

ÖZET
KRİYOJENİK SÜPERİLETKEN DEVRE PAKETLERİ İÇİN BİR TEST
SİSTEMİ

- 5 Bu buluş, hızlı veri işleme ve düşük güç harcama özelliklerine sahip olan kriyojenik süperiletken devre paketlerinin (200) çalışma performansını arttıran ve bu devre paketlerinin (200) uygun çalışma koşullarında test edilmesini sağlayan bir test sistemi (100) ile ilgilidir. Buluş konusu test sistemi (100), süperiletken devre paketlerini (200) uygun çalışma koşullarında test etmek için, gerekli soğutma ve
- 10 termal iletkenlik koşullarını sağlamakta ve süperiletken devre paketlerini (200) titreşimden korumaktadır.

İSTEMLER

1. Kriyojenik süperiletkenler için uygun çalışma koşulları sağlayan ve söz konusu çalışma koşullarında süperiletkenlerin fonksiyonel testlerini yerine getiren;
 - 5 - uygun koşullarda çalışabilmek için 4K sıcaklık ve titreşimsiz bir ortama ihtiyaç duyan;
 - o üzerinde birden fazla sayıda veri iletim yolları (211) yer alan en az bir baskı devreye (210),
 - o baskı devre (210) üzerine yerleştirilen ve süperiletken yapıda olan
10 en az bir entegre devreye (220),
 - o entegre devrenin (220) bacağı ile baskı devrenin (210) veri iletim yolu (211) arasına yerleştirilen ve entegre devreden (220) baskı devreye (210) veri iletilmesini sağlayan birden fazla sayıdaki bağlantı teline (230) sahip olan
15 en az bir süperiletken devre paketi (200),
 - süperiletken devre paketine (200) en az bir tutucu vasıtasıyla bağlanan ve entegre devredeki (220) devre elemanlarının çalışmasını kontrol eden en az bir ölçüm birimi (300),
 - devre paketi (200) içerisindeki devre elemanlarının birbirleriyle ve devre
20 paketi (200) ile devre paketinin (200) bağlı bulunduğu herhangi bir cihaz arasında veri iletişimini sağlayan birden fazla sayıdaki bağlantı kablosu (400) içeren ve
 - entegre devre (220) ve bağlantı teli (230) üzerine yerleştirilen, termal iletkenliği yüksek yapısı sayesinde entegre devrenin (220) üst kısmında ve
25 bağlantı telinde (230) oluşan ısıyı dağıtan, söz konusu ısının baskı devrenin (210) alt bölümüne iletilmesini ve bu sayede süperiletken entegre devrenin (220) çalışma koşulu olan 4K sıcaklığında çalışmasını sağlayan, 4K sıcaklığında çatlamayan ve entegre devre (220) ve bağlantı tellerine (230) zarar vermeyen yapıda olan en az bir termal malzeme (500),
 - 30 - entegre devre (220) üzerinde yer alan ve entegre devrenin (220) o anki sıcaklığını algılayan en az bir birincil sıcaklık sensörü (600),

- 5 - birincil sıcaklık sensöründen (600) aldığı veriler doğrultusunda entegre devrenin (220) çalışma koşullarının üzerinde bir sıcaklığa sahip olup olmadığını kontrol eden ve entegre devrenin (220) çalışma koşullarının üzerinde bir sıcaklık oluşursa bu sıcaklığın bilgisini ölçüm birimine (300) ileten en az bir sıcaklık kontrol birimi (700) ile **karakterize edilen** bir test sistemi (100).
- 10 2. Termal iletkenliği yüksek, soğutucu özellikte olan en az bir alt tabaka (212), alt tabakanın (212) üzerine yerleştirilen ve üzerinde veri iletim yolları (211) ve kontak noktaları yer alan en az bir üst tabakaya (213) sahip baskı devre (210) **ile karakterize edilen** İstem 1'deki gibi bir test sistemi (100).
- 15 3. Bakır malzemeden imal edilmiş olan alt tabaka (212) **ile karakterize edilen** İstem 2'deki gibi bir test sistemi (100).
- 20 4. Üst tabakanın (213) alt tabakaya (212) tutturulmasını sağlayan en az bir bağlantı aparatı (214) **ile karakterize edilen** İstem 2 veya İstem 3'teki gibi bir test sistemi (100).
- 25 5. Termal iletkenliği yüksek, soğutucu özellikte olan en az bir alt tabaka (212), alt tabakanın (212) üzerine yerleştirilen en az bir ince yalıtkan malzeme, yalıtkan malzeme üzerine yerleştirilen, veri iletim yolları (211) ve kontak noktalarından oluşan baskı devre (210) **ile karakterize edilen** İstem 1'deki gibi bir test sistemi (100).
- 30 6. Termal iletkenliği yüksek bir levhadan (Örneğin Alüminyum, Bakır, seramik) oluşan alt tabaka (212) **ile karakterize edilen** İstem 5'teki gibi bir test sistemi (100).
7. Titreşimi azaltmak ve entegre devre (220) üzerinde manyetik alan indüklenmesini engellemek amacıyla birinci ve ikinci katmandan oluşan,

kapalı devre tipi soğutucu olan alt tabaka (212) **ile karakterize edilen** İstem 2 ila İstem 6'dan herhangi birindeki gibi bir test sistemi (100).

- 5
8. Titreşimi daha da azaltmak için 4.2 Kelvin katmanı (birinci katman) ile soğuk başlığı (ikinci katman) mekanik olarak ayıran, titreşimi azaltırken üst katmandaki gücü de düşüren orta katmana sahip alt tabaka (212) **ile karakterize edilen** İstem 7'deki gibi bir test sistemi (100).
- 10
9. Metal malzemeden (Örneğin Alüminyum veya Altın) imal edilmiş olan bağlantı teli (230) **ile karakterize edilen** İstem 1'deki gibi bir test sistemi (100).
- 15
10. Kutuplama akım hatları için, alt tabakanın (212) birinci ve orta katmanı arasında iyi bir termal iletimin sürdürülmesiyle 4K aşamasında önemli bir termal yük oluşmamasını sağlayan Fosfor-Bronz tellere sahip olan bağlantı kablosu (400) **ile karakterize edilen** İstem 1'deki gibi bir test sistemi (100).
- 20
11. RF frekansındaki testler sırasında hem empedans uyumu hem de sinyal kalitesinin bozulmaması için iyi bir RF kalkanlamaya sahip sinyal hatlarına sahip olan iki-kalkanlı ortak eksenli bağlantı kablosu (400) **ile karakterize edilen** İstem 1'deki gibi bir test sistemi (100).
- 25
12. Alt tabakanın (212) birinci katmanından ikinci katmanına doğru kılıflı düz şerit hatlara sahip olan bağlantı kablosu (400) **ile karakterize edilen** İstem 1'deki gibi bir test sistemi (100).
- 30
13. Alt tabakanın (212) ikinci katmanından entegre devrenin (220) tutucusuna yapılan bağlantılar için kullanılan ve sert bakır kılıfa sahip olan bağlantı kablosu (400) **ile karakterize edilen** İstem 1'deki gibi bir test sistemi (100).
14. Be-Cu pinleri aracılığı ile entegre devrenin (220) tutucusu ile bağlantı kuran bağlantı kablosu (400) **ile karakterize edilen** İstem 13'teki gibi bir test sistemi (100).

15. Tamamiyle üç katmanlı μ -metal manyetik kılıfın içinde yer alan entegre devrenin (220) tutucusu **ile karakterize edilen** İstem 1'deki gibi bir test sistemi (100).
- 5
16. Alt tabakanın (212) birinci ve ikinci katmanında yer alan birden fazla sayıda ikincil sıcaklık sensörü **ile karakterize edilen** İstem 1'deki gibi bir test sistemi (100).
- 10
17. Si-diyot özelliğinde olan ikincil sıcaklık sensörü **ile karakterize edilen** İstem 16'daki gibi bir test sistemi (100).
18. Alt tabakanın (212) birinci ve ikinci katmanında yer alan birden fazla sayıda ısıtıcı **ile karakterize edilen** İstem 1'deki gibi bir test sistemi (100).
- 15
19. Alt tabakada (212) yer alan ikincil sıcaklık sensörleri ve ısıtıcılara bağlantı kabloları (400) vasıtasıyla bağlanan ve ısıtıcılara geri besleme akımı sağlayarak süperiletken devre paketindeki (200) fazla gücü ölçen sıcaklık kontrol birimi (700) **ile karakterize edilen** İstem 16 ila İstem 18'den herhangi birindeki gibi bir test sistemi (100).
- 20
20. Vakumlu bir epoksi reçine olan, hem entegre devre (220) ve bağlantı telinin (230) soğutulma performansını arttıran hem de entegre devre (220) ve bağlantı telini (230) titreşime karşı koruyan termal malzeme (500) **ile karakterize edilen** İstem 1'deki gibi bir test sistemi (100).
- 25
21. Entegre devre (220) ve bağlantı teli (230) üzerine sürülen altın kaplama ve altın kaplama üzerine yerleştirilen vakumlu bir epoksi reçine olan, termal iletkenliği daha da arttırarak entegre devre (220) ve bağlantı telinin (230) soğutulma performansını arttıran ve entegre devre (220) ve bağlantı telini (230) titreşime karşı koruyan termal malzeme (500) **ile karakterize edilen** İstem 1'deki gibi bir test sistemi (100).
- 30

22. Entegre devre (220) ve bağlantı teli (230) üzerine sürülen altın kaplama olan ve termal iletkenliği daha da arttırarak entegre devre (220) ve bağlantı telinin (230) soğutulma performansını arttıran **ile karakterize edilen** İstem 1'deki gibi bir test sistemi (100).

5

TARİFNAME
KRİYOJENİK SÜPERİLETKEN DEVRE PAKETLERİ İÇİN BİR TEST
SİSTEMİ

5 Teknik Alan

Bu buluş, hızlı veri işleme ve düşük güç harcama özelliklerine sahip olan kriyojenik süperiletken devre paketlerinin çalışma performansını arttıran ve bu devre paketlerinin uygun çalışma koşullarında test edilmesini sağlayan bir test sistemi ile ilgilidir.

Önceki Teknik

Günümüzdeki elektronik devrelerde daha düşük güç tüketiminin yanı sıra daha hızlı veri işleme gereksinimi duyulmaktadır. Söz konusu işlemler için süperiletken devreler kullanılmaktadır. Söz konusu devrelerdeki CMOS teknolojisi, MOSFET'lerin niteliğinden dolayı, devrelerin gücünü düşürmeye ve saat frekansını artırmaya yönelik sınırlara ulaşmaktadır. CMOS teknolojisi için alternatif çözümlerden birisi RSFQ mantık devreleridir. Bu devreler ara bağlantılarda herhangi bir dağılım göstermeyen bir süperiletken yapıda olup, bu devrelerin anahtarlama özelliği MOSFET'lerden farklıdır.

RSFQ devreleri, süperiletken entegre devrelerin uygun çalışma koşullarına ulaşabilmeleri için kriyojenik soğutmaya ihtiyaç duymaktadırlar (genellikle sıvı He sıcaklığı olarak 4.2K'dir). Bu devrelerin doğru çalışması için 4K sıcaklığının muhafaza edilmesi gerekmektedir. Soğutucuların soğuk ucu ile entegre devre yüzeyi arasındaki bir termal gradyan, çalışma koşullarında bir değişime neden olabilmekte ve bu gradyan daha büyük olursa entegre devreye bile zarar verebilmektedir.

30

RSFQ entegre devreleri düşük mW değerlerinde çok düşük güç tüketimine sahip olmasına rağmen, öngerilim telleri ve mantık kapılarının anahtarlanması nedeniyle ısınmalar meydana gelmektedir. Bu ısı dağılımı çoğunlukla entegre devrelerin yüzeyine yakın oluşmaktadır. Bu nedenle söz konusu entegre devrelerin uygun çalışma koşullarına ulaşabilmeleri için düzgün soğutulmaları gerekmektedir.

Süperiletken entegre devreler 4K (-269 C) sıcaklık mertebelerinde çalışmaktadırlar. Bu devreleri test edebilmek için gerekli soğutmanın sağlanması gerekmektedir. Bu devreleri bu sıcaklık seviyelerinde en kolay test etmenin yolu, bu devrelerin sıvı Helyuma doğrudan daldırmasıdır. Ancak sıvı helyum çok pahalı bir sıvıdır ve endüstriyel bir uygulamada periyodik olarak yeniden doldurulması gerekmektedir. Kapalı devre soğutucu sistemleri ise herhangi bir bakım yapmadan aralıksız 10.000 saat çalışabilmektedir. Dolayısı ile, günümüzde araştırma grupları ve şirketler kapalı devre soğutucu sistemleri kullanmaya başladılar.

Kapalı devre soğutucu sistemlerin sorunu ise, soğutma kapasitelerinin çok düşük olması ve devrenin vakum içinde olması gerektiğinden dolayı soğutmanın sadece devrenin tabanından gerçekleştirilmesidir. 4 Kelvin sıcaklıklarında kullanılan Silikon (Si) alttaşların termal iletkenlikleri çok düşüktür. Si üzerinde üretilen büyük entegre devreler alttaşın üst tarafına yerleştirilmekte ve bu devreleri temas noktası olan alt taraftan soğutmak çok verimsiz bir çözüm olmaktadır.

Diğer bir alternatif de, kapalı devre soğutma sistemi kullanmak ve vakum yerine devrenin bulunduğu odacığa He gazı vermektir. Fakat böyle bir sistemin kurulumu çok daha karmaşık ve maliyetlidir. Ayrıca bu sistemlerde de periyodik olarak Helyum gazı sağlamak gerekmektedir. Ayrıca, çok sayıda yüksek frekanslı kabloyu bu tip bir sistemde dış dünyaya çekmek neredeyse pratik olarak mümkün değildir. Söz konusu sistemlerdeki sıcaklık kontrolcüsü, entegre devre paketinin tutturulduğu metal bloğun sıcaklığını kontrol ettiği için entegre devrenin lokal olarak ısınmasını farkedip engelleyememektedir.

Ayrıca süperiletken entegre devrelerin çalışması için çok düşük gürültülü ortamlar gerekmektedir. Soğutucunun mekanik olarak titreşen parçaları varsa entegre devreler üzerinde manyetik alan indükleneyeceği için söz konusu titreşimler devrelerin çalışmasına engel olabilmektedirler.

5

Günümüzde süperiletken devreleri uygun çalışma koşullarında test etmek için, gerekli soğutma ve termal iletkenlik koşullarını sağlayan, söz konusu devreleri titreşimden koruyan, az maliyetli ve kullanımı kolay test sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

10

Tekniğin bilinen durumunda yer alan JP2005322831 sayılı Japon patent dokümanında, bir sealing ajanı anlatılmaktadır. Bu sealing ajanı süperiletkenler için geliştirilmiş, sızdırmazlık metodu ve süperiletken içermektedir. Buluşta sealing için sealing reçinesi kullanılmaktadır. Sealing ajanının içinde epoxy bulunmaktadır. Bu buluş bir süperiletken elementte mükemmel güvenilirliği, gürültü toleransını ve sealing'i (sızdırmazlık-mühürleme) sağlamaktadır. Süperiletken element bir çip olabilmektedir. Söz konusu dokümanda sadece mekanik koruma sağlanması anlatılmakta, termal iletkenliğin artırılmasına yönelik bir işlem açıklanmamaktadır.

20

Tekniğin bilinen durumunda yer alan US20140302995 sayılı Birleşik Devletler patent dokümanında, süperiletken çipinin bozulduğu durumlarda değiştirilebilmesi için geliştirilmiş bir termal iletken ve elektriksel dirence sahip materyalin bağlantı yapısı olarak seçildiği anlatılmaktadır. Bu buluşta anlatılan yapının içinde epoxy bulunmaktadır. Çipin bozuk olduğu anlaşıldığında, bağlantı yapısı belirli bir sıcaklığa getirilmekte ve çiple olan bağlantı kaybolmaktadır. Bu sayede çipin, taşıyıcıdan ayrılabilmesi sağlanmaktadır. Söz konusu patent dokümanında, Carbon Nano Tube (CNT) ile epoxy karıştırılarak termal iletken ve elektriksel dirence sahip malzemenin geliştirilmesi ve bu malzemenin MULTI-CHIP MODULE yapımında kullanılması anlatılmaktadır. Yani 2 farklı çipin birbirine sabitlemesi

30

anlatılmaktadır. Çipin soğutucu sistemi ile termal iletkenliğinin artırılmasına yönelik bir sistemden bahsedilmemektedir.

Buluşun Amaçları

5

Bu buluşun amacı, süperiletken devreleri uygun çalışma koşullarında test etmek için, gerekli soğutma ve termal iletkenlik koşullarını sağlayan bir test sistemi gerçekleştirmektir.

10 Bu buluşun bir diğer amacı, süperiletken devreleri ve bağlantı hatlarını mekanik olarak daha güçlü hale getiren ve çevresel etkilerden koruyan bir test sistemi gerçekleştirmektir.

15 Bu buluşun bir diğer amacı, az maliyetli ve kullanımı kolay bir test sistemi gerçekleştirmektir.

Buluşun Kısa Açıklaması

20 Bu buluşun amacına ulaşmak için gerçekleştirilen, ilk istem ve bu isteme bağlı diğer istemlerde tanımlanan bir test sistemi; uygun koşullarda çalışabilmek için 4K sıcaklık ve titreşimsiz bir ortama ihtiyaç duyan; üzerinde birden fazla sayıda veri iletim yolları yer alan en az bir baskı devreye, baskı devre üzerine yerleştirilen ve süperiletken yapıda olan en az bir entegre devreye, entegre devrenin bacağı ile baskı devrenin veri iletim yolu arasına yerleştirilen ve entegre devreden baskı devreye
25 veri iletilmesini sağlayan birden fazla sayıdaki bağlantı teline sahip olan en az bir süperiletken devre paketi, süperiletken devre paketine en az bir tutucu vasıtasıyla bağlanan ve entegre devredeki devre elemanlarının çalışmasını kontrol eden en az bir ölçüm birimi, süperiletken devre paketi içerisindeki devre elemanlarının birbirleriyle ve süperiletken devre paketi ile süperiletken devre paketinin bağlı
30 bulunduğu herhangi bir cihaz arasında veri iletişimini sağlayan birden fazla sayıdaki bağlantı kablosu, entegre devre ve bağlantı teli üzerine yerleştirilen, termal

iletkenliği yüksek yapısı sayesinde entegre devrenin üst kısmında ve bağlantı telinde oluşan ısıyı dağıtan, söz konusu ısının baskı devrenin alt bölümüne iletilmesini ve bu sayede süperiletken entegre devrenin çalışma koşulu olan 4K sıcaklığında çalışmasını sağlayan, 4K sıcaklığında çatlamayan ve entegre devre ve bağlantı tellerine zarar vermeyen yapıda olan en az bir termal malzeme, entegre devre üzerinde yer alan ve entegre devrenin o anki sıcaklığını algılayan en az bir birincil sıcaklık sensörü, birincil sıcaklık sensöründen aldığı veriler doğrultusunda entegre devrenin çalışma koşullarının üzerinde bir sıcaklığa sahip olup olmadığını kontrol eden ve entegre devrenin çalışma koşullarının üzerinde bir sıcaklık oluşursa bu sıcaklığın bilgisini ölçüm birimine ileten en az bir sıcaklık kontrol birimi içermektedir.

Buluşun tercih edilen uygulamasında baskı devre, termal iletkenliği yüksek, soğutucu özellikte olan en az bir alt tabaka, alt tabakanın üzerine yerleştirilen ve üzerinde veri iletim yolları ve kontak noktaları yer alan en az bir üst tabakaya sahiptir. Üst tabaka, alt tabakaya tercihen en az bir bağlantı aparatı vasıtasıyla tutturulmaktadır.

Buluşun bir diğer uygulamasında baskı devre, termal iletkenliği yüksek, soğutucu özellikte olan en az bir alt tabaka, alt tabakanın üzerine yerleştirilen en az bir ince yalıtkan malzeme, yalıtkan malzeme üzerine yerleştirilen, veri iletim yolları ve kontak noktalarından oluşmaktadır.

Titreşimi azaltmak ve entegre devre üzerinde manyetik alan indüklenmesini engellemek amacıyla buluş konusu test sisteminde birinci ve ikinci katmandan oluşan, kapalı devre tipi soğutucu olan alt tabaka kullanılmaktadır. Ayrıca titreşimi daha da azaltmak için alt tabaka, 4.2 Kelvin katmanı (birinci katman) ile soğuk başlığı (ikinci katman) mekanik olarak ayıran bir orta katmana sahiptir. Söz konusu orta katman titreşimi azaltırken, ikinci katmandaki gücü de düşürmektedir.

30

Buluş konusu test sisteminde, sinyal hatları ile DC kutuplama hatları için farklı bağlantı kablo tipleri kullanılmıştır. Kutuplama akım hatları için Fosfor-Bronz teller kullanılmaktadır. Sinyal hatları ise RF frekansındaki testler sırasında hem empedans uyumu hem de sinyal kalitesinin bozulmaması için iyi bir RF kalkanlamaya ihtiyaç duymaktadır. Sinyal hatları için, iki-kalkanlı ortak eksenli bağlantı kabloları kaynaktan alt tabakanın birinci katmanına bağlanmaktadır. Alt tabakanın birinci katmanından ikinci katmanına doğru kılıflı düz şerit hatlara sahip bağlantı kabloları kullanılmaktadır. Alt tabakanın ikinci katmanından entegre devrenin tutucusuna yapılan bağlantılar için sert bakır kılıflı bağlantı kabloları kullanılmıştır.

Entegre devrenin tutucusu, tamamiyle üç katmanlı μ -metal manyetik kılıfın içinde yer almaktadır.

Alt tabaka birden fazla sayıda ikincil sıcaklık sensörü içermektedir. Söz konusu ikincil sıcaklık sensörü alt tabakanın birinci ve ikinci katmanında yer almak üzere tercihen iki adettir. Alt tabaka birden fazla sayıda ısıtıcı içermektedir. Söz konusu ısıtıcı alt tabakanın birinci ve ikinci katmanında yer almak üzere tercihen iki adettir. Alt tabakada yer alan ikincil sıcaklık sensörleri ve ısıtıcılar bağlantı kabloları vasıtasıyla sıcaklık kontrol birimine bağlanmaktadır. Sıcaklık kontrol birimi ısıtıcılara geri besleme akımı sağlamak ve süperiletken devre paketindeki fazla gücü ölçmektedir.

Buluşun tercih edilen uygulamasına termal malzeme vakumlu bir epoksi reçinedir. Söz konusu epoksi reçine hem entegre devre ve bağlantı telinin soğutulma performansını arttırmakta hem de entegre devre ve bağlantı telini titreşime karşı korumaktadır.

Buluşun bir uygulamasına termal malzeme, entegre devre ve bağlantı teli üzerine sürülen altın kaplama, altın kaplama üzerine yerleştirilen vakumlu bir epoksi reçineden oluşmaktadır. Termal malzeme bu uygulamada termal iletkenliği daha da

arttırarak entegre devre ve bağlantı telinin soğutulma performansını arttırmaktadır. Söz konusu termal malzeme ayrıca entegre devre ve bağlantı telini titreşime karşı korumaktadır.

- 5 Buluşun bir diğer uygulamasına termal malzeme, entegre devre ve bağlantı teli üzerine sürülen altın kaplamadır. Termal malzeme bu uygulamada termal iletkenliğini arttırarak entegre devre ve bağlantı telinin soğutulma performansını arttırmaktadır.

Buluşun Ayrıntılı Açıklaması

10

Bu buluşun amacına ulaşmak için gerçekleştirilen bir test sistemi ekli şekillerde gösterilmiş olup bu şekiller;

Şekil 1. Test sisteminin şematik görünümüdür.

- 15 **Şekil 2.** Test sisteminde yer alan süperiletken devre paketinin tercih edilen uygulamasına ait perspektif görünüşüdür.

Şekil 3. Test sisteminde yer alan süperiletken devre paketinin bir uygulamasına ait perspektif görünüşüdür.

- 20 Şekildeki parçalar tek tek numaralandırılmış olup, bu numaraların karşılığı aşağıda verilmiştir.

100. Test sistemi

200. Devre paketi

25

210. Baskı devre

211. Veri iletim yolu

212. Alt tabaka

213. Üst tabaka

214. Bağlantı aparatı

30

220. Süperiletken entegre devre

230. Bağlantı teli

- 300. Ölçüm birimi
- 400. Bağlantı kablosu
- 500. Termal malzeme
- 600. Birincil sıcaklık sensörü
- 5 700. Kontrol birimi

Kriyojenik süperiletkenler için uygun çalışma koşulları sağlayan ve söz konusu çalışma koşullarında süperiletkenlerin fonksiyonel testlerini yerine getiren bir test sistemi (100) en temel halinde,

- 10 - uygun koşullarda çalışabilmek için 4K sıcaklık ve titreşimsiz bir ortama ihtiyaç duyan;
 - o üzerinde birden fazla sayıda veri iletim yolları (211) yer alan en az bir baskı devreye (210),
 - o baskı devre (210) üzerine yerleştirilen ve süperiletken yapıda olan
 - 15 en az bir entegre devreye (220),
 - o entegre devrenin (220) bacağı ile baskı devrenin (210) veri iletim yolu (211) arasına yerleştirilen ve entegre devreden (220) baskı devreye (210) veri iletilmesini sağlayan birden fazla sayıdaki bağlantı teline (230) sahip olan
 - 20 en az bir devre paketi (200),
- devre paketine (200) en az bir tutucu vasıtasıyla bağlanan ve entegre devredeki (220) devre elemanlarının çalışmasını kontrol eden en az bir ölçüm birimi (300),
- devre paketi (200) içerisindeki devre elemanlarının birbirleriyle ve devre
- 25 paketi (200) ile devre paketinin (200) bağlı bulunduğu herhangi bir cihaz arasında veri iletişimini sağlayan birden fazla sayıdaki bağlantı kablosu (400),
- entegre devre (220) ve bağlantı teli (230) üzerine yerleştirilen, termal iletkenliği yüksek yapısı sayesinde entegre devrenin (220) üst kısmında ve
- 30 bağlantı telinde (230) oluşan ısıyı dağıtan, söz konusu ısının baskı devrenin (210) alt bölümüne iletilmesini ve bu sayede süperiletken entegre devrenin

(220) çalışma koşulu olan 4K sıcaklığında çalışmasını sağlayan, 4K sıcaklığında çatlamayan ve entegre devre (220) ve bağlantı tellerine (230) zarar vermeyen yapıda olan en az bir termal malzeme (500),

5 - entegre devre (220) üzerinde yer alan ve entegre devrenin (220) o anki sıcaklığını algılayan en az bir birincil sıcaklık sensörü (600),

- birincil sıcaklık sensöründen (600) aldığı veriler doğrultusunda entegre devrenin (220) çalışma koşullarının üzerinde bir sıcaklığa sahip olup olmadığını kontrol eden ve entegre devrenin (220) çalışma koşullarının üzerinde bir sıcaklık oluşursa bu sıcaklığın bilgisini ölçüm birimine (300)

10 ileten en az bir sıcaklık kontrol birimi (700) içermektedir (Şekil 1).

Buluşun tercih edilen uygulamasında baskı devre (210), termal iletkenliği yüksek, soğutucu özellikte olan en az bir alt tabaka (212), alt tabakanın (212) üzerine yerleştirilen ve üzerinde veri iletim yolları (211) ve kontak noktaları yer alan en az

15 bir üst tabakaya (213) sahiptir (Şekil 2). Alt tabaka (212) tercihen bakır malzemedен imal edilmiştir. Üst tabaka (213) alt tabakaya (212) tercihen en az bir bağlantı aparatı (214) vasıtasıyla tutturulmaktadır.

Buluşun bir diğer uygulamasında baskı devre (210), termal iletkenliği yüksek,

20 soğutucu özellikte olan en az bir alt tabaka (212), alt tabakanın (212) üzerine yerleştirilen en az bir ince yalıtkan malzeme, yalıtkan malzeme üzerine yerleştirilen, veri iletim yolları (211) ve kontak noktalarından oluşmaktadır (Şekil 3). Alt tabaka (212) tercihen alüminyum levhadan oluşmaktadır.

25 Soğutucu özellikte olan alt tabaka (212), entegre devrenin (220) alttan soğutulmasını sağlamaktadır. Süperiletken entegre devreler (220) için kriyojenik ortamın yanı sıra çok düşük gürültülü bir ortamın kullanılması gerekmektedir. Alt tabakanın (220) mekanik olarak titreşen parçaları varsa söz konusu parçalar entegre devre (220) üzerinde manyetik alan indüklemektedir. Söz konusu işlem entegre devrenin (220) çalışmasına engel olabilmektedirler. Titreşimi azaltmak ve entegre devre (220) üzerinde manyetik alan indüklenmesini engellemek amacıyla buluş

30

5 konusu test sisteminde (100) birinci ve ikinci katmandan oluşan, kapalı devre tipi soğutucu olan alt tabaka (212) kullanılmaktadır. Ayrıca titreşimi daha da azaltmak için alt tabaka (212), 4.2 Kelvin katmanı (birinci katman) ile soğuk başlığı (ikinci katman) mekanik olarak ayıran bir orta katmana sahiptir. Söz konusu orta katman titreşimi azaltırken, ikinci katmandaki gücü de 500 mW'dan 250 mW'a düşürmektedir.

10 Entegre devre (220) içerisinde optik sensör, kızılötesi sensör, mantık kapıları ve bunun gibi birçok süperiletken devre elemanı yer almaktadır. Buluş konusu test sistemi (100) bu devre elemanlarının performanslarının uygun çalışma koşullarında ölçülmesini sağlamaktadır. Söz konusu işlem ölçüm birimi (300) tarafından gerçekleştirilmektedir.

15 Bağlantı telleri (230) entegre devrenin (220) bacakları ile baskı devrenin (210) veri iletim yolları (211) arasına bağlıdır. Söz konusu bağlantı tellerinin (230) elektriksel iletkenliği yüksek olup tercihen alüminyum malzemeden imal edilmişlerdir.

20 Bağlantı kabloları (400) devre paketinin (200) veri iletim yollarına (211) bağlanmaktadır. Süperiletken entegre devrelerin (220) çalışması için ortam gürültüsünün düşük değerlerde olması gerekmektedir. Bu nedenle veri iletim yollarına (211) giden bağlantı kabloları (400) doğru biçimde kalkanlanmalıdır. Katmanlar arasında kullanılan kalkanlı bağlantı kabloları (400) 4K aşamasındaki termal yükü önemli ölçüde artırmaktadır. Aynı zamanda, daha büyük süperiletken entegre devrelerde (220) kutuplama akımı çok kolay bir biçimde 1A değerine ulaşmakta ve böylece eğer bağlantı kabloları (400) yüksek direnç değerine sahiplerse çok yüksek değerde Joule ısıtmasına neden olmaktadır. Bu nedenle direnci artıracak uzun geçişler istenmeyen bir durumdur. Herhangi bir manyetik malzeme manyetik gürültüye neden olabildiği için çelik kabloların da kullanımı uygun olmamaktadır.

30

Buluş konusu test sisteminde (100), bu problemlerin üstesinden gelebilmek için sinyal hatları ile DC kutuplama hatları için farklı bağlantı kablo (400) tipleri kullanılmıştır. Kutuplama akım hatları için Fosfor-Bronz teller kullanılmaktadır. Bu teller normal bakır tellere kıyasla oldukça düşük termal iletkenliğe ve kabul edilebilir elektriksel özelliklere sahiptirler. Teller ile alt tabakanın (212) birinci ve orta katmanı arasında iyi bir termal iletimin sürdürülmesiyle 4K aşamasında önemli bir termal yük oluşmaması sağlanmaktadır. Sinyal hatları ise RF frekansındaki testler sırasında hem empedans uyumu hem de sinyal kalitesinin bozulmaması için iyi bir RF kalkanlamaya sahiptir. Sinyal hatları için, iki-kalkanlı ortak eksenli bağlantı kabloları (400) kaynaktan alt tabakanın (212) birinci katmanına bağlanmakta ve yer kazanmak amacıyla G3PO konnektörler kullanılmaktadır. Alt tabakanın (212) birinci katmanından ikinci katmanına doğru kılıflı düz şerit hatlara sahip bağlantı kabloları (400) kullanılmaktadır. Bu hatlar alt tabakanın (212) ikinci katmanında her 10 sinyal hattı için 4 mW termal yüke neden olmaktadır. Alt tabakanın (212) ikinci katmanından entegre devrenin (220) tutucusuna yapılan bağlantılar için sert bakır kılıflı bağlantı kabloları (400) kullanılmıştır. Söz konusu bağlantı kablolarının (400) Be-Cu pinleri aracılığı ile entegre devrenin (220) tutucusu ile bağlantısı kurulmuştur.

Entegre devrenin (220) tutucusu, tamamiyle üç katmanlı μ -metal manyetik kılıfın içinde yer almaktadır. Buluş konusu test sisteminde (100) tercihen toplam 20 kutuplama hattı ve 40 sinyal hattı bulunmaktadır. Test sisteminde (100) kullanılan bütün bağlantı kabloları (400) ve manyetik alan kalkanı yaklaşık 65 mW termal güç harcamaktadır ve 4K basamağında entegre devrenin (220) tutucusu üzerine 185 mW civarında güç kalmaktadır.

Alt tabaka (212) birden fazla sayıda ikincil sıcaklık sensörü içermektedir. Söz konusu ikincil sıcaklık sensörü alt tabakanın (212) birinci ve ikinci katmanında yer almak üzere tercihen iki adet olup Si-diyot özelliğindedir. Alt tabaka (212) birden fazla sayıda ısıtıcı içermektedir. Söz konusu ısıtıcı alt tabakanın (212) birinci ve ikinci katmanında yer almak üzere tercihen iki adettir. Alt tabakada (212) yer alan

ikincil sıcaklık sensörleri ve ısıtıcılar bağlantı kabloları (400) vasıtasıyla sıcaklık kontrol birimine (700) bağlanmaktadır. Sıcaklık kontrol birimi (700) ısıtıcılara geri besleme akımı sağlamak ve süperiletken devre paketindeki (200) fazla gücü ölçmektedir.

5

Alt tabakanın (212) gerçekleştirdiği soğutma entegre devrenin (220) alt kısmına uygulanmaktadır. Uygun çalışma sıcaklığına ulaşabilmek için entegre devrenin (220) üst tarafından da termal bağlantı sağlanarak entegre devrenin (220) soğutulma performansını yükseltmek gerekmektedir. Söz konusu problemin çözülebilmesi için entegre devrenin (220) ve bağlantı telinin (230) üzerine termal malzeme (500) yerleştirilmektedir. Söz konusu termal malzeme (500) sayesinde entegre devre (220) ve bağlantı telinde (230) oluşan ısı dağıtılmaktadır. Dağıtılan ısı alt tabakaya (212) iletilmektedir. Bu sayede entegre devrenin (220) 4K sıcaklığında çalışması sağlanmaktadır. Termal malzeme (500) 4K sıcaklığında çatlamayan, entegre devre (220) ve bağlantı teline (230) zarar vermeyen bir yapıdadır. Termal malzeme (500) sayesinde 10 katlık bir soğutulma performansı artışı sağlanmaktadır.

Buluşun tercih edilen uygulamasına termal malzeme (500) vakumlu bir epoksi reçinedir. Söz konusu epoksi reçine hem entegre devre (220) ve bağlantı telinin (230) soğutulma performansını arttırmakta hem de entegre devre (220) ve bağlantı telini (230) titreşime karşı korumaktadır.

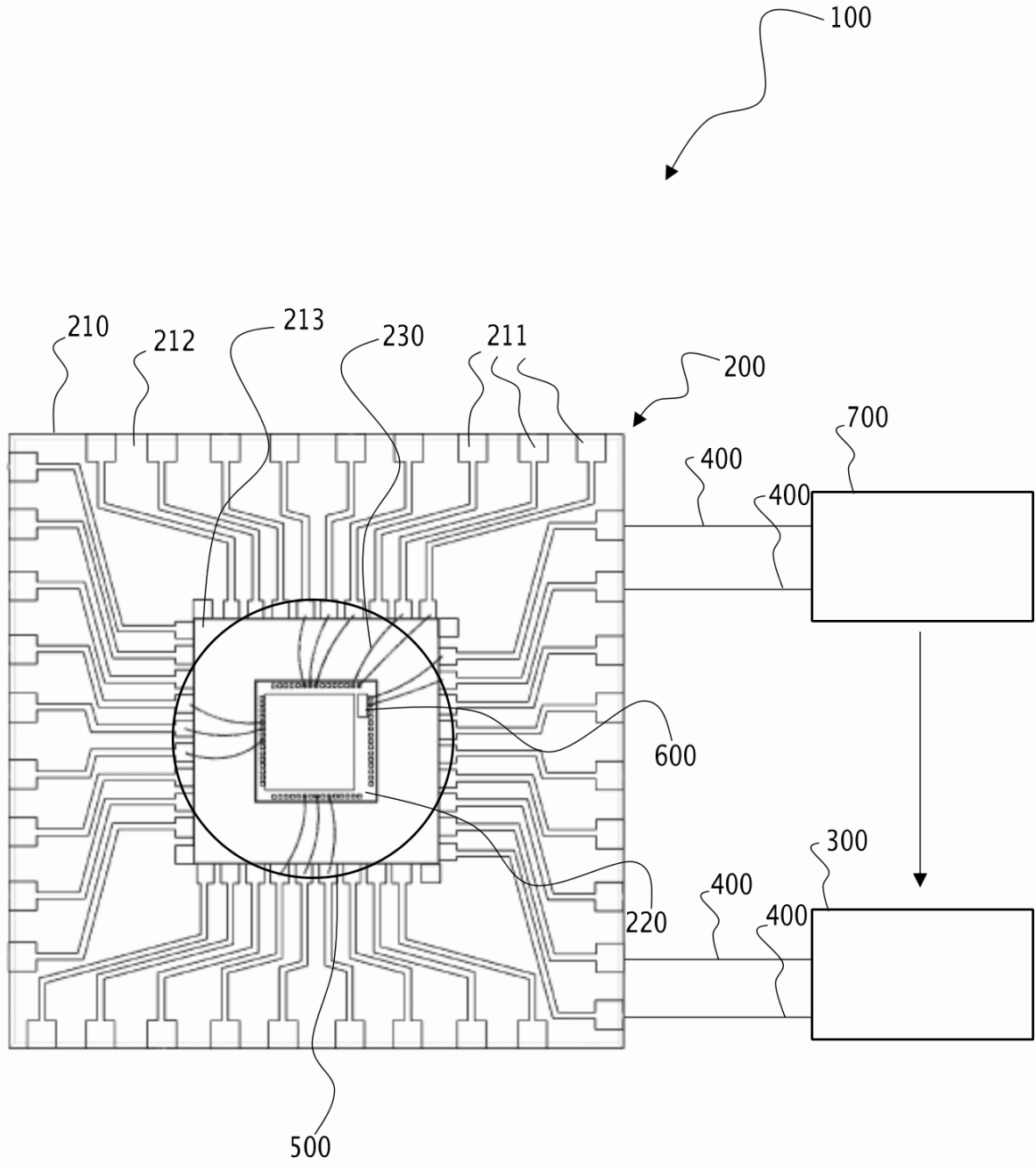
Buluşun bir uygulamasına termal malzeme (500), entegre devre (220) ve bağlantı teli (230) üzerine sürülen altın kaplama, altın kaplama üzerine yerleştirilen vakumlu bir epoksi reçineden oluşmaktadır. Termal malzeme (500) bu uygulamada termal iletkenliği daha da arttırarak entegre devre (220) ve bağlantı telinin (230) soğutulma performansını arttırmaktadır. Söz konusu termal malzeme (500) ayrıca entegre devre (220) ve bağlantı telini (230) titreşime karşı korumaktadır.

30 Buluşun bir diğer uygulamasına termal malzeme (500), entegre devre (220) ve bağlantı teli (230) üzerine sürülen altın kaplamadır. Termal malzeme (500) bu

uygulamada termal iletkenliğini arttırarak entegre devre (220) ve bağlantı telinin (230) soğutulma performansını arttırmaktadır.

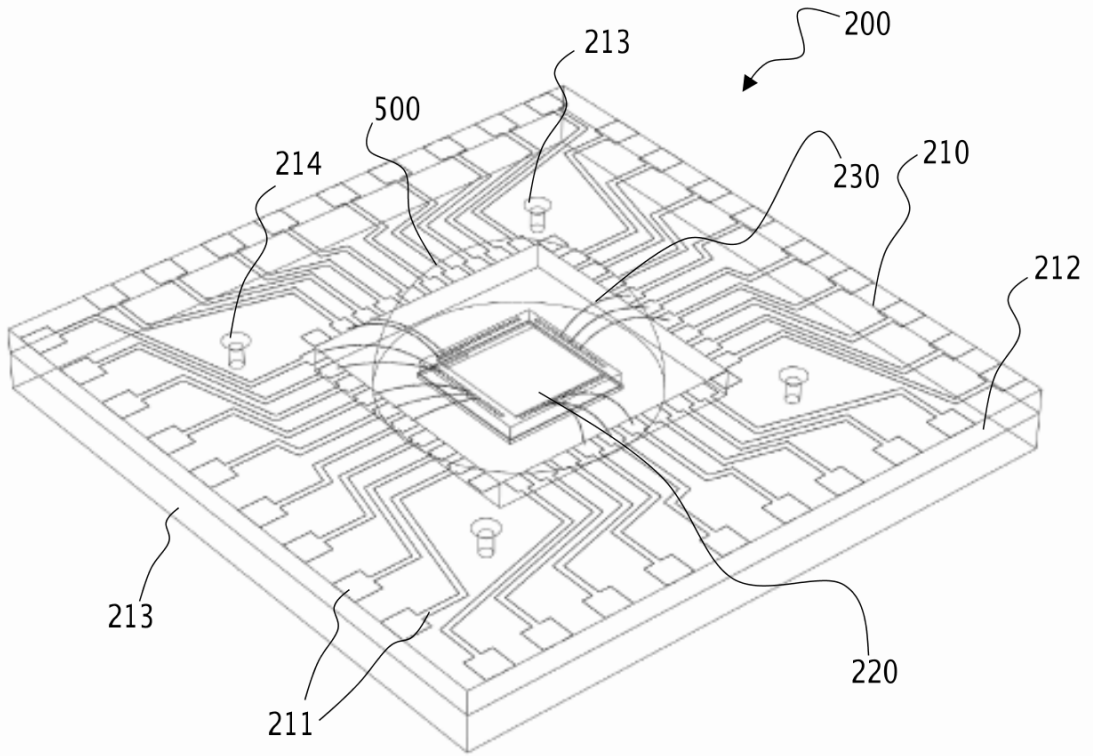
5 Entegre devrenin (220) o anki sıcaklığı birincil sıcaklık sensörü (600) vasıtasıyla ölçülmekte sıcaklık kontrol birimine (700) iletilmektedir. Sıcaklık kontrol birimi (700) söz konusu sıcaklığı kontrol etmekte ve sıcaklıkta istenmeyen bir atış olursa bu durumu ölçüm birimine (300) iletmektedir.

1/2
Şekil 1



2/2

Şekil 2



Şekil 3

