

ÖZET

DOLAYLI BANT ARALIĞI YARI İLETKEN YAPISININ DENETLENMESİ İÇİN METOT VE SİSTEM

5

Dolaylı bir bant aralığı yarı iletken yapısının (140) denetlenmesi için metotlar (600) ve sistemler (100) sunulmuştur. Bir ışık kaynağı (110) dolaylı bant aralığı yarı iletken yapısında (140) fotolüminesans indüklemek üzere uygun bir ışık (612) üretir. Bir kısa dalga filtresi (114) üretilen ışığın belirli bir emisyon üst sınırı üzerindeki uzun dalga boyu ışığını kısaltır. Bir kolimatör (112) ışığı paralelleştirir (616). Dolaylı bant aralığı yarı iletken yapısının (140) büyük bir alanı büyük ölçüde eşit ve eş zamanlı olarak paralelleştirilmiş, kısa dalga filtrelenmiş ışıkla aydınlatılır (618). Bir görüntü yakalama cihazı (130) dolaylı bant aralığı yarı iletken yapısının (140) büyük bir alanına büyük ölçüde eşit ve eş zamanlı olarak gelen aydınlatma ile eş zamanlı olarak indüklenen görüntüleri yakalar (620). Fotolüminesans görüntüleri dolaylı bant aralığı yarı iletken yapısının (140) uzamsal olarak çözülmüş belirli elektronik özelliklerinin büyük alanda indüklenen fotolüminesansın uzamsal varyasyonları kullanılarak ölçülmesi için işlenir.

İSTEMLER

1. Dolaylı bir bant aralığı yarı iletkeninin denetlenmesi için bir metot **olup, özelliği** metodun;

- 5 söz konusu dolaylı bant aralığı yarı iletken yapısında (140) fotolüminesans indüklemeye uygun bir dalga boyu emisyon üst sınırına sahip bir lazer, bir lazer diyotu ya da ışık yayan bir diyot içeren bir ışık kaynağından (110) ışık üretilmesi;
- 10 söz konusu üretilen ışığın, bir görüntü yakalama cihazı (130) tarafından alınan bahsi geçen dalga boyu emisyon üst sınırının üzerindeki dalga boyundaki ışığın indirgenmesi için kısa-dalga filtrelemeden geçirilmesi;
- 15 söz konusu üretilen ışığın paralelleştirilmesi;
söz konusu dolaylı bant aralığı yarı iletken yapısının (140) yüzeyinin tamamına kadarının bahsi geçen paralelleştirilmiş kısa dalga filtrelenmiş ışık ile büyük oranda eşit şekilde ve eş zamanlı
- 20 olarak aydınlatılması;
söz konusu dolaylı bant aralığı yarı iletken yapısından (140) indüklenen fotolüminesansın bahsi geçen aydınlatma ile söz konusu indüklenmiş fotolüminesansı eş zamanlı olarak yakalama
- 25 kabiliyetine sahip görüntü yakalama cihazı (130) kullanılarak eş zamanlı olarak yakalanması; ve
söz konusu yakalanmış fotolüminesans görüntülerinin, söz konusu dolaylı bant aralığı yarı iletken yapısının (140) uzamsal olarak çözülmüş belirli
- 30 elektronik özelliklerini, söz konusu alanda indüklenmiş bahsi geçen fotolüminesansın uzamsal varyasyonları kullanılarak ölçmek üzere görüntü olarak işlenmesi adımlarından oluşması;

dolaylı bant aralığı yarı iletken yapısının (140) bir yalın ya da kısmen işlenmiş plaka ya da bir güneş pili gibi bir fotovolttaik cihaz oluşturmak için bir dizi işlemde geçmiş bir plakayı içermesidir.

5

2. İstem 1'e göre metot **olup, özelliği** bahsi geçen dolaylı bant aralığı yarı iletkenin silikon içermesidir.

10 3. İstemler 1 ya da 2'ye göre metot **olup, özelliği** söz konusu dolaylı bant aralığı yarı iletken yapısının (140) aydınlatılan yüzeyinin yaklaşık 1.0 cm²'ye eşit ya da daha büyük olmasıdır.

15 4. İstemler 1 ila 3'ten herhangi birisine göre metot **olup, özelliği** aydınlatılan alanın bahsi geçen dolaylı bant aralığı yarı iletken yapısının (140) bir tarafının tüm yüzeyine denk gelmesidir.

20 5. İstemler 1 ila 4'ten herhangi birisine göre metot **olup, özelliği** söz konusu metodun bahsi geçen dolaylı bant aralığı yarı iletken yapısıyla (140) oda sıcaklığında yapılmasıdır.

25 6. İstemler 1 ila 5'ten herhangi birisine göre metot **olup, özelliği** bahsi geçen üretilmiş ışığın söz konusu kaynağının (110, 210) bahsi geçen yapının (140, 240) biri tarafının yüzeyine doğru, o yüzeyin aydınlatılması için doğrultulması ve söz konusu görüntü yakalama cihazının (130, 230) aynı yüzeye doğru bahsi geçen fotolüminesansı o yüzeyden yakalamak üzere doğrultulması ya da bahsi geçen yapının (140) ters tarafındaki yüzeye doğru, söz konusu fotolüminesansı o yüzden yakalamak için doğrultulmasıdır.

30

7. İstem 6'ya göre metot **olup, özelliği** bir ya da daha fazla uzun dalga filtresinin (118) bahsi geçen görüntü yakalama cihazı (330) ile kombine şekilde **kullanılmasıdır.**

5 8. İstem 1'e göre metot **olup, özelliği** söz konusu belirli elektronik özelliklerin lokal kusur yoğunluğu, lokal şantlar, lokal akım-voltaj özellikleri, lokal difüzyon uzunluğu ve lokal azınlık taşıyıcı ömründen biri ya da daha fazlasını **içermesidir.**

10

9. İstemler 1 ila 8'den herhangi birisine göre metot **olup, özelliği** söz konusu dolaylı bant aralığı yarı iletken yapısının (140) bir silikon plaka **içermesi** ve söz konusu metodun saniye başına bir plaka iş hacmi için uygun bir hızda **uygulanmasıdır.**

15

10. Dolaylı bir bant aralığı yarı iletken yapısının (140) incelenmesi için bir sistem (100) **olup, özelliği** bahsi geçen sistemin:

20 söz konusu dolaylı bant aralığı yarı iletken yapısında (140) fotolüminesans indüklemeye uygun bir dalga boyu emisyon üst sınırına sahip bir lazer, bir lazer diyotu ya da ışık yayan bir diyot içeren bir ışık kaynağı (110);

25 söz konusu dolaylı bant aralığı yarı iletken yapısından (140) indüklenen fotolüminesansın yakalanması için bir görüntü yakalama cihazı (130); bahsi geçen ışık kaynağı (110) ve bahsi geçen dolaylı bant aralığı yarı iletken yapısı (140) arasına yerleştirilmiş ve görüntü yakalama cihazınca (130) alınan bahsi geçen dalga boyu emisyon üst sınırının üzerindeki dalga boyundaki ışığın indirgenmesi için bir kısa-dalga filtreleme cihazı;

30

söz konusu üretilen ışığın paralelleştirilmesi;

5 bahsi geçen ışık kaynağı (110) ve bahsi geçen dolaylı
bant aralığı yarı iletken yapısı (140) arasına
yerleştirilmiş bir kolimatör (112); söz konusu
dolaylı bant aralığı yarı iletken yapısının (140)
yüzeyinin tamamına kadarının bahsi geçen
paralleleştirilmiş kısa dalga filtrelenmiş ışık ile
büyük oranda eşit şekilde ve eş zamanlı olarak
aydınlatılması; ve
10 söz konusu yakalanmış fotolüminesans görüntülerinin,
söz konusu dolaylı bant aralığı yarı iletken
yapısının (140) uzamsal olarak çözülmüş belirli
elektronik özelliklerini, söz konusu alanda
indüklenmiş bahsi geçen fotolüminesansın uzamsal
varyasyonları kullanılarak ölçmek üzere görüntü
15 olarak işleyecek bir görüntü işleyiciden **oluşması**;
dolaylı bant aralığı yarı iletken yapısının (140)
bir yalın ya da kısmen işlenmiş plaka ya da bir
güneş pili gibi bir fotovolttaik cihaz oluşturmak
için bir dizi işlemde geçmiş bir plakayı
20 **içermesidir.**

11. İstem 10'a göre sistem **olup, özelliği** dolaylı bant aralığı
yarı iletkeninin silikon **içermesidir.**

25 12. İstemler 10 ya da 11'e göre sistem **olup, özelliği** söz
konusu dolaylı bant aralığı yarı iletken yapısının (140)
aydınlatılan alanının 1.0 cm^2 'ye eşit ya da bundan **büyük**
olmasıdır.

30 13. İstemler 10 ila 12'den herhangi birisine göre sistem **olup,**
özelliği aydınlatılan alanın bahsi geçen dolaylı bant
aralığı yarı iletken yapısının (140) bir tarafının tüm
yüzeyine **denk gelmesidir.**

14. İstemler 10 ila 13'ten herhangi birisine göre sistem **olup, özelliği** söz konusu sistemin bahsi geçen dolaylı bant aralığı yarı iletken yapısını (140) oda sıcaklığında **denetlemesidir.**

5

15. İstemler 10 ila 14'ten herhangi birisine göre sistem **olup, özelliği** bahsi geçen ışık kaynağının (110, 210) bahsi geçen yapının (140, 240) biri tarafının yüzeyine doğru, o yüzeyin aydınlatılması için doğrultulması ve söz konusu görüntü yakalama cihazının (130, 230) aynı yüzeye doğru bahsi geçen fotolüminesansı o yüzeyden yakalamak üzere doğrultulması ya da bahsi geçen yapının (140) ters tarafındaki yüzeye doğru, söz konusu fotolüminesansı o yüzden yakalamak için **doğrultulmasıdır.**

10

15

16. İstem 15'e göre sistem **olup, özelliği** ayrıca bahsi geçen görüntü yakalama cihazı (330) ile kombine şekilde kullanılmak üzere bir ya da daha fazla uzun dalga filtresi (118) **içermesidir.**

20

17. İstemler 10 ila 16'dan herhangi birisine göre sistem **olup, özelliği** söz konusu görüntü yakalama cihazının (130) bir odaklama unsuru (120) ve ışığa karşı hassas elektronik unsurların bir odak düzlemi dizilimini (122) ya da bir piksel detektörünü (422) **içermesidir.**

25

18. İstem 17'ye göre sistem **olup, özelliği** söz konusu odak düzlemi diziliminin (122) bir yük eşlenik cihazlar (CCD) dizilimini **içermesidir.**

30

19. İstemler 17 ya da 18'e göre sistem **olup, özelliği** bahsi geçen odak düzlemi diziliminin (122) silikon ya da InGaAs'tan **yapılmış olmasıdır.**

20. İstem 10'a göre sistem **olup, özelliği** bahsi geçen belirli elektronik özelliklerin lokal kusur yoğunluğu, lokal şantlar, lokal akım-voltaj özellikleri, lokal difüzyon uzunluğu ve lokal azınlık taşıyıcı ömründen biri ya da daha fazlasını **içermesidir**.

21. İstemler 10 ila 20'dan herhangi birisine göre sistem **olup, özelliği** söz konusu dolaylı bant aralığı yarı iletken yapısının (140) bir silikon plaka **içermesi** ve söz konusu sistemin (100) saniye başına bir plaka iş hacmi için uygun bir hızda **uygulanmasıdır**.

işlenir.

TARİFNAME

DOLAYLI BANT ARALIĞI YARI İLETKEN YAPISININ DENETLENMESİ İÇİN METOT VE SİSTEM

5

TEKNİK ALAN

Mevcut buluş dolaylı bant aralığı yarı iletken malzemesinin test edilmesiyle ilgilidir.

10 ART ALAN

Fotovoltaik üretim yılda yüzde otuzdan (%30) fazla tipik büyüme oranlarıyla hızla büyüyen bir pazardır. Güneş pili üretiminin baskın sektörü multi-kristalli plaka temelli teknolojidir. Bu endüstride, toplam çıktının önemli bir kısmı şartname tanımlamalarının altındadır ve reddedilerek her yıl endüstriye önemli finansal kayıplar yaşatmaktadır. Bir güneş pilinin üretimi silikon gibi kaplamasız bir yarı iletken plaka ile başlayan son derece özelleştirilmiş işleme adımları dizisini içerir.

20 Bel'kov, VV, et al, "Microwave-induced patterns in n-GaAs and their photoluminescence imaging", Physical Review B, Vol. 61, No. 20, The American Physical Society, 15 May 2000, pp. 13698-13702 bir n-GaAs fotolüminesans görüntüleme tekniğini (PL) açıklamaktadır. Fotolüminesans optik eksitasyona karşı bir

25 yarı iletken malzeme tarafından yayımlanan ışıktır. Fotolüminesans görüntülemeyi kullanarak kendi kendine organize olan yüksek elektron yoğunluğu modelleri temas olmaksızın homojen n-GaAs katmanlarında homojen mikrodalga ışınlamı altında çalışılır. N-GaAs temassız numune, gözlemleme için 30 ızgaralı bir penceresi bulunan dikdörtgenel bir dalga kılavuzuna yerleştirilir, bir mikrodalga üreticiyle eşlenir ve mikrodalga ışınlamaya tabi tutulur. N-GaAs numunesini de içeren bu kurulum sıvı helyum içeren bir kriyostat banyosunda 4.2 K'ye kadar soğutulur ve bir halka şeklinde organize edilmiş

kızıl ışı11 (620 nm) yayımlayan bir dizi diyotla (LED ışı11klar) eşı1t şekilde aydınlatılır. Kriyostat ızgaralı pencere ile hizalanmış bir pencereye sahiptir. Optikleri ve 820 nm (uzun-dalga) bir interferans filtresi kriyostat penceresi ve kamera

5 arasına konulan bir video kamera numuneye bakacak şekilde yerleştirilir. Kamera 3 mm X 4 mm boyutlarında görüntüler yakalar, bu görüntülerden bazıları mikrodalga ışı1nımı altında numuneden fotolüminesans içindeki karanlık noktaların oluşumunu gösterir.

- 10 Bel'kov'un sistemi, bir direkt bant aralığı yarı iletkeni olan n-GaAs'ı test etmek için kullanılabilir. Böyle bir yarı iletkendeki fotolüminesans verimliliğinin yüksek magnitudü göz önüne alındığında, n-GaAs numunesi görece daha düşük güçteki LED'lerin kaynak aydınlatması farklılaşan fotolüminesans
- 15 uyarımı için ışı1k kaynağı olarak kullanılmasına olanak tanır. Ayrıca, dalga kılavuzu ve kriyostat penceresinin düzeni kameranın görüntüleme alanını sınırlar. Dezavantajlı olarak, bu sadece küçük alanların (3 mm X 7 mm) test edilmesine müsaade eder. Ayrıca, sistem numunelerin bir kriyostat tarafından
- 20 üretilen düşük sıcaklıklarda test edilmesini gerektirir. Bel'kov'un kurulumu LED'lerden gelen kaynak aydınlatmasının video kamera tarafından yakalanmasına izin verir. Uzun dalga filtresi LED'lerden gelen aydınlatmayı engellemek ve 820 nm üzerindeki fotolüminesansı kameraya aktarmak amacıyla
- 25 kullanılmaktadır, ancak LED'lerden gelen 820 nm üzerindeki tüm aydınlatmayı kameraya aktarmaktadır. N-GaAs numuneleri için, üretilen yüksek verimliliğe sahip fotolüminesans LED'lerden gelen istenmeyen tüm aydınlatmaları fazlasıyla aşar. Bunlar ve diğer sınırlandırmalar göz önüne alındığında, Bel'kov'un
- 30 sistemi dolayla bant aralığı yarı iletkenlerini test etmek için uygun değildir.

Masarotto, et al, "Development of an UV scanning photoluminescence apparatus for SiC characterization Eur J AP 20, 141-144, 2002, SiC'i karakterize etmek için adapte edilmiş

bir tarama PL aparatını açıklamaktadır. PL eşlemesi, 4 µm bir spot çapına sahip bir mikroskop objektifi tarafından odaklanılan eşlenik bir Ar⁺ lazer ışını ve 1 µm bir aralığa sahip bir x-y sahnesi kullanarak numunenin taranmasıyla elde edilir. Entegre PL yoğunluğu ya da spektral olarak çözünmüş PL elde edilebilir. Bu sistem PL'i nokta nokta tarar. Böyle bir sistem dezavantajlı olarak tarama operasyonu sebebiyle verilen herhangi bir anda sadece küçük bir alanın, yani bir noktanın, test edilmesine olanak tanır.

- 10 Avrupa Patent Başvurusu No EP 0 545 523 ve Buczkowski et al "Photoluminescence intensity analysisin application to contactless characterization of siliconwafers", J. Electrochem Soc, 150(8), G 436-G442, 2003, her ikisi de bir odaklanmış ışın kullanarak silikon plakanın nitelendirilmesini açıklarlar.

- 15 Trupke et al "Photoluminescence: a surprisingly sensitive lifetime technique", Thirty-first IEEE Photovoltaic Specialist Conference, 3 January 2005, pages 903-906, fotolüminesansın ölçülmesine dayalı olarak silikon plakaların denetlenmesine dair bir metodu açıklar. Silikon plakanın geniş bir alanı aydınlatılır ve fotolüminesans sinyali bir silikon diyot kullanılarak ölçülür. Tespit edilen sinyal plakadaki enjeksiyon seviyesine bağlı etkin yük taşıyıcı ömrünü belirlemek için işlenir. Bu yayında tek bir detektör kullanılmış ancak plakanın yüzeyinin bir görüntüsünü almak için uygun değildir.

- 25 Eski tekniklerin açıklayıcı belgelerindeki 'tarayıcı ışın demeti' tekniklerinden hiçbiri fotolüminesansın, bir yarı iletken cihazın çalışma şartlarına çok daha yakın olacak olacak şekilde, büyük bir alandaki homojen aydınlatma altında numunenin büyük bir alanında eş zamanlı olarak yakalanabileceğini açıklamamaktadır. Ayrıca, bir tarayıcı ışın demeti sistemi dezavantajlı olarak sistemin tarama operasyonu sebebiyle yavaştır.

Dolayısıyla, dolaylı bant aralığı yarı iletken yapılarının, özellikle aksi takdirde reddedilmiş bir güneş piline sebep olabilecek olan işlenmemiş ya da kısmen işlenmiş silikonun denetlenmesi için bir sisteme ihtiyaç duyulmaktadır.

5

ÖZET

Buluşun bir yönüne uygun olarak, istem 1'e göre bir dolaylı bant aralığı yarı iletken yapısının denetlenmesi için bir metot sunulmuştur.

- 10 Buluşun bir başka yönüne uygun olarak, istem 10'a göre bir dolaylı bant aralığı yarı iletken yapısının incelenmesi için bir sistem sunulmuştur.

ÇİZİMLERİN KISA TARİFLERİ

- 15 Buluşun uygulamaları buradan itibaren çizimlere referansla açıklanmıştır, bunlar şöyledir:

Şekil 1, buluşun bir uygulamasına uygun olarak dolaylı bir bant aralığı yarı iletken yapısının incelenmesi için bir sistemin blok diyagramdır;

- 20 Şekil 2, buluşun bir başka uygulamasına uygun olarak dolaylı bir bant aralığı yarı iletken yapısının incelenmesi için bir sistemin blok diyagramdır;

Şekil 3, buluşun bir başka uygulamasına uygun olarak dolaylı bir bant aralığı yarı iletken yapısının incelenmesi için bir sistemin blok diyagramdır;

- 25 Şekil 4, buluşun bir başka uygulamasına uygun olarak dolaylı bir bant aralığı yarı iletken yapısının incelenmesi için bir sistemin blok diyagramdır;

Şekil 5, buluşun bir başka uygulamasına uygun olarak dolaylı bir bant aralığı yarı iletken yapısının incelenmesi için bir sistemin blok diyagramdır;

- 30 Şekil 6, buluşun yine bir başka uygulamasına uygun olarak dolaylı bir bant aralığı yarı iletken yapısının incelenmesi için bir metodun akış şemasıdır; ve

Şekil 7, buluşun bir başka uygulamasına uygun olarak dolaylı bir bant aralığı yarı iletken yapısını geliştirmek için bir sistemin blok diyagramdır.

5 DETAYLI TARİF

Metotlar ve sistemler dolaylı bant aralığı yarı iletken yapılarını incelemek için açıklanmıştır. Aşağıdaki açıklamada, sayısız spesifik detaylar, dolaylı bant aralığı yarı iletken malzemeleri, görüntü yakalama cihazları ve benzerleri izah edilmiştir. Ancak, bu bildirimden alanda yetkin kişilerce anlaşılacağı üzere, ekteki istemlerde açıklandığı şekilde buluşun kapsamından kopmadan modifikasyonlar ve/veya ikameler yapılabilir. Diğer durumlarda, spesifik detaylar buluşu anlaşılabilir hale getirmeyecek şekilde çıkarılabilir.

Yardımcı nitelikteki çizimlerin biri ya da daha fazlasında aynı ya da benzer referans sayılarına sahip adımlar ve/veya özelliklere dair bir referans yapıldığında, bu adımlar ve/veya özellikler, bu açıklamanın amaçları için, aksi belirtilmediği sürece aynı işlev(ler)e ya da operasyon(lar)a sahiptirler.

Bu bildirimin içeriğinde, "içermektedir" kelimesi ucu açık bir kelimedir: ne "temelde bundan oluşmaktadır" ne de "sadece bundan oluşmaktadır" anlamlarını taşımaz, "büyük oranda bunu içermektedir, ama sadece bunu içermektedir anlamına gelmez" anlamını taşır. "İçermektedir" kelimesinin "içermek" ve "içerir" gibi varyasyonlarının da buna uygun anlamları vardır.

1. Giriş

Buluşun uygulamaları, işlenmemiş ve yarı işlenmiş plakalar da dahil olmak üzere, dolaylı bant aralığı yarı iletken yapıları için denetleme sistemleri ve metotları sunmaktadır. Bilhassa, sistem ve metotlar, işlenmemiş ya da yarı işlenmiş plakalar, kısmen imal edilmiş silikon cihazlar, işlenmemiş ya da yarı işlenmiş silikon üstü yalıtkan (SOI) maddeler ve tamamen imal edilmiş silikon cihazlar da dahil olmak üzere özellikle silikon

yapıların test edilmesi için uygundur. Sistem ve metotlar, kısmen metal kaplanmış cihazlar da dahil olmak üzere, işleme öncesi ve nihai yarı iletken cihaza kadarki bir dizi üretim aşamasında yalın plakadaki kusurları temas olmaksızın tespit edebilecek durumdadırlar. Temas olmaksızın ifadesiyle kastedilen, elektriksel bir temasa gerek olmamasıdır. Örneğin, buluşun uygulamaları, iyi denetlenmediği taktirde reddedilmiş bir güneş pili ya da başka bir fotovolttaik cihaz olacak olan silikon yapıları denetleyebilir ve kusurları belirleyebilir.

10 Sistem ve metotlar ayrıca örneğin lokal kusur yoğunluğu, lokal şantlar, lokal akım-voltaj özellikleri, lokal difüzyon uzunluğu ve çeşitli işleme adımları sonrası lokal azınlık taşıyıcı ömrü gibi uzamsal olarak çözünmüş malzeme parametreleri temassız olarak belirleyebilirler. Buluşun

15 uygulamaları fotolüminesansı (PL) dolaylı bant aralığı yarı iletken yapılarının büyük alanları boyunca dolaylı bant aralığı yarı iletken yapılarını nitelendirmek için eş zamanlı olarak kullanır.

Buluşun uygulamalarında, fotolüminesansın spektral içeriğini analiz etmek yerine, fotolüminesans sinyalinin uzamsal varyasyonları dolaylı bant aralığı yarı iletken malzemesinin kalitesiyle ilgili bilgi edinmek amacıyla kullanılır. Buluşun uygulamaları özellikle silikon ile kullanılmaya uygun olduğundan, buradan itibaren açıklama, silikon plakalar da

20 dahil olmak üzere silikon yapılara atıfta bulunacaktır. Ancak, bu bildirimin ışığında, alanda yetkin kişiler buluşun uygulamalarının diğer dolaylı bant aralığı yarı iletkenleriyle, örneğin germanyum ve silikon alaşımları ve germanyum ile uygulanabileceğini bileceklerdir. Silikon

25 yapıları denetlemek için sistem ve metotlar plakaların endüstriyel uygulama için uygun hızlarda denetlenmesine olanak tanıyabilir (örn. saniyede yaklaşık 1 plaka).

Buluşun uygulamalarında, silikonda fotolüminesansı başlatacak ışık üretilmiş ve bir silikon numunenin büyük ölçüde eşit

olarak bir büyük alanını aydınlatmak için kullanılmıştır. "Büyük ölçüde eşit olarak" ifadesi ışığı açıklamak için kullanılmıştır ve bir uygulama konusu olarak aydınlatma mükemmel şekilde tek düze olmadığından, benzer şekilde homojen anlamına da gelebilir. Örneğin, monokromatik ya da büyük ölçüde monokromatik ışık (örn. bir lazer ya da lazer diyotundan gelen) ya da uzak bir spektrum ışık kaynağından (örn. bir el feneri) gelen kısmen filtrelenmiş ışık silikon numuneyi aydınlatmak için kullanılabilir. Bilhassa, kısa dalga filtreleme üretilen ışığa, ışığın belirlenmiş bir dalga uzunluğunun üzerindeki spektral içeriğini büyük ölçüde azaltmak için uygulanır. Optik bir düzenleme ışık kaynağıyla kombine şekilde plakanın büyük bir alanını homojen şekilde aydınlatmak için kullanılır. Tercihen, denetlenecek plaka alanının tamamı homojen şekilde aydınlatılır. Büyük ölçüde eşit olarak, eş zamanlı gelen ışık tarafından silikon yapıda eş zamanlı olarak indüklenen fotolüminesans, indüklenmiş fotolüminesansı eş zamanlı olarak yakalama kapasitesine sahip bir görüntü yakalama cihazı kullanılarak yakalanır. Görüntü yakalama cihazı tercihen bir odaklanma unsuru ve bir ışığa duyarlı elektronik unsurların bir odak düzlemi düzenini içerir. Işığa duyarlı elektronik unsurların odak düzlemi düzeni bir yük bağlaşımlı cihaz (CCD) düzeni içerebilir. Odak düzlemi düzeneği silikondan yapılmış olabilir. Ancak, buradan itibaren tarif edildiği üzere, bir CCD'nin yanı sıra diğer cihazlar da buluşun ekli istemlerindeki kapsamından ayrılmadan kullanılabilir. Görüntü yakalama cihazı optik görüntüleme ve/veya filtreleme düzenekleriyle kombine olarak kullanılabilir.

Buluşun bazı uygulamalarında, silikon plaka bir tarafından bahsedilen ışık kaynağı kullanılarak aydınlatılabilir ve gelen ışık tarafından plakanın büyük alanında indüklenen fotolüminesans silikon plakanın diğer tarafından yakalanabilir. Diğer uygulamalarda, fotolüminesans silikon plakanın aydınlatılan tarafıyla aynı taraftan yakalanır.

Görüntüleme ve görüntü işleme teknikleri bundan sonra yakalanan PL görüntülerine uygulanır. Verilerin analiz edilmesi, bu büyük alanda indüklenmiş fotolüminesansın uzamsal varyasyonları kullanılarak silikon yapı içindeki lokal malzeme parametrelerinin belirlenmesine olanak tanır. Bu cihaz üretiminin erken bir aşamasında kusurlu silikon yapıların belirlenerek eninde sonunda reddedilecek olan bu yapıların baştan reddedilmesine olanak tanıyabilir.

Buluşun uygulamaları endüstriyel uygulama için uygunken, metot ve sistemler bilimsel araştırma için de kullanılabilir. Fotolüminesans görüntüler örneğin lokal olarak kusuru bol olan alanların, lokal şantların, lokal akım-voltaj özelliklerinin, lokal difüzyon uzunluğunun ve/veya lokal azınlık taşıyıcı ömrünün belirlenmesi için kullanılabilir ki bu sadece fotovoltaiklerde değil, ayrıca mikroelektronik gibi diğer alanlarda da faydalı olabilir. Buluşun uygulamaları temassız modda kullanılabilir ve dolayısıyla her bir işleme adımı sonrası lokal malzeme parametrelerinin denetlenmesi için özellikle uygundur. Buluşun uygulamaları buradan itibaren daha da detaylı olarak açıklanacaktır.

2. Bir Dolaylı Bant Aralığı Yarı İletken Yapısının Denetlenmesi

Şekil 6, bir dolaylı bant aralığı yarı iletken yapısının denetlenmesinin bir metodunu (600) resmeden bir yüksek-seviye akış şemasıdır. Adım 610'da, işleme başlar. Adım 612'de, dolaylı bant aralığı yarı iletken yapısında fotolüminesansı indüklemek için uygun olan ışık üretilir. Adım 614'te, ışık, üretilen ışığın belirlenmiş bir emisyon üst sınırı üzerindeki uzun-dalga boyunu indirgemek için kısa-dalga filtrelenir. Adım 616'da, ışık hizalanır. Adımlar 614 ve 616 ters sırayla da yapılabilir. Adım 618'de, dolaylı bant aralığı yarı iletken yapısının büyük bir alanı büyük ölçüde eşit şekilde ve eş zamanlı olarak hizalanmış, kısa dalga filtrelenmiş ışık ile aydınlatılır. Adım 610'de, dolaylı bant aralığı yarı iletken

yapısının büyük bir alanında büyük ölçüde eşit ve eş zamanlı olarak gelen ışıkla eş zamanlı olarak indüklenen fotolüminesansın görüntüleri indüklenmiş fotolüminesansı eş zamanlı olarak yakalayabilme kapasitesine sahip bir görüntüleme cihazı ile yakalanır. Adım 622'de, fotolüminesans görüntüler, bu büyük alanda indüklenmiş olan fotolüminesansın uzamsal varyasyonları kullanılarak dolaylı bant aralığı yarı iletken yapısının belirlenmiş elektronik özelliklerinin ölçülmesi için görüntü olarak işlenirler. Bu işleme daha sonra adım 622'de biter. Yukarıda açıklanan bir dolaylı bant aralığı yarı iletken yapısının denetlenmesi için metot, bu tarz yapıların denetlenmesi için çeşitli sistemleri kullanan çeşitli uygulamalara referansla buradan itibaren açıklanacaktır.

15

3. Farklı Taraflardan Aydınlatma ve Görüntüleme

Şekil 1, tercihen bir silikon plaka olan bir silikon yapıyı (140) denetlemek için bir sistemi (100) resmetmektedir. Fotovoltaik ve mikroelektronik cihazlar böyle bir silikon plaka üzerine bir dizi aşamada üretilebilirler. Şekil 1'in sistemi (100) yalın ya da kısmen işlenmiş bir plakayı, bir güneş pili ya da bir mikroelektronik cihaz gibi bir fotovoltaik cihaz oluşturmak için bir dizi işleme adımından geçmiş bir plakayı ve üretim süreci sonunda ortaya çıkmış nihai bir cihazı denetlemek için kullanılabilir. Örneğin, silikon plaka (140) 150 mm X 150 mm X 0.25 mm boyutlara sahip olabilir. Yapı gelen ışığı geçirgen olan bir madde içeren yalın ya da kısmen işlenmiş silikon üstü bir yalıtkan (SOI) içerebilir. Denetleme metodu oda sıcaklığında uygulanabilir. Dilin akışkanlığını sağlamak amacıyla, silikon yapıya buradan itibaren silikon numune denecektir.

Sistem (100) bir ışık kaynağı (110), bir kısa-dalga filtresi birimi (114) ve bir görüntü yakalama cihazı (122) içerir. Bir

kısa dalga filtresi eksitasyon ışığından geçer ve istenmeyen bir uzun dalga boyu emisyonunu emer ya da yansıtır. Kısa-dalga filtrelerin örnekleri arasında renklendirilmiş filtreler ve dielektrik interferans filtreleri bulunur. Alternatif olarak, 5 kullanılacak ışığı yansıtan ve istenmeyen uzun dalga boyu ışığı aktaran bir dielektrik ayna (örn. 45 derecenin altında) kullanılabilir. Kısa-dalga filtresi ünitesi kısa dalga filtreler ve dielektrik aynaların bir kombinasyonundan oluşabilir.

- 10 Sistem ayrıca bir kolimatör (112) içerir ve eşit olarak olmayan bir yoğunluğu olan hizalanmış bir ışık demetini, hizalanan ışını dik gelen bir düzlemin eşit olarak aydınlatılmış bir bölgesine çevirmek için bir homojenleştirici (116) de içerebilir. Örnekler arasında çapraz silindir lens düzenekleri 15 ve bir mikro lens düzeneği bulunur. Bir kolimatör çeşitli türlerdeki lenslerden olabilir. Şekil 1'in uygulamasında, sistemin (100) unsurları şu şekilde düzenlenmiştir: silikon numuneye (140) bakan bir ışık kaynağı (110), kolimatör (112), kısa-dalga filtresi birimi (114) ve homojenleştirici (116) 20 optik olarak bu sırada hizalanmışlardır. Buluşun bir diğer uygulamasında, kolimatör (112) ve kısa-dalga filtresi biriminin (114) sırası tersine çevrilmiştir. Homojenleştirici ve silikon numunesi arasında bir alan lensi (117) kullanılabilir. Unsurlar silikon numuneden (140) uzağa 25 yerleştirilmişlerdir böylece numunenin (140) büyük bir alanı homojen şekilde aydınlatılabilir.

Işık kaynağı (110) silikon numunenin (140) büyük bir alanında fotolüminesansı eş zamanlı olarak indüklemeye uygun ışık üretir. Üretilen ışığın toplam optik gücü 1.0 wattı geçebilir.

- 30 Daha büyük güce sahip ışık kaynakları silikon numunede (140) fotolüminesansı daha çabuk ve yoğun şekilde indükleyebilirler. Işık kaynağı (110) monokromatik ya da büyük ölçüde monokromatik ışık üretebilir. Işık kaynağı (110) en azından bir lazer olabilir. Örneğin, 808 nm'lik bir diyot lazer monokromatik

ışık üretmek için kullanılabilir. Farklı ana dalga boylarına sahip iki ya da daha fazla lazer de kullanılabilir. Bir başka ışık kaynağı (110) geniş spektrumlu bir ışık kaynağı (örn. bir el feneri) ile bununla kombine filtrelemeleri kısmen
5 filtrelenmiş ışık üretmek için içerebilir. Yine bir başka ışık kaynağı (110) yüksek güçlü ışık yayan bir diyot (LED) olabilir. Yine bir başka ışık kaynağı (110) bir ışık yayan diyotlar (LED) düzeneği içerebilir. Örneğin, böyle bir LED düzeneği çok sayıda (örn. 60) LED'i ısı yutucuya sahip kompakt bir düzenek içinde
10 bulundurabilir. Diğer yüksek güçlü ışık kaynakları buluşun kapsamından ayrılmadan kullanılabilir.

Işık kaynağından (110) gelen ışık bir kolimatör ya da birden fazla unsur içerebilecek olan kolimatör ünitesi (112) aracılığıyla paralel ışık demetlerine paralelleştirilir.

15 Üretilen ışığa kısa-dalga filtreleme uygulanır. Bu bir ya da daha fazla filtreleme unsuru içeren bir interferans kısa dalga filtresi ünitesi (114) kullanılarak yapılabilir. Üretilmiş ışığa kısa dalga filtresi uygulamak belirlenen bir emisyon üst sınırı üzerindeki uzun dalga ışığı azaltır. Kısa-dalga
20 filtresi (114) üretilmiş ışığın bir uzun dalga kuyruğunda yaklaşık 10 ya da daha fazla toplam fotonluk bir akış faktörü kadar azaltabilir. Uzun dalga kuyruğu, ışık kaynağından (110) en uzun dalga boyu emisyon üst sınırından yüzde on (10%) daha büyük bir dalga boyundan başlayabilir. Örneğin, filtreleme
25 istenmeyen spektrum bileşenlerini, örneğin 900 nm ila 1800 nm aralığında dalga boylarına sahip kızıl ötesi bileşenleri elimine edebilir. Birçok kısa dalga filtresi kullanılabilir çünkü tek bir filtre tek başına istenmeyen spektrum bileşenlerini elemek için yeterli olmayabilir. Kısa dalga
30 filtreleri ışık kaynağı (110) ve silikon numunesi (140) arasındaki optik unsurların tüm kombinasyonu içinde sayısız farklı pozisyona kurulabilirler. Örneğin, filtreler homojenleştirici (116) ve alan lensleri (117) arasında konumlandırılabilirler. Eğer birden fazla kısa dalga filtresi

kullanılıyorsa, o zaman filtrelerden biri ya da daha fazlası yansıtılan ışığın birçok yansıtmasının önüne geçmek için paralelleştirilmiş ışık demetinin optik eksenine karşı belli bir açıyla eğilmiş şekilde düzenlenebilirler. Kısa dalga
5 filtrelenmiş ve paralelleştirilmiş ışık bundan sonra bir homojenleştirici (116) tarafından silikon numunenin (140) geniş bir alanını homojen şekilde aydınlatmak üzere homojenleştirilebilir. Ancak, adımların sırası değişebilir. Homojen şekilde aydınlatılmış silikon numune alanı 1.0 cm^2 'ye
10 eşit ya da daha büyük olabilir. Homojenleştirici (116) paralelleştirilmiş ışığı silikon numunenin (140) büyük alanı boyunca eşit şekilde dağıtır.

Silikon numunenin (140) yüzeyine gelen homojen aydınlatma silikon numunenin eş zamanlı olarak fotolüminesans indüklemesi
15 için yeterlidir. Bu fotolüminesans Şekil 1'de silikon numunenin (140) karşı tarafından çıkan oklar ya da ışınlar ile gösterilmiştir. Sadece resmetmenin daha kolay olması açısından, buna denk gelen fotolüminesans ışık kaynağının (110) yöneldiği silikon numunenin (140) ilk yüzeyinden çıkar
20 şekilde gösterilmemiştir. Silikonun harici fotolüminesans kuantum etkinliği çok düşük olabilir (10^{-6} gibi). Bir görüntü yakalama cihazı (130) silikon numunede eş zamanlı olarak indüklenen fotolüminesansın görüntülerini yakalar. Kısa dalga filtre birimi (114) ışık kaynağından (110) gelen ışığı görüntü
25 yakalama cihazınca (130) alınmayacak şekilde azaltır ya da ortadan kaldırır. Işık kaynağı kuyruk radyasyonu, AlGaAs gibi direkt bant aralığı yarı iletkenlerinin (10⁻²) aksine silikonun PL etkinliğini (10⁻⁶) önemli ölçüde aşabilecek şekilde 10^{-4} bir kaynak üst sınırına sahip olabilir. Bu
30 uygulamada, ışık kaynağı (110) silikon numunenin (140) bir yüzeyine, o yüzeyi aydınlatmak için bakacak şekilde yerleştirilmiştir. Silikon numune (140), silikon numuneyi (140) aydınlatan üretilmiş ışığın bir uzun dalga filtresi gibi davranır. Görüntü yakalama cihazı (130) PL görüntülerini diğer

tarafından yakalamak üzere silikon numunenin (140) diğer tarafına bakacak şekilde yerleştirilmiştir. Bir uzun dalga filtreleme birimi (118) görüntü yakalama cihazıyla (130) kombine şekilde kullanılabilir. Bu filtre birimi (118) opsiyonel olabilir, zira silikon plaka (140) ışık kaynağından (110) gelen tüm artık ışığı plakanın kalınlığına ve gelen ışığın dalga boyuna göre ortadan kaldırabilir. Görüntü yakalama cihazı (130) (ve uzun dalga filtre(118)) görüntü yakalama cihazının (130) baktığı diğer yüzeyden uygun şekilde uzağa yerleştirilmiştir.

Görüntü yakalama cihazı (130) bir odaklanma unsuru (120) (örn. bir ya da daha fazla lens) ve ışığa duyarlı elektronik unsurların bir odak düzlemi düzeneğini (122) içerir. Bu uygulamada, ışığa duyarlı elektronik unsurların odak düzlemi düzeneği (122) bir yük eşlenik cihazlar (CCD) düzeneği içerir. Odak düzlemi düzeneği silikondan yapılabilir ve soğutulabilir. Soğutma böyle bir odak düzlemi düzeneğinin sinyalden-sese oranını geliştirir. Örneğin, görüntü yakalama cihazı (130) silikon bir CCD düzeneğine sahip bir video kamera olabilir ve kayıtlı görüntülerin iletişimi için bir dijital ara yüz (örn. USB ya da Firewire) ya da bir depolama ortamı (örn. bir DV bandı ya da taşınabilir bellek) ile sunulabilir. Alternatif olarak, ışığa duyarlı elektronik unsurların odak düzlemi düzeneği (122) InGaAs'tan yapılmış olabilir. Buradan itibaren buluşun diğer uygulamalarına referansla açıklandığı üzere, görüntü yakalama cihazı bir piksel detektörü içerebilir. Piksel detektörü silikon numunenin karşı yüzüne eşlenik bir bağlantı piksel detektörü olabilir. Alternatif olarak, görüntü yakalama cihazı (130) bir piksel detektörü ya da bir yük eşlenik cihazlar dizisi ve silikon numunenin (140) karşı yüzü ve piksel detektörü ya da CCD düzeneği (140) ya da bağlantı modunda bir CCD arasına eşlenmiş bir konik lif demeti içerebilir. Diğer görüntü yakalama cihazları, cihazlar yarı iletken numunenin büyük bir alanı boyunca indüklenen

fotolüminesansı eş zamanlı olarak yakalama kapasitesine sahiplerse kullanılabilir.

Görüntü işleme teknikleri silikon numunenin (140) belirlenmiş elektronik özelliklerini ölçmek için PL görüntülere uygulanır.

- 5 PL yoğunluğunun uzamsal varyasyonları kontrol edilir. Şekil 1'de gösterildiği üzere, genel amaçlı bir bilgisayar (150) görüntü yakalama cihazı (130) tarafından yakalanan PL görüntülerini uygun bir iletişim ara yüzü ya da depolama cihazı olabilecek olan bir iletişim kanalı (152) aracılığıyla alıp
- 10 inceleyebilir. Görüntü işleme teknikleri yazılım, donanım ya da bunların bir kombinasyonu içinde yapılabilir. Belirlenmiş elektronik özellikler, bol kusurlu lokal alan, lokal şantlar, lokal akım-voltaj özellikleri, lokal difüzyon uzunluğu ve lokal azınlık taşıyıcı ömründen bir ya da daha fazlasını
- 15 içerebilir. Buluşun uygulamaları bu özellikleri temas olmaksızın belirleyebilirler. Görüntüleme, yavaş ve dolayısıyla endüstriyel uygulama için hat içi üretim aracı olarak uygun olmayan fotolüminesans eşlemeden ve genel olarak bir yarı iletkenin küçük bir alanının test edilmesini içeren
- 20 PL'in spektroskopi yoluyla test edilmesinden farklıdır. Buluşun bu uygulamasına uygun sistem plakanın (140) kusurlu alanlarını bulmak için kullanılabilir. Buluşun uygulamaları bir fotovoltaiik cihazın işlenmesinin her bir adımı sonrası fotolüminesansı kullanarak silikon yapıyı temassız olarak test
- 25 edebilirler. Her bir işleme adımının uzamsal malzeme kalitesi üzerindeki etkisi de dolayısıyla görüntülenebilir.

Şekil 4, buluşun bir başka uygulamasına uygun olarak bir silikon yapıyı (440) denetlemek için bir sistemi (400) resmetmektedir. Çizimde, Şekil 4'ün Şekil 1'e benzeyen

30 özelliklerine benzer bir referans numarası verilmiştir (örn. Şekil 1'in ışık kaynağı (110) ile Şekil 4'ün ışık kaynağı (410) benzer referans numaralarına sahiptirler). Yapı (440) yine tercihen silikon bir plakadır. Çizimi basitleştirmek adına, genel amaçlı bir bilgisayar gösterilmemiştir. Sistem (400) bir

ışık kaynağı (410), bir kısa dalga filtre ünitesi (414) ve bir görüntü yakalama cihazından (422) oluşur. Sistem ayrıca bir kolimatör (412) içerir ve bir homojenleştirici (416) içerebilir. Bir alan lensi de kullanılabilir (gösterilmemiştir).

Yine, ışık kaynağı (410) silikon numunenin (440) geniş bir alanında fotolüminesansı eş zamanlı olarak indüklemeye uygun bir ışık üretir. Üretilen ışığın gücü 1.0 wattan fazladır. Kullanılabilecek ışık kaynakları (410) bir ya da daha fazla lazer, kısmen filtrelenmiş ışık sağlamak adına uygun bir filtreleme ile kombine şekilde bir geniş spektrumlu ışık kaynağı ve bir ışık yayan diyotlar (LED) düzeneğini içerebilir. Diğer yüksek güçlü ışık kaynakları buluşun kapsamından ayrılmadan kullanılabilir.

Bu uygulamada, görüntü yakalama cihazı bir piksel detektörü (422) ve özellikle de silikon numunenin (440) aydınlatılan yüzeyinin zıt tarafındaki yüzeyine eşlenmiş bir bağlantı piksel detektörü içerir. Bağlantı piksel detektörü (422) silikon numunenin (440) geniş bir alanına eş zamanlı olarak indüklenen fotolüminesansı tespit eder. Bağlantı piksel detektörü (422) Şekil 1'in görüntü yakalama cihazından daha yüksek bir fotolüminesans toplama etkinliğine sahip olabilir. Ayrıca, bağlantı piksel detektörü (422) Şekil 1'deki CCD düzeneğinden daha düşük bir çözünürlüğe de sahip olabilir. Ayrıca, numune (440) ve bağlantı piksel detektörü (422) arasında bir uzun dalga filtresine gerek olmayabilir. Silikon numune (440) bu işlevi yerine getirebilir.

Şekil 5, buluşun bir başka uygulamasına uygun olarak bir silikon yapının (540) denetlenmesi için bir başka sistemi (500) resmetmektedir. Yine, Şekil 1'inkine benzer özellikler Şekil 5'te de benzer referans numaralarına sahiptir. Yapı (540) tercihen bir silikon plakadır. Çizim basitleştirmek için, genel amaçlı bir bilgisayar gösterilmemiştir. Sistem (500) bir ışık kaynağı (510), bir kısa dalga filtre birimi (514) ve bir

görüntü yakalama cihazı (522) içerir. Sistem ayrıca bir kolimatör (512) içerir ve bir homojenleştirici (516) içerebilir.

Bu uygulamada, görüntü yakalama cihazı, silikon numunenin (540) aydınlatılan yüzeyinin zıt tarafındaki yüzeyine bir konik lif demeti (560) ile eşlenmiş bir piksel detektörü ya da bir yük eşlenik cihazlar (CCD) düzeneği (522) içerir. Konik lif demeti (560) numune boyutuna göre CCD düzeneğinin alanını 2 ya da 3 kat, yaklaşık 10 kata kadar azaltabilir. Örneğin, CCD düzeneği ya da piksel detektörü 60 mm x 60 mm bir boyuta sahip olabilir.

4. Aynı Taraftan Aydınlatma ve Görüntüleme

Şekil 2, yine buluşun bir başka uygulamasına göre silikon bir yapının (220) denetlenmesi için bir sistemi (200) göstermektedir. Çizimde, Şekil 2'nin Şekil 1'dekilere benzer özelliklerine benzer referans numaraları verilmiştir. Yapı (240) tercihen yine bir silikon plakadır. Çizimi basitleştirmek için bir genel amaçlı bilgisayar gösterilmemiştir. Sistem (200) bir ışık kaynağı (210), bir kısa dalga filtre birimi (214) ve bir görüntü yakalama cihazı (230) içerir. Sistem ayrıca bir kolimatör (212) içerir ve bir homojenleştirici (216) içerebilir. Bir alan lensi (gösterilmemiştir) kullanılabilir.

Yine, ışık kaynağı (210), silikon numunenin (240) büyük bir alanı boyunca fotolüminesansı eşit şekilde indüklemeye uygun ışık üretir. Üretilen ışığın toplam optik gücü 1 wattın üzerindedir. Işık kaynağı (210) olarak herhangi bir sayıda ışık kaynağı kullanılabilir. Bu tarz ışık kaynaklarının detaylı daha önce Şekil 1'e referansla açıklanmıştır.

Şekil 2'nin uygulamasında, sistemin (200) unsurları şöyle sıralanmıştır: silikon numuneye (24) bakan bir ışık kaynağı (210), kolimatör (212), kısa dalga filtreleme ünitesi (214 ve homojenleştirici (216), bu sırayla optik olarak hizalanmışlardır. Ancak, bu unsurların bazıları ya da

tamamının sıralaması buluşun kapsamından çıkılmayacak şekilde değiştirilebilir. Aydınlatma unsurlarının bu kombinasyonu eksen dışıdır, şöyle ki, ışık kaynağı (210) ve ilgili optik unsurlar numunenin (240) yüzeyine 90 dereceden daha düşük bir açıyla doğrultulmuşlardır. Unsurlar birlikte silikon numunenin (240) yüzeyinden uzağa yerleştirilmişlerdir ki numunenin (240) büyük bir alanı aydınlatılabilsin. Görüntü yakalama cihazı (230) (ve bir uzun dalga filtre ünitesi (218)) silikon numunenin (240) yüzeyine dik şekilde doğrultulmuşlardır. Uzun dalga filtresi (218) ışık kaynağından (210) gelen ışığın kaldırılması için gerekmektedir. Dolayısıyla, görüntü yakalama cihazı (230) ışık kaynağından (210) fotolüminesans indüklemek için gelen ışınla aydınlatılanla aynı taraftan fotolüminesans yakalamaktadır (yine silikon numunenin (240) yüzeyinden çıkan oklar ve ışınlarla gösterilmiştir).

Işık kaynağı (210) silikon numunede fotolüminesans indüklemeye uygun ışık üretir. Üretilen ışığın toplam optik gücü 1 vattı aşar.

Bu uygulamadaki görüntü yakalama cihazı (130) bir odaklama unsuru (220) (örn. bir lens) ve ışığa duyarlı elektronik unsurların bir odak düzlemi dizilimini (222) içerir. Bu uygulamada, ışığa duyarlı odak düzlemi dizilimi (222) yük eşlenik cihazların (CCD) bir dizisini içerir. Tercihen, odak düzlemi dizilimi silikondan yapılabilir ve soğutulabilir.

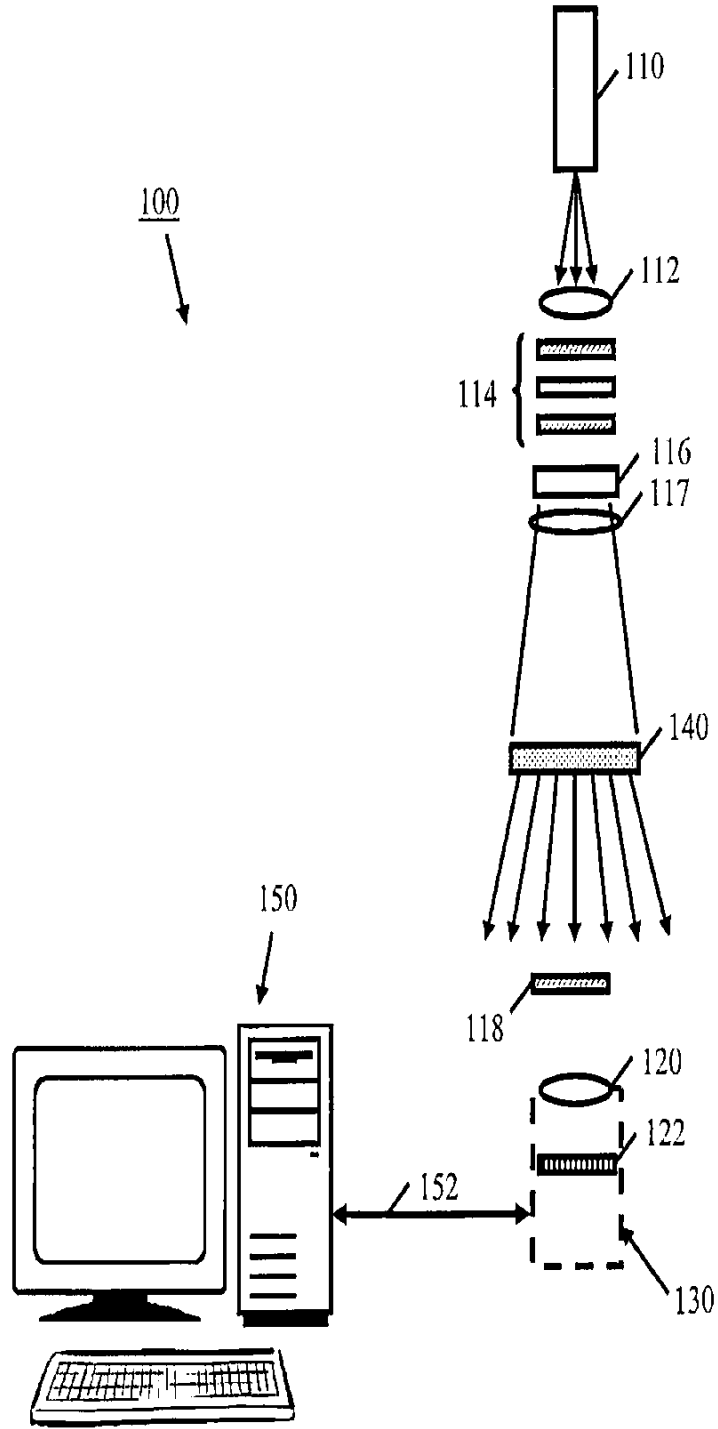
Örneğin, görüntü yakalama cihazı (130) silikon bir CCD dizilimine sahip bir dijital video kamera olabilir ve kayıtlı mesajların iletişimi için dijital bir ara yüzle (örn. USB ya da Firewire) ya da bir depolama ortamıyla (örn. Bir DV bandı ya da bir bellek çubuğu) sunulabilir. Alternatif olarak, ışığa duyarlı elektronik unsurların odak düzlemi dizilimi (222) InGaAs'tan yapılmış olabilir. Buradan itibaren buluşun diğer uygulamalarına referansla açıklandığı üzere, görüntü yakalama cihazı (230) bir piksel detektörü içerebilir.

Görüntü işleme teknikleri PL görüntülerine silikon numunesinin (240) belirlenmiş elektronik özelliklerini ölçmek için geniş alanda indüklenen fotolüminesansın uzamsal varyasyonları kullanılarak uygulanır. Bu belirli elektronik özellikler bol kusurlu lokal alan, lokal şantlar, lokal akım-voltaj özellikleri ve lokal azınlık taşıyıcı ömründen bir ya da daha fazlasını içerebilir.

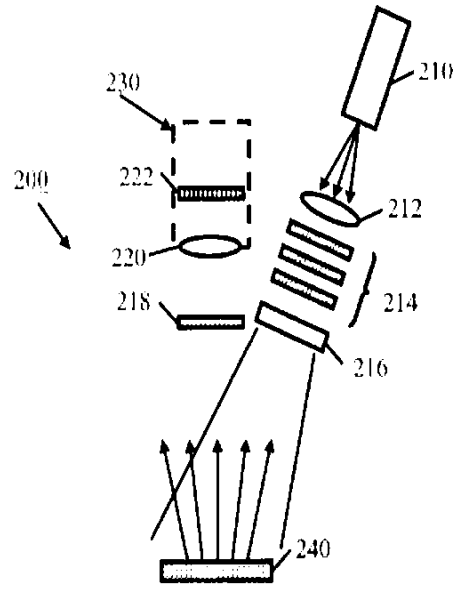
Şekil 3 buluşun yine bir başka uygulamasına uygun bir silikon yapının (340) incelenmesi için bir sistemi (300) resmetmektedir. Bu sistem (300) de bir ışık kaynağı (310), bir kısa dalga filtreleme ünitesi (314) ve bir görüntü yakalama cihazını (330) içerir. Sistem (300) ayrıca bir kolimatör (312) içerir ve bir homojenleştirici (316) içerebilir. Sistem ayrıca bir alan lensi (gösterilmemiştir) içerebilir. Görüntü yakalama cihazı (330) bir odaklama unsuru (320) (örn. bir lens) ve ışığa duyarlı elektronik unsurların bir odak düzlemi dizilimini (322) içerebilir. Bir uzun dalga filtreleme ünitesi (318) de ayrıca kamera (330) ve fotolüminesansın çıktığı yüzey arasına yerleştirilebilir. Sistemin (300) unsurları Şekil 2'dekilerle aynıyken, ışık kaynağı (310) ve ilgili optik unsurlar numunenin (340) yüzeyine doğru dikey olarak yerleştirilmişlerdir. Görüntü yakalama cihazı (330) (ve uzun dalga filtreleme ünitesi (318)) eksen dışıdır ve numune (340) yüzeyine 90'dan az bir derecede doğrultulmuşlardır. Görüntü yakalama cihazı (330) ışık kaynağından (310) tutulan fotolüminesansı indüklemek için silikon numunenin (340) yüzeyinden (yine oklar ve ışınlarla gösterilmiş şekilde) çıkan fotolüminesansı aynı taraftan yakalar.

Şekil 7, Şekiller 2 ve 3'teki gibi bir silikon yapıyı (740) denetlemek için bir sistemi (700) resmetmektedir, ancak bu uygulamada, hem ışık kaynağı (710) ve ilgili optikler (712, 714, 716) hem de görüntü yakalama sistemi (730, 722, 720, 718) numunenin (740) eksenini dışındadır (ve dikey değildir).

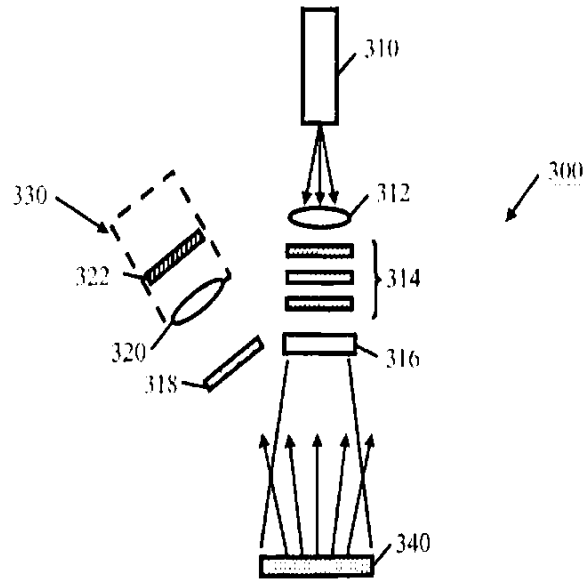
Buluşun uygulamaları avantajlı şekilde GaAs, AlGaAs ve birçok III-V yarı iletken gibi doğrudan bant aralığı yarı iletkenleri kadar etkili bir şekilde fotolüminesans üretmeyen dolaylı bant aralığı yarı iletkenleriyle kullanılabilir. Bir plakanın tüm yüzeyi de dahil olmak üzere geniş alanlar fotolüminesansı eş zamanlı olarak indüklemek için aydınlatılabilir. Avantajlı şekilde, tüm plaka eş zamanlı olarak indüklenir bu da çok daha hızlı ve tutarlı test etmeye olanak tanır. Örneğin, bir güneş pili normalde sadece güneş pilinin bir kısmı aydınlatıldığında değil, tüm cihaz aydınlatıldığında çalışır. Hücrenin daha kantitatif detayları bu yöntemle elde edilebilir. Buluşun uygulamaları plakalara referansla plakalardaki kusurla bulmak üzere açıklanmışken, buluşun uygulamaları sadece bu uygulamalarla sınırlı değildir. Buluşun uygulamaları kısmen ya da tamamen oluşturulmuş cihazlar ile bu cihazlardaki kusurları bulmak üzere kullanılabilir. Buluşun uygulamaları mikroelektrik endüstrisi için daha genel uygulamaya sahiptir. Işık kaynağı ve görüntü yakalama sistemlerinin, dolaylı bant aralığı yarı iletken yapısının farklı ya da aynı yönünde olduğu buluşun uygulamaları yalın plakalar ve kısmen üretilmiş yarı iletken cihazlar üzerindeki muhtemel kusurları bulmak üzere kullanılabilir. Aynı yönde ışık kaynağı ve görüntü yakalama sisteminin olduğu kurulum, özellikle cihazın bir yüzünün tamamen metal kaplandığı durumlarda olmak üzere, tamamen üretilmiş yarı iletken cihazların test edilmesi için kullanılabilir. Yukarıdakiler dolaylı bant aralığı yarı iletkenlerinin buluşun uygulamalarına uygun olarak denetlenmesine dair sadece az sayıda metot ve sistemi açıklamaktadır. Uygulamalar sınırlayıcı olarak değil aydınlatıcı olarak sunulmuştur.



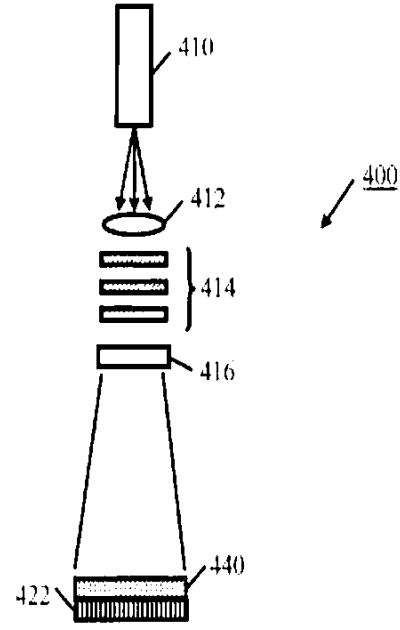
ŞEKİL 1



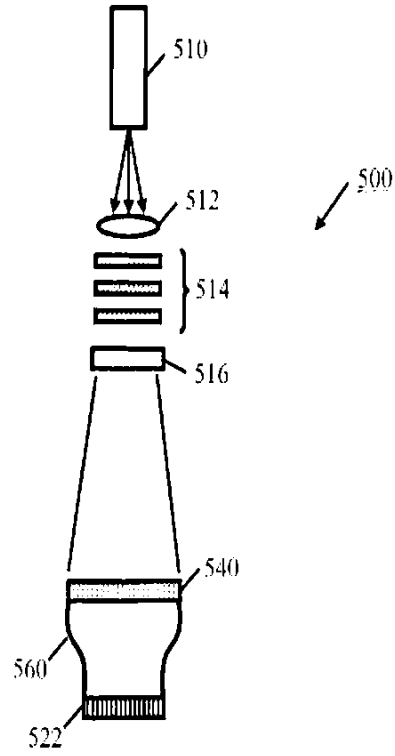
ŞEKİL 2



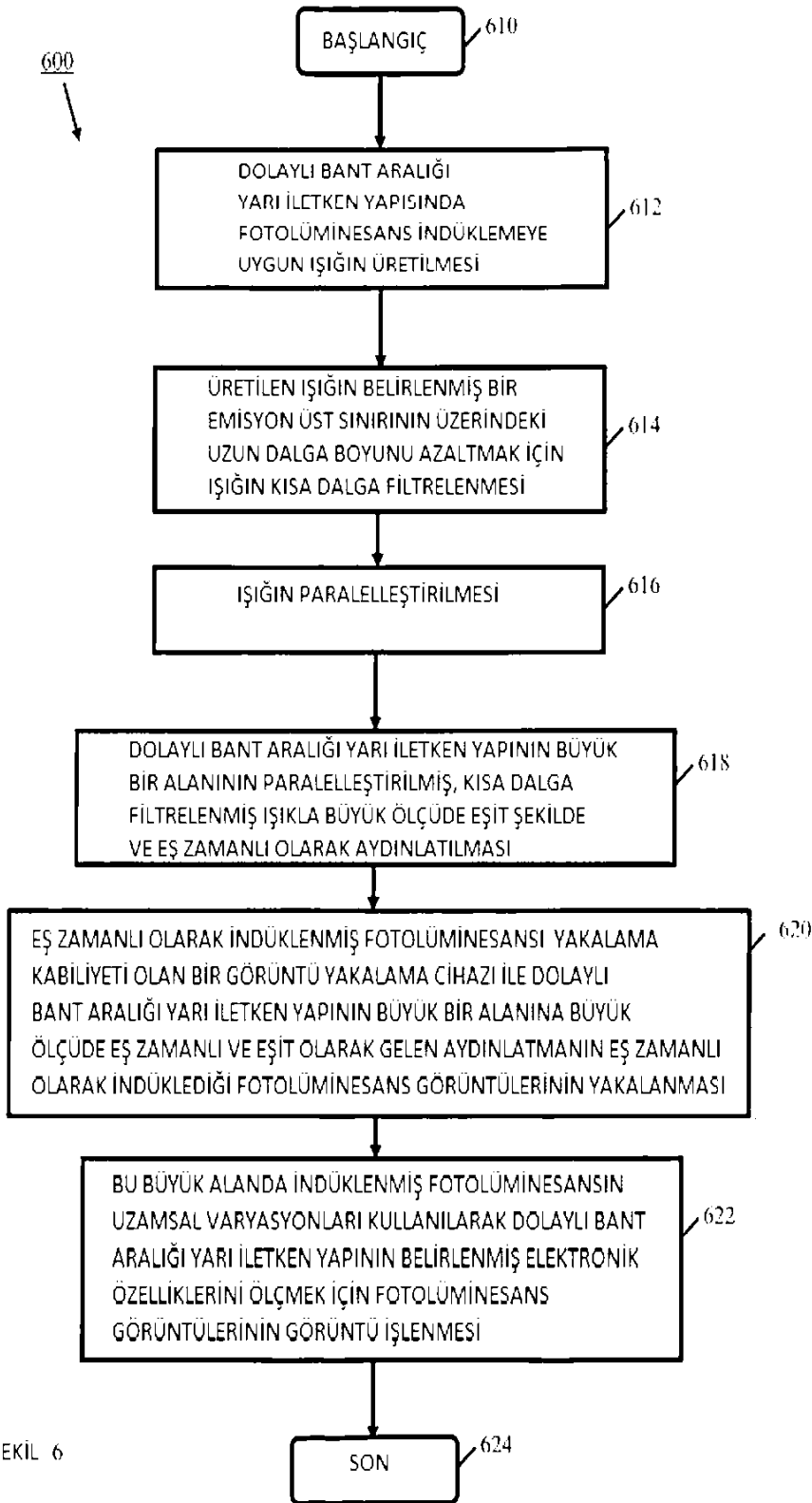
ŞEKİL 3

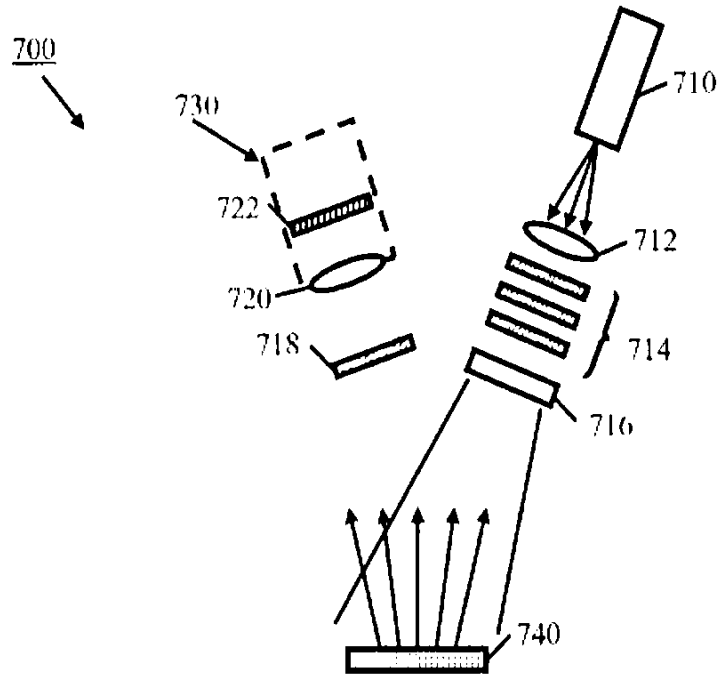


ŞEKİL 4



ŞEKİL 5





ŞEKİL 7