

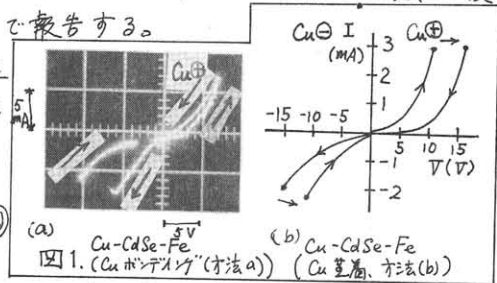
6-4 メモリー効果を有する CdSe ダイオード

阪府大工, 電子* 電気** 中右 太杯宏 ** 奥田 昌宏
*二村 彦 ** 竹野下 寛

最近, 極性を有するメモリー現象が数多く報告され, 新しい記憶素子として興味もたれている。この極性を有するメモリー現象は $\text{CdS}^{(1)}$, $\text{CdSe}^{(1)}$, $\text{GaAs}^{(2)}$, $\text{SbSI}^{(3)}$ 等の薄膜においても見出されているが, 単結晶を用いた Esaki⁽⁴⁾ による GaAs ダイオード, Hovel⁽⁵⁾ による ZnSe ヘテロ接合ダイオード等は, メモリー現象を説明する点からも興味深い。一方, 菊池等⁽⁶⁾ は CdSe 単結晶に Cu 針と設けることにより, メモリー効果を有すること報告した。我々は, 菊池等の実験を拡張して, メモリー効果の検討を行ない, 各メモリー状態におけるインピーダンス特性, 極性の逆転と回復, 温度依存性を観察して, 興味ある結果を得たので報告する。

(1) ダイオードの製作およびメモリー現象

Piper法で製作した数 Ωcm の CdSe をホリツシし, (a) 約 2mm 間隔に, 一端に Cu 線 ($\phi=150\mu$) を, 他端に Fe または Ni 線をボンディングしてダイオードを構成した。電圧-電流特性 (図 1(a)) が示すように Cu 側正電位 ($\text{Cu}\oplus$, 1象限) で OFF $\rightarrow$ ON, 負電位 ($\text{Cu}\ominus$, 3象限) で ON $\rightarrow$ OFF が通常の特性である。



(b) $\phi=1\text{mm}$ に Cu を蒸着し, Cu 針と接触させ, 約 2mm 間隔に Fe 線を接触させて構成したダイオードでは, 図 1(b) のように, 上とは逆に $\text{Cu}\oplus$ で ON $\rightarrow$ OFF, $\text{Cu}\ominus$ で OFF $\rightarrow$ ON が安定に動作するものも見出された。

(2) ダイオードのインピーダンス特性

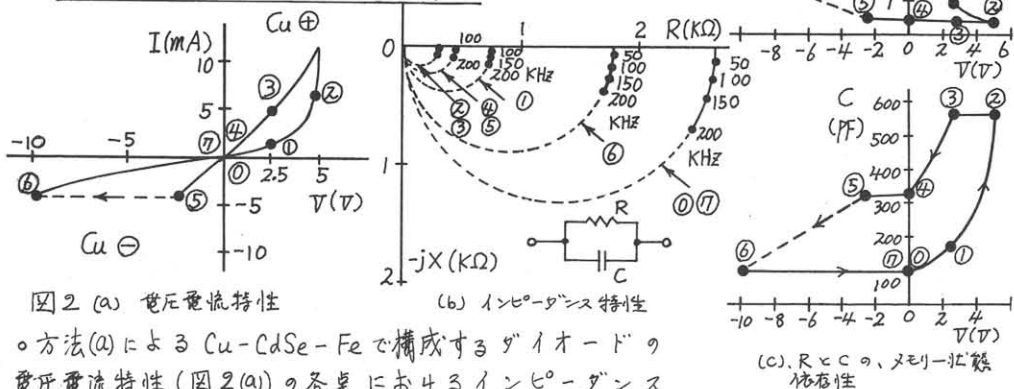


図 2 (a) 電圧電流特性

(b) インピーダンス特性

(c) R と C のメモリー状態依存性

○方法(a)による Cu-CdSe-Fe で構成するダイオードの電圧電流特性 (図 2(a)) の各点におけるインピーダンス特性を図 2(b) に示す。メモリー OFF 状態での, 電圧零の ① 点における測定値から, その等価回路は図のように表わされるものとする。 $\text{Cu}\oplus$ では電圧の増加と共に (①, ②) 並列抵抗 R は減少し, ON のうち電圧の減少 (③, ④) と共に, R はやゝ増加することがわかる。逆方向電圧を印加した ⑤ における特性は, ④ の特性とほとんど同じであるが, 後述するように, 遅延時間 t_d のうちにメモリー OFF に転移することがあるために測定には注意を要する。OFF 状態 ⑥ になると抵抗 R は増大し, 零バイアス ⑦ にす

ると①とほとんど同じである。一方、容量Cも同様にサイクルを描き、RとCについての結果も、各バイアス電圧について図2(c)に示す。①位置すなわちOFF状態の容量 $C_{OFF}=86.6\text{ pF}$, ②-④を通った電圧零の位置すなわちON状態の容量 $C_{ON}=325\text{ pF}$ であるので、 $C_{ON}/C_{OFF}=3.75$ となり、この値はEsakiのGaAsダイオードにおける容量変化比が約1%であるのに比し、異常に大きいことはあきらかである。電圧を逆方向($\text{Cu}\oplus$)に印加してメモリーOFFにしたとき、容量は急変することがわかる。

遅延現象: $\text{Cu}\oplus$ では安定なOFFへの転移がかかり低い電圧でも遅延時間のうちに起り、この遅延時間 t_d と電圧の関係を図3に示す。

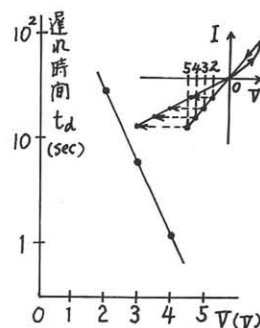


図3. 遅延現象

(3) 温度特性 方法(a)による Cu-CdSe-Ni で構成するダイオードについて、室温から 80°K までの電圧電流特性を測定した。この構成でも室温で $\text{Cu}\oplus$ でメモリーON(OFF $\rightarrow$ ON), $\text{Cu}\ominus$ でOFF(ON $\rightarrow$ OFF)が通常の特性であり、このメモリー効果は 80°K でも見出された。しかし、 $\text{Cu}\oplus$ でのbreak downしきい値電圧 V_{BD} と、 $\text{Cu}\ominus$ でのbreak offしきい値電圧 V_{BO} は、表1に示すように 80°K では室温のそれらよりそれぞれ2~3倍高い。また 200°K 近傍において V_{BD}, V_{BO} ともに最大になり、電流値は最小になる現象もみられた。

	V_{BD}	V_{BO}
	δ V	δ V
300°K	8	8
80	22	17

表1. しきい値電圧の温度依存性

(4) 極性の逆転と回復

上に示したように、方法(a)によるダイオード構成では、室温から 80°K まで、比較的low電圧レベルでの特性は、 $\text{Cu}\oplus$ でOFF $\rightarrow$ ON, $\text{Cu}\ominus$ でON $\rightarrow$ OFFとあうわし、安定に動作するが、電流、電圧レベルを上げると安定状態の逆転が起るこが見出された。以下、 80°K における観察である。

図4(a)に示すように、(1) $\text{Cu}\oplus$ OFF $\rightarrow$ ONにしてから、(2) $\text{Cu}\oplus$ のまゝ、このON状態のメモリーを行なうときに、前のOFF $\rightarrow$ ON転移点Aを越すと、僅か下downのうちにOFF状態に戻る。そのうち $\text{Cu}\ominus$ にするとOFF $\rightarrow$ ON(図省略)が起り(極性逆転)、逆転した極性のまゝ安定に動作する。図4(b)は、(a)とはやや異なる形の逆転であるがOFF $\rightarrow$ ON転移点Aを越えたレベルで起ることは共通している。一方、逆転した極性のまゝで $\text{Cu}\ominus$ OFF $\rightarrow$ ONをさせて(図4(c))のち、(4) ONメモリーを行なうとき転移点Bを越すとOFFに復帰(極性回復)して、再び安定に動作する。このようにして両極性動作を可逆的に実現しうる。

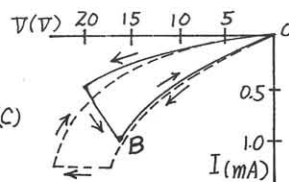
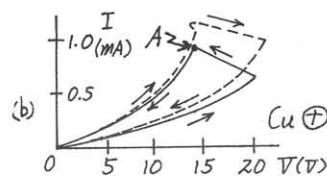
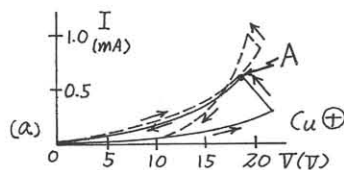


図4 極性逆転(a)(b)と回復(c).

- 参考文献
- 1) 菊池ら: 第18回応用物理学会講演集会(予稿集2.2pF2) 1971春
 - 2) 菊池ら: " " " " " " (" " ".2pF1) "
 - 3) 菊池ら: " " " " " " (" " ".2pF13) "
 - 4) L. Esaki: Phys. Rev. Letters 25 10 P653 (1970)
 - 5) H.J. Hovel: Appl. Phys. Letters 17 (1970) 141
 - 6) 菊池ら: 第18回応用物理学会講演集会(予稿集2.2pF3) 1971春