

Caratterizzazione elettrica e ottica dei LED

Filippo Audisio, Cataldo Insalaco, Telemaco Pezzoni

16 gennaio 2026

1 Obiettivo dell'esperienza

L'obiettivo dell'esperienza è studiare la caratterizzazione elettrica e ottica di alcuni LED di colori diversi, nello specifico:

- Nella caratterizzazione elettrica verificare la legge esponenziale $I = I_0(e^{\frac{qV}{nkT}} - 1)$ e calcolare il valore di I_0 .
- Nella caratterizzazione ottica ricavare la lunghezza d'onda del massimo della luce emessa dai LED.

2 Materiali e Metodi

2.1 Strumentazione

2.1.1 Caratterizzazione elettrica

- LED colore bianco, blu, giallo, rosso, verde e infrarosso
- Fotodiodo
- Due multimetri
- Resistenza da 511Ω
- Cavi a banana
- Alimentatore in continua

2.1.2 Caratterizzazione ottica

- LED colore bianco, blu, giallo, rosso, verde e infrarosso
- Fotodiodo
- Due multimetri
- Cavi a banana
- Alimentatore in continua
- Reticolo (1000 linee/mm)

- Scatola condizionamento segnale
- Binario e braccio rotante
- Tre supporti
- Due lenti
- Foglio con scala angolare

2.2 Procedura sperimentale

2.2.1 Caratterizzazione elettrica

Collegare in serie un multmetro, usato come amperometro, il LED e la resistenza all'alimentatore in continua. Collegare in parallelo al LED l'altro multmetro, utilizzandolo come voltmetro. Variando la corrente nell'alimentatore alimentare il LED registrando le coppie di valori tensione-corrente lette sui multimetri. Prendere nota dei valori di corrente per i quali si ha l'apparire di emissione luminosa da parte del LED.

2.2.2 Caratterizzazione ottica

Inserire il LED e il reticolo sui supporti ottici presenti sul binario, mentre il fotodiodo sul supporto che si trova sul braccio rotante, a una distanza di 39 cm dal reticolo. Collegare in serie un multmetro, utilizzato come amperometro, e il LED all'alimentatore in continua. Collegare il fotodiodo all'altro multmetro, utilizzato come voltmetro, tramite la scatola di condizionamento del segnale, che permette di avere una risposta lineare del fotodiodo. Allineare il braccio rotante e il foglio con la scala angolare cercando prima l'ordine zero: si deve osservare un massimo di risposta in tensione del fotodiodo quando LED, reticolo e fotodiodo sono allineati. Successivamente verificare che ruotando l'asta l'estremità del braccio rotante continui a scorrere sempre sulla linea dei 39 cm presente sul foglio con scala angolare. Far scorrere l'asta rotante e prendere nota dei valori in tensione a diversi angoli. Per convertire l'angolo θ in lunghezza d'onda λ bisogna usare la formula dell'interferenza: $\sin(\theta) = \frac{m\lambda}{d}$, dove in questo caso $m = 1$ perché quello che verrà misurato è solo il massimo al primo ordine. Questo calcolo, però non è da fare perché sul foglio con scala angolare sono già presenti le lunghezze d'onda che corrispondono a determinati angoli. Quindi prendere nota dei valori in tensione in corrispondenza dei valori di lunghezza d'onda letti sul foglio.

3 Analisi dei dati e grafici

3.1 Tabelle risultati

3.1.1 Valori di I_0 nella caratterizzazione elettrica

Usando come funzione di fit $I = I_0(e^{\frac{qV}{nkT}} - 1)$ abbiamo ottenuto come valori di I_0 :

| LED | Valore I_0 [A] | σ | Errore Relativo I_0 [%] |
|------------|------------------------|------------------------|---------------------------|
| Giallo | 3.28×10^{-12} | 8.44×10^{-12} | 257 |
| Rosso | 2.80×10^{-7} | 6.03×10^{-7} | 215 |
| Blu | 5.02×10^{-6} | 9.04×10^{-6} | 180 |
| Verde | 1.43×10^{-5} | 2.29×10^{-5} | 161 |
| Bianco | 4.13×10^{-9} | 1.37×10^{-8} | 331 |
| Infrarosso | 2.45×10^{-12} | 8.96×10^{-12} | 365 |
| Fotodiodo | 1.45×10^{-4} | 7.94×10^{-5} | 55 |

Tabella 1: Valori di I_0 per i diversi LED e per il fotodiodo

3.1.2 Tabella dei massimi di emissione e di E_{gap}

I dati riportati in seguito sono l'intensità massima V_{max} e la relativa lunghezza d'onda λ_{max} per i LED di diverso colore. Inoltre sono riportati i valori per V_{soglia} che rappresenta la tensione a cui abbiamo osservato una prima emissione luminosa da parte del LED, e di E_{gap} è l'energia di picco di un fotone, calcolata a partire da λ_{max} : $E_{gap} = \frac{hc}{\lambda_{max}}$.

| LED | Valore λ_{max} [nm] | Valore atteso per λ_{max} [nm] | Valore V_{soglia} [V] | Valore E_{gap} [eV] |
|------------|-----------------------------|----------------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Giallo | 610 ± 10 | [575 - 595] | 1.773 ± 0.001 | 2.034 ± 0.033 |
| Rosso | 650 ± 10 | [620 - 700] | 1.503 ± 0.001 | 1.909 ± 0.029 |
| Blu | 470 ± 10 | [460 - 475] | 2.323 ± 0.001 | 2.640 ± 0.056 |
| Verde | 520 ± 10 | 525 | 2.291 ± 0.001 | 2.386 ± 0.046 |
| Bianco | 560 ± 10 | [540 - 580] | 2.439 ± 0.001 | 2.216 ± 0.040 |
| Infrarosso | 850 ± 10 | [840 - 870] | | |

Tabella 2: Valori di λ_{max} e E_{gap} per i diversi LED

3.2 Grafici sperimentali e curve di regressione

3.2.1 Caratterizzazione elettrica

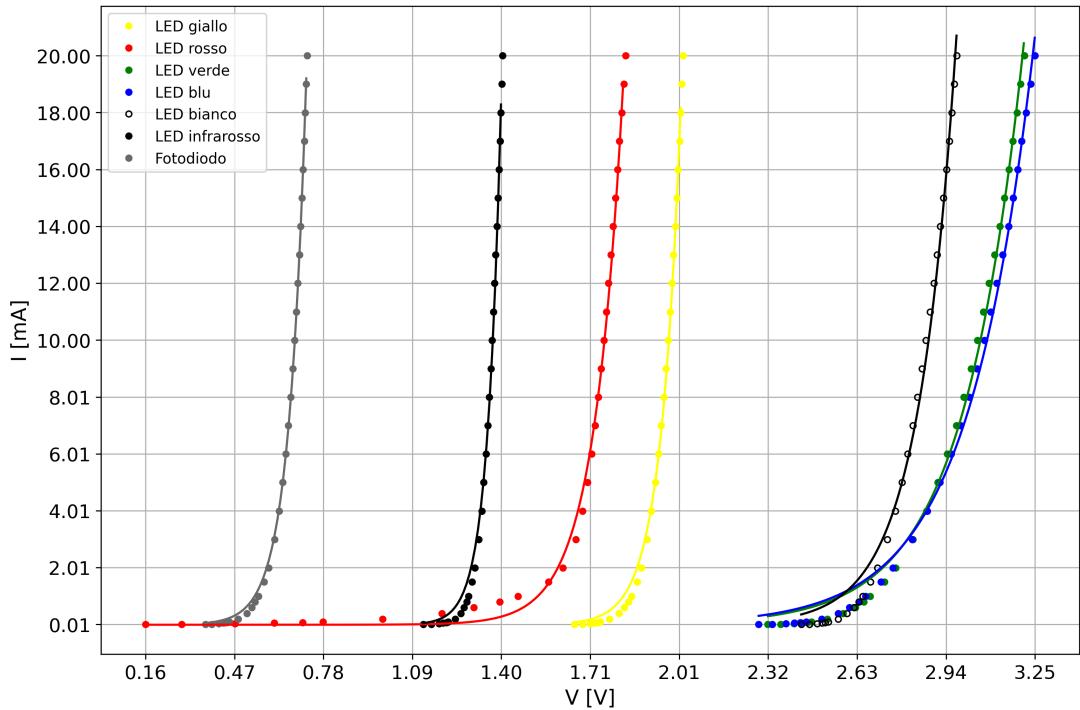


Figura 1: Intensità della corrente in funzione della tensione

3.2.2 Caratterizzazione ottica

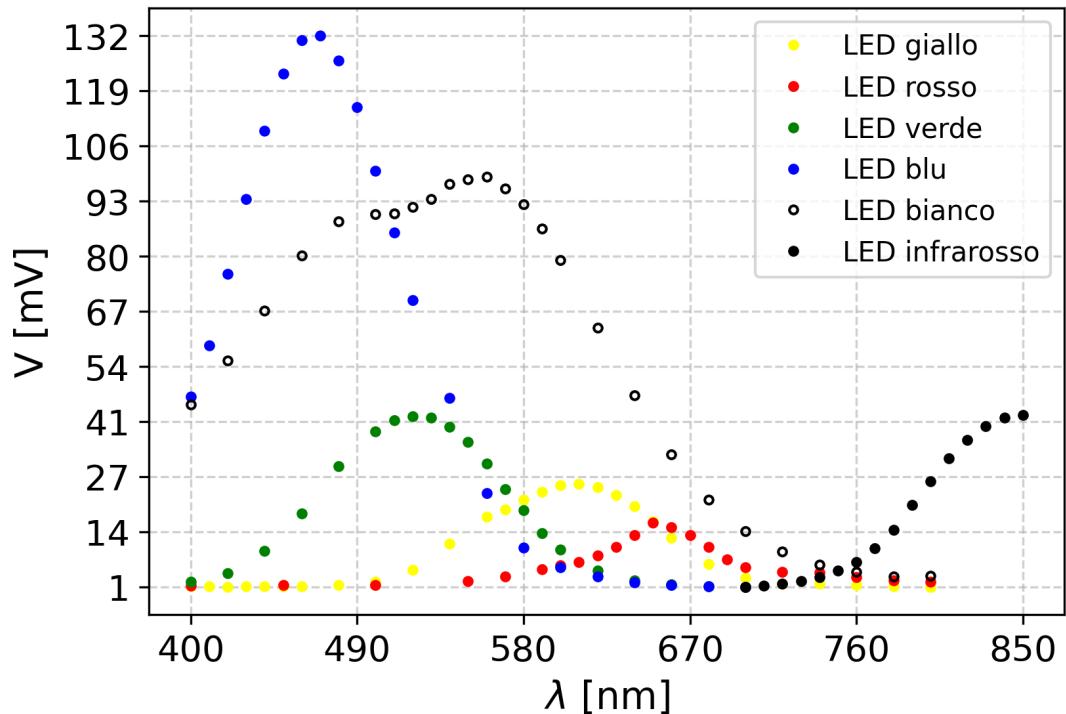


Figura 2: Tensione letta ai capi del fotodiodo in funzione della lunghezza d'onda

3.2.3 Grafico E_{gap} - V_{soglia}

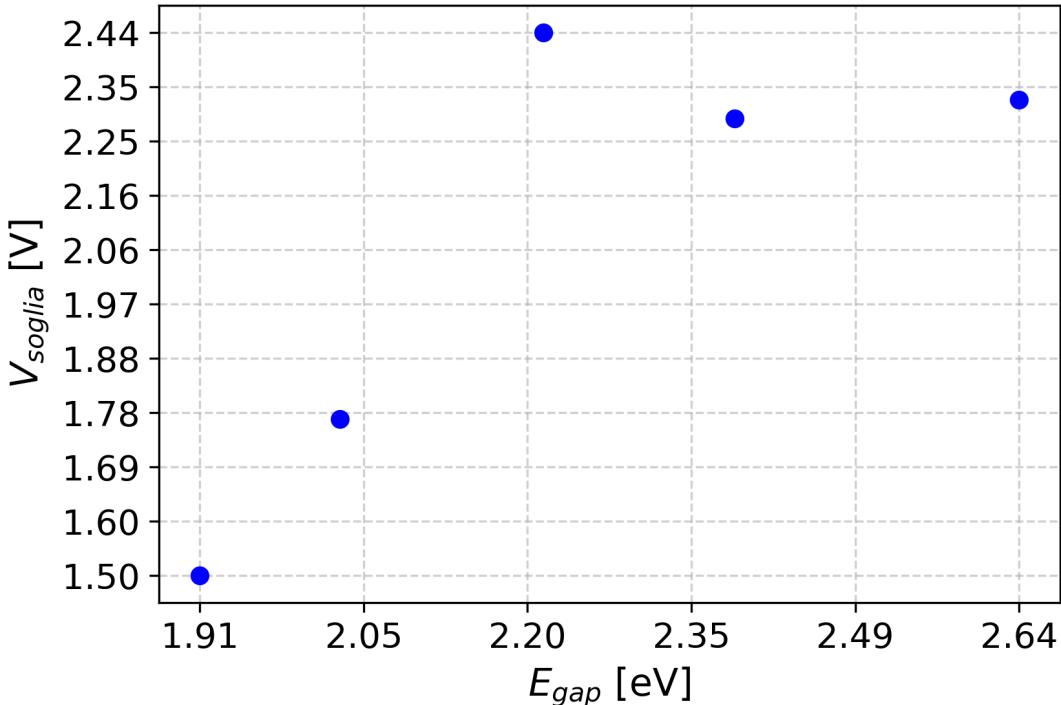


Figura 3: V_{soglia} in funzione di E_{gap}

4 Conclusioni

Nella caratterizzazione elettrica si è verificato l'andamento esponenziale (Figura 1) della corrente che passa in un LED in funzione della tensione ai capi di quest'ultimo. Gli errori sulle I_0 sono grandi, ma questo potrebbe essere dovuto al fit esponenziale.

Nella caratterizzazione ottica si osserva che i LED giallo, rosso, verde, blu hanno un massimo di emissione per una lunghezza d'onda coerente con lo spettro elettromagnetico del visibile, mentre il LED infrarosso presenta un picco per una lunghezza d'onda maggiore. Le lunghezze d'onda trovate sono coerenti con quelle attese, ad eccezione del giallo, ma questo potrebbe essere dovuto a un al fatto che il LED emetteva nella regione del giallo-ambra, invece che del giallo puro. Il LED bianco sembra invece avere due picchi: uno che coincide con il picco del blu e l'altro con quello del giallo. Questo è dovuto al fatto che il LED bianco è costruito a partire da un LED blu coperto da uno strato di fosforo che emette luce nel giallo.

Infine nel grafico che mette a confronto l'energia di gap e la tensione di soglia si può osservare che si ha un andamento circa lineare: l'energia di soglia aumenta con il diminuire di λ . Quello del LED bianco è un dato che si discosta dall'andamento lineare e potrebbe essere dovuto a come è costruito questo LED. Alla base del LED bianco c'è un LED blu, quindi per riuscire a emettere luce bisogna superare la V_{soglia} del blu. Infatti, nella Figura 3, si può osservare che la V_{soglia} per il LED bianco è maggiore/circa uguale a quella per il led blu.