



PCX Thermoelectric Coolers enable
faster point of care diagnostic testing



Moderne Thermoelektrik für Point of Care Tests (POCT)

Laird Thermal Systems Anwendungsbericht

Inhalt

Einleitung.....	3
Point of Care	3
Herausforderungen bei der Anwendung	4
Thermoelektrische Kühler der PowerCycling PCX-Serie	5
Längliche thermoelektrische Kühler der PowerCycling PCX-Serie	6
Schlussfolgerung	7
Über Laird Thermal Systems	8
Laird Thermal Systems kontaktieren	8

Einleitung

Point-of-Care-Tests (POCT) sollen die medizinische Versorgung bequem und direkt zum Patienten bringen. Hochentwickelte medizinische und labortechnische Testgeräte ermöglichen es heute, genaue diagnostische Testergebnisse innerhalb einer Stunde statt erst nach Tagen zu erhalten. POCT trägt der Tatsache Rechnung, dass Ärzte und Patienten schnelle Testergebnisse benötigen, um nicht nur die



Patientenversorgung, sondern auch die öffentliche Gesundheit zu verbessern. Die weltweite COVID-19-Pandemie hat vor kurzem gezeigt, dass Schnelltests unerlässlich sind, um die Ausbreitung eines Virus wirksam zu kontrollieren. Der Einsatz tragbarer automatischer Analysegeräte, wie z. B. Thermocycler für die Polymerase-Kettenreaktion (PCR), rationalisiert den Diagnoseprozess und stellt sicher, dass Patienten im Bedarfsfall schnell und effizient behandelt werden können. Durch die Miniaturisierung dieser tragbaren Analysegeräte gewinnt das Wärmemanagement zunehmend an Bedeutung. Um die langfristige Leistungsfähigkeit tragbarer medizinischer Geräte und die Genauigkeit der Testergebnisse zu gewährleisten, ist eine präzise Temperaturstabilisierung von entscheidender Bedeutung. Thermoelektrische Kühler bieten im Vergleich zu anderen thermischen Technologien ein kompakteres, kostengünstigeres und zuverlässigeres Mittel zur Temperaturregelung.

Point of Care

POCT-Tests werden in der Regel durch den Einsatz von tragbaren Handgeräten oder kleinen Benchtop-Analysegeräten durchgeführt. Nachdem eine Probe von einem Patienten entnommen wurde, kann der Test vor Ort durchgeführt werden, und die Ergebnisse werden dem Patienten kurz nach der Untersuchung mitgeteilt.



Point-of-Care-Tests werden durch tragbare Handgeräte oder kleine Tischgeräte ermöglicht.

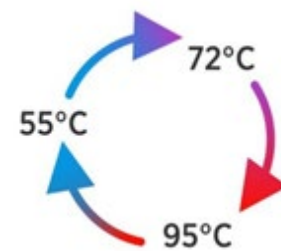
Es gibt verschiedene Arten von POCT, die der medizinischen Fachwelt heute zur Verfügung stehen. Die Photometrie ist die gebräuchlichste Methode zur Bestimmung der Menge eines bestimmten Analyten in einer Probe. Die ionenselektive Elektrode (ISE) ist eine weitere gängige Analyseverfahren, mit der speziell Ionenkonzentrationen gemessen werden. Automatisierte Zellzähler analysieren das Blut und quantifizieren, klassifizieren und beschreiben Zellpopulationen mit Hilfe elektrischer und optischer Verfahren. Ein Hämatologie-Analysegerät dient dazu, Blutzellen mit hoher Geschwindigkeit und Genauigkeit zu zählen und zu identifizieren. Automatisierte Gerinnungsgeräte (Koagulometer) messen die Gerinnungsfähigkeit des Blutes, indem sie verschiedene Arten von Tests durchführen. Thermocycler werden für Echtzeit-PCR-Tests verwendet. Häufig ist es wünschenswert, mehrere Analyten in derselben Probe gleichzeitig zu testen, um eine schnelle, kostengünstige und zuverlässige Quantifizierung zu ermöglichen. Multiplexe Point-of-Care-Tests (xPOCT) haben daher in der medizinischen Diagnostik an Bedeutung gewonnen.

Herausforderungen bei der Anwendung

Die Häufigkeit der Tests und die Größe der Stichprobe bestimmen, welches Wärmemanagementsystem für die Kühlung medizinischer POC-Diagnosegeräte erforderlich ist. Dabei können der Umgebungsluftstrom, Kühlkörper, Lüfter, thermische Materialien und thermoelektrische Kühler verwendet werden. Einige POCT-Geräte verwenden temperaturempfindliche Optoelektronik, die ein präzises Wärmemanagement erfordert.

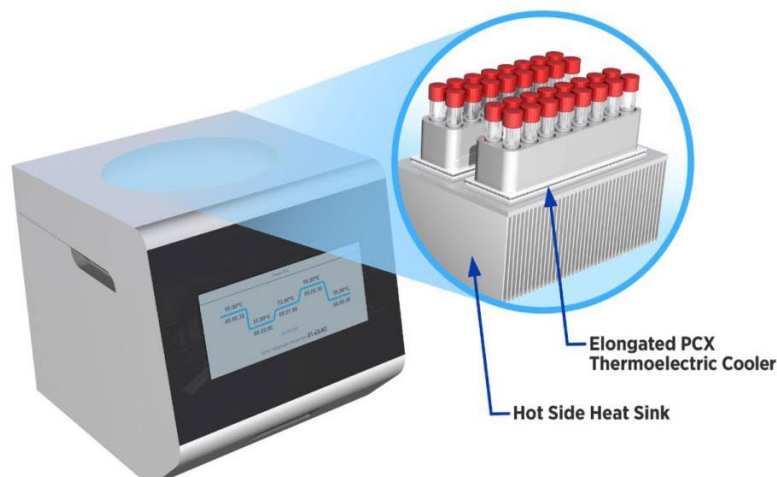
Eine präzise Temperaturregelung erhöht die Lebensdauer der temperaturempfindlichen Elektronik und gewährleistet genaue Testergebnisse. Beispielsweise zählt ein fünfteiliges Hämatologie-Analysegerät Zellen mit Hilfe eines Lasers. Der Laser und andere optische Komponenten sind temperaturempfindlich und erzeugen während des Betriebs Wärme. Damit diese Komponenten ihre Spitzenleistung beibehalten, müssen sie innerhalb eines bestimmten Temperaturbereichs gehalten werden, um gleichbleibende Testergebnisse zu gewährleisten.

POCT-Anwendungen wie Echtzeit-PCR-Tests erfordern eine ausgefeiltere und präzisere Temperaturstabilisierung. Moderne Thermocycler, die für Echtzeit-PCR-Tests verwendet werden, benötigen bis zu 40 thermische Zyklen, um Millionen von DNA-Sequenzen für die Analyse zu erzeugen. Dem Zyklieren geht häufig ein einziger Temperaturschritt bei hoher Temperatur (95 °C) voraus, bei dem die DNA aufgetrennt wird, gefolgt von einer Abkühlung auf eine Schmelztemperatur zwischen 50 und 65 °C, bei der die Biomarker an die DNA gebunden werden. In der dritten Stufe wird die Temperatur auf 72 °C erhöht, damit eine Kopie der DNA sequenziert werden kann. Die Solltemperaturen und die Dauer der einzelnen Phasen hängen von einer Reihe von Parametern ab, die wiederum davon abhängen, wie gut die Biomarker an der DNA haften.



Die PCR-Analyse erfordert bis zu 40 thermische Zyklen mit je drei Temperaturstufen.

Die Bestimmung der optimalen Schmelztemperatur kann einen Probelauf erfordern. Nachdem die Schmelztemperatur ermittelt wurde, muss die Temperatur während des Aufheizens und Abkühlens der jeweiligen Solltemperatur genau kontrolliert werden. In Thermozyklern werden thermoelektrische Kühler eingesetzt, um schnellere Anstiegs- und Abstiegsraten bei minimalem Temperaturgradienten zu erzielen. Thermoelektrische Standardkühler sind jedoch für herkömmliche Kühlanwendungen ausgelegt und können den mechanischen Belastungen nicht standhalten, die durch schnelle thermische Wechsel zwischen mehreren Temperatursollwerten verursacht werden. Da sich das Modul durch wiederholte Heiz- und Kühlzyklen zusammenzieht und ausdehnt, kann es schnell verschleißen, was sich auf die langfristige Leistung und die Betriebslebensdauer eines herkömmlichen thermoelektrischen Kühlers auswirkt.



Längliche thermoelektrische PCX-Kühler der PCX ermöglichen eine hochgenaue Temperaturregelung für moderne Point-of-Care-Testgeräte

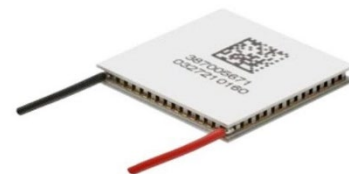
Neben einer präzisen Temperaturregelung müssen tragbare POCT-Geräte die SWaP-Anforderungen (Größe, Gewicht und Leistung) erfüllen. Die Hersteller von medizinischen Instrumenten und Diagnosegeräten sind dazu angehalten, die Größe von POCT-Geräten zu reduzieren, um die Tragbarkeit zu verbessern und Platz im Labor oder Büro zu schaffen. Die Miniaturisierung der Geräte hat dazu geführt, dass die Entwickler immer mehr Funktionen auf kleinerem Raum unterbringen müssen, was zu einer höheren Wärmedichte führt. Diese unerwünschte Wärme muss effizient an die Umgebung abgeleitet werden, um die Anforderungen an eine höhere Leistung bei gleichzeitiger Reduzierung des Stromverbrauchs und der Geräuschentwicklung zu erfüllen – und das zudem bei einem kompakten Formfaktor.

Im Gegensatz zu den herkömmlichen Labor-Thermozyklern, die für Batch-PCR-Tests verwendet werden, sind die neuesten Benchtop-Thermozykler, die PCR-Tests am Point-of-Care ermöglichen, mit Kartuschen für die Analyse einzelner Proben ausgestattet. Die hochentwickelte Kartusche enthält die erforderlichen Reagenzien. Nach dem Einsetzen in den Thermocycler wird die Kartusche im Inneren bewegt (geschüttelt), um Reagenz und Probe zu mischen, bevor der Temperaturzyklus beginnt. Die Komponenten der Kartusche müssen mechanischen Belastungen durch Erschütterungen und Vibrationen standhalten können.

Da der Platz stets beschränkt ist, spielen der Einbauort und die Einbaulage bei der Wahl der Wärmemanagementlösung oft eine wichtige Rolle. Im Gegensatz zu kompressorbasierten Systemen können thermoelektrische Kühler in beliebiger Ausrichtung montiert werden. Auch die Einbaulage spielt eine Rolle bei der Führung des Luftstroms. Die Zu- und Abluftwege müssen berücksichtigt werden, um die Kühl- und/oder Heizleistung zu maximieren.

Thermoelektrische Kühler der PowerCycling PCX-Serie

Thermoelektrische Standardkomponenten werden üblicherweise zur Kühlung optischer Komponenten und Systeme in einem fünfteiligen Hämatologie-Analysegerät verwendet. Allerdings können herkömmliche thermoelektrische Elemente die 20 bis 40 wiederholten Temperaturzyklen nicht bewältigen, die in einem Thermocycler für PCR-Tests erforderlich sind. Thermocycler für PCR-Tests nutzen eine neuartige thermoelektrische Technologie zur präzisen Steuerung der Solltemperaturen und Anstiegsraten.



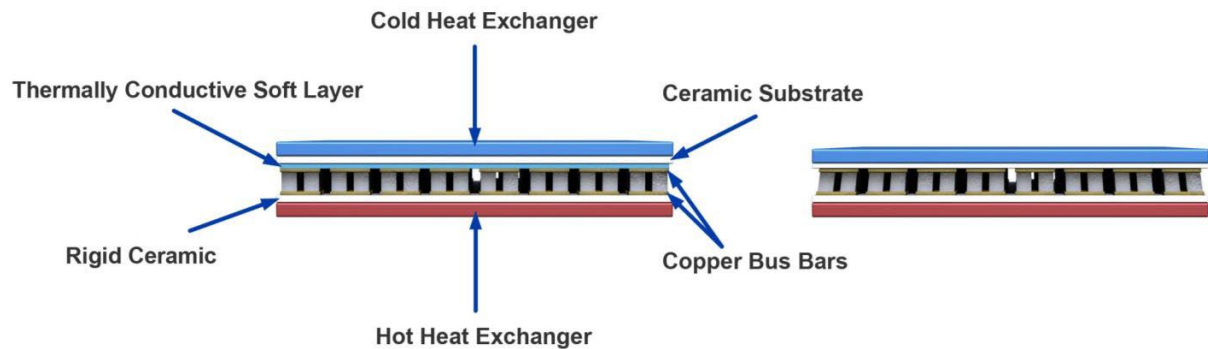
Die thermoelektrischen Kühler der PCX-Serie überstehen Hunderttausende von thermischen Zyklen ohne Leistungseinbußen.

Die PowerCycling PCX-Serie von Laird Thermal Systems wurde für anspruchsvolle Anwendungen entwickelt, darunter solche, bei denen Hunderttausende von Wärmezyklen mit minimaler Verschlechterung erforderlich sind. Die hochzuverlässigen thermoelektrischen Kühler der PowerCycling PCX-Serie verlängern die mittlere Ausfallzeit (MTBF) von PCR-Testgeräten und senken so die Gesamtbetriebskosten, indem sie Ausfallzeiten und Wartungsaufwand reduzieren. Dank der schnelleren Temperaturanstiegsraten bieten die thermoelektrischen PCX-Kühler einen höheren Durchsatz und schnellere Testergebnisse.

Die thermoelektrischen Kühler der PCX-Serie bieten eine präzise, gleichmäßige Temperaturstabilität mit einer Genauigkeit von $\pm 0,5$ °C. Um diese präzise thermische Kontrolle bei Point-of-Care-PCR-Anwendungen zu erreichen, wird eine Reihe von thermoelektrischen PowerCycling PCX-Kühlern unter der Probenkartusche installiert.

Die PowerCycling PCX-Serie zeichnet sich durch eine einzigartige Konstruktion aus, bei der thermoelektrische Materialien der nächsten Generation verwendet werden, um thermische Belastungen zu reduzieren. Zwischen dem kalten Keramiksubstrat und den Kupferschienen wird eine flexible und wärmeleitende „weiche Schicht“ eingefügt. Diese Technologie fängt die durch Temperaturschwankungen verursachten mechanischen Spannungen auf und verlängert die Gesamtlebensdauer des thermoelektrischen Kühlers.

Die thermoelektrischen Kühler der PCX-Serie (links) verfügen über eine leitfähige weiche



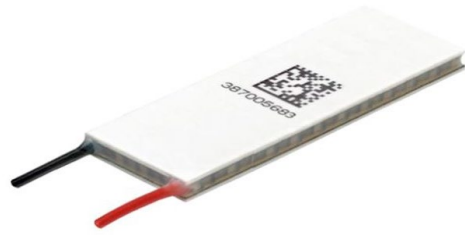
Schicht zwischen dem kaltseitigen Keramiksubstrat und den Kupferschienen, die die mechanische Belastung im Vergleich zu herkömmlichen thermoelektrischen Kühlern (rechts) reduziert.

Die PCX-Serie bietet hohe Wärmepumpleistungen von 13 bis 215 W bei einer geometrischen Grundfläche von nur 15 x 15 mm, um eine Temperatur-Zonierung für verschiedene Tablettgrößen und eine unterschiedliche Anzahl von Vertiefungen zu ermöglichen.

Das thermoelektrische Modul wurde unter Verwendung verbesserter Prozesskontrollen gefertigt, um bei Temperaturen von bis zu 120 °C arbeiten zu können, was die Anforderungen von PCR-Anwendungen übertrifft. Die thermoelektrischen Kühler der PowerCycling PCX-Serie wurden mit Hilfe von Temperaturwechsel-Zuverlässigkeitstests validiert, die auf den Daten von führenden OEMs im PCR-Bereich basieren, wobei die thermoelektrischen Kühler nur minimal beeinträchtigt wurden. Die thermoelektrischen Kühler der PCX-Serie eignen sich hervorragend für Anwendungen mit starken Vibrationen und mechanischen Stößen, wie sie bei Point-of-Care PCR-Tests auftreten.

Längliche thermoelektrische Kühler der PowerCycling PCX-Serie

Um mehr Flexibilität bei der Konstruktion von PCR-Kartuschen zu ermöglichen, hat Laird Thermal Systems eine von länglichen thermoelektrischen PCX-Kühlern entwickelt. Die schmalere Bauform mit 16 Vertiefungen (2 x 8-Tablett) ist für POCT-Anwendungen üblich, da sie es den Technikern erleichtert, Tests mit kleineren Probenmengen durchzuführen.



Längliche thermoelektrische Kühler ermöglichen engere Temperaturzonen

Längliche PCX-Teile können aufgrund des Wölbungseffekts, der eine Verformung der keramischen Substrate bei hohen Temperaturen verursacht, die größte Herausforderung bei der Herstellung darstellen. Durch verbesserte proprietäre Prozesse und fortschrittliche Halbleitermaterialien bietet unsere längliche PCX-Serie eine robuste Modulkonstruktion mit hoher Zuverlässigkeit, die den Wölbungseffekt eliminiert.

Schlussfolgerung

Point-of-Care-Tests ermöglichen es dem medizinischen Personal, den Patienten diagnostische Ergebnisse in Echtzeit innerhalb einer Stunde statt innerhalb von Tagen zu liefern. Dies verbessert nicht nur die Patientenversorgung, sondern auch die Arbeitsabläufe für das medizinische Personal. Die Entwicklung anspruchsvollerer POCT-Tests umfasst tragbare Mehrzweck-Testgeräte zur Vereinfachung medizinischer Tests. Die Miniaturisierung dieser Systeme führt zu höheren Wärmeanforderungen in kleineren Gehäusen, die temperaturempfindliche elektronische Komponenten enthalten.

Laird Thermal Systems hat die leistungsstarken thermoelektrischen Kühler der PowerCycling PCX-Serie mit höherer Kühlleistung und größerer Temperaturdifferenz entwickelt. Durch verbesserte Prozesskontrollen kann dieser thermoelektrische Kühler eine langfristige Zuverlässigkeit gewährleisten. Die PCX-Serie ist in verschiedenen geometrischen Abmessungen und Kühlkapazitäten erhältlich und zeichnet sich durch eine proprietäre Konstruktion aus, die auch rauen Temperaturwechselbedingungen standhält und ideal für POCT-Anwendungen der nächsten Generation geeignet ist.

Weitere Informationen über die PowerCycling PCX-Serie oder das Testprotokoll finden Sie unter lairdthermal.com.

Besuchen Sie die Seite [Thermal Wizard PCR Calculator](#), um den optimalen thermoelektrischen Kühler für Ihre POCT-Anwendung zu finden.

Über Laird Thermal Systems

Laird Thermal Systems entwickelt Wärmemanagementlösungen für anspruchsvolle Anwendungen in den Bereichen Medizin, Industrie, Transport und Telekommunikation. Wir produzieren eine der vielfältigsten Produktpaletten der Branche die von aktiven thermoelektrischen Kühlern und Baugruppen bis hin zu Temperaturreglern und Flüssigkeitskühlsystemen reicht. Unsere Ingenieure und Techniker setzen fortschrittliche thermische Modellierungs- und Managementtechniken ein, um komplexe Wärme- und Temperatursteuerungsprobleme zu lösen. Wir bieten ein breites Spektrum an Design Prototyping- und in-House-Testmöglichkeiten an und arbeiten während des gesamten Produktentwicklungszyklus eng mit unseren Kunden zusammen, um Risiken zu reduzieren und die Markteinführung zu beschleunigen. Unsere weltweiten Fertigungs- und Supportressourcen unterstützen unsere Kunden bei der Maximierung von Produktivität, Betriebszeit, Leistung und Produktqualität. Laird Thermal Systems ist die optimale Wahl für Standard- oder kundenspezifische thermische Lösungen. Erfahren Sie mehr unter www.lairdthermal.com.

Laird Thermal Systems kontaktieren

Sie haben eine Frage oder benötigen weitere Informationen über Laird Thermal Systems? Bitte kontaktieren Sie uns über unsere Website www.lairdthermal.com.

Moderne Thermoelektrik für Echtzeit-PCR – Anwendungsbericht 020422

Marken

© Copyright 2024 Laird Thermal Systems, Inc. Alle Rechte vorbehalten. Laird™, das Laird Ring Logo und Laird Thermal Systems™ sind Marken oder eingetragene Marken von Laird Limited oder seinen Tochtergesellschaften.