
ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI

RENDICONTI

FRANCO LEPRI, AUGUSTA MANFREDINI

Un nuovo metodo per la rivelazione elettronica di tracce in emulsioni nucleari

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche,
Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 40 (1966), n.6, p.
1026–1031.*

Accademia Nazionale dei Lincei

<http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1966_8_40_6_1026_0>

L'utilizzo e la stampa di questo documento digitale è consentito liberamente per motivi di ricerca e studio. Non è consentito l'utilizzo dello stesso per motivi commerciali. Tutte le copie di questo documento devono riportare questo avvertimento.

*Articolo digitalizzato nel quadro del programma
bdim (Biblioteca Digitale Italiana di Matematica)
SIMAI & UMI*

<http://www.bdim.eu/>

Fisica Nucleare. — *Un nuovo metodo per la rivelazione elettronica di tracce in emulsioni nucleari.* Nota di FRANCO LEPRI e AUGUSTA MANFREDINI, presentata (*) dal Corrisp. M. CONVERSI.

SUMMARY. — A new method for electronic scanning and detection of tracks in nuclear emulsion is described.

The results discussed in the paper indicate the possibility of constructing an automatic apparatus which can follow tracks and perform measurements at a speed one or two orders of magnitude greater than the speeds up to now obtained.

INTRODUZIONE.

La situazione attuale della tecnica delle emulsioni nucleari presenta il grave inconveniente della lentezza nella raccolta dei dati. Per esempio, nelle ricerche di alta energia la raccolta di interazioni di particelle cariche contro nucleone si ottiene seguendo al microscopio le tracce del fascio fino ad osservare una interazione con i nuclei della emulsione; si può valutare che un buon osservatore può in questo modo seguire un massimo di 100-150 cm di traccia al giorno e quindi osservare non più di una interazione contro nucleone ogni 2 o 3 giorni. Molti altri problemi richiedono tecniche di esplorazione simili ed ugualmente lente; una tecnica di esplorazione completamente diversa si ha per esempio nella misura della distribuzione angolare di tracce di fissione dove, per ottenere dati statisticamente significativi, è necessario raccogliere qualche migliaio di tracce. In questo caso le tracce sono distribuite a caso nella emulsione ed è necessario, per la loro osservazione, una esplorazione per area. In queste condizioni si può valutare che un buon osservatore può misurare da 5 a 50 tracce al giorno a seconda della densità degli eventi.

La tecnica similare più diffusa (camere a bolle) dà, con i sistemi semiautomatici correntemente impiegati, velocità di scansione oltre 100 volte superiore. D'altra parte la tecnica delle emulsioni presenta notevoli vantaggi pratici: economia, limitato ingombro, poca o nulla necessità di sorveglianza e manutenzione ecc. Da queste considerazioni risulta che, per poter mantenere la tecnica delle emulsioni in posizione competitiva rispetto alle altre tecniche è necessario prima di tutto studiare un sistema di esplorazione automatica che permetta di aumentare le velocità di osservazione di almeno un fattore 10 o 100, a seconda del problema in istudio.

Prima di affrontare il problema della esplorazione con sistemi elettronici, abbiamo esaminato quanto è stato realizzato fino ad ora per individuare i punti suscettibili di miglioramento.

(*) Nella seduta del 22 giugno 1966.

Vari tentativi di automatizzazione hanno avuto risultati di interesse pratico soltanto per alcune misure di limitata applicazione [1-4].

Cox e coll. [5] hanno tentato di applicare, per la realizzazione di un inseguimento automatico di traccia, un metodo di scansione basato su organi meccanici in movimento, ma con velocità massima dell'inseguimento per ora non superiore a quella ottenibile manualmente. Il metodo adottato da Cox e coll., già noto in precedenza [4], si basa sulla scansione, effettuata meccanicamente, di una parte dell'immagine del campo ottico di un microscopio mediante un prisma rotante ed una fenditura posti innanzi ad un fotomoltiplicatore.

Si ritiene che la limitazione di velocità di questo metodo sia dovuta da un lato alle vibrazioni ed alla lentezza inerenti al sistema meccanico di scansione e, sia pure in parte minore, a quello di inseguimento, dall'altro allo scarso flusso luminoso disponibile all'uscita del sistema ottico, assai complesso.

METODO SPERIMENTATO.

In base a queste considerazioni, si è ideato e sperimentato un metodo di scansione che permette di aumentare la velocità fino a due ordini di grandezza e di semplificare notevolmente il sistema ottico.

Il metodo consiste nel proiettare nell'emulsione, con dimensioni opportune (per esempio $1,5 \times 100 \mu$), l'immagine reale di un segmento luminoso generato sullo schermo luminescente di un tubo a raggi catodici e, pertanto, spostabile a comando elettrico con una velocità che è limitata solo dalle caratteristiche temporali del fosforo.

Effettuando uno spostamento parallelo del segmento, si ottiene una scansione: allorché il segmento si sovrappone a una traccia, si ha un assorbimento di luce rivelabile, sotto forma di impulso elettrico, da un fotomoltiplicatore posto al di là della lastra.

Le caratteristiche del sistema sono le seguenti:

a) definizione temporale: è limitata dal tempo di risposta del fosforo: nel nostro caso abbiamo tempi di risposta minori di 30μ sec, sia in salita che in discesa. La massima velocità di scansione è per una larghezza utile della traccia di $\sim 1,5 \mu$, di $\sim 50 \mu/\text{msec}$ per una scansione minima di 5μ si ha una frequenza di ripetizione di 10 KHz; da confrontarsi con i 100 Hz adottati da Duff e coll.; ciò vuol dire che un automatismo per l'inseguimento ha un segnale errore con ritardo proprio dell'ordine di 100μ sec;

b) definizione spaziale: la larghezza del segmento immagine deve essere dell'ordine di grandezza della larghezza utile della traccia, cioè circa $1,5 \mu$. Questa condizione non è difficile da ottenere, dato che la lunghezza del segmento, sullo schermo del tubo a raggi catodici può essere scelta entro vasti limiti e la brillantezza dell'immagine proiettata rimane sempre la stessa, essendo sempre proporzionale a quella di partenza indipendentemente dal sistema ottico;

c) fondo ottico: consiste di due parti: una fissa dovuta alle irregolarità dello schermo del tubo a raggi catodici, del sistema ottico e del fotocatodo. Questa parte dà un disturbo di scarsa entità e facilmente compensabile, in quanto si ripete uguale per ogni ciclo di scansione. Inoltre la parte dovuta al sistema ottico di ricezione ed al fotocatodo può essere ridotta a piacere, sfocando l'immagine sul fotocatodo stesso.

La seconda parte è dovuta invece a irregolarità, granuli e tracce di fondo, nell'emulsione ed è riducibile soltanto diminuendo la profondità focale dell'obiettivo di proiezione, per avere una zona a fuoco la più limitata possibile. Naturalmente notevoli miglioramenti del fondo di lastra possono essere ottenuti anche con opportuni accorgimenti nelle condizioni di esposizione e di sviluppo dell'emulsione;

d) fondo elettrico: consiste principalmente nella fluttuazione statistica degli elettroni emessi dal fotocatodo. Nel nostro caso, per avere un valore medio quadratico del 10% del segnale fornito da una traccia al minimo (assorbimento $\sim 5\%$ della luce trasmessa) dobbiamo avere in un tempo risolutivo ($\sim 30 \mu \text{ sec}$) almeno 40.000 fotoelettroni, corrispondenti ad una corrente primaria di circa $2 \cdot 10^{-10} \text{ A}$ ($\sim 200 \mu \text{ A}$ sull'anodo del fotomoltiplicatore). I risultati sperimentali dimostrano che, per trasparenza della lastra fino al 5%, siamo abbondantemente entro i limiti suddetti.

Altre cause di fondo di minore entità sono: fluttuazioni del fattore di emissione secondaria dei primi stadi del fotomoltiplicatore; fluttuazioni della luminescenza dello schermo del tubo R.C.; occorre curare al massimo l'eliminazione di componenti alternate dovute a cattivo filtraggio o a induzione.

DESCRIZIONE DELL'APPARATO.

La disposizione delle varie parti è schematizzata in fig. 1.

Il tubo R.C. è un MU 6/2 della Philips. Si tratta di un tubo da proiezione per televisione a colori con una risposta spettrale assai simile a quella del fotomoltiplicatore adoperato.

La brillantezza dello schermo è abbastanza elevata ($\sim 1 \text{ cd/cm}^2$). La tensione di lavoro è 25 KV e lo spessore dello spot è $\sim 100 \mu$. I tempi di risposta, nelle condizioni di funzionamento indicate, sono, come detto, di $20 \sim 30 \mu \text{ sec}$ sia in eccitazione come in persistenza. La deflessione è magnetica.

Applicando alla bobina orizzontale una forma di onda di tensione rettangolare a frequenza di $\sim 300 \text{ Kc}$ viene generato un segmento luminoso la cui lunghezza può essere portata fino a 1 cm, regolando il valore della tensione; la frequenza è stata scelta abbastanza alta da avere, per effetto della persistenza, una emissione di luce praticamente costante nel tempo per tutta la lunghezza del segmento.

La scansione viene effettuata inviando una corrente a dente di sega alla bobina di deflessione verticale. È interessante a questo punto osservare che la possibilità di spostare elettronicamente il rettangolo di scansione permette

di effettuare un inseguimento di tipo misto meccanico-elettronico, in cui la componente rapida in Y è ottenuta elettronicamente, riducendo notevolmente il tempo di risposta complessivo e migliorando di conseguenza il limite di velocità imposto dall'inerzia del servomotore.

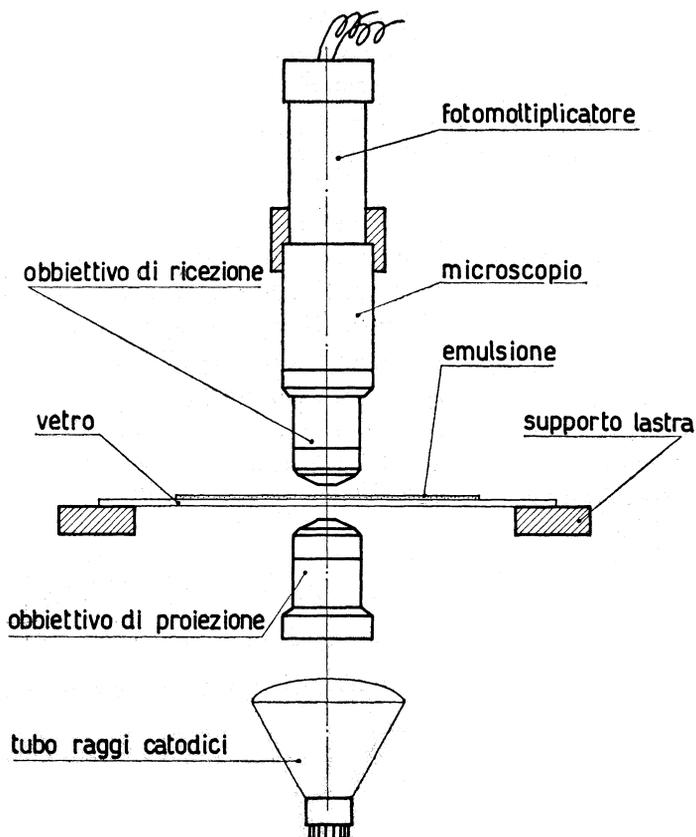


Fig. 1. - Disposizione schematica dei componenti.

Il circuito di focalizzazione è realizzato con uno stabilizzatore di corrente. È previsto anche un circuito di protezione che spegne il tubo in assenza di scansione. Tutte le tensioni di alimentazione sono stabilizzate e ben filtrate. Lo schermo luminescente del tubo R.C. annerisce leggermente, diminuendo alquanto in efficienza luminosa, dopo qualche centinaio di ore di funzionamento. Se non perfettamente uniforme su tutta la superficie di scansione, questo fenomeno può provocare un disturbo che si nota come una deformazione della linea di zero. Si può compensare facilmente con mezzi elettrici, come già visto al paragrafo c) (parte fissa del fondo ottico). È anche possibile spostare il segmento luminoso su un'altra zona dello schermo. Dato che per la scansione si utilizza soltanto un'area di pochi mm² contro 6 cm di diametro dello schermo, si può ripetere l'operazione alcune decine di volte prima di cambiare il tubo.

Il sistema ottico di proiezione consiste in un obiettivo $30\times$ con frontale di ~ 3 mm e profondità focale di 5,7 mm. L'apertura numerica è di 1,05. L'obiettivo è del tipo ad immersione, ma è stato constatato che dà risultati soddisfacenti anche usato in aria, purché venga diaframmato fino ad un'apertura $\sim 0,3$; il funzionamento in olio è possibile, ma presenta notevoli difficoltà pratiche d'impiego, data la elevata velocità di esplorazione prevista e dato anche che nel nostro caso l'obiettivo lavora rovesciato. Si è inoltre constatato che, lavorando in olio con grande apertura numerica si ha un forte aumento della diffusione dovuta ai granuli di fondo con peggioramento del fondo elettrico.

Quest'obiettivo è montato sul supporto del condensatore ottico di un microscopio Wild M 10.

Il sistema ottico di ricezione è quello di un normale microscopio. La luce raccolta da un obiettivo, viene convogliata sul catodo di un fotomoltiplicatore tipo 52 AVP della Philips; oppure, tramite un prisma deviatore mobile, viene raccolta da un oculare per l'osservazione visiva necessaria alla messa a punto.

La risposta elettrica è praticamente insensibile alle condizioni di focalizzazione del sistema ottico di ricezione, purché tutta la luce trasmessa attraverso la lastra raggiunga il fotocatodo. Per questo è necessario un obiettivo di apertura numerica almeno eguale a quella di proiezione, compatibilmente con la minima distanza frontale consentita dallo spessore dell'emulsione.

RISULTATI.

Mostriamo in fig. 2 una fotografia degli impulsi generati da due tracce al minimo quasi piane, e quasi parallele, giacenti entrambe all'incirca nello

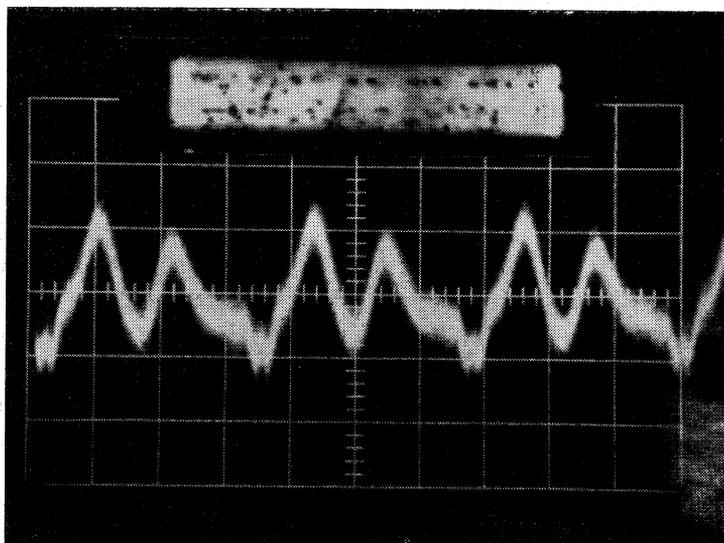


Fig. 2. - Campo di scansione comprendente due tracce al minimo e forme d'onda relative.

Campo 90×15 ; scala dei tempi: $200\ \mu\text{sec/cm}$. corrente del tubo MU 6/2: $9\ \mu\text{A}$ a 25 KV.

stesso piano focale. Superiormente è riportata la fotografia del campo ottico esplorato, con dimensioni $90 \times 15 \mu$.

La velocità di scansione è di $25 \mu/\text{msec}$, corrispondenti ad una scala dei tempi di $200 \mu \text{ sec/cm}$. Si può notare che i picchi degli impulsi sono ben definiti entro $100 \mu \text{ sec}$, il che rende quindi possibile, ai fini di un inseguimento, una frequenza di scansione fino a 10 KHz .

La messa a fuoco è stata effettuata sulla traccia superiore. Quella inferiore, non perfettamente a fuoco e meno piana dell'altra, dà un impulso più basso.

Il piccolo impulso negativo è dato dal ritorno del segmento di scansione. La sua eliminazione è affidata ai circuiti elettronici successivi.

CONCLUSIONI.

Il metodo, pur con qualche limitazione, dà risultati soddisfacenti, in quanto pone il presupposto per la realizzazione di sistemi di inseguimento o di conteggio automatici o semiautomatici con velocità fino a cento volte quella attualmente possibile. Il costo, almeno per quanto riguarda la parte di rivelazione, è abbastanza basso da permettere una applicazione su larga scala.

I successivi sviluppi da noi previsti riguardano: lo studio delle varie operazioni e misure da automatizzare; le tecniche di esposizione e di sviluppo necessarie per ridurre al minimo il fondo dell'emulsione; la realizzazione degli automatismi, con particolare riguardo alla meccanica di precisione necessaria.

Gli Autori desiderano ringraziare vivamente Lucio Storelli per il contributo al presente lavoro dato nel quadro della sua tesi di laurea.

BIBLIOGRAFIA.

- [1] L. VAN ROSSEN, « *Compt. Rend. Ac. Sci.* », 266, 2234 (1953).
- [2] M. DELLA CORTE, « *Nuovo Cimento* », 4, 1565 (1956).
- [3] C. CASTAGNOLI, M. FERRO-LUZZI, M. MUCHNIK, « *Nuovo Cimento* », 8, 936 (1958).
- [4] C. CASTAGNOLI, M. FERRO-LUZZI, F. LEPRI, G. PIZZELLA, « *Nucl. Inst.* », 5, 101 (1959).
- [5] J. COX, M. J. B. DUFF, L. J. TOWNSEND, « *Nucl. Inst.* », 27, 159 (1964).