

電子デバイス冷却と熱電効果—自己冷却素子を中心にして

Cooling for Electric Device and Thermoelectric effect, Self—cooling device

中部大・超伝導¹, 横浜国大², 防衛大³ ○山口作太郎¹, 中津川博², 岡本庸一³

Chubu Univ.¹, Yokohama National Univ.², National Defense Univ.³ ○Satarou Yamaguchi¹, Hiroshi Nakatsugawa², Yoichi Okamoto³

yamax@isc.chubu.ac.jp

電子デバイスでは発熱による温度上昇が大きな問題になっていて、冷却に大きな関心が集まっている。この問題には2つの側面があり、一つはデバイス・シュミレーターを利用して素子内部の発熱分布や熱輸送を求めることがある。もう一つは、そのようにして出来上がった素子に放熱フィンなどを取り付けることによって最終的に素子外に熱を排出することである。この時、熱コンダクタンスを上げるように設計が行われる。この発表では、以上の課題に対して熱電効果がどのように働かかを議論し、自己冷却素子について提案と議論を行う。

Fig. 1 にはバイポーラ・デバイスとしてのダイオードの電流方向とペルチェ熱流束方向を示している。接合部はキャリア密度が低く電気抵抗率が大きいいため発熱が大きくなる。一方、ペルチェ熱流束は電流と温度及びゼーベック係数の積に比例し、P型部とN型部では反転し、共に接合部に向かって流れる。このため、電流が増大すると急激に接合部温度が上昇し、これによって素子の最大定格が決まる。しかしながら、山口等の調査では現在市販されているデバイス・シュミレーターでは熱伝導は含まれているが、ペルチェ熱流束による熱輸送は含まれていない。したがって、より精度の高いシュミレーターを開発するためには熱電効果を含ませる必要がある。この場合、デバイス内部ではキャリア密度の大きな勾配があるため、ゼーベック係数も一定ではなく、トムソン熱の考慮も必要になる。

Fig. 2 には山口等の提案による自己冷却素子としてのPower MOSFETの模式構造を示す。シリコン半導体部での発熱を素子外に排出するためにドレイン側にN型材料を貼り付けて、素子に流れる電流によって熱を排出することを想定する。もちろん、IGBTに応用できることは言うまでもない。この場合、シリコン部は常温より高温になるため、排出するための熱輸送は熱伝導とペルチェ熱流の2つになる。このため、材料としては熱伝導率が高く、ゼーベック係数が大きい材料がベターである。これは従来から開発が行われてきた熱電材料の場合とは異なる。このような材料としてはSiCがあるが、現時点では電気抵抗率を低くする必要がある。更に、シリコン部の熱を効果的に放熱フィンに渡すためにはドレイン側に取り付けるN型電極は大きくして、接触熱コンダクタンスを大きくすることが望ましい。更に放熱フィン構造も検討課題の一つになろう。今までの検討では材料の輸送係数によって具体的な素子構造を変える必要があることが分かってきた。

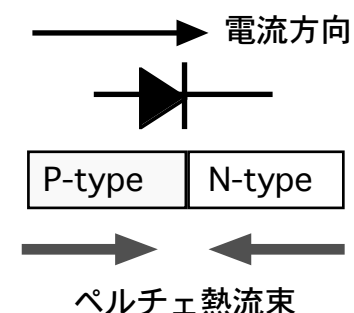


Fig. 1 ダイオードの電流とペルチェ熱流束

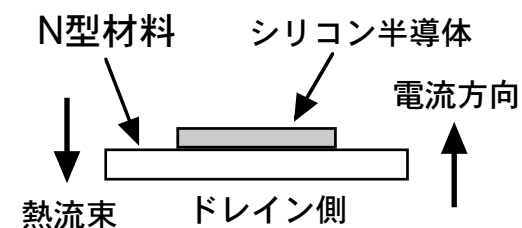


Fig. 2 自己冷却素子としてのMOSFET構成