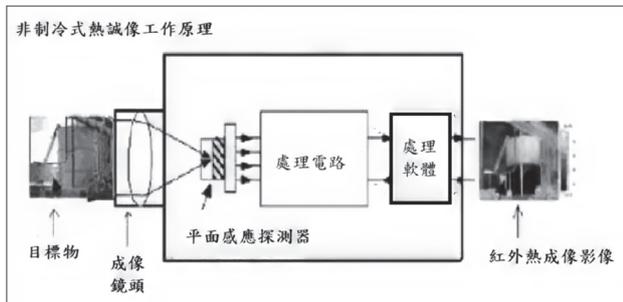


談非制冷式紅外熱像的分類技術與消防應用

張得福

前言

自然界所有溫度在絕對零度（ -273°C ）以上的物體都會發出紅外輻射，紅外影像感測器則將探測到的紅外輻射轉變為人眼可見的影像資訊。紅外熱成像技術涵蓋了紅外光學、材料科學、電子學、機械工程技術、積體電路技術、影像處理演算法等諸多技術，紅外成像裝置的核心為紅外焦平面探測器。



非製冷紅外技術概述

非製冷紅外技術原理

非製冷紅外探測器利用紅外輻射的熱效應，由紅外吸收材料將紅外輻射能轉換成熱能，引起敏感元件溫度上升。敏感元件的某個物理參數隨之發生變化，再通過所設計的某種轉換機制轉換為電信號或可見光信號，以實現對物體的探測。



非製冷紅外平面感應探測器分類

熱釋電型

紅外輻射使材料溫度改變，引起材料的自發極化強度變化，在垂直于自發極化方向的兩個晶面出現感應電荷。通過測量感應電荷量或電壓的大小來探測輻射的強弱。熱釋電紅外探測器與其他探測器不同，它只有在溫度升降的過程中才有信號輸出，所以利用熱釋電探測器時紅外輻射必須經過調製。

探測材料：硫酸三甘肅、鉍酸鋰、鉍鉍酸鉀、鈦（鐵電）酸鉛、鈦酸鋁鉛、鉍鉍酸鉛、鈦酸鋁

熱電堆

由逸出功不同的兩種導體材料所組成的閉合回路，當兩接觸點處的溫度不同時，由於溫度梯度使得材料內部的載流子向溫度低的一端移動，在溫度低的一端形成電荷積累，回路中就會產生熱電勢。（塞貝克效應Seebeck）

而這種結構稱之為熱電偶。一系列的熱電偶串聯稱為熱電堆。因而，可以通過測量熱電堆兩端的電壓變化，探測紅外輻射的強弱。



二極體型

利用半導體PN極具有良好的溫度特性。與其他類型的非制冷紅外探測器不同，這種紅外探測器的溫度探測單元為單晶體或多晶體PN極，與CMOS工藝完全相容，易於單片整合而成，非常適合大批量生產。

熱敏電阻型（微測輻射熱計）

利用熱敏電阻的阻值隨溫度變化來探測輻射的強弱。一般探測器採用懸臂梁結構，光敏元吸收紅外熱輻射，由讀出電路測量熱敏材料電阻變化而引起的電流變化，通過讀出電路對電信號採集分析並讀出。探測器一般採用真空封裝以保證絕熱性好。探測材料：氧化釩、非晶矽、鈦、鈦銀銅氧等。

熱電阻溫度係數（TRC），表示電阻當溫度改變1度時，電阻值的相對變化，當溫度每升高1°C時，導體電阻的增加值與原來電阻的比值。熱電阻溫度係數越大，探測器的靈敏度越高。

$$TCR = \frac{1}{R} \cdot \frac{dR}{dT}$$

微測輻射熱計探測器的回應速度比熱電堆高，製造比熱釋電探測器容易。微測輻射熱計要求敏感膜的熱電阻溫度係數TCR大，熱導小，熱容小，在8-14 μ m波段內紅外吸收好。氧化釩VO_x的TCR一般為2%~3%，特殊方法製備的單晶態VO₂和V₂O₅可達4%。VO_x具有電阻溫度係數大，雜訊小的特點，被廣泛用作非制冷式紅外焦平面感測器的熱敏材料。全球的非制冷紅外熱像儀市場中，使用VO_x非制冷紅外探測器的占80%以上。

氧化釩VO_x的製備方法：濺射法、溶膠-凝膠法、脈衝鐳射沉積法、蒸發法。

讀出電路IC技術

ROIC對微弱的紅外輻射信號產生的電信號進行提取、積分、放大、類比數位轉換。甚至完成片上非均勻性矯正、晶片上數位類比轉換功能。

ROIC是模混合電路系統類比部分：單元偏置電路、積分電路、採樣/保持電路等。

數位部分：中央時序控制、行列選控制、陣列選控制等。

低成本真空封裝技術

為了保證探測器光敏元在接收微弱的輻射後，其接收到熱能不會與其他介質發生熱交換，需要把探測器晶片封裝在真空中，並保證良好的氣密性。

封裝體的具體要求是：優異且可靠的密閉性；具有高透過率的紅外視窗；高成品率；低成本。

目前的封裝技術可分為晶片級、晶圓級、晶元級等，其中晶片級封裝技術按照封裝外殼的不同又可分為金屬管殼封裝和陶瓷管殼封裝。

金屬管殼封裝是最早開始採用的封裝技術，技術已非常成熟，由於採用了金屬管殼、TEC 和吸氣劑等成本較高的部件，導致金屬管殼封裝的成本一直居高不下，使其在低成本器件上的應用受到限制。



陶瓷管殼封裝是近年來逐漸普及的紅外探測器封裝技術，可顯著減小封裝後探測器的體積和重量，且從原材料成本和製造成本上都比傳統的金屬管殼封裝大為降低，適合大批量電子元器件的生產。



紅外熱成像探測器的技術指標

- X回應率RIRv
- X雜訊等效功率NEP
- X探測率D*
- X非均勻性UN
- X雜訊等效溫差NETD
- X最小可分辨溫差MRTD

非制冷紅外探測器應用

- X消防應用
- X駕駛員視覺輔助系統
- X邊海防、城市安防、港口監視系統
- X車載、艦載、機載光電艙
- X武器熱瞄具
- X醫療診斷
- X電力檢測
- X工業程序控制

應用案例簡介--防火減災，消防救援

穿透煙霧、克服雨霧能力強

當火災發生後，尤其是森林火災的情況下，

火焰產生的煙霧很大，往往遮蓋了真正的著火點，以及火災的蔓延趨勢。紅外熱成像儀有很強的穿透煙霧的能力，可有效地發現真正的著火點，以及火災的蔓延趨勢，因此，可用於指揮救火，儘量減少經濟、人員的損失。



現場救援

在濃煙霧的火災現場，利用紅外熱成像儀快速搜救被困人員和動物。





國家森林風景區監測

通過紅外熱成像儀對國家公園及為博物館文物、建築及整體環境的防火監測，包括對國家森林公園內遊客、工作人員抽煙或其他點火行為的監控。



非制冷探測器技術機遇與挑戰

高性能的非製冷紅外探測器的實現，關鍵在於探測器結構的設計以及讀出電路的設計。低成本的關鍵因素取決於探測器結構的加工方式，以及的減小

- ⊕ 陣列規模持續增加
- ⊕ 晶圓級封裝及低成本封裝工程化應用
- ⊕ 包含數位化、非均勻性矯正的片上處理系統的讀出電路設計

市場展望

商業和消費市場驅動非制冷熱成像儀的出貨量每年增長率超過 20%在經歷多年的市場低潮之後，受惠於軍事業務的企穩和工商業市場的發展，非制冷紅外熱成像儀市場重新進入增長階段，從2014到2022年，特別是疫情擴散的這三年，呈現出貨量成倍數增長。此外也由於主要感測器廠家 FLIR 公司發展出市場低成本的紅外熱成像探測器，其不僅在商業市場，更在醫療工業與消防安全

上遠遠超過了過去十年的平均增長率。由於安全的需求；未來五年，非制冷熱成像儀在三大應用市場將會更出現翻倍的量增長：這三大應用分別是：

熱成像檢測（Thermography）

該市場由超低端相機驅動，其價格非常誘人，在 1000 美元以下，因此可以擴大熱成像技術的應用領域。

汽車（Automotive）

歐盟新車安全評鑒協會（Euro NCAP）發佈的歐洲新車碰撞測試會促進該市場增長。預估歐洲汽車領導廠商將在中端車型中引入第紅外夜視系統。另外，自動駕駛技術也是一線品牌汽車廠商增加紅外熱像儀的重要驅動力，但是也面臨著其它競爭技術，如可見環景攝影機、光達雷達、超聲波探測器等。

監控（Surveillance）

最後一個也是最受益於紅外熱成像感測器成本價格下降的應用，那就是消防與安全監視的應用，該市場將繼續增長，主要面向智慧大樓，用於消防監控和低能耗建築設計。技術創新仍在繼續降低製造成本，在紅外成像領域，技術創新是導致價格顯著下降的關鍵因素。過去幾年中，關鍵的廠商都在熱成像核心技術方面進行創新，並取得了驕人的應用成績。

圖片引用：來自FLIR公司網頁