Dott. Mauro Cattaruzza, Ing. Fabio Spizzo, 2012

Lampade LED multi-wave

Osservazioni sullo spettro di emissione luminosa

La maggior parte dei compositi fotopolimerizzabili utilizzano come catalizzatore il canforochinone. Il canforochinone presenta uno spettro di assorbimento alla luce che va dai 400 ai 490 nm circa, ma l'intervallo di maggiore sensibilità si colloca tra i 450 e i 490 nm, con un picco di assorbimento pari a 467 nm. La lunghezza d'onda di attivazione della polimerizzazione più efficace è di 470 nm. Le lampade fotopolimerizzatrici alogene hanno una ampia curva di emissione luminosa, che va dai 400 ai 500 nm, così che la loro azione occupa completamente lo spettro di assorbimento del canforochinone. Le lampade LED, quando presentano uno o più leds monocromatici, mostrano una curva di emissione luminosa relativamente ristretta; per una efficace foto-attivazione dei compositi, questa dovrà necessariamente collocarsi tra i 400 e i 450 nm, ma con un picco il più possibile prossimo ai 470 nm. Nella figura 1 osserviamo il diverso spettro di emissione di una lampada alogena e di una lampada led. Nella figura 2 lo spettro di una lampada led e di una lampada alogena sono confrontati con quello di assorbimento del canforochinone. Nella figura 3 sono raccolti gli spettri monocromatici di alcune lampade led, confrontati con quello di una lampada alogena, la Optilux 501 (Kerr-Demetron). Come si può osservare non sempre una lampada led presenta uno spettro di emissione ben orientato sul picco di massima efficacia di attivazione del canforochinone.

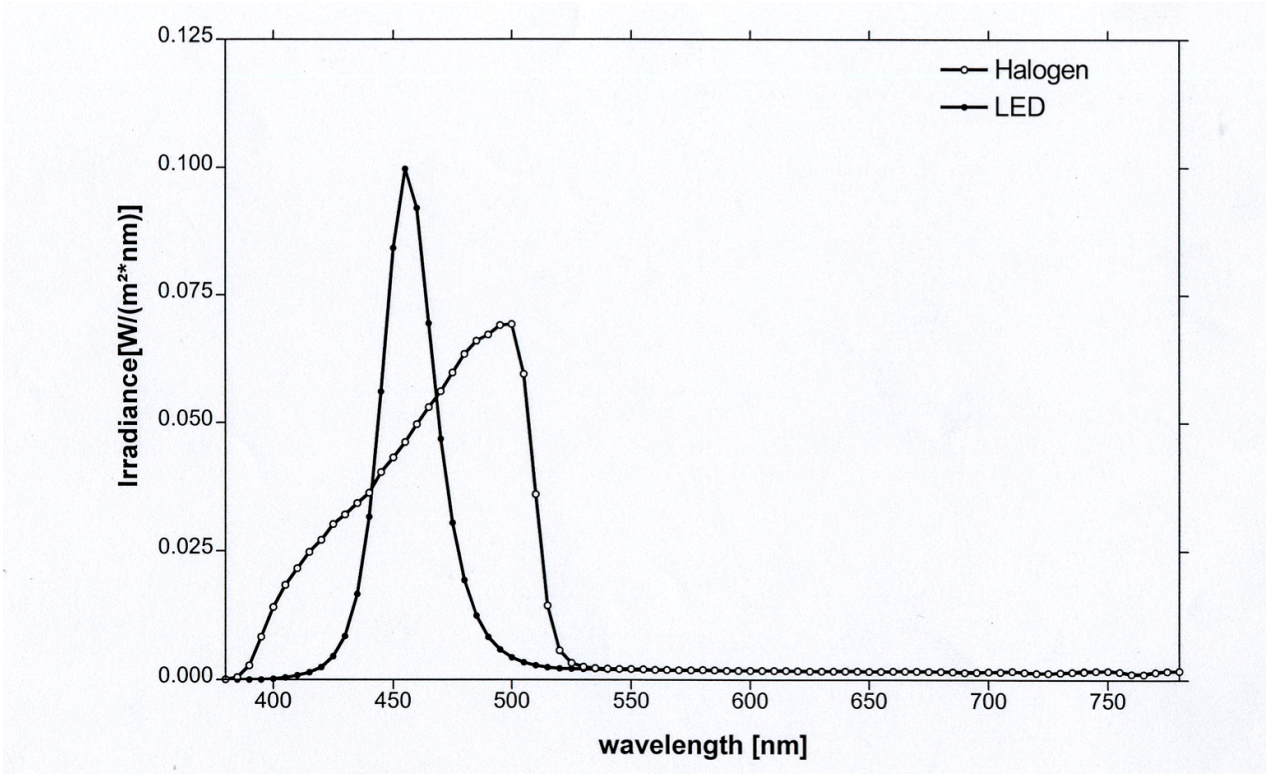


Figura 1. Spettro di emissione luminosa di una lampada led e di una alogena

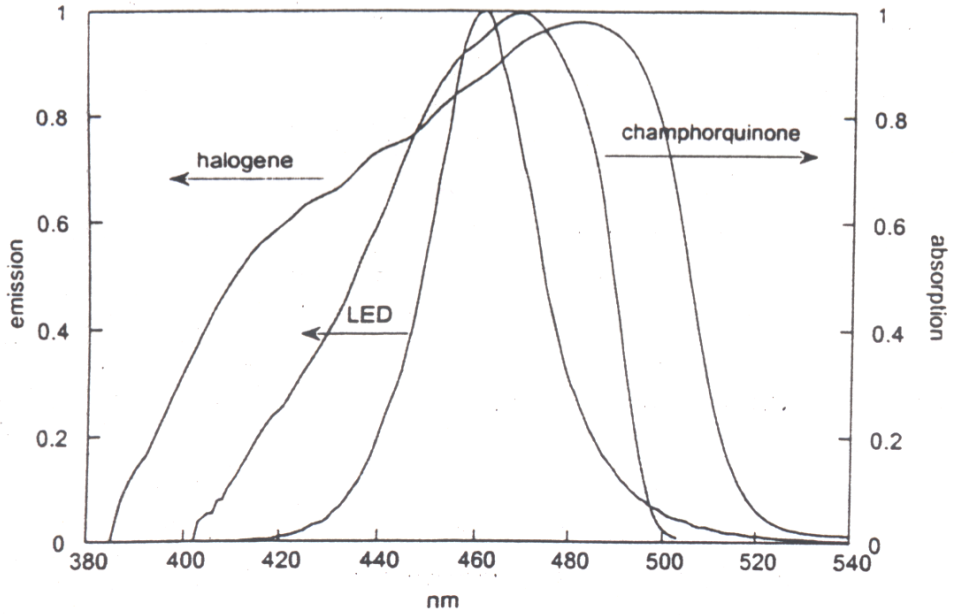
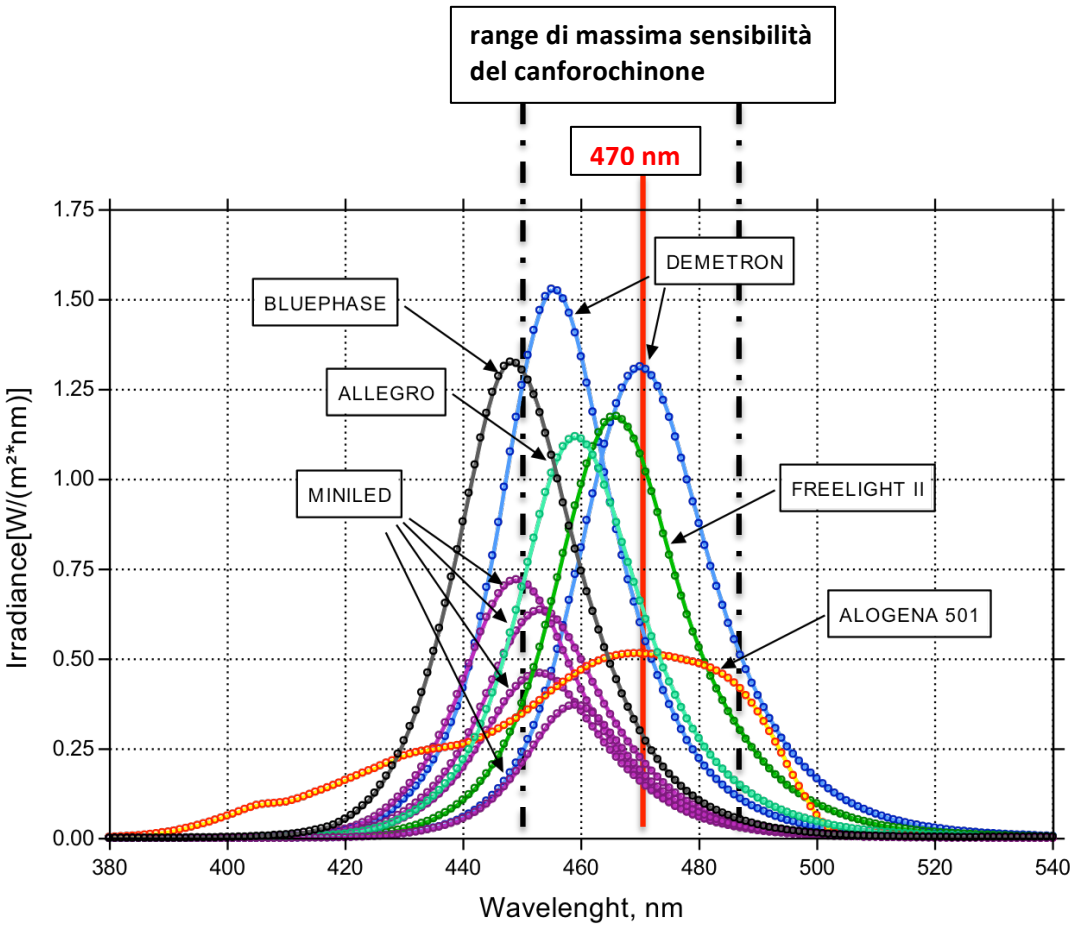


Figura 2. Confronto tra le curve di emissione luminosa di una lampada alogena, led e di assorbimento del canforochinone.



Figira 3. Curve spettrofotometriche a confronto. Lampade led monocromatiche Freelight II (3M-ESPE), Miniled (Satelec), Allegro (Den-Mat Corporation), Bluphase (Ivoclar-Vivadent), L.E. Demetron I (Demetron-Kerr) e lampada alogena Optilux 501 (Kerr- Demetron). Sull'asse delle ascisse sono espressi i valori di irradianza.

Le lampade led multi-wave, a differenza di comuni lampade led provviste di un unico led, sono dotate di più leds di diverso colore. Il loro spettro luminoso presenta una duplice curva di emissione e una maggiore ampiezza complessiva. In questa ricerca sono prese in considerazione due diverse lampade led multi-wave: la Bluphase C8 (Ivoclar-Vivadent) e la Valo (Ultradent). La Bluphase presenta 4 leds, 3 con lunghezza d'onda pari a circa 470 nm e 1 led con lunghezza d'onda di 410 nm. La Valo presenta quattro leds, due con lunghezza d'onda di 465 nm, uno con lunghezza d'onda di 445 nm e il quarto con lunghezza d'onda di 405 nm.
Con uno spettroradiometro (Specbos 1000, SN 298142, Jeti Technische Instrumente GmbH) sono state rilevate le curve di emissione luminosa delle due lampade led multi-wave e quella di una lampada alogena tradizionale, la Optilux 501 (Kerr-Demetron).
Nella figura 4 sono illustrate le rispettive curve spettrali normalizzate. Lo spettro delle due lampade led è pressochè sovrapponibile. La curva con maggiore irradianza è quella che si pone tra i 450 e i 490 nm; minore è l'intensità emessa tra i 380 e i 430 nm. Da un punto di vista qualitativo, tutte e tre le lampade messe a confronto presentano il medesimo range di emissione luminosa. La lampada alogena presenta uno spettro lievemente più esteso, tra i 490 e i 510 nm; tutte le curve di emissione, compresa quella della lampada alogena, partono dalla stessa lunghezza d'onda minore, pari a circa 380 nm. Per quanto una lampada alogena presenti una unica curva spettrale e mostri di coprire in modo omogeneo tutto lo spettro luminoso, dai 380 ai 510 nm, le due lampade led testate, comunque condividono lo stesso range di emissione di una lampada alogena, compreso tra i 380 e i 490 nm, pur suddiviso in due picchi di emissione, l'uno posto intorno ai 410 nm, l'altro a 460 nm.

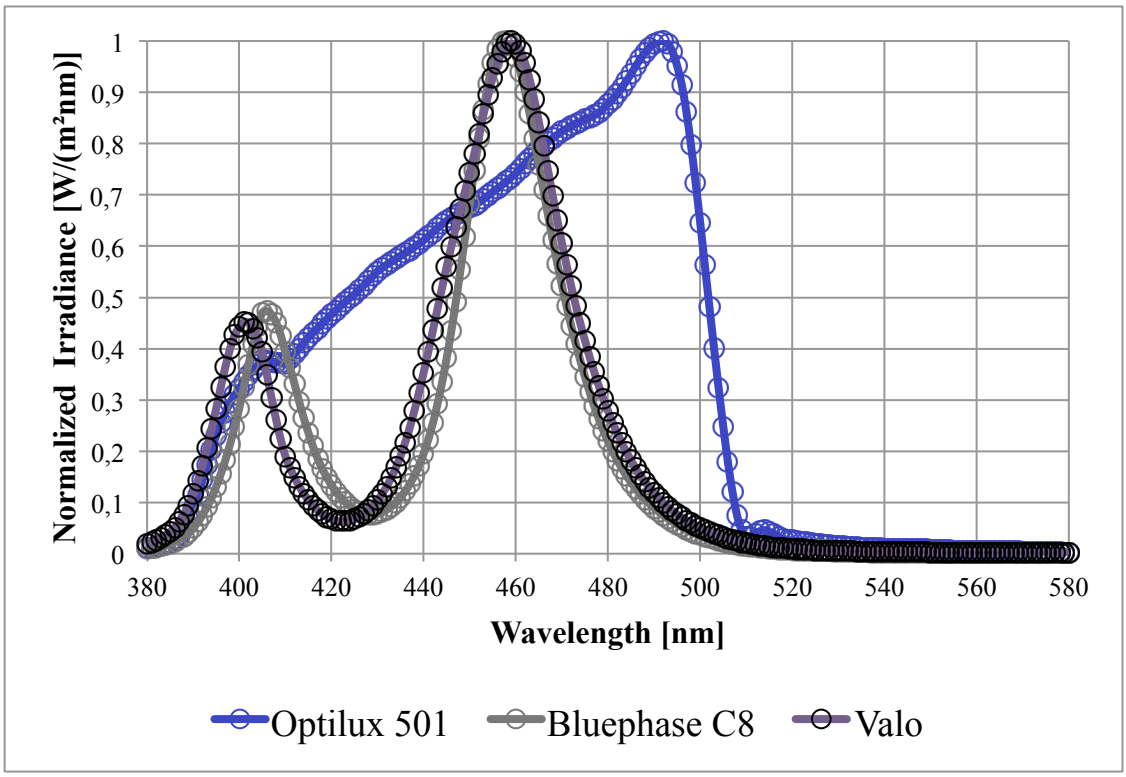


Figura 4. Curve spettrofotometriche normalizzate delle lampade led Bluphase C8, Valo e della lampaa alogena Optilux 501

Le lampade led comunemente in commercio presentano una irradianza significativamente maggiore di una lampada alogena. Nella figura 2 le curve spettrali riportate non sono normalizzate; possiamo vedere pertanto il reale rapporto di irradianza tra le diverse lampade.
Per quanto la curva di emissione luminosa di una lampada alogena sia continua, piuttosto che suddivisa qualitativamente in due diversi picchi, va tenuto in considerazione come l'irradianza di questi due singoli picchi sia maggiore di quella della singola curva spettrale osservata per la lampada alogena.
In questo caso, una curva più ristretta, ma di maggiore irradianza, si confronta con una curva più larga con una minore intensità.
All'interno dello spettro di assorbimento del canforochinone, tra i 450 e i 490 nm, l'efficacia di fotoattivazione è data dall'intensità luminosa, piuttosto che da variazioni di lunghezza d'onda, pur comprese nello stesso intervallo. Dobbiamo supporre che in questo stesso limite di esposizione luminosa una lampada led sia addirittura più efficace di una lampada alogena. In realtà, come si osserva dalla figura 2, non sempre una lampada led presenta una curva di emissione interamente compresa tra i 450 e i 490 nm.
Alla pagina "ricerca" del sito www.corsiericerca.com è pubblicato un lavoro dal titolo "Verifica di polimerizzazione del Gradia da laboratorio con lampada LED multi-wave" (Cattaruzza, Spizzo -2014). In questa ricerca si confronta il valore di modulo elastico ottenuto su campioni di composito Gradia da laboratorio, polimerizzato con lampada alogena Optilux 501 e led multi-wave Bluphase C8. I valori di polimerizzazione raggiunti dalla lampada led e, quindi, di modulo elastico, sono leggermente superiori a quelli ottenutI con una lampada alogena (Tab. I)
La maggior ristrettezza delle curve di emissione della lampada led non sembra essere influente sull'efficacia di fotoattivazione, rispetto ad una lampada alogena.

LAMPADE	**CAMPIONI**	**MOD.ELASTICO (GPa)**	**VALORI MEDI (Gpa)**
Bluphase C8	BPH1	4,9	5,0
	BPH2	5,1	
Optilux 501	OLX1	4,3	4,5
	OLX2	4,7	

Tab 1. Valori di modulo elastico conseguiti sul composito Gradia da laboratorio (GC) rispettivamente con lampada alogena Optilux 501 e Bluphase C8 (Cattaruzza-Spizzo, 2014).

In questi ultimi anni sono stati proposti catalizzatori diversi dal canforochinone, come il fenilpropanedione e la lucirina triptofano, che presentano uno spettro con un picco di assorbimento prossimo o inferiore ai 400 nm. Materiali fotopolimerizzabili contenenti questi catalizzatori non possono essere attivati con comuni lampade led monocromatiche, mentre sono polimerizzabili con lampade alogene ad ampio spettro. La sovrapponibilità delle curve di emissione luminosa osservate in questa ricerca, rispettivamente led multi-wave ed alogena, suggerisce che lampade led multi-wave siano altrettanto efficaci, nella fotoattivazione di catalizzatori diversi dal canforochinone, quanto lampade alogene tradizionali.

Fig 5. Lampada led Bluphase C8 (Ivoclar-Vivadent)

Fig 6. Lampada led Valo Ultradent)

Mentre la lampada Bluphase C8 presenta i leds in corrispondenza dell'inserzione del puntale, così che la luce emessa viene convogliata dal puntale in quarzo prima della sua emissione, la lampada Valo pone i suoi quattro leds direttamente sull' estremità stessa della lampada o puntale. Una lente convoglia la luce dei leds sull'oggetto foto-esposto. La distanza tra i leds e il punto di emissione della luce in uscita dalla lampada è significativemente diversa tra le due lampade qui prese in considerazione.

Fig 7. Puntale della lampada Valo. Si osservano attraverso la lente i 4 leds.

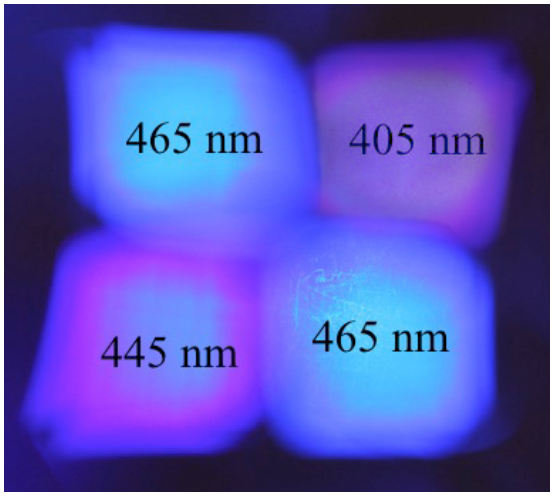


Fig 8. I quattro leds di diversa lunghezza d'onda della Valo.

Nell'immagine 7 possiamo osservare i quattro leds della lampada Valo posti subito dietro alla lente.
Le figure 9-12 mostrano come inclinando il puntale della lampada di 45° circa, i quattro leds presenti risultano visibili in realtà a due a due. Poiché in questa lampada i leds presentano diverse lunghezze d'onda (fig.8), anche la risultante cromatica della luce emessa potrà variare a seconda della prevalenza di un led sull'altro in funzione dell'inclinazione del puntale. Nella figura 13 sono riportate le diverse curve spettrofotometriche ottenute al variare dell'inclinazione del puntale. L'intensità della luce emessa in corrispondenza dello spettro di assorbimento del canforochinone (450-490 nm) o di lunghezze d'onda inferiori, prossime ai 400 nm, mostra sensibili variazioni che possono influire sulla capacità di fotoattivazione in funzione del catalizzatore utilizzato.

Fig 9

Fig 10

Fig 11

Fig 12

Fig 9-12. Inclinando il puntale della lampada Valo, la lente proietta l'immagine di due soli leds, alternativamente posizionati a sinistra, a destra, in basso e in alto.

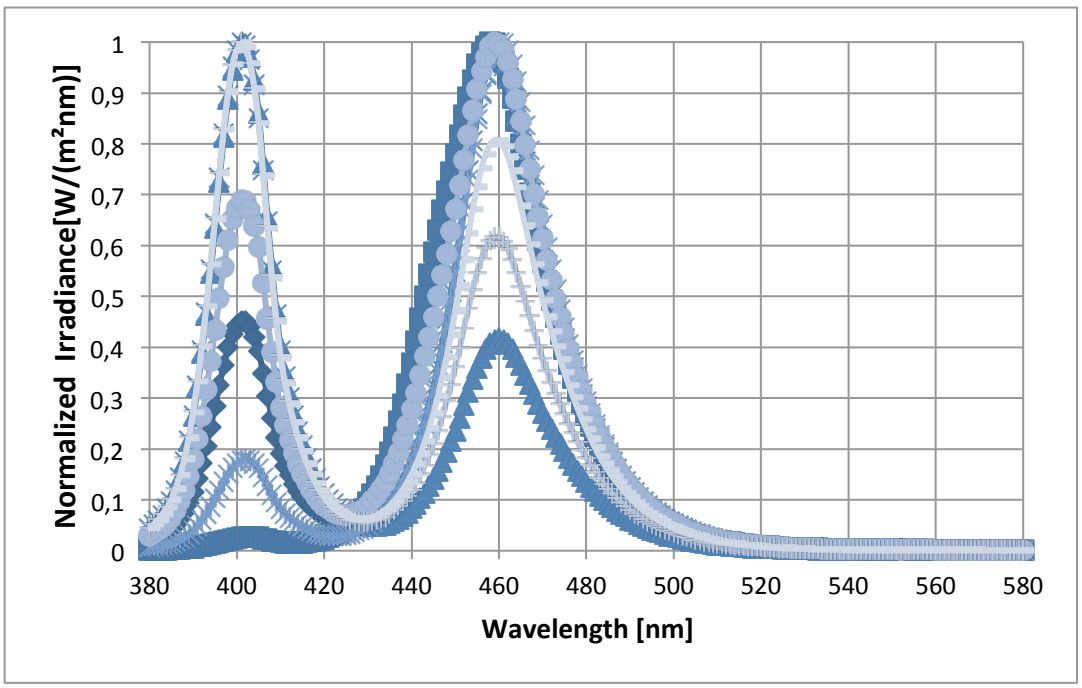


Fig 13. Sovrapposizione delle curve spettrali ottenute dalla lampada Valo inclinando il puntale di circa 45° rispettivamente a destra, a sinistra, in alto e in basso.

Conclusione

Lampade led multiwave mostrano caratteristiche di emissione luminosa qualitativamente molto simili a quelle di lampade alogene tradizionali.

L'impiego di lampade multiwave può essere considerato sovrapponibile a quello di lampade alogene.

La disposizione di più leds su uno stesso piano, pone la necessità che la luce venga correttamente convogliata all'estremità del puntale della lampada, così che con il variare dell'inclinazione del puntale stesso non prevalga una lunghezza d'onda sull'altra, ma si abbia una omogenea miscela di tutte le lunghezza d'onda utilizzate. Per questa ragione si ritiene che una lampada dotata di puntali di quarzo sia preferibile alla collocazione dei leds direttamente sull' estremità della lampada, a breve distanza dall'oggetto fotoesposto.