

LNF - 68/34
6 Giugno 1968

L. Bartolini, A. Giangrande, R. Habel e F. Paresce:
REALIZZAZIONE DI UN TUBO TELEVISIVO AD INTEGRA
ZIONE DI CARICA.

Nota Interna: n° 404
6 Giugno 1968

L. Bartolini, A. Giangrande^(x), R. Habel e F. Paresce^(o): REALIZZAZIONE
DI UN TUBO TELEVISIVO AD INTEGRAZIONE DI CARICA. -

INTRODUZIONE. -

L'osservazione astronomica a mezzo di telescopi installati su satelliti artificiali consente di accedere ad una vasta zona dello spettro elettromagnetico altrimenti interdetto dall'assorbimento atmosferico.

I tradizionali rivelatori, quali la lastra fotografica e il fotomoltiplicatore, appaiono poco adatti a questa tecnica di osservazione, essendo essi soggetti a notevoli limitazioni o sulla semplicità di trasmissione dei dati o sulla capacità di acquisizione dell'informazione. Il rivelatore ideale per questo tipo di osservazioni deve avere infatti la grande capacità di accumulazione della lastra fotografica unita alla possibilità di fornire una risposta sotto forma di segnali elettrici per facilitare la trasmissione a terra dei dati acquisiti.

Un dispositivo che presenta ad un tempo queste due caratteristiche è l'"Image Storage Tube" (I. S. T.), in cui il segnale luminoso viene registrato sotto forma di configurazione statica di cariche su una superficie isolante che può essere "letta" a comando generando il segnale di uscita.

(x) - Del Laboratorio di Astrofisica del C. N. R. , Frascati.

(o) - Del Laboratorio di Astrofisica del C. N. R. , Frascati, attualmente al
Department of Astronomy, University of California, Berkeley (USA).

2.

L'uso di tale dispositivo, recentemente proposto per esperimenti diretti all'osservazione su satellite di spettri stellari nell'ultravioletto⁽¹⁾, è estremamente promettente anche in osservazioni a terra, in quanto consentirebbe una sperimentazione on-line. Esso infatti, impiegato in spettrografia, potrebbe fornire direttamente ad un elaboratore per l'opportuna riduzione tutti i dati relativi ad uno spettro con notevole risparmio di tempo rispetto alle tecniche tradizionali.

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DELL'I. S. T. -

Lo I. S. T., schematicamente illustrato in Fig. 1 consta essenzialmente di tre elementi e precisamente:

- a) la sezione immagine (1+2+3), che converte l'immagine ottica da osservare in immagine elettronica;
- b) il bersaglio, che è l'elemento in cui l'immagine elettronica viene immagazzinata sotto forma di distribuzione statica di cariche elettriche;
- c) la sezione di lettura (5+6+7), che consente di ottenere da questa distribuzione statica il video-segnale di uscita.

Il dispositivo descritto differisce principalmente da un "image tube" televisivo commerciale per le caratteristiche del bersaglio. Per la rivelazione delle immagini poco luminose e a basso contrasto che sono comuni nell'osservazione astronomica, è necessario che il bersaglio di un S. T. I. sia in grado di integrare e memorizzare per tempi sufficientemente lunghi flussi fotoelettronici molto deboli.

I due parametri che determinano la proprietà di accumulazione di un bersaglio sono la sua capacità e la sua resistenza.

Poichè una capacità troppo elevata introduce un elevato tempo di risposta in fase di lettura⁽²⁾, occorre render la resistività dei bersagli quanto più elevata possibile.

Le ricerche effettuate in questo campo hanno portato ad individuare essenzialmente due tipi di bersaglio adatti a queste applicazioni e precisamente: uno, a struttura compatta, ottenuto evaporando il materiale isolante in vuoto spinto su un supporto trasparente ai fotoelettroni, l'altro a struttura spugnosa (densità $\sim 2\%$), ottenuto effettuando l'evaporazione in argon alla pressione di qualche Torr.

In generale i bersagli spugnosi presentano un elevato tempo di integrazione e accumulazione^(3, 4) ma alcuni inconvenienti, quali bassa risoluzione^(4, 5) e danneggiamento ad elevate luminosità⁽³⁾, mentre i bersagli compatti presentano di solito un maggior guadagno^(6, 7) ma una forte persistenza dell'immagine^(8, 9) che ne limita l'uso alla rivelazione di oggetti statici, e un tempo di accumulazione che dipende in modo critico dal trattamento del materiale isolante impiegato e dallo stato della superficie del bersaglio⁽¹⁰⁾.

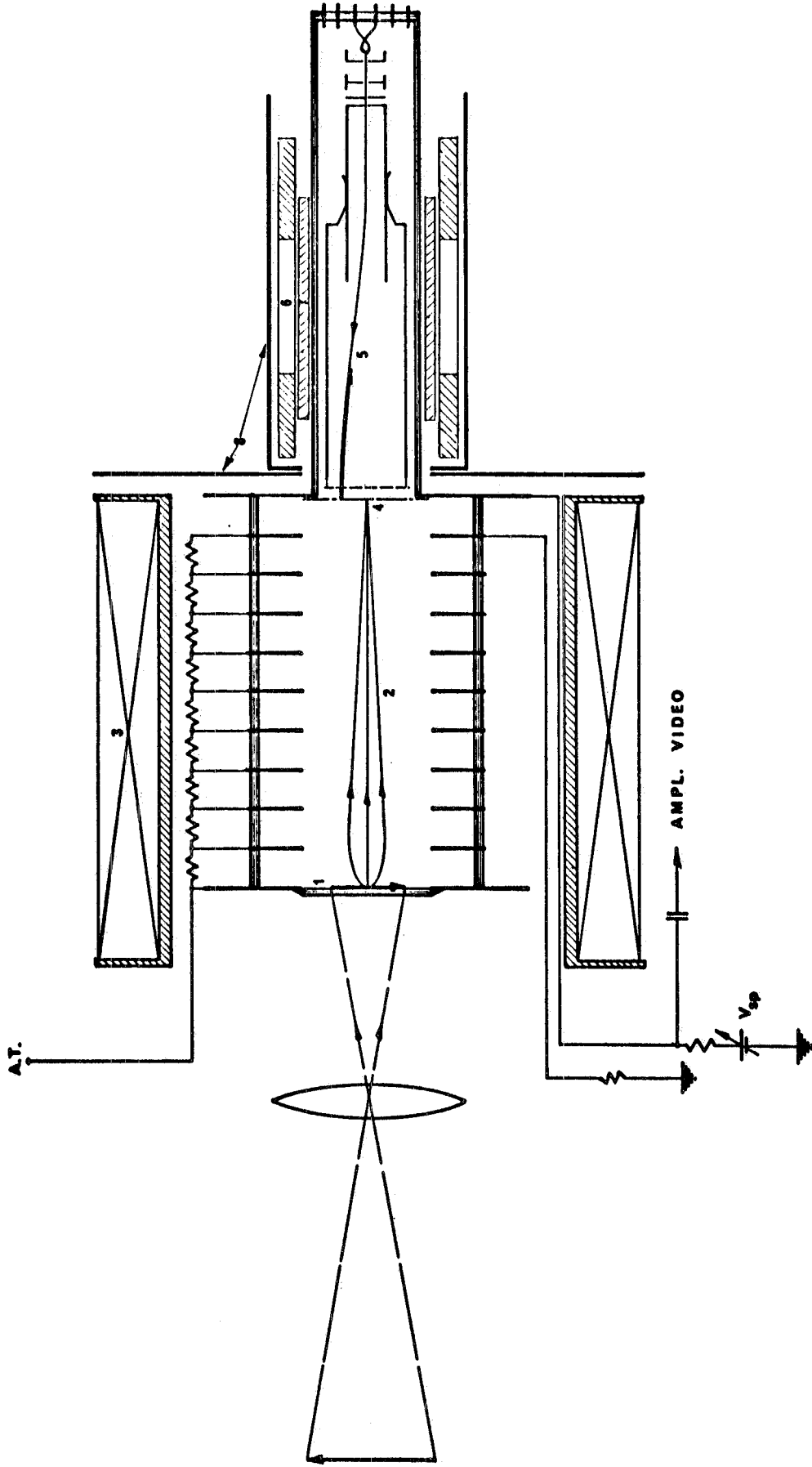


FIG. 1 - 1) fotocatodo, 2) stadio acceleratore, 3) bobina di focalizzazione, 4) bersaglio, 5) cannone di lettura, 6) bobina di focalizzazione, 7) bobine di deflessione, 8) schermi magnetici.

In questa nota descriviamo la costruzione e alcune misure di integrazione e accumulazione di un tubo incorporante un bersaglio sottile compatto di CsI che ha mostrato tempi di accumulazione di alcune decine di ore.

Il fotocatodo adottato è un comune S-4 (Cs-Sb). Si è infatti preferito in questa fase preliminare del lavoro concentrare gli sforzi sulla costruzione e lo studio del bersaglio, evitando così le complicazioni inerenti all'uso di una strumentazione per l'ultravioletto.

STRUTTURA DEL TUBO. -

Il tubo consiste di una sezione immagine a focalizzazione magnetica e di una sezione di lettura a deflessione e focalizzazione ugualmente magnetiche.

La sezione di lettura è schermata per minimizzare l'effetto del campo della sezione immagine sul fascio di lettura. Ciò consente una riduzione notevole delle dimensioni del tubo poichè in mancanza di schermatura i campi di focalizzazione della sezione immagine e di quella di lettura (≈ 50 Gauss) dovrebbero essere generati da un unico solenoide. Nel tipo di ottica elettronica adottato (elettrostatica e magnetica ad ingrandimento unitario), con l'adozione di un valore di circa 50 Gauss anche per il campo nella sezione immagine e con i valori di tensione a cui operano queste sezioni, la condizione di focalizzazione imporrebbe un valore troppo elevato della lunghezza della sezione stessa (più del doppio).

Per evitare fenomeni di moltiplicazione elettronica lungo le pareti del tubo, la sezione immagine è schermata dagli anelli metallici che generano il campo elettrostatico acceleratore.

Questi anelli, distanziati di un centimetro tra di loro, sono saldati a spaziatori cilindrici di vetro mediante riscaldamento a radiofrequenza. (v. Fig.1).

STRUTTURA DEL BERSAGLIO. -

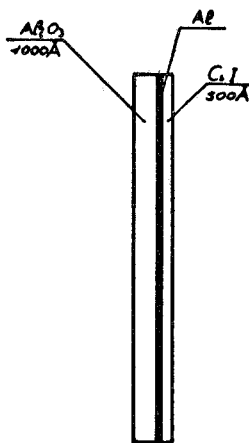


FIG. 2

La struttura del bersaglio è mostrata in Fig. 2.

Come supporto si è usato un sottile film di allumina ottenuto ossidando elettroliticamente la superficie di un foglio di alluminio⁽¹¹⁾. Il film è stato montato su un anello di metallo Kovar, sul quale è poi evaporato l'alluminio che serve come elettrodo di raccolta del video segnale. Il bersaglio è completato evaporando il film di CsI per uno spessore di $\approx 500 \text{ \AA}$ alla pressione di 10^{-6} torr.

Poichè i coefficienti di dilatazione del Kovar e dell'allumina sono simili, questa struttura è in grado di subire senza danneggiamento il trattamento termico a

400°C al quale è sottoposto tutto il tubo durante la fase di degassamento per la vuotatura finale.

FUNZIONAMENTO DEL TUBO - PROCESSI DI SCRITTURA E DI LETTURA. -

Inizialmente il bersaglio viene fatto esplorare dal fascetto di lettura a frequenza di quadro standard ($1/25''$) per portare la superficie isolante del bersaglio al potenziale del catodo del cannone elettronico.

Possiamo considerare questa fase preliminare come la carica di tanti condensatori elementari (gli elementi di bersaglio) al potenziale di polarizzazione V_{sp} applicato allo strato conduttore (v. Fig. 3).

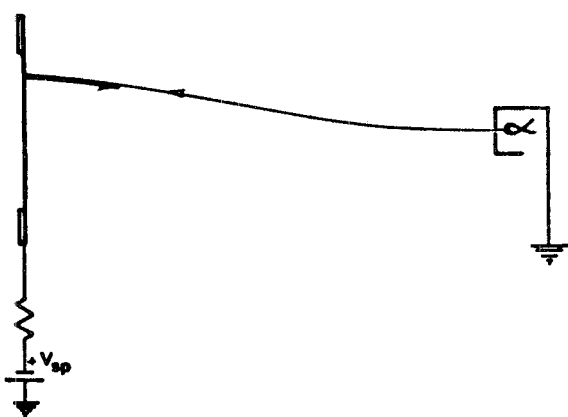


FIG. 3

Nel processo di scrittura viene focalizzata sul fotocatodo una immagine luminosa che dà origine a un flusso di fotoelettroni. Questi, accelerati e focalizzati dalla sezione immagine, incidono sul bersaglio generando nel suo volume conduzione indotta da bombardamento elettronico⁽¹²⁾.

Gli elementi di bersaglio investiti tendono allora a scaricarsi e le corrispondenti superfici isolanti si portano a potenziali positivi i cui valori sono funzione del flusso fotoelettronico integrato.

Nel processo di lettura ogni elemento di bersaglio viene ricaricato dal cannone elettronico: ciò produce un passaggio di corrente attraverso una resistenza collegata all'elettrodo conduttore e dalla quale è prelevato il video-segnale.

Misure preliminari sono state fatte operando il tubo a una frequenza di quadro standard di 25 quadri per secondo proiettando sul fotocatodo l'immagine del test di Baum⁽¹³⁾ (v. Fig. 4).

Il diametro dell'immagine sul fotocatodo è di 4 mm; il video segnale di uscita della telecamera è stato osservato direttamente su monitor televisivo. L'immagine riportata nella Fig. 5 è stata ottenuta con una tensione acceleratrice degli elettroni primari di 6,5 KV e con una tensione di polarizzazione V_{sp} di 3,5 Volts. (Questi si sono mostrati i valori di ottimo in fase di lettura continua).

Il confronto fra le Fig. 4 e 5 ci mostra una risoluzione superiore alle 20 coppie di righe per mm.

INTEGRAZIONE. -

Si è proiettata sul fotocatodo l'immagine di una fenditura parallela alla direzione di scansione e l'intensità luminosa regolata in modo che in lettura continua ($V_{sp} = 3,5$ V), questa immagine appaia sul monitor televisivo appena distinguibile dal fondo.

La configurazione di carica sul bersaglio viene integrata con il fascio di lettura interdetto, e quindi esplorata (ad intervalli di tempo successivi) per il periodo di un quadro: si è osservato all'oscilloscopio l'evolvere col tempo dell'ampiezza del video-segnale modulato dalla carica sulla superficie del bersaglio.

Nella Fig. 6 sono riportati i risultati della misura in funzione del parametro V_{sp} .

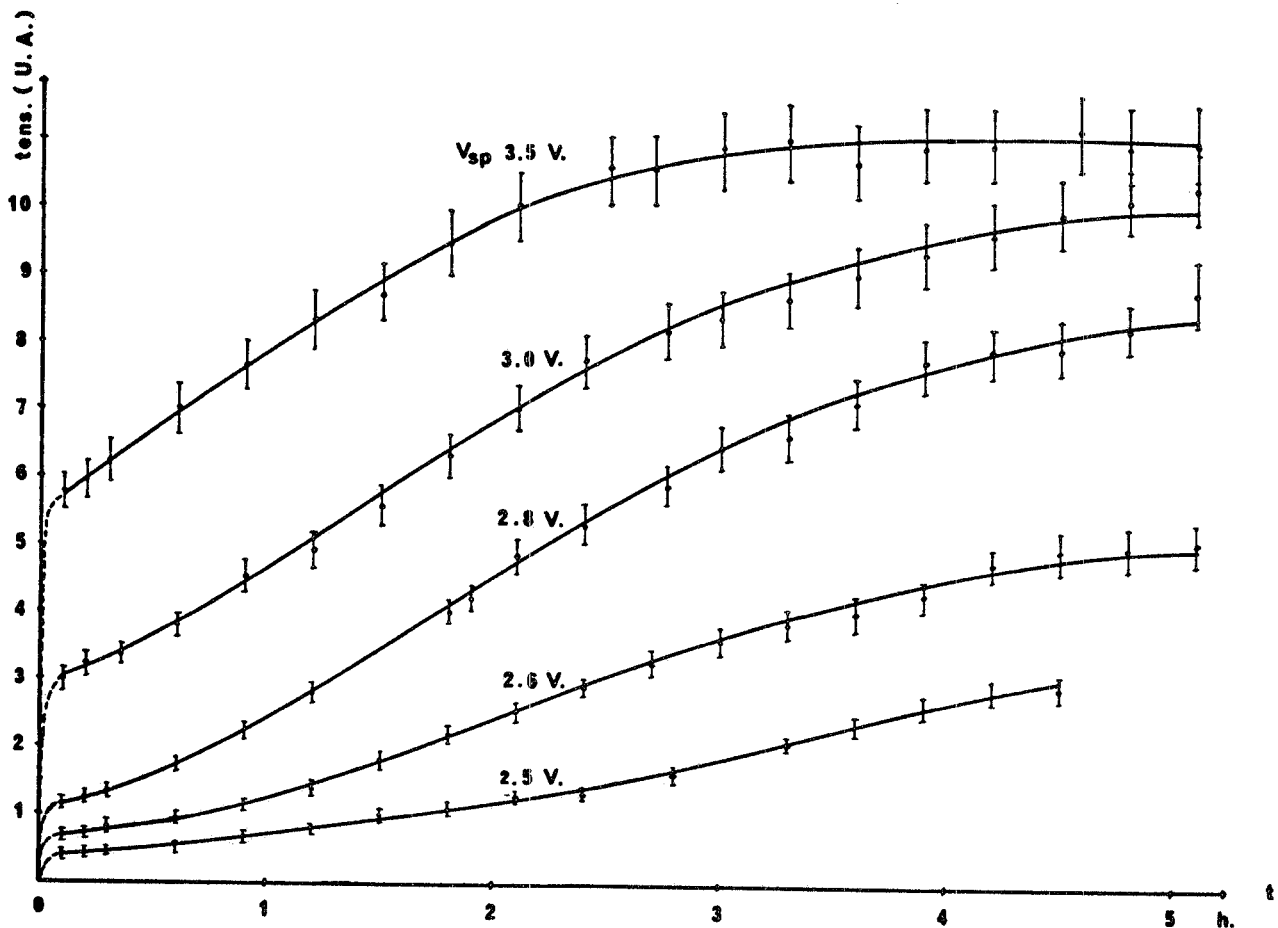


FIG. 6

Si è notato che per valori bassi del tempo d'integrazione, l'ampiezza del segnale cresce più rapidamente del normale processo di carica del condensatore.

Un'evoluzione del transiente di carica simile è stata osservata nella fotoconduzione di un campione di CdSe e sembra legata all'esistenza di particolari livelli nella gap di energia del materiale eccitato(14).

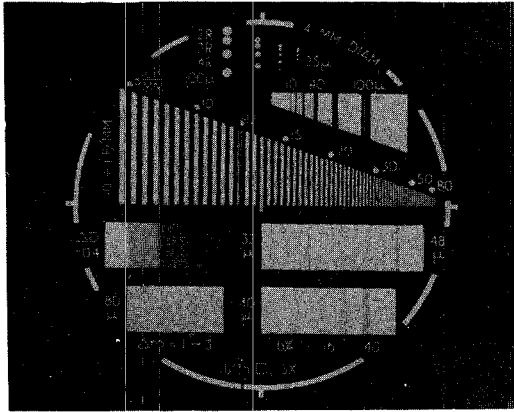


FIG. 4 - Test di Baum.

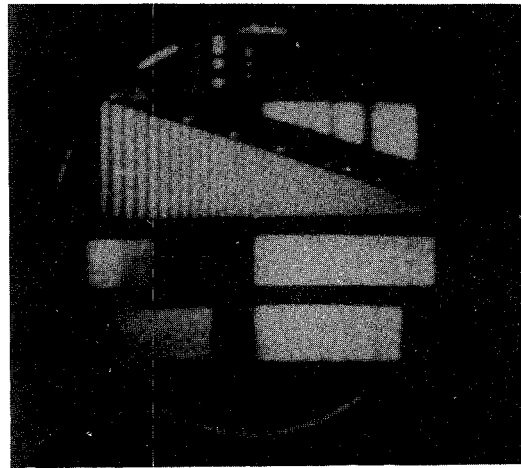


FIG. 5 - Immagine in lettura continua.

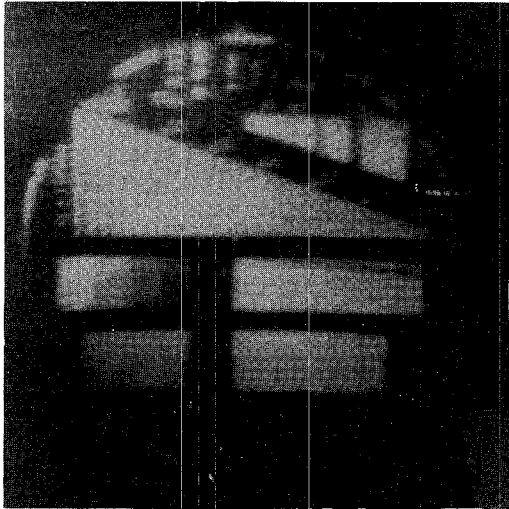


FIG. 7 - Immagine integrata per 50' e letta immediatamente dopo l'integrazione.

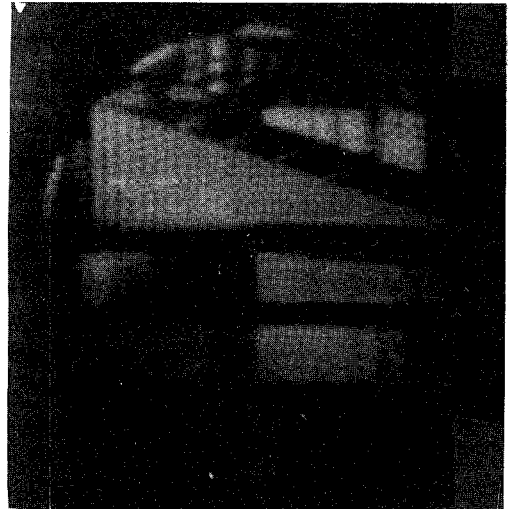


FIG. 8 - Stessa immagine letta dopo 15' dal termine della integrazione.

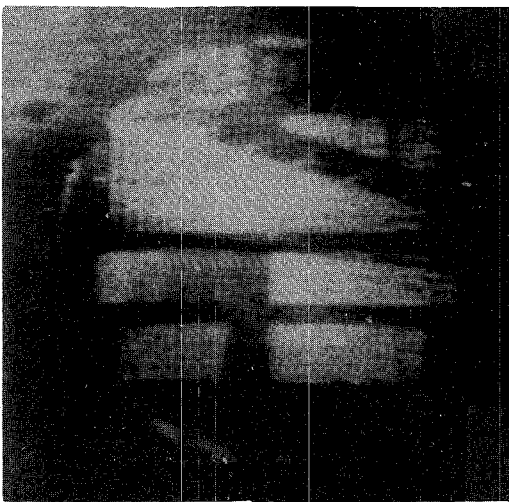


FIG. 9 - Stessa immagine letta dopo 17 ore dal termine dell'integrazione.



FIG. 10 - Stessa immagine letta dopo 10 giorni dal termine dell'integrazione.

ACCUMULAZIONE. -

La configurazione di carica accumulata nel bersaglio durante un certo periodo d'esposizione in assenza di lettura tenderà, una volta interrotta la scrittura a cancellarsi spontaneamente per effetto della ricombinazione delle coppie e delle forze elettriche dovute ai gradienti di concentrazione che tendono a ridistribuire uniformemente tutta la carica nel bersaglio. Questo processo avviene con la costante di tempo del rilassamento del materiale impiegato e dipende, quindi dalla costante dielettrica e dalla resistività di volume e di superficie del materiale stesso.

Una valutazione della memoria del nostro bersaglio è stata fatta esaminando dopo tempi variabili il deterioramento dell'immagine del test di Baum registrato preventivamente. I risultati sono mostrati nella sequenza delle figure 7, 8, 9 e 10.

La comparsa di una disuniformità del fondo, particolarmente evidente nell'ultima foto, è per ora il più serio inconveniente del bersaglio, e dovrebbe essere eliminato curando maggiormente l'uniformità dello spessore e della resistività di volume e di superficie del film di CsI.

CONCLUSIONE. -

Il lavoro preliminare descritto in questa nota ci ha permesso di individuare alcune direzioni da seguire per migliorare le caratteristiche del dispositivo e dell'elettronica associata.

Per quanto riguarda la sezione di scrittura di per sé questa non limita la risoluzione totale del dispositivo, poichè il potere risolutivo di questa sezione, misurato separatamente è risultato superiore a 80 lp/mm.

La risoluzione della sezione di lettura è limitata dalle dimensioni trasversali del fascio di scansione, dalla larghezza di banda e dalla stabilizzazione delle tensioni dell'amplificatore video, dall'efficienza delle schermature magnetiche dal campo di scrittura. Questa sezione sembra per ora la maggior responsabile della limitazione osservata nella risoluzione.

Per quanto riguarda il bersaglio, un esame delle foto e delle caratteristiche riportate permette di stabilire alcuni punti: l'uso del CsI come materiale isolante appare assai promettente per quello che riguarda la possibilità di ottenere lunghi tempi di integrazione e di accumulazione.

In particolare dalle foto possiamo notare che la qualità di una immagine immagazzinata si deteriora nel tempo principalmente per la comparsa dopo qualche ora di grandi regioni luminose.

Riteniamo però che questo inconveniente possa essere eliminato aumentando l'uniformità dello spessore e delle caratteristiche elettriche del volume e della superficie del film di CsI.

In vista di ciò è stata iniziata la costruzione di un secondo tubo.

RINGRAZIAMENTI. -

E' nostro desiderio ringraziare tutti i tecnici che hanno partecipato alla realizzazione dell'I. S. T. descritto in questa nota. In particolare ci riferiamo ai signori P. L. Belli, M. Cinti, L. Righini e S. Viligiardi.

BIBLIOGRAFIA. -

- (1) - H. E. Butler, G. Courtès, M. Golay, L. Gratton and F. Di Benedetto, Preliminary study of a wide field astronomical satellite, Rapporto finale approvato dal WIFASG a Ginevra il 2 Maggio 1968.
- (2) - G. W. Goetze and A. H. Boerio, Secondary electron conduction (SEC) for signal amplification and storage in camera tubes, Proc. IEEE 52, 1007 (1964).
- (3) - G. W. Goetze, Secondary electron conduction (SEC) and its application to photo-electronic image devices, AEEP 22 A, 219 (1966).
- (4) - A. H. Boerio, R. R. Beyer and G. W. Goetze, The SEC target, AEEP 22 A, 229 (1966).
- (5) - R. S. Filby, S. B. Mende and N. D. Twiddy, A television camera-tube using a low density potassium chloride target, AEEP 22 A, 273 (1966).
- (6) - R. J. Schneeberger, G. Skorinko, D. D. Doughty and W. A. Feibelman, Electron bombardment induced conductivity including its application to ultra-violet imaging in the Schuman region, AEEP 16, 235 (1962).
- (7) - P. H. Broerse, Electron bombardment induced conductivity in lead monoxide, AEEP 22 A, 305 (1966).
- (8) - J. Blake and R. B. Burtt, Image orthicons with magnesium oxide targets, AEEP 16, 213 (1962).
- (9) - A. Boksenberg, The application of image tubes to ultraviolet spectrometry from astronomical satellites, ESRO SM-5 (1965).
- (10) - J. W. F. Alexander and R. B. Burtt, Bombardment induced conductivity targets for image orthicons, AEEP 16, 247 (1962).
- (11) - S. W. Duckett and P. H. Metzger, Intrinsic photoemission of alkali halides, Phys. Rev. 137, A 953 (1965).
- (12) - L. Pensak, Conductivity induced by electron bombardment in thin insulating films, Phys. Rev. 75, 472 (1949).
- (13) - W. A. Baum, Laboratory evaluation of image tubes for astronomical purposes, AEEP 16, 391 (1962).
- (14) - R. H. Bube, Infrared quenching and a unified description of photoconductivity phenomena in cadmium sulfide and selenide, Phys. Rev. 99, 1105 (1955).