と温度による定数) このような H_0 および I についての非線型性は通常の光源の強度領域では観測されていない。この特性は電子の帯間遷移が誘起されるし点付近の異方性、非放射物面特性および磁気抵抗効果によって半定量的に説明できる。同じ結晶軸方向のレーザー入射光に対して、磁場をFaraday配置に加えた場合、X方向の電圧はし点付近における易動度テンソルの非対角線成分のみの寄与によって生ずる。その大きさは同じ磁場および入射光強度に対しVoigt配置の場合よりも約二桁小さい。誘起電圧の時間的変化を200 MHz シンクロスコープで単撮影撮影し一例を第2図(a)に示す。電圧の上りは殆どレーザーパルス光と同じ応答特性を示すが、その減衰特性は、 10^{-8} 秒程度の時定数の高密度電子-正孔対励起領域と、 10^{-6} 秒程度の時定数の低密度励起領域とによって特徴づけられる。従って少なくとも二つの異なる再結合機構がこの電子帯間遷移に関与しているものと推定される。誘起電圧の尖頭値の H_0 および I 依存性は小さい I ($\sim 10^5 \text{ W/cm}^2$ 以下)では、ほぼVoigt配置の場合と同じである³⁾。しかし、高い入射強度領域では、照射点を試料表面上移動させると、これに応じて誘起電圧の符号反転が見られる。その符号と、外部磁場の方向および照射位置の関係から、この入射強度領域ではThermomagnetic効果がPME効果に対して無視できぬことがわかった。更にこの領域で縦方向の誘起電圧には、第2図(b)のような高周波振動が観測される。この発振現象は電子-正孔対の高密度勾配による拡散速度が音速



第1図 Voigt配置におけるPME誘起電圧。
○印は外部磁場(上のスケール)依存性、●印は
入射光強度(下のスケール)依存性、試料の
形状はX,Y,Z方向に6.0 X 4.0 X 0.16 mm³

時定数の低密度励起領域とによって特徴づけられる。従って少なくとも二つの異なる再結合機構がこの電子帯間遷移に関与しているものと推定される。誘起電圧の尖頭値の H_0 および I 依存性は小さい I ($\sim 10^5 \text{ W/cm}^2$ 以下)では、ほぼVoigt配置の場合と同じである³⁾。しかし、高い入射強度領域では、照射点を試料表面上移動させると、これに応じて誘起電圧の符号反転が見られる。その符号と、外部磁場の方向および照射位置の関係から、この入射強度領域ではThermomagnetic効果がPME効果に対して無視できぬことがわかった。更にこの領域で縦方向の誘起電圧には、第2図(b)のような高周波振動が観測される。この発振現象は電子-正孔対の高密度勾配による拡散速度が音速

と同程度になる場合の不安定性に起因するものと考えられる。共振周波数は一般に縦方向の音速と、その方向の形状によって定まる共振周波数およびその高調波に近い値を示す。

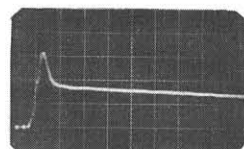
多結晶試料についても Voigt 配置で同様の測定を行なった。その PME 誘起電圧の大きさ、 H_0 、 I 依存性は単結晶試料の場合と殆ど同じであった。

上記の PME 効果と B_1 の高い電気伝導度を利用すると PME 誘起電圧端子に種々の回路を接続することにより、各種の高周波信号を発生することができる。例えば第3図は X 方向の電圧端子に、 75Ω 同軸ケーブルを接続し、他端を $1M\Omega$ 程度のインピーダンスで終端した場合、その両端での電圧を単導引撮影したものである。等価回路によって表わすと、 B_1 結晶はレーザーパルスに同期した PME 電流源であり、同軸ケーブルは共振回路よりなる負荷と見做される。観測された高周波信号は前記の Faraday 配置において縦方向に現われる共振現象とは全く異なる原因によるものである。この場合の高周波共振周波数は外部共振回路の共振周波数によって定まるものであり、その選択に従って光信号を広帯域に亘る (VHF から mm 波) 電氣的信号に変換する可能性を示すものである。又、高周波信号の立ち上りの符号は外部磁場の極性によって定められる。更に、共振回路の損失分 (分布定数回路の場合はその終端抵抗値) を変化させることにより、誘起電圧を半値で調整可能な単発パルス波型に変換することができた。

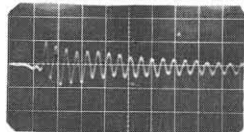
この実験に用いられた Nd レーザーの製作には東北電子産業 K.K. 広瀬武男氏の御協力をいただいた。

(文献等)

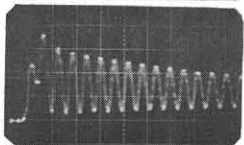
- 1) R. N. Zitter : Phys. Rev. Letters 14 (1965) 14.
- 2) 岩崎通信機株式会社製 SS 212 シングルスコープおよび UP-21 高速度撮影カメラ使用。
- 3) T. Fukase and Y. Nishina : To be published in the Proc. Int. Conf. on Low Temperature Physics, Kyoto, 1970.
- 4) Y. Nishina and T. Fukase : Digest of Int. Conf. Quantum Electronics, Kyoto, 1970. p. 128 において一部報告。



第2図(a) Faraday 配置における X 方向の PME 電圧の 200 MHz シングルスコープ波型。横軸: $0.1\mu\text{sec/div}$, 縦軸: 10mV/div
接続ケーブルインピーダンス, 75Ω 整合終端。外部磁場: $H_0 = 1.1 \text{ Kgauss}$
入射光最高強度: $I = 4 \text{ MW/cm}^2$, 温度 4.2°K 。



第2図(b) Faraday 配置における Z (縦) 方向の PME 共振信号のシングルスコープ波型。横軸: 50ns/div , 縦軸: 5mV/div
 $I = 0.82 \text{ MW/cm}^2$ 。他は (a) と同じ。



第3図 第2図(a)における接続ケーブルの終端抵抗を $1M\Omega$ としたばあい、その両端にあらわれる高周波電圧。縦、横軸のスケールおよびその他の條件は第2図(a)と同じ。