7-5　Si電子増倍ターゲット形撮像管

東芝・総合研究所　白水俊次
宮代彰一，辻　重夫，堀内重治

1. まえがき

Si基板にプレーナダイオードを多数配列させたターゲットを用いた撮像管，いわゆるSiビジコンについてはすでに発表され(1)～(3)，開発が進められている。われわれはかかるターゲットを光に代わって像電子で衝撃せしめ，超高感度テレビ撮像管の実現性を確認した。

2. テストダイオードによる実験

図1に示したようにn形Si基板の片側に約2μm Bを拡散させ単一ダイオードを作った。ダイオードのn側から光を当て光電流を測定した結果，図1のような分光量子効率曲線が得られた。次にダイオードに電子衝撃を加えたところ，一次電流に対して非常に大きなダイオード電流が得られた。たとえば衝撃電圧V_p=10kVでは，電流利得G=1800を示した。光の場合と同じく誘起されるダイオード電流は，バイアス電圧に依存しないことが認められた。一次電子のSiへの侵入深さdはViatskin(4)によれば，V_p=10kVでは1μm程度である。すなわち一次電子はn基板の比較的表面近くで吸収され，そこに多数の電子－正孔対を発生させる。衝撃電子によってSi内部の電子は種々の深さの充満帯から種々の高さの伝導帯へたたき上げられ，一対の電子－正孔対を形成するためのエネルギーEは禁制帯の幅よりはるかに大きくなると考えられる。Eの正確な値は得られていないが，3.5eV(5)と仮定すれば$G_{max}=V_p/3.5$となる。侵入深さdが光照射の場合吸収によって1/eになる深さに対応すると考えれば，図1のように衝撃電子のエネルギーと光の波長を対応づけることができる。この図から曲線の立ち上がりが似通っており，上記のような動作機構の説明がほぼ妥当であることがわかる。なお，Eを3.5eVにとったとき衝撃電圧の高いところで換算量子効率ηが1を越すことがわかったことは注目すべきである。

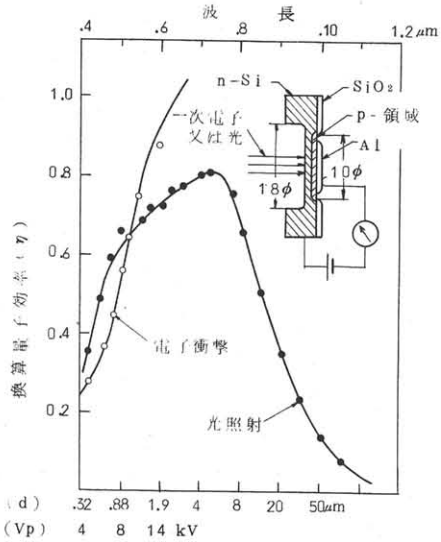

図1. テストダイオードの分光量子効率

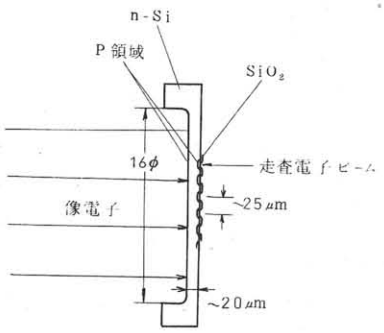

図2. Siターゲット断面図

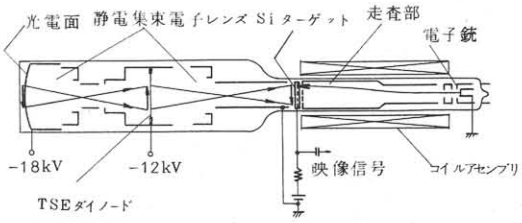

図3. Si電子増倍ターゲット形撮像管

3. Si電子増倍ターゲット形撮像管の試作

以上の実験に基づき，図3に示したような輝度増倍部付撮像管を試作した。光電面から出た光電子流は透過形二次電子(TSE)ダイノードでいったん増幅され，再び加速集束されてSi電子増倍ターゲットを衝撃する。Siターゲットは図2に示すように，n形Si基板の片側に設けたSiO_2膜に25μmピッチで小孔をあけ，この孔からBを拡散させて多数のpn接合を形成させたものである。TSEダイノードはAl_2O_3の支持膜にKClを蒸着した薄膜で数倍の二次電子放出比を有する。ターゲットのn側に正バイアスをかけ，像電子で衝撃すれば各p領域に正孔が流入し電荷パタンを形成する。これを低速電子ビームで読みとる。図4は試作管による再生像の例である。図5にターゲットの電流利得をインテンシファイヤ部二段の加速電圧の関数として示した。破線はG_{max}であるが10^2～10^4に達する大きな利得が得られている。光電感度やTSE利得の満足な管がまだ得られていないが，図6の光電変換特性に示すように10^{-5} lxのけたの光電面照度で，なにかが写っていることがわかるまでの感度が得られている。このような低照度では光電子のゆらぎによるザラザラな画像が観測される。

図4. 試作管による再生像

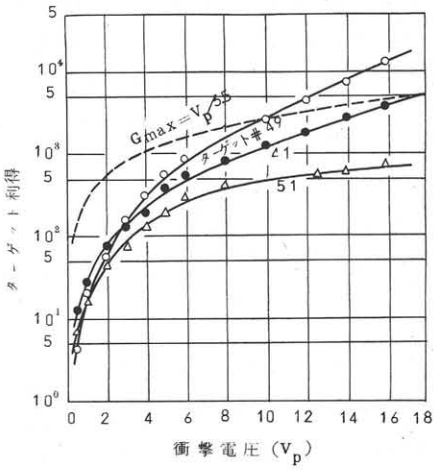

図5. Siターゲットの電流利得

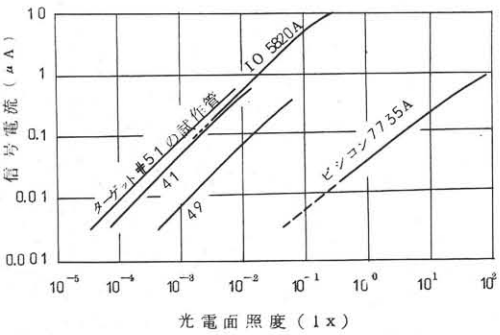

図6. 光電変換特性

4. 考　察

Siターゲットを用いて強力な電子増幅と電荷像蓄積を行なわしめるテレビ撮像管の可能性が実証された。画像の質はまだ悪く，この方式の実用化までには解決すべき問題が山積している。たとえば暗電流の減少，ダイオード破損の根絶などである。ターゲット利得が理論値より大きくなることについては，まず電子－正孔対をつくるに要するエネルギーをいくらにとるべきかということが問題である。バイアス電圧への依存性が無いことから雪崩効果ではないらしい。かかる基礎的な研究も今後必要であろう。

参考文献

(1) 山戸利美：才27回応物講演会予稿集№15P－1－3(1966)
(2) 山戸利美：テレビ誌22〔4〕, 280(Apr., 1968)
(3) M.H.Cromell et al：Bell sys. Tech. J., Vol. 46, №2, PP. 491-495(Feb., 1967)
(4) A.I.Viatskin et al：Soviet Phys., Tech. Phys., Vol. 3, P690(1958)
(5) K.G.Mckay et al：Phys. Rev., Vol. 91, P1079(1953)