

# Fotomoltiplicatore

principio di funzionamento e accoppiamento

# Fotomoltiplicatore

Tubo elettronico che converte la luce in corrente elettrica misurabile

Struttura di schematica di un PMT

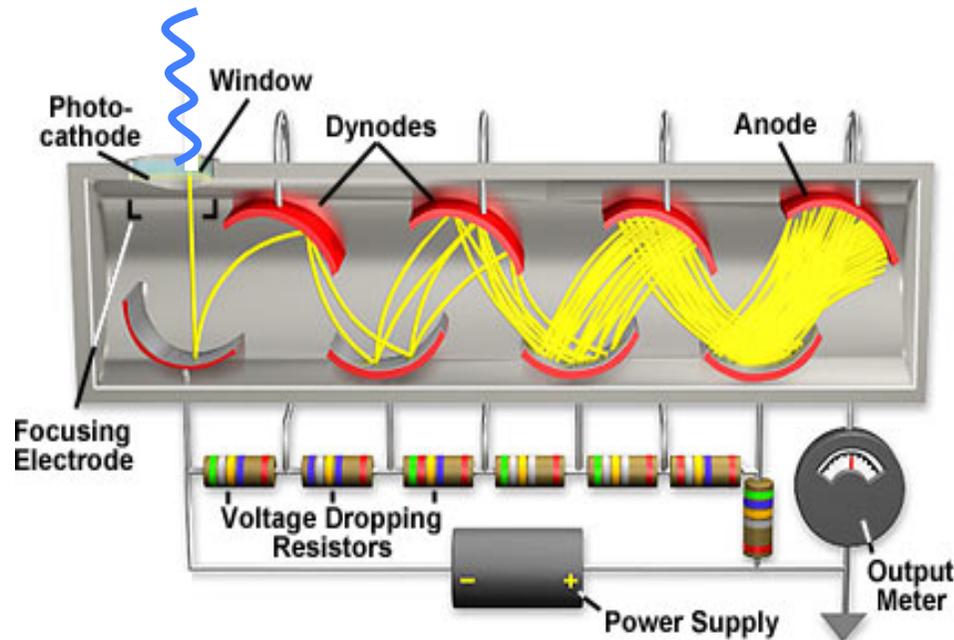
all' interno di un tubo di vetro sottovuoto si hanno:

- a) catodo di materiale fotosensibile (converte fotoni in elettroni)
- b) sistema di raccolta degli elettroni
- c) moltiplicatore di elettroni (sistema di dinodi)
- d) anodo di raccolta per la produzione del segnale finale

tensione (HV) è applicata al sistema catodo - dinodi - anodo tramite un partitore in modo da avere una d.d.p. a scala lungo la struttura

# Fotomoltiplicatore

Fotone visibile colpisce **catodo** → **emissione**, per effetto fotoelettrico, di  $e^-$  che, causa la tensione applicata, è **accelerato** ed **indirizzato** b) verso il 1<sup>o</sup> dinodo → **emissione di  $e^-$  secondari** che sono **accelerati** ed **indirizzati** verso dinodo successivo → **formazione di cascata di  $e^-$**  attraverso i dinodi c) → **raccolta della cascata all' anodo** d)



tragitto **catodo – anodo**  
richiede circa **40 ns**

tempo di salita  
dell' impulso di corrente  
circa **2 ns**

# Fotomoltiplicatore

a) **Catodo**: parametro fondamentale è l' **efficienza quantica**

$$\eta(\lambda) = \frac{N_{\text{ph.e.}}}{N_{\text{ph.i.}}(\lambda)}$$

← n. fotoelettroni emessi

← n. fotoni incidenti

Materiale più usato: **Sb-Rb-Cs** →  $\lambda_M = 420 \text{ nm}$ ;  $\eta(\lambda_M) \cong 30 \%$

b) **Sistema di raccolta d' ingresso**: **2** requisiti essenziali

- raccolta efficiente, i.e. maggior n. di **e<sup>-</sup>** prodotti deve raggiungere il **1<sup>^</sup> dinodo**, ovunque siano generati sul catodo
- **tempo** impiegato dagli **e<sup>-</sup>** per giungere sul **1<sup>^</sup> dinodo** deve essere indipendente da p.to di generazione sul catodo: **influisce sulla risoluzione temporale del rivelatore**

# Fotomoltiplicatore



particolari configurazioni di campo elettrico  
(quasi mai campi magnetici)

- c) Sistema di moltiplicazione: emissione di  $e^-$  molto simile all'effetto fotoelettrico: fotone è sostituito da  $e^- \rightarrow$  guadagno di singolo dinodo =  $\delta \rightarrow$  guadagno totale con  $n$  dinodi =  $\delta^n$

Requisiti:

- alto  $\delta$  (2 ÷ 3)
- stabilità dell'emissione
- ~~secondaria~~ bassa emissione termoionica  $\rightarrow$  basso rumore

Materiale: terra alcalina (per l'emissione secondaria) deposta su conduttore (campo elettrico per accelerare  $e^-$ )  $\rightarrow$  lega Cu-Be

# Fotomoltiplicatore

**Partitore:** catena di resistenze dimensionate in modo da fornire una fissata d.d.p. tra i vari **dinodi**

Situazione da evitare assolutamente: grosse variazioni di potenziale tra i dinodi dovute alla variazione di corrente nel tubo, i.e. variazioni nel **guadagno totale** e nella **linearità** del PMT

Corrente che scorre nel partitore = **bleeder current**  $I_b$


$$\frac{\Delta G}{G} = \frac{\langle I_{\text{anodo}} \rangle}{I_b}$$

Esempio:  $I_b \sim 100 \langle I_{\text{anodo}} \rangle \Rightarrow \Delta G / G \sim 1 \%$

# Fotomoltiplicatore

Operazione in **regime pulsato** → correnti di picco »  $I_b$  soprattutto negli stadi finali del partitore → cadute di potenziali transienti



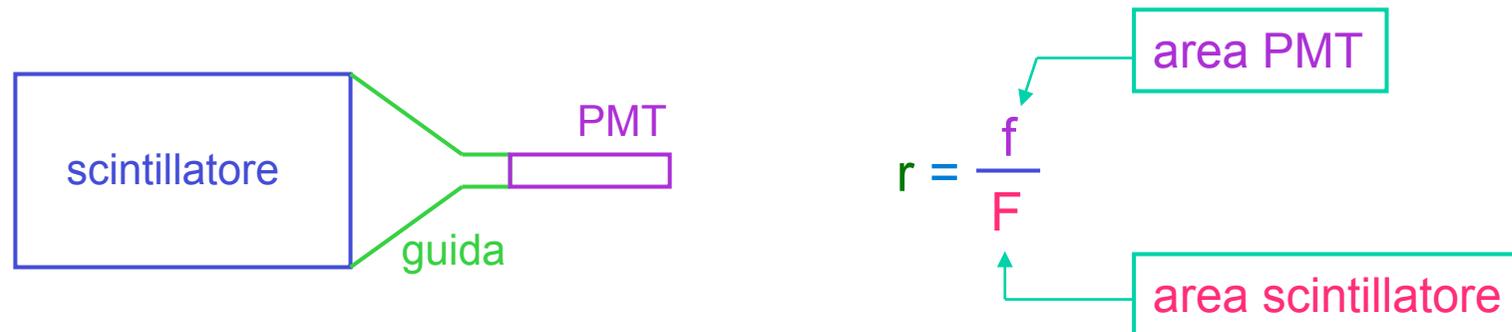
## Soluzioni

1. **Condensatori di disaccoppiamento negli stadi finali:** forniscono carica durante i picchi di corrente e si ricaricano durante i periodi di assenza di picco
2. **Diodi Zener:** forniscono tensione costante per correnti maggiori di una certa corrente minima di soglia
3. Ad **alta corrente**, ulteriore **HV** esterna

# Guida di Luce

Sistema di trasporto della luce di scintillazione verso il PMT

Materiale plastico (plexiglass) opportunamente sagomato in modo da adattare la superficie di uscita dello scintillatore con quella d'ingresso del PMT → solo una frazione  $r$  della luce prodotta raggiunge il PMT



**aumento** di  $r$  per mezzo di geometrie più complicate (**twisted**): strisce separate di plexiglass attaccate all'estremità dello scintillatore e attorcigliate in modo da convergere nel PMT