

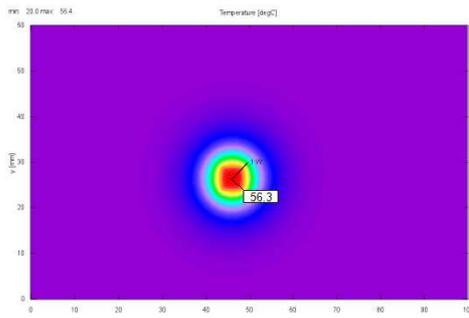
### TRM White Paper No. 4

#### FR4 – dein Freund und Helfer

Ja, es stimmt: FR4 ist, wie alle Kunststoffe, ein **schlechter Wärmeleiter**. Die Wärmeleitfähigkeit ist von der Größenordnung  $\lambda \approx 0.3 \text{ W/mK}$ , je nachdem, ob man die Faserrichtung des Glasgewebes für einen nicht-isotropen Anteil nutzt. Verglichen mit Keramik oder Metallen ist das natürlich klein. Sie ist aber nicht Null und immer noch 10 mal größer als die von Luft.

Wir behaupten: ohne FR4 ginge jede Elektronik dem Hitzetod entgegen, weil das in der Leiterplatte befindliche Kupfer sehr dünn ist und dann auch immer wieder unterbrochen ist. Wenn man aus einem Multilayer das FR4 ausspülen könnte, in die Luft hängen könnte, dann ist das übrigbleibende Kupfer-in-Luft Gebilde überfordert. **Eine FR4 Platte ist ein Wärmespreizer**. Der „Brennfleck“ einer Punktquelle wäre ca. 10 mm groß. Das ist nicht viel, aber größer als 0 und größer als manches Bauteil. Die Fläche des Brennflecks dient der Wärmeübertragung an die Umgebung.

Fig 1 zeigt TRM Simulationsergebnisse für eine 1-lagigen Platte mit einer 5 mm x 5 mm Wärmequelle zu 0.1 Watt in 20 °C Umgebung. In Fig 1a mit Standard FR4 ( $\lambda=0.3 \text{ W/mK}$ ) und in Fig 1b mit Sondermaterial ( $\lambda=0.6 \text{ W/mK}$ ).



**Fig 1a:** Heat source on *standard FR4*:  $\Delta T = +36 \text{ K}$ .

Eine *Verdoppelung* der Leitfähigkeit macht *keine* Halbierung der Übertemperatur, sondern nur  $\approx 1/\sqrt{2}$  (s. White Paper 7).

Wäre die Leiterplatte aus Luft, so hinge die Wärmequelle frei im Raum und wir müssen die Formel aus White Paper 1 ansetzen

$$T_{\text{Wärmequelle}} \approx T_{\text{Luft}} + \frac{P}{\alpha \cdot 2 \cdot L \cdot B}$$

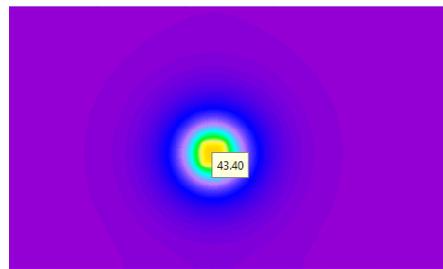
Wir erhalten für die Temperaturerhöhung  $\Delta T \approx 0.1 \text{ W} / (10 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 2 \cdot 0.005 \text{ m} \cdot 0.005 \text{ m}) = 200 \text{ K} !$

#### FR4 – a Jolly Good Fellow

Yes, that's true: FR4 is a **bad conductor** of heat, like all plastics are. The heat conductivity is of the order of  $k \approx 0.3 \text{ W/mK}$ , disregarding details of anisotropy caused by the woven glass fibres. Compared with ceramics or metals this is a low value, but it is not zero and even 10 times larger than the conductivity of air.

We claim: without FR4 any electronics will be killed by heat because the copper in a PCB is so filigree and thin. If it were possible to wash out the FR4 portion out of a multilayer PCB, the copper-in-air structure left would not be able to stay at moderate temperature. **A FR4 plate is an important heat spreader**. The hot spot size of a point-like source would be about 10 mm wide. This is not very much, but larger than 0 and bigger than many components. The area of the hotspot is used to transfer heat to the ambient air.

Fig. 1 shows TRM simulation results for a single layer board with a 5 mm x 5 mm heat source at 0.1 Watts and 20 degC ambient. Fig 1a a standard FR4 ( $k=0.3 \text{ W/mK}$ ) was used, whereas Fig. 1b has been calculated with an enhanced material  $k=0.6 \text{ W/mK}$ .



**Fig 1b:** Heat source on *thermally enhanced* material:  $\Delta T = +23 \text{ K}$ .

*Doubling* the conductivity does *not* result in a  $\Delta T$  reduction by 1/2, but only by about  $1/\sqrt{2}$  (see White Paper 7).

If we could remove FR4 the heat source would float in air and we can get an estimate for its temperature from the formula in White Paper 1

$$T_{\text{heatsource}} \approx T_{\text{ambient}} + \frac{P}{h \cdot 2 \cdot L \cdot w}$$

As a numerical result we obtain a temperature rise of  $\Delta T \approx 0.1 \text{ W} / (10 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 2 \cdot 0.005 \text{ m} \cdot 0.005 \text{ m}) \approx 200 \text{ K} !$